

Planowanie wieloasortymentowej produkcji rytmicznej

Zastosowanie symulacji jako narzędzia weryfikacyjnego

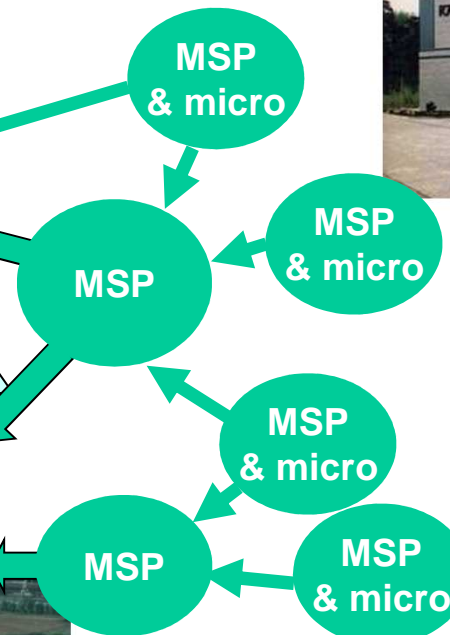
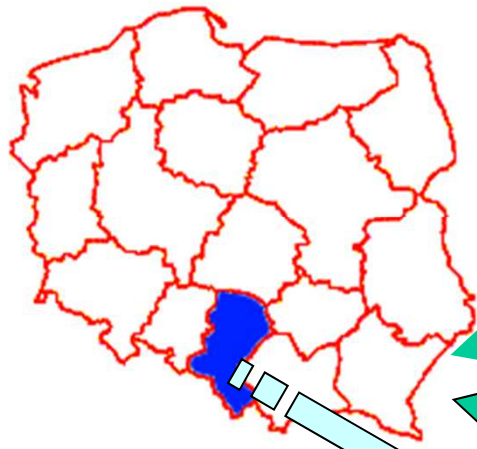
Bożena Skołod

bozena.skolud@polsl.pl

Damian Krenczyk

damian.krenczyk@polsl.pl





Produkcja na magazyn (MTS)

Wiele standardowych produktów

Maszyny specjalne

Standardowe produkty, zgodnie z przewidywaniami

Bazuje na prognozie. Planowane z wyprzedzeniem, później dopasowywany jeśli to konieczne

Nie ma znaczenia dla klienta

Ustalana przez producenta

← Produkty →

← Zasoby →

← Wymagania co do produktów →

← Planowanie zdolności produkcyjnych →

← Czas →

← Cena →

Produkcja na zlecenie (MTO)

Kilka standardowych produktów

Maszyny uniwersalne i elastyczne

Zmienne oczekiwanie, nie możliwe do przewidzenia

Ustalane w zależności od wymagań klienta. Nie może być planowane z wyprzedzeniem

Ustalane z klientem tak by spełniło jego oczekiwania

Ustalana z klientem przed przystąpieniem do produkcji

Konkurencyjny rynek

$$\text{Cena produktu} - \text{zysk} = \text{koszty}$$

Cena jest zdeterminowana przez rynek i klienta

Logika przepływu

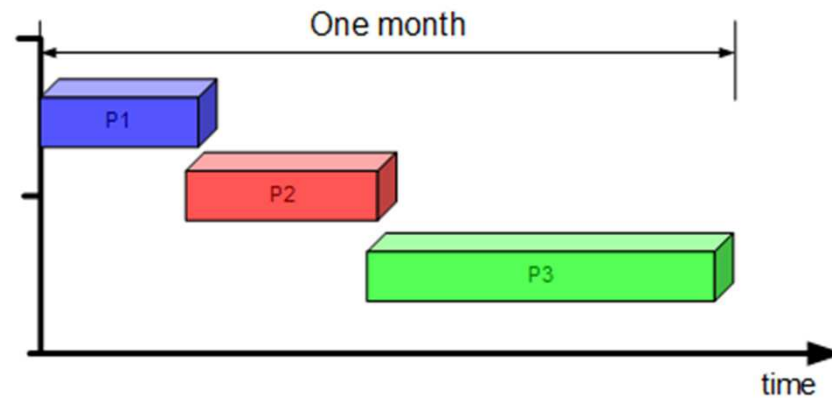
Kroki postępowania „leveling”

Product Demand

P1 100

P2 200

P3 300



Partia produkcyjna

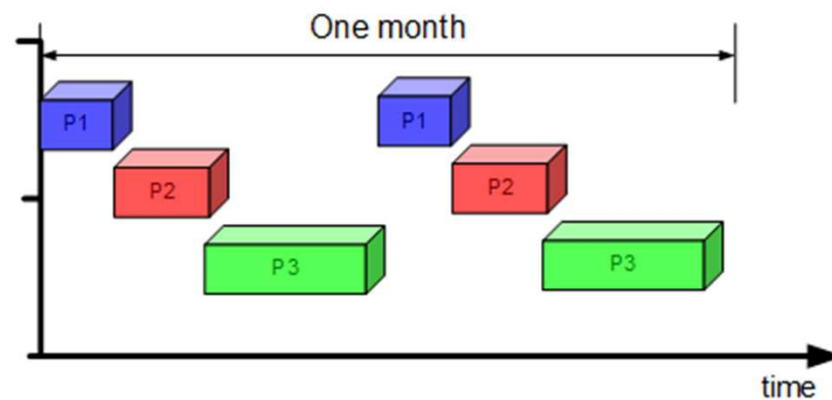
- Jedna partia na miesiąc
- Max wielkość partii
- Min przebrożeń

Product Demand

P1 100

P2 200

P3 300



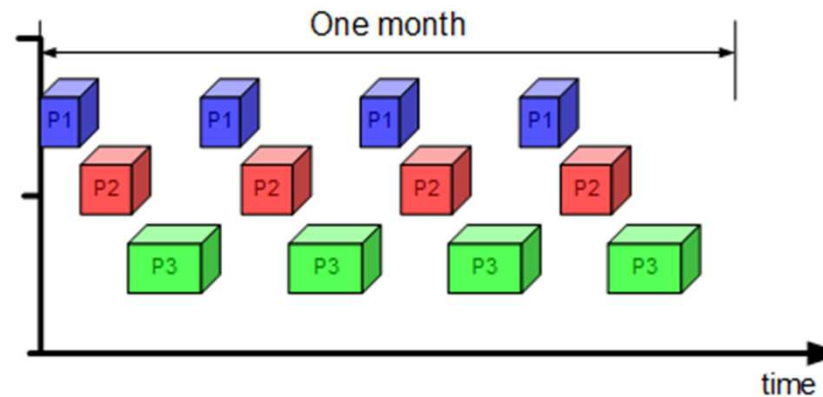
Produkcja 2 razy w miesiącu

- Mniejsza partia (podzielona)
- Powtarzalny cykl

Logika przepływu

Product Demand

P1	100
P2	200
P3	300

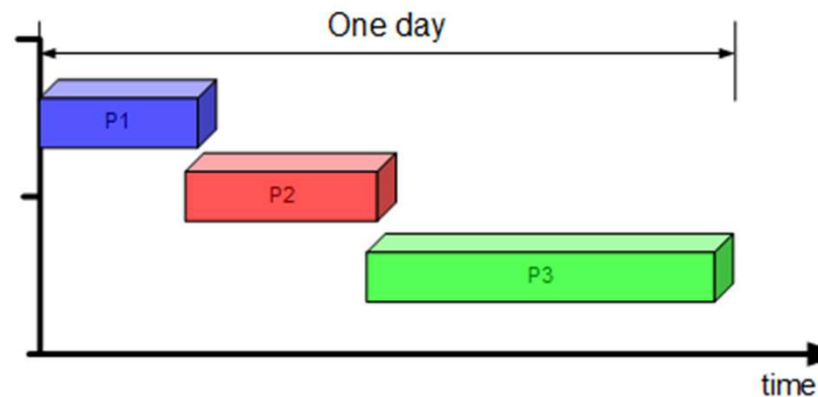


Produkcja tygodniowa

- Mniejsza partia (podzielona)
- Identyczna sekwencja
- Te same wskaźniki

Product Demand

P1	5
P2	10
P3	15



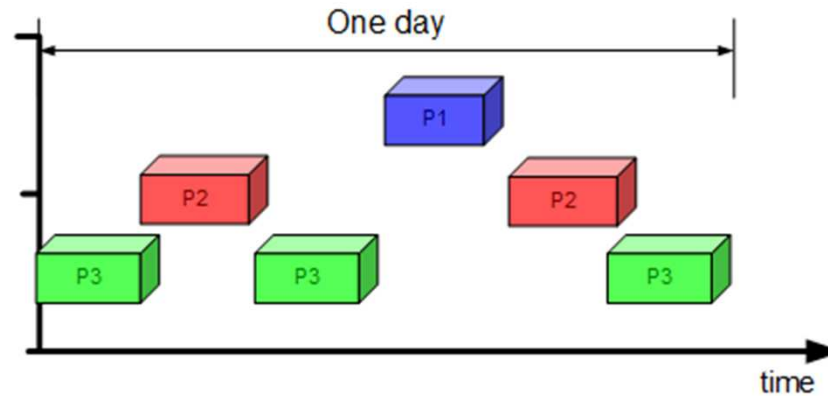
Produkcja jednodniowa

- Partia każdego produktu na dzień
- Identyczna sekwencja
- Te same wskaźniki

Logika przepływu

Product Demand

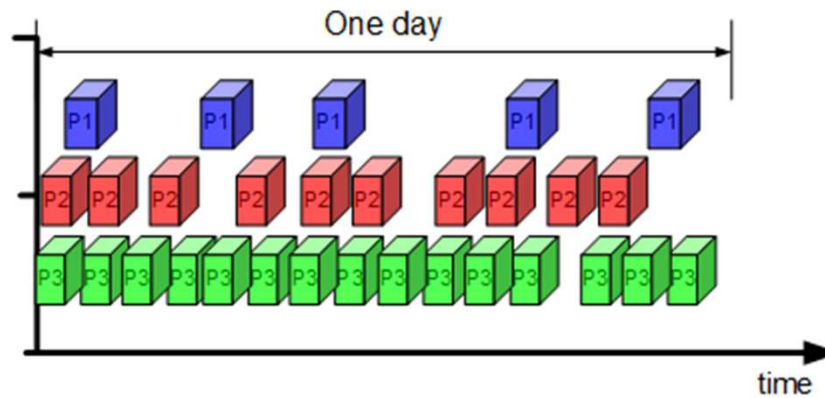
P1	5
P2	10
P3	15



Stała wielkość produkcji

Product Demand

P1	5
P2	10
P3	15



- „one – piece flow”
- Mieszany strumień produktów

Przyjęcie nowego zlecenia

Podjmowanie decyzji

Czy to się opłaca?

?

Możliwości techniczne

Możliwości finansowe

Klient

zróżnicowane produkty
krótkie serie produkcyjne

Producent

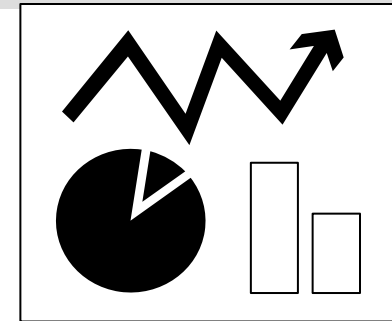
trafna i szybka reakcja
na potrzeby klienta (rynku)



Podjęmowanie decyzji

Na jakiej podstawie podejmować decyzje o przyjęciu zadań do realizacji tak by zaspokoić oczekiwania zleceniodawcy przy ograniczeniach zasobowych systemu produkcyjnego

- Rozwiązanie fragmentaryczne
- Ograniczenia metod nie pozwalają na stosowanie metod w rozwiązywaniu problemów rzeczywistych
- Wyrabiają intuicję planisty



„CO SIĘ STANIE GDY?”

„RÓB TAK DŁUGO AŻ BĘDZIE DOBRZE”

Konkurencyjny rynek oczekuje odpowiedzi na:

**„CZY TO, O CZYM MYŚLĘ (OCZEKUJĘ)
JEST AKCEPTOWALNE ?”**

„RÓB DOBRZE ZA PIERSZYM RAZEM”

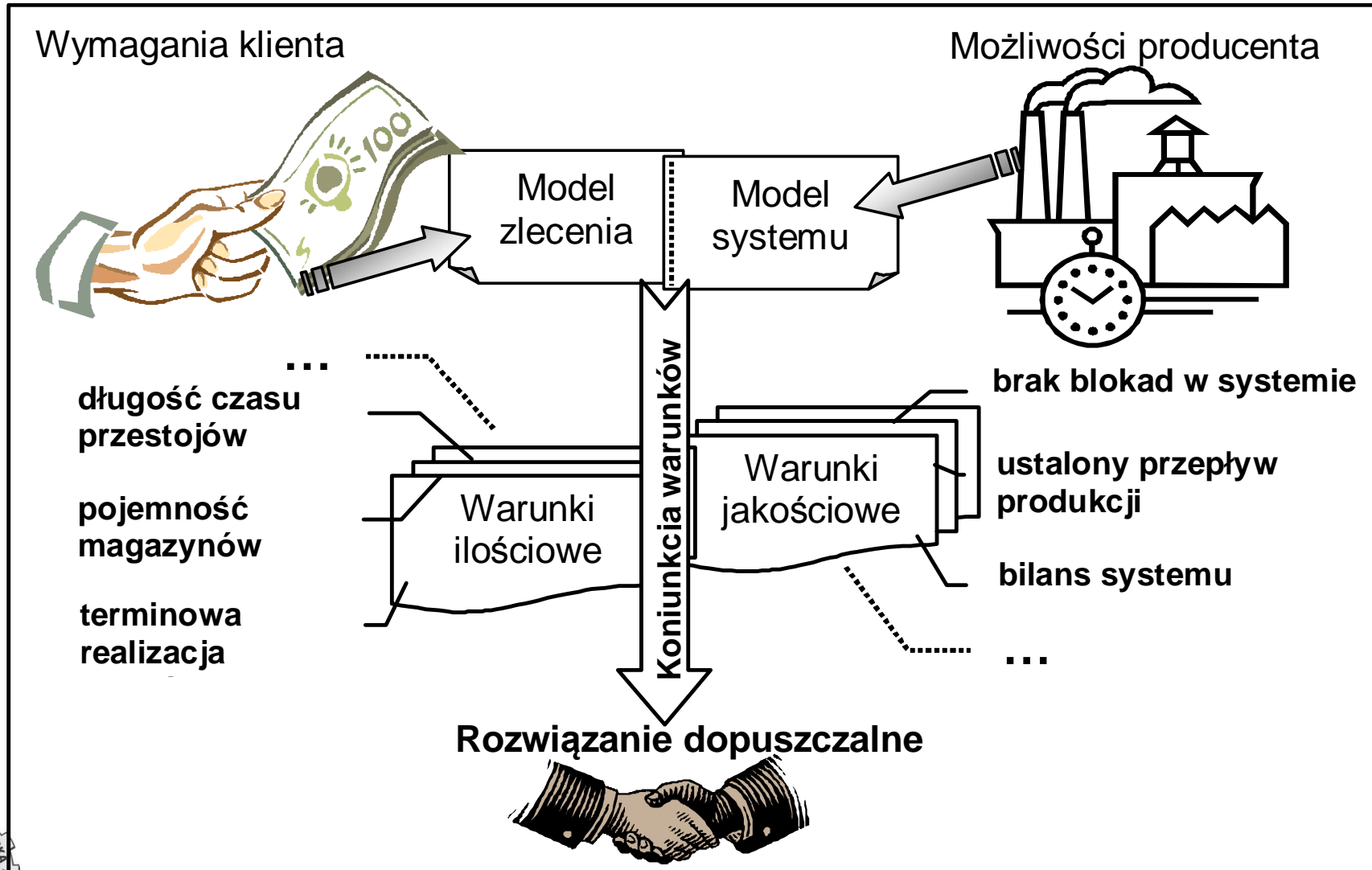
Co zamiast przeglądu zupełnego?

- Zarządzanie ograniczeniami
- Spełnienie ograniczeń

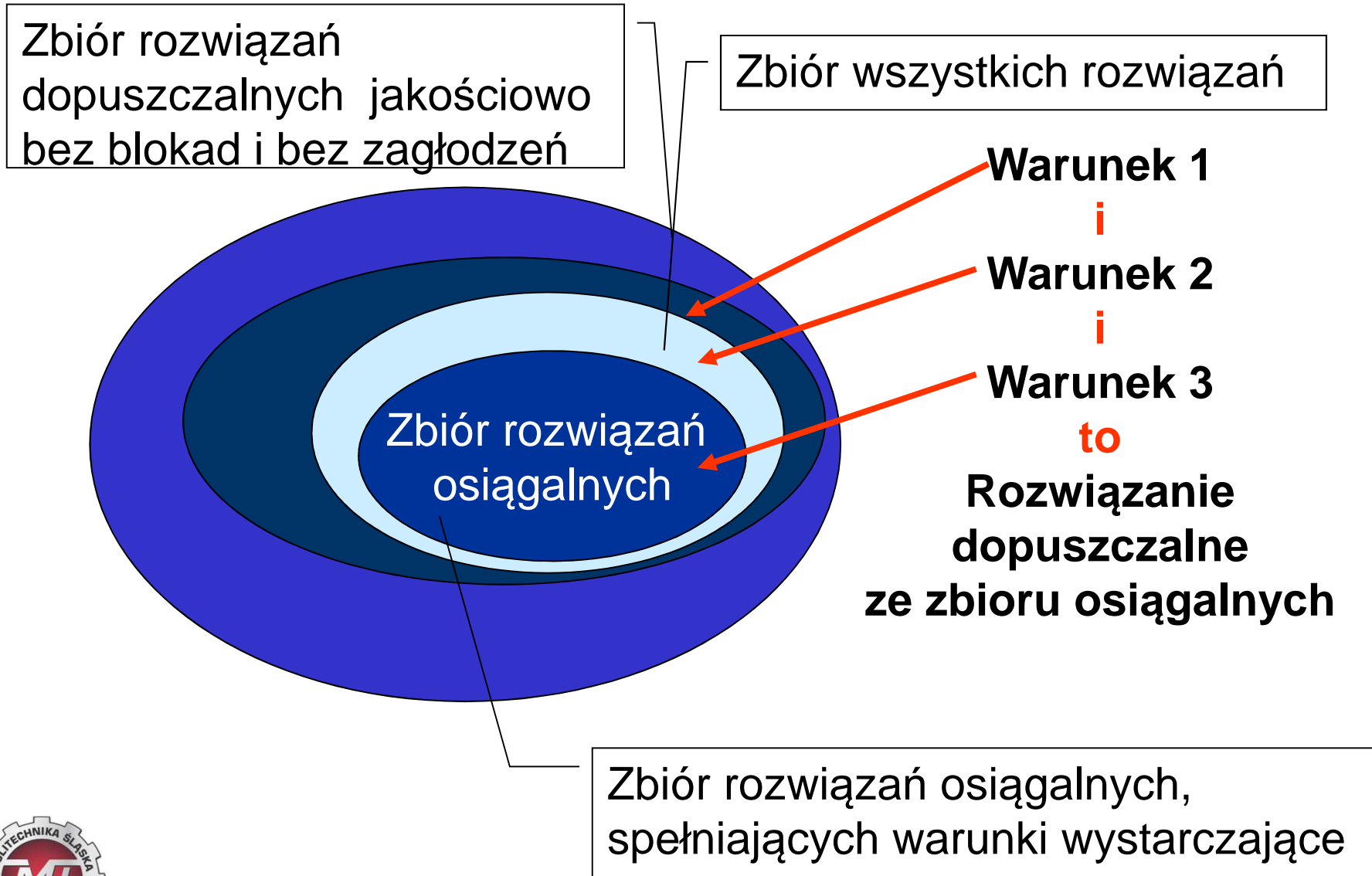
Zarządzanie w kontekście teorii ograniczeń TOC

- Określ cel
- Wyznacz ograniczenia ze względu na ten cel
- Zaplanuj działania związane z tymi ograniczeniami
- Zaplanuj pozostałe działania
- Jeśli wprowadzisz zmiany zidentyfikuj ograniczenia po ich wprowadzeniu (mogą pojawić się w innych miejscach)
-itd

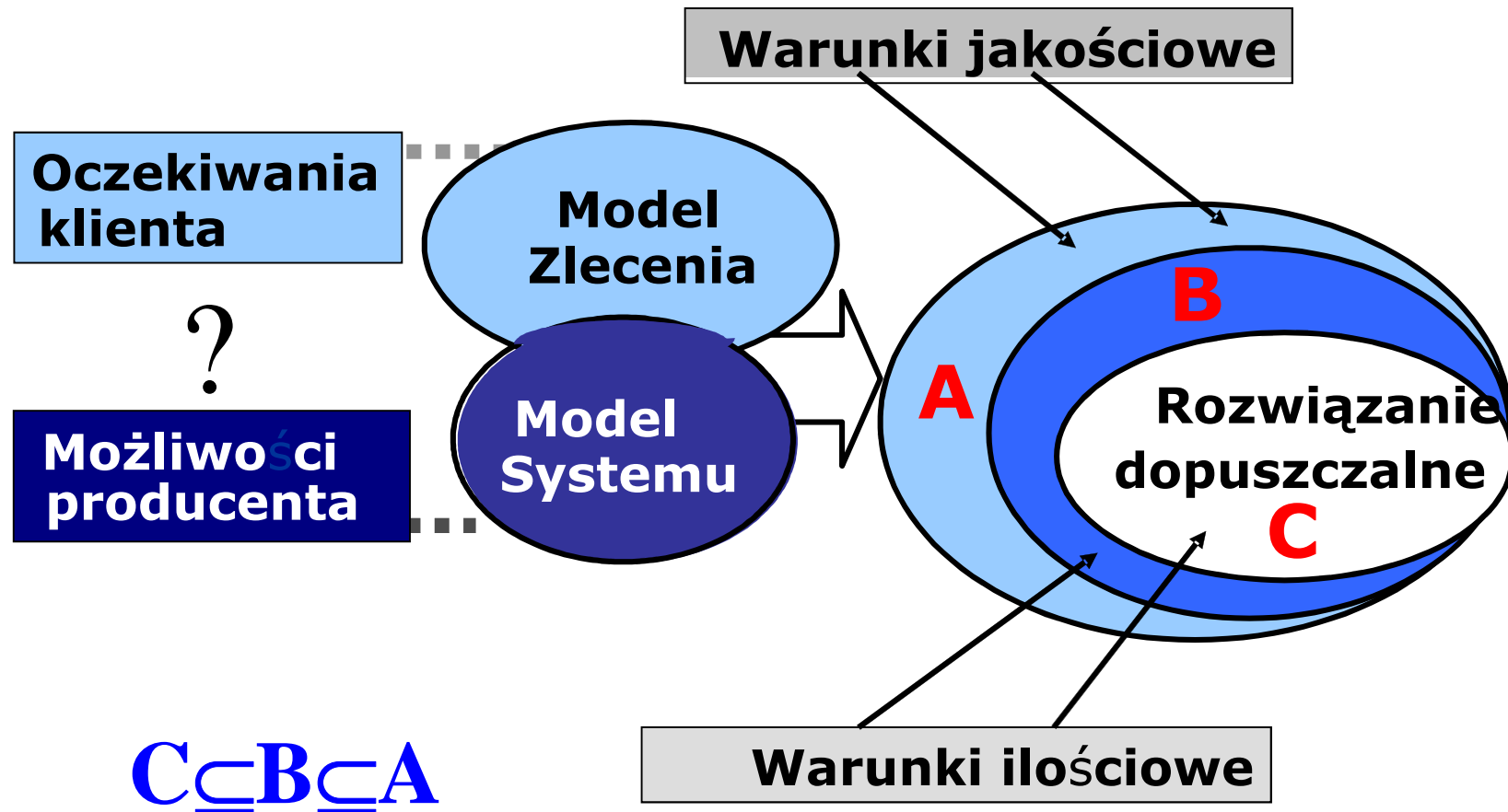
Metoda bilansowania wymagań i możliwości



Rozwiązanie optymalne? Rozwiązanie dopuszczalne?

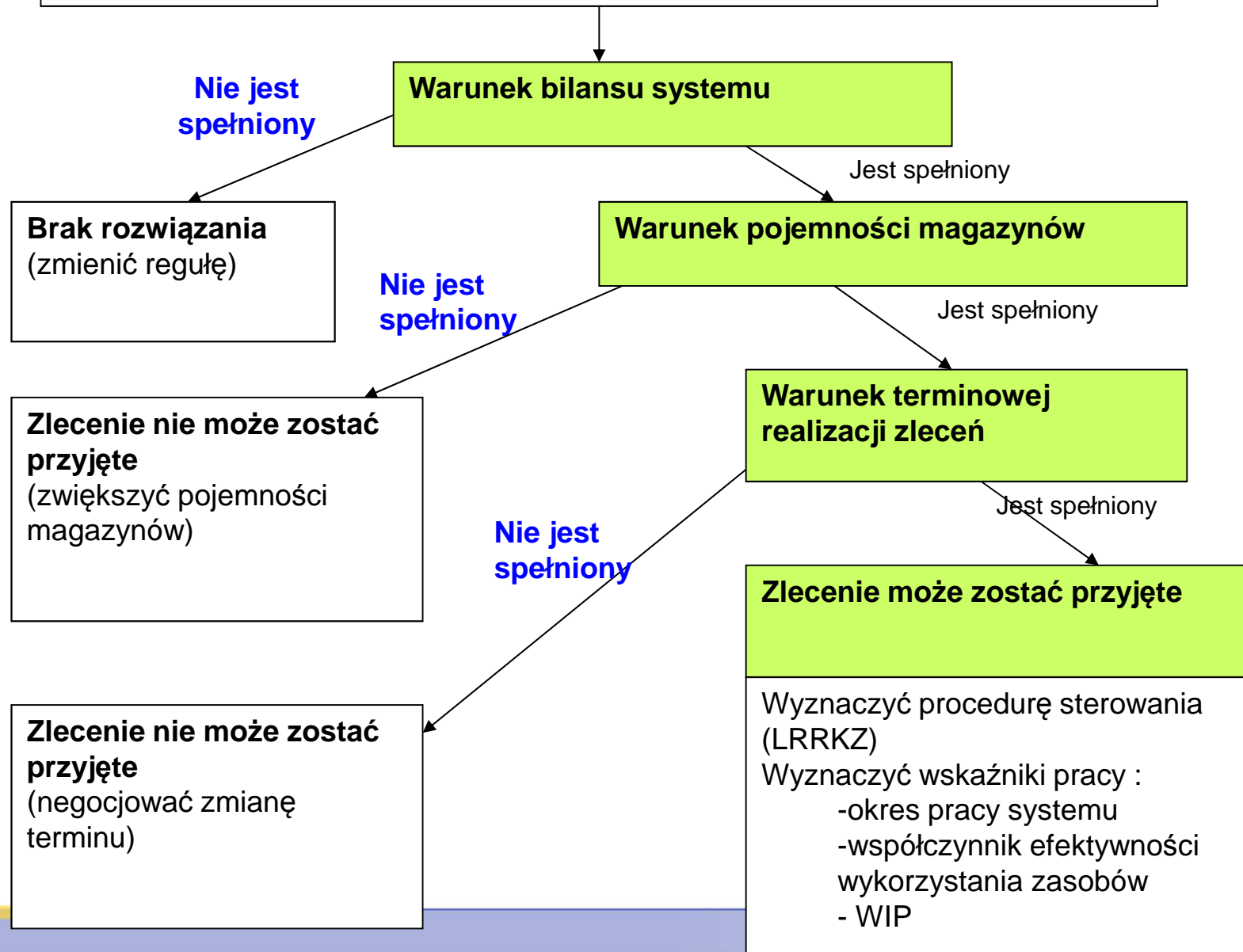


Rozwiązania dopuszczalne



CCBCA

DANE: dane o systemie i zleceniach oczekujących na przyjęcie do wykonania



Podjęmowanie decyzji o przyjęciu pakietu zleceń

Warunek wystarczający bilansu systemu (LRRKZ)

E1

Warunek wystarczający pojemności magazynów

E2

Warunki wystarczające terminowej realizacji zleceń

E3

Wskaźniki pracy systemu:

- okres pracy systemu
- współczynnik efektywności wykorzystania zasobów
- poziom zapasów produkcji w toku

E4

Warunki wystarczające

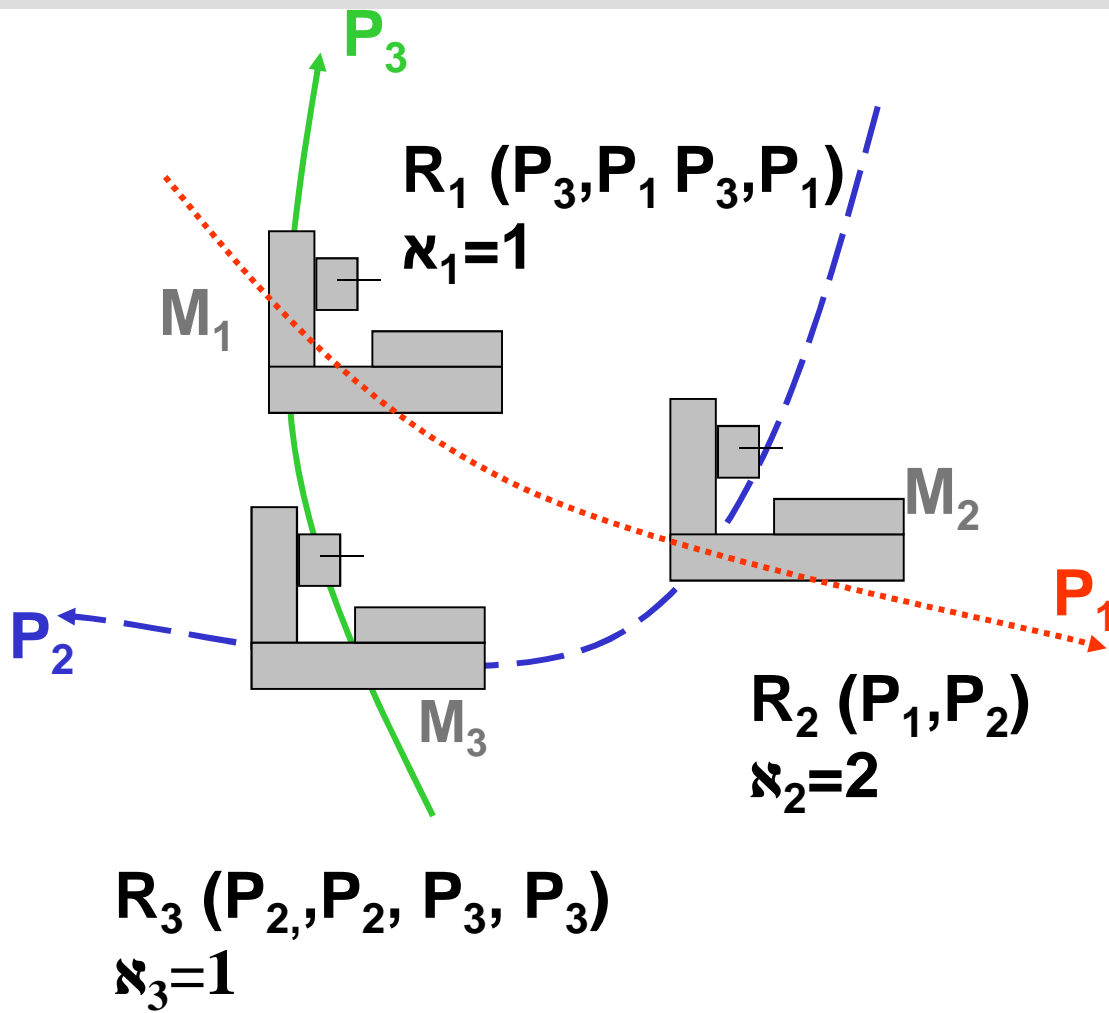
E1 Warunek wystarczający bilansu systemu

$$\chi_1 n_{1,j} = \chi_2 n_{2,j} = \dots = \chi_i n_{i,j} = \dots = \chi_m n_{m,j},$$

gdzie:

χ_i - względna powtarzalność LRRKZ przydzielonej do i-tego zasobu

$n_{i,j}$ - powtarzalność j-tego procesu w LRRKZ



Warunek wystarczający

E2

Warunek wystarczający pojemności magazynów

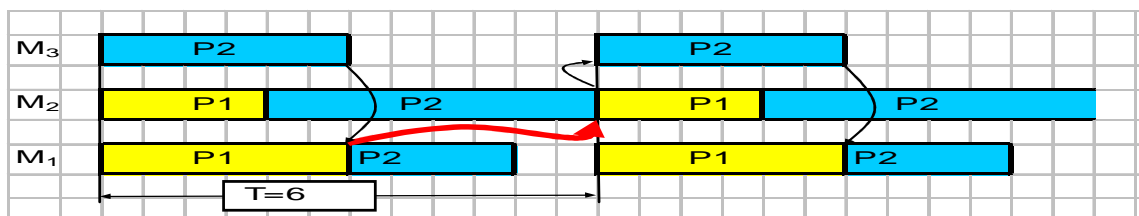
$$C_{s i,k} \geq n_{i,j} \cdot \chi_i$$

gdzie:

$C_{s i,k}$ - dostępna pojemność magazynu międzyoperacyjnego

χ_i - względna powtarzalność LRRKZ przydzielonej do i-tego zasobu

$n_{i,j}$ - powtarzalność j-tego procesu w LRRKZ



dotrzymanie terminu realizacji zadania

$$\delta_j \geq 0; \delta_j = tz_j - \left(to_j + \frac{I_j T}{Q_j} \right)$$

where:

δ_j - współczynnik terminowej realizacji zadania

tz_j - termin planowany

to_j - termin uruchomienia

I_j - wielkość serii

$Q_j = n_{i,j} \cdot \chi_i$ - liczba elementów wykonanych w jednym cyklu T

Czas cyklu

$$T = \chi_1 \tau_1 = \chi_2 \tau_2 = \dots = \chi_i \tau_i = \dots = \chi_K \tau_K$$

gdzie:

T - czas cyklu

χ_i – powtarzalność procesu w regule

τ_i - czas realizacji reguły

Wskaźniki pracy systemu (2)

Współczynnik efektywności wykorzystania zasobów (η)

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n m_{ij} t_{ij}}{\sum_{i=1}^m T_i}$$

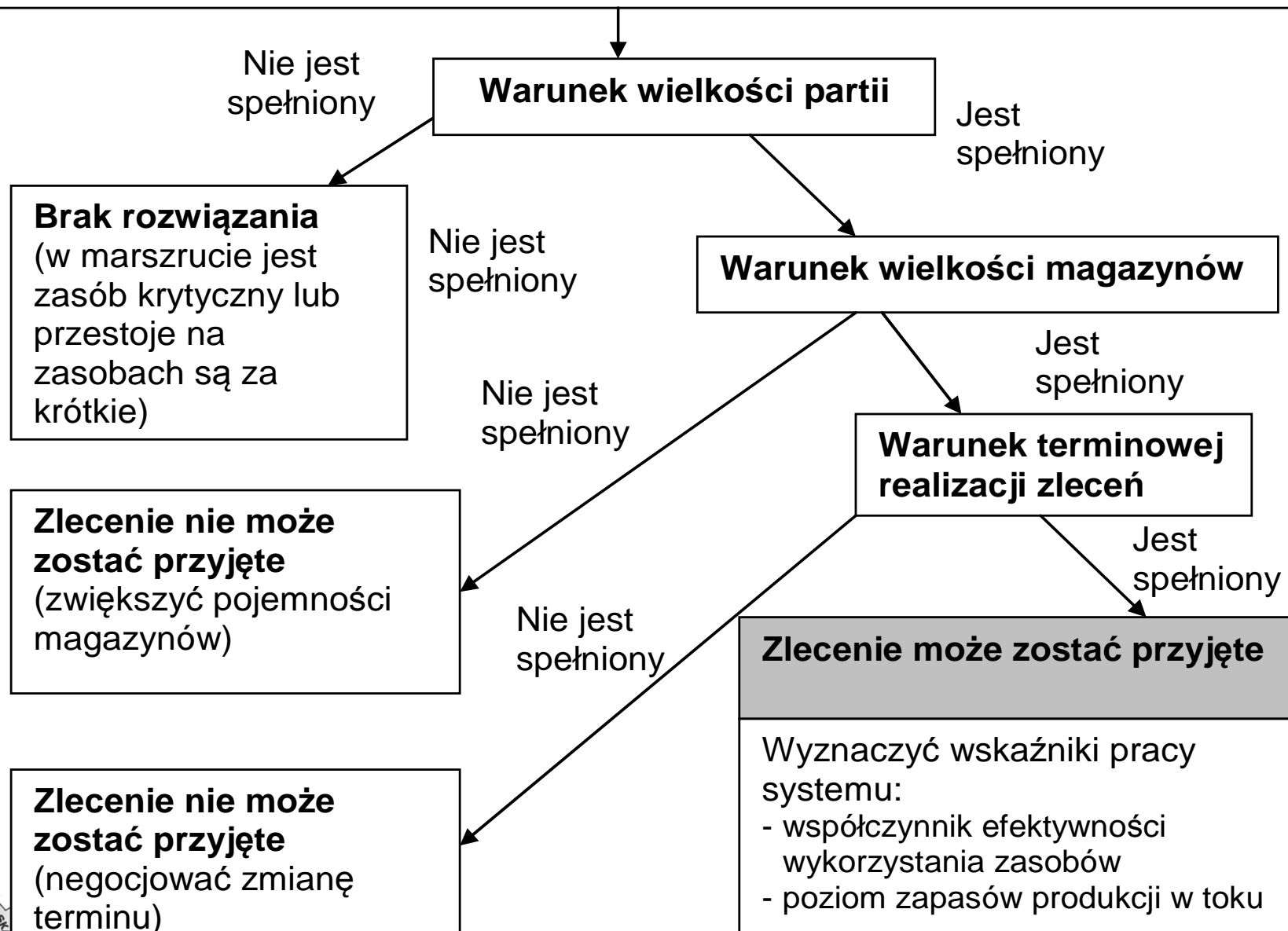
gdzie:

m_{ij} - powtarzalność operacji j-tego procesu na i-tym zasobie

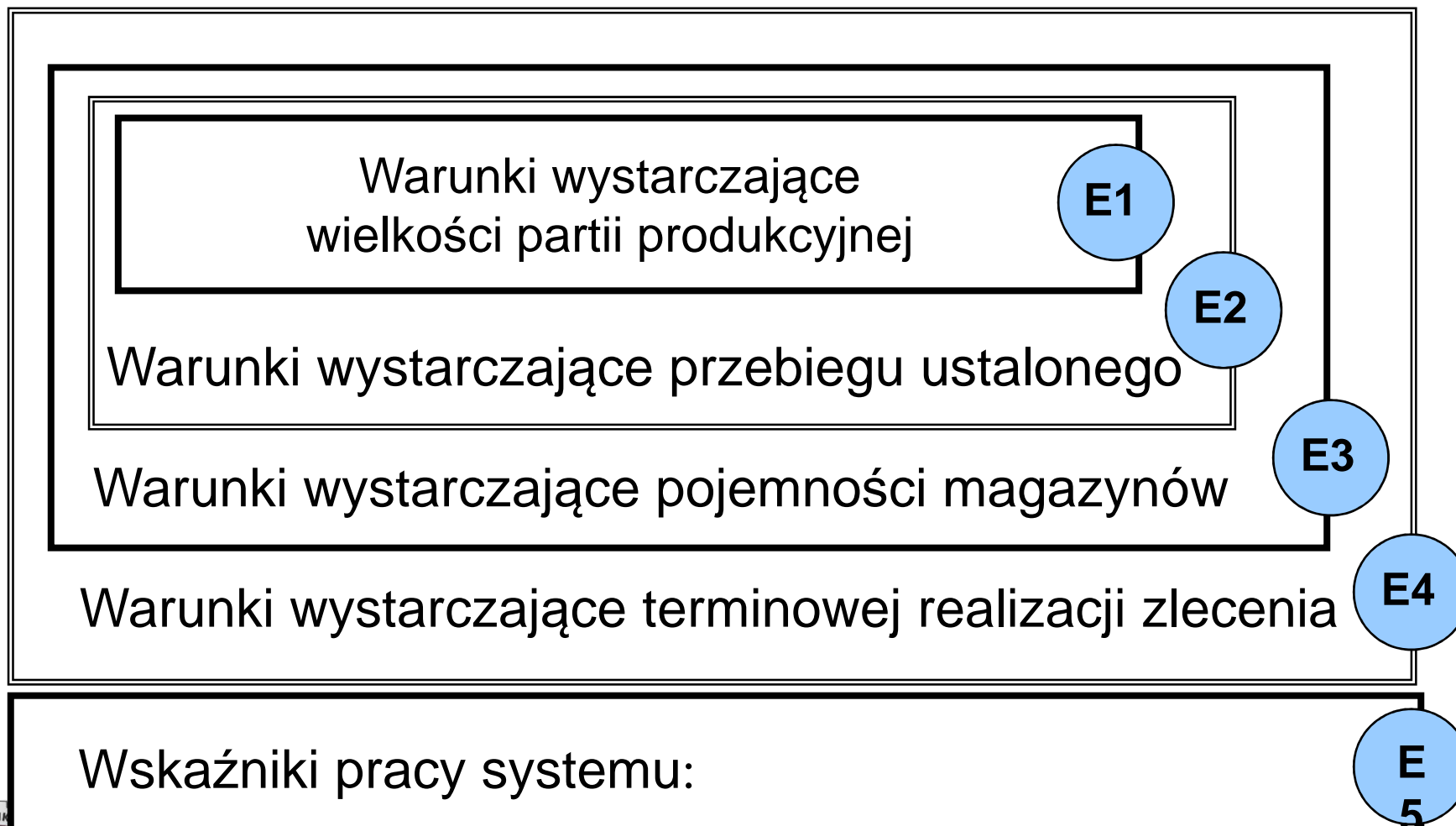
t_{ij} - czas trwania operacji j-tego procesu na i-tym zasobie

T_i - dysponowany czas na i-tym zasobie w okresie T

Dane o systemie i zleceniach oczekujących na przyjęcie do wykonania



Podjęcie decyzji o przyjęciu zlecenia



Opis systemu

Stan systemu

$$V = \{V_1, V_2, \dots, V_i, \dots, V_m\}$$
$$V_i = [v_1^i, v_2^i, \dots, v_k^i, \dots, v_T^i]$$

$$v_k^i = \begin{cases} 0, & \text{jeśli zasób NIE jest zajęty w k-tej jednostce czasu} \\ 1, & \text{jeśli zasób jest zajęty w k-tej jednostce czasu} \end{cases}$$

Warunki wystarczające

E1

Warunek wystarczający przyjęcia nowego zlecenia

$$\forall i \in M_{n+1}, \exists k \in \{1, \dots, T_i\}, v_k^i = 0$$

$$\exists t \in \{1, \dots, T_i\}, \forall k \in \langle t, \dots, t + tpz_{i,n+1} + t_{i,n+1} - 1 \rangle, v_k^i = 0$$

gdzie:

M_{n+1} - marszruta wg której realizowane jest n+1-sze zlecenie

$t_{i,n+1}$ - czas realizacji operacji i+1-go procesu na i-tym zasobie

$tpz_{i,n+1}$ - czas przygotowawczo-zakończeniowy na i-tym zasobie związany z n+1-szym procesem

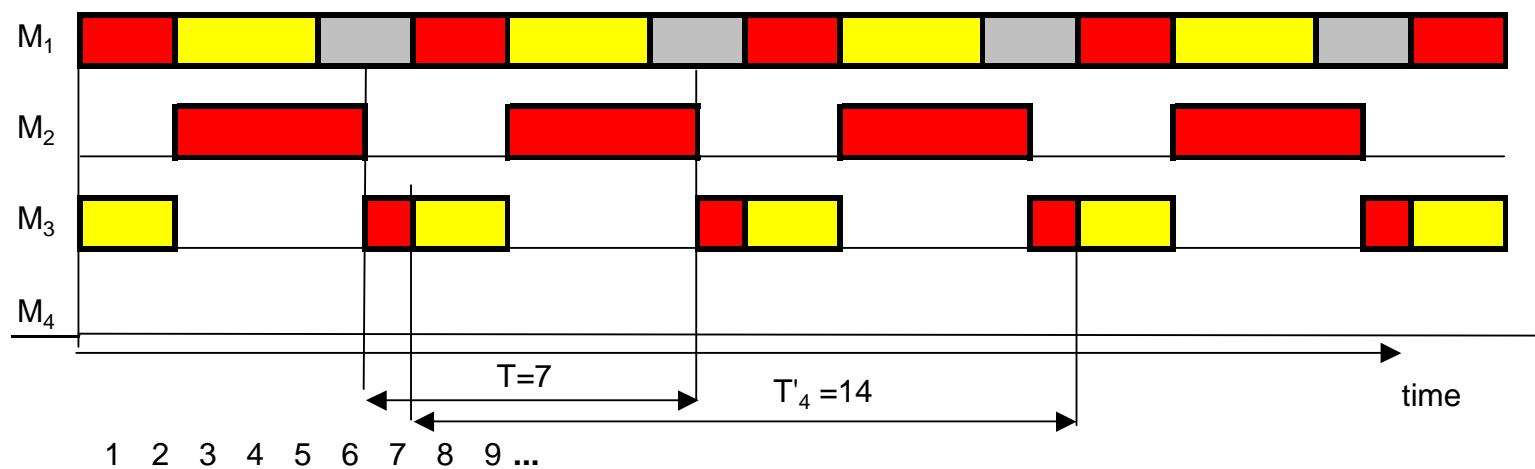
v_k^i - element wektora stanu

T - okres systemu

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

P

?



Warunki wystarczające

Dopuszczalna liczność partii produkcyjnej (twierdzenie 5.4)

$$B_{w,n+1} = \left[\frac{\text{MAX}(H^{w,n+1}) - \text{tpz}_{w,n+1}}{t_{w,n+1}} \right]$$

gdzie:

B_{w,n+1} - dopuszczalna liczność partii n+1-go zlecenia na w-tym zasobie

H^{w,n+1} - czas maksymalnego przestoju na w-tym zasobie w momencie rozpatrywania n+1-go zlecenia

t_{w,n+1} - czas trwania operacji n+1-go procesu na w-tym zasobie

tpz_{w,n+1} - czas przygotowawczo-zakończeniowy związany z realizacją n+1-go procesu na w-tym zasobie wspólnym

Warunki wystarczające

E2

Warunek wystarczający przebiegu ustalonego

Częstotliwość wprowadzania partii produkcyjnej

$$\text{jeżeli } \mathbf{B}_{n+1} \cdot \mathbf{t}_w > \mathbf{T}, \text{ to } T'_{n+1} = \left\lceil \frac{tpz_{i,n+1} + \mathbf{MAX}(S_{i,n+1})}{T} \right\rceil T$$

gdzie:

$S_{i,n+1}$ - czas realizacji partii B_{n+1} na i -tym zasobie własnym

B_{n+1} - maksymalna dopuszczalna wielkość partii $n+1$ -go zlecenia

t_w - czas trwania operacji na zasobie własnym

T - okres systemu

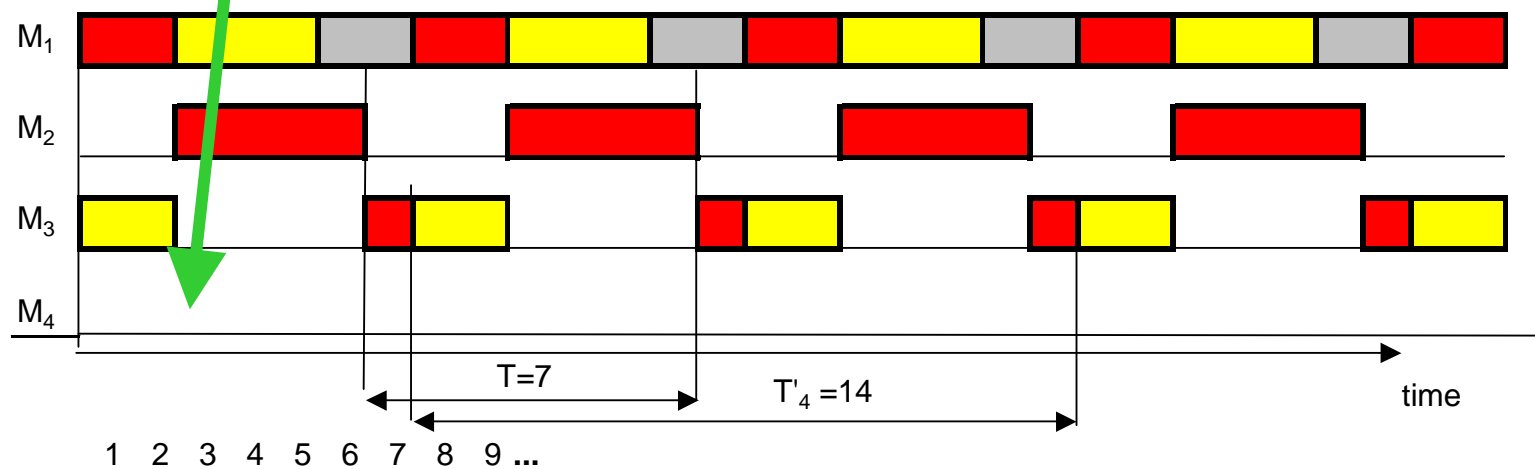
T'_{n+1} - okres wprowadzania partii $n+1$ -go zlecenia

$tpz_{i,n+1}$ - czas przygotowawczo-zakończeniowy związany z realizacją $n+1$ -go procesu na i -tym zasobie

$$P = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 4 \\ 1 & 1 & 6 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Wielkość partii = 2

P ?



Warunki wystarczające

E3

Warunek wystarczający pojemności magazynów

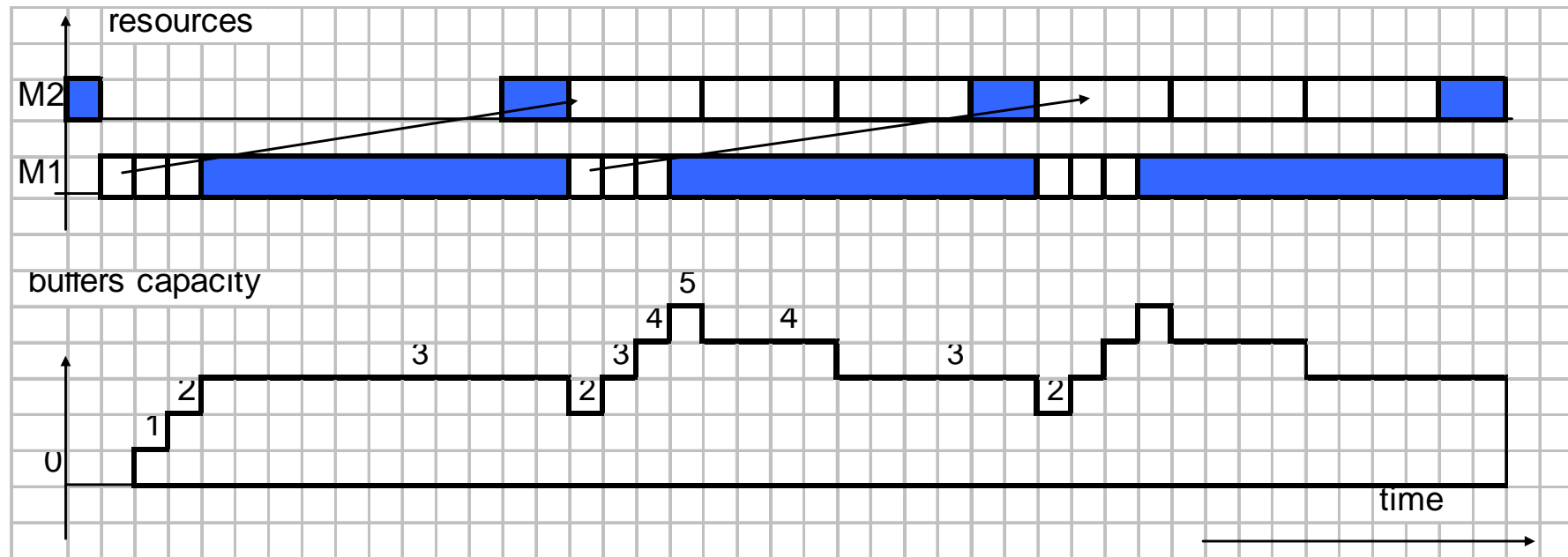
$$\text{MIN}(C_{s_{1,2}}, C_{s_{1,3}}, \dots, C_{s_{2,3}}, \dots, C_{s_{m-1,m}}) \geq 2B_{n+1} - 1$$

gdzie:

$C_{s_{m-1,m}}$ - wielkość magazynu pomiędzy m-1-szym a m-tym zasobem

B_{n+1} - maksymalna dopuszczalna wielkość partii n+1-go zlecenia

Bufor- przykład



$$\text{MIN}(Cs_{1,2}, Cs_{1,3}, \dots, Cs_{2,3}, \dots, Cs_{m-1,m}) \geq 2B_{n+1}-1,$$

gdzie:

B_{n+1} - wielkosc partii Z_{n+1} ,

$Cs_{m-1,m}$ - pojemnosc bufora pomiedzy zasobami $(m-1)$ i (m)

Warunki wystarczające

E4

Warunek wystarczający terminowej realizacji zlecenia
(*twierdzenie 5.7*)

$$\frac{I_{n+1}}{B_{n+1}} T' \leq tz_{n+1} - to_{n+1}$$

gdzie:

I_{n+1} - liczba sztuk dla kompletacji n+1-go zlecenia

B_{n+1} - wielkość partii n+1-go zlecenia

T' - okres wprowadzania partii

tz_{n+1} - wymagany termin realizacji n+1-go zlecenia

to_{n+1} - termin uruchomienia n+1-go zlecenia

E5

Współczynnik efektywności wykorzystania zasobów

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n m_{ij} t_{ij}}{\sum_{i=1}^m T_i}$$

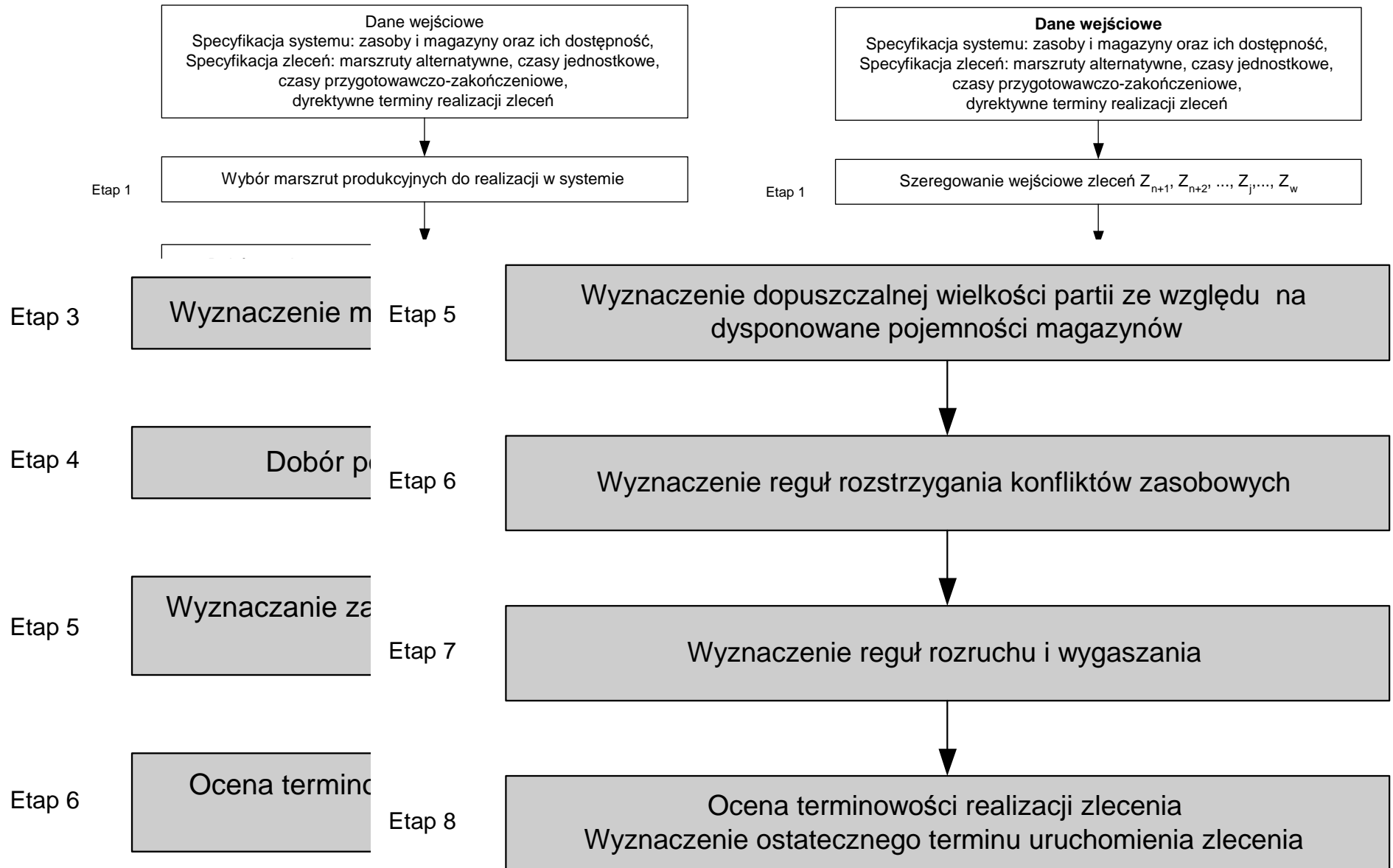
gdzie:

m_{ij} - powtarzalność operacji j-tego procesu na i-tym zasobie

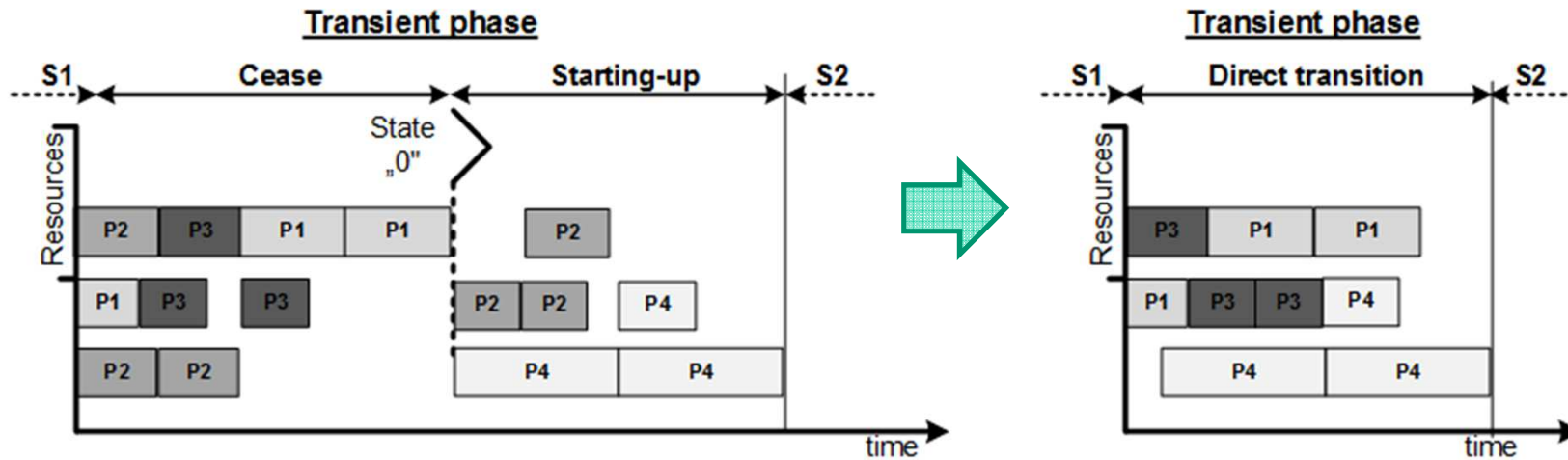
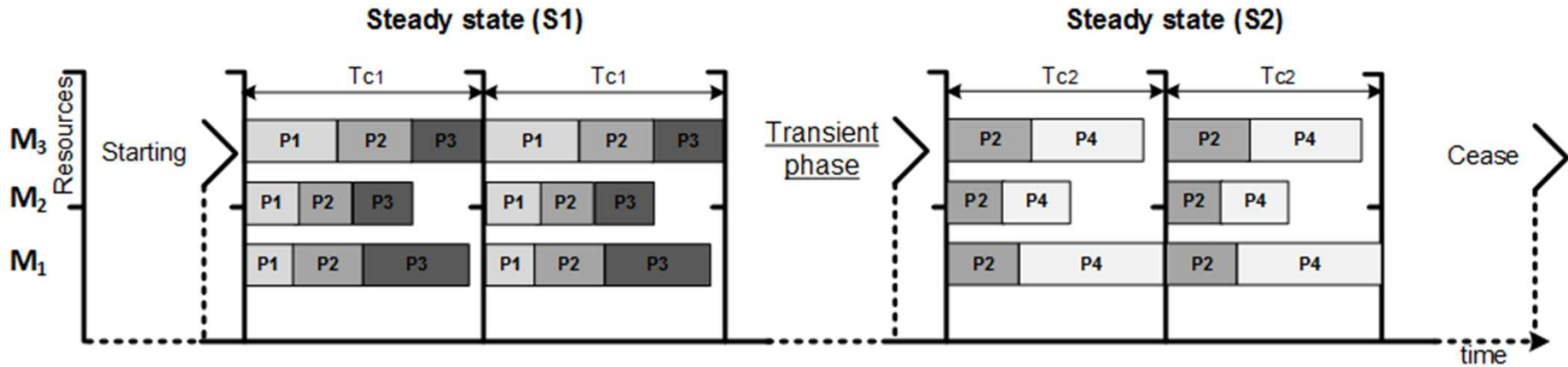
t_{ij} - czas trwania operacji j-tego procesu na i-tym zasobie

T_i - dysponowany czas na i-tym zasobie w okresie T

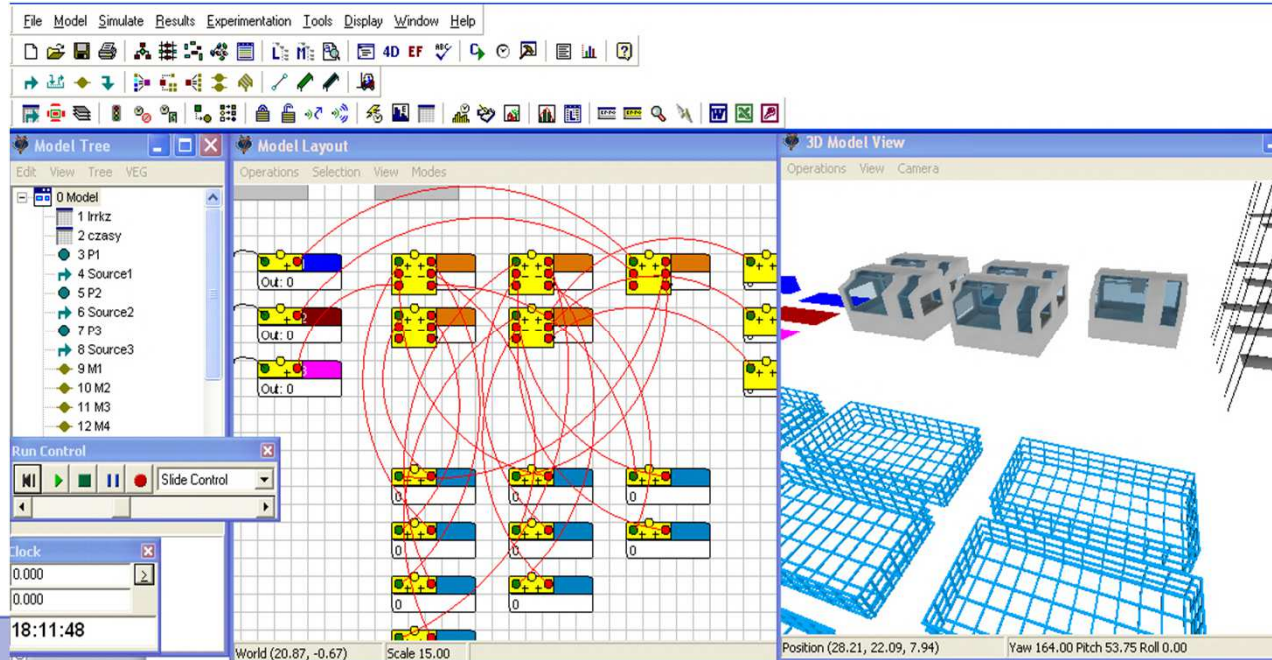
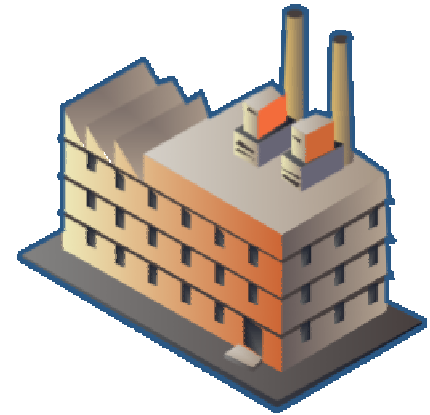
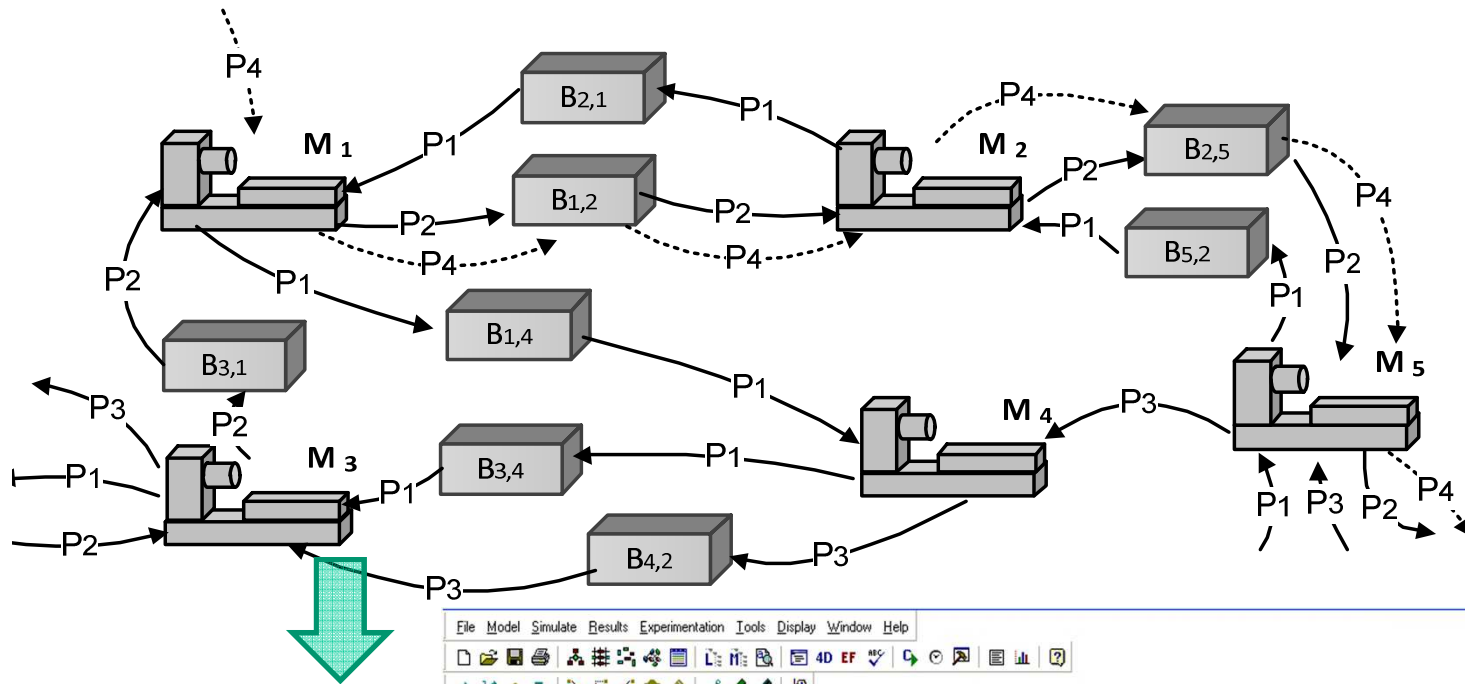
Metodyka weryfikacji zleceń



Fazy przejściowe



Weryfikacja



SWZ umożliwia wyznaczenie:

- terminu realizacji zlecenia,
- ostatecznego terminu uruchamiania zlecenia gwarantującego dotrzymanie planowanego terminu realizacji, wyznaczonego przez klienta,
- wskaźnika efektywności wykorzystania zasobów,
- wymaganych pojemności magazynów, gwarantujących realizację zleceń w danym systemie,
- najwcześniejszego z możliwych terminów realizacji zlecenia i przedstawia propozycje takich terminów.

System Weryfikacji Zleceń -SWZ

SWZ 3.0

Plik Okno Programie...

SWZ Eksperyment Rozruch.swz

Dane Raport

System

Zasoby

Zasób 1 z 44

Nazwa zasobu:

Tokarka WTK34

Dodaj Przenieś Usuń

Magazyn

Centralny Międzyzasobowy

Pojemności magazynów międzyzasobowych

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		9	9	11	11	11	11	9
2	9		9	11	11	11	11	9
3	9	9		11	11	11	11	9
4	9	9	9		11	11	11	9
5	9	9	9	11		11	11	9
6	5	5	5	9	9		9	9
7	5	5	5	9	9	9		9
8	5	5	5	9	9	9	9	

Zlecenie

Zlecenia

Liczba zleceń w kolejce: 10

Zlecenie	Wielkość zlec.	Termin plan.	L. operacji	Kolor
1	24	8000	5	Red
2	24	8000	10	Green
3	24	8000	9	Blue
4	24	8000	8	Brown
5	72	8000	7	Pink

Zasoby

Zasoby	21	16	17	12	26	29	30
t ij	5	10	6	5	6	48	53
tpz ij	2	1	1	1		14	14

MP=2

Dodaj Usuń

Macierz Struktury Systemu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15									1	1
16		1				1				
17		1				1				
18							1			
19								1		
20									1	
21			1	1		1		1		
22				1					1	

ość wektora: 250 T->

0 - wolny, (nr) - zajęty

7	8	9	10	11
0	0	0	0	0

Stan

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Zasoby Wytwórcze

Liczba zasobów: 5

Oznaczenie	Nazwa Zasobu
M1	Zasób Wytwórczy 1
M2	Zasób Wytwórczy 2
M3	Zasób Wytwórczy 3
M4	Zasób Wytwórczy 4
M5	Zasób Wytwórczy 5

Zasoby Montażowe

Liczba zasobów: 5

Oznaczenie	Nazwa Zasobu
R1	Zasób Montażowy 1
R2	Zasób Montażowy 2
R3	Zasób Montażowy 3
R4	Zasób Montażowy 4
R5	Zasób Montażowy 5

Jednostki Montażowe

Liczba jednostek: 7

Oznaczenie	Nazwa Jednostki
S1	Jednostka Montażowa 1
S2	Jednostka Montażowa 2
S3	Jednostka Montażowa 3
S4	Jednostka Montażowa 4
S5	Jednostka Montażowa 5

Obliczenia / Wyniki

Procesy Wytwórcze

Liczba procesów: 3

Oznaczenie	Nazwa Procesu	Liczba Operacji	Kolor
P1	Proces Wytwórczy 1	3	Blue
P2	Proces Wytwórczy 2	2	Blue
P3	Proces Wytwórczy 3	3	Blue

MP1

Nr Zasobu	1	2
ij	2	1
lpz	1	3

Procesy Montażowe

Liczba procesów: 3

Oznaczenie	Nazwa Procesu	Liczba Operacji	Kolor
N1	Proces Montażowy 1	3	Green
N2	Proces Montażowy 2	4	Green
N3	Proces Montażowy 3	2	Yellow

MN2

Nr Jedn.	1	4	7	5
Nr Zasobu	1	1	2	5
ij	20	10	45	30
lpz				

Macierz Zależności Procesów

MZU

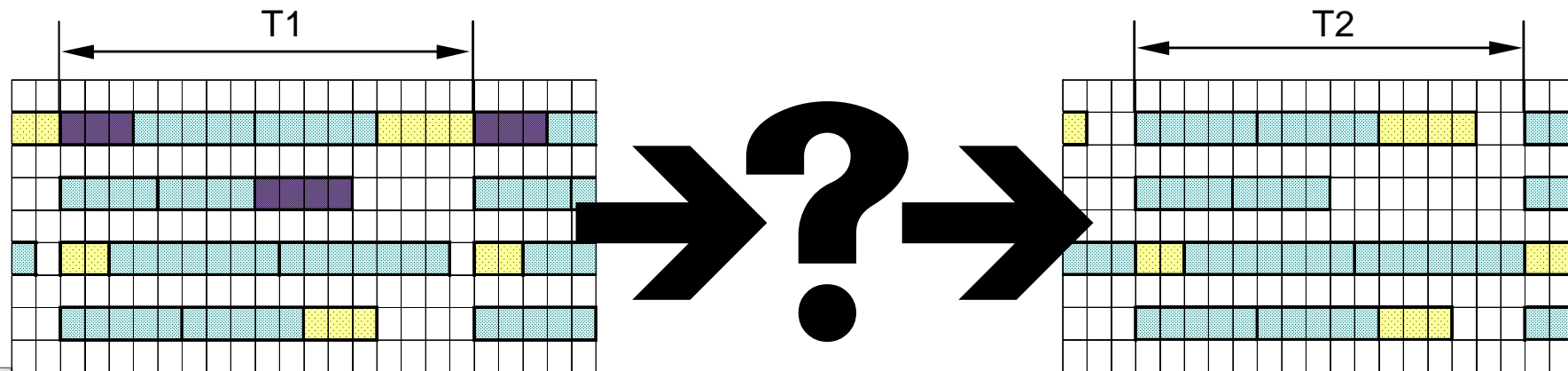
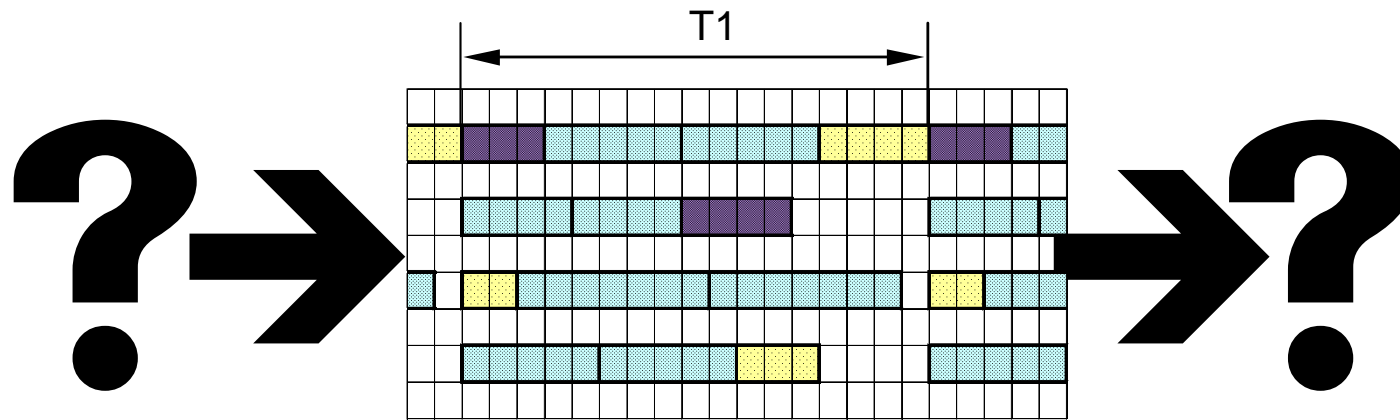
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
P1	2	3		1	1	1	1
P2	1			2			
P3	2	2	4				2
S1	1	2					
S2						1	
S3							
S4					3		
S5							
S6							2
S7							

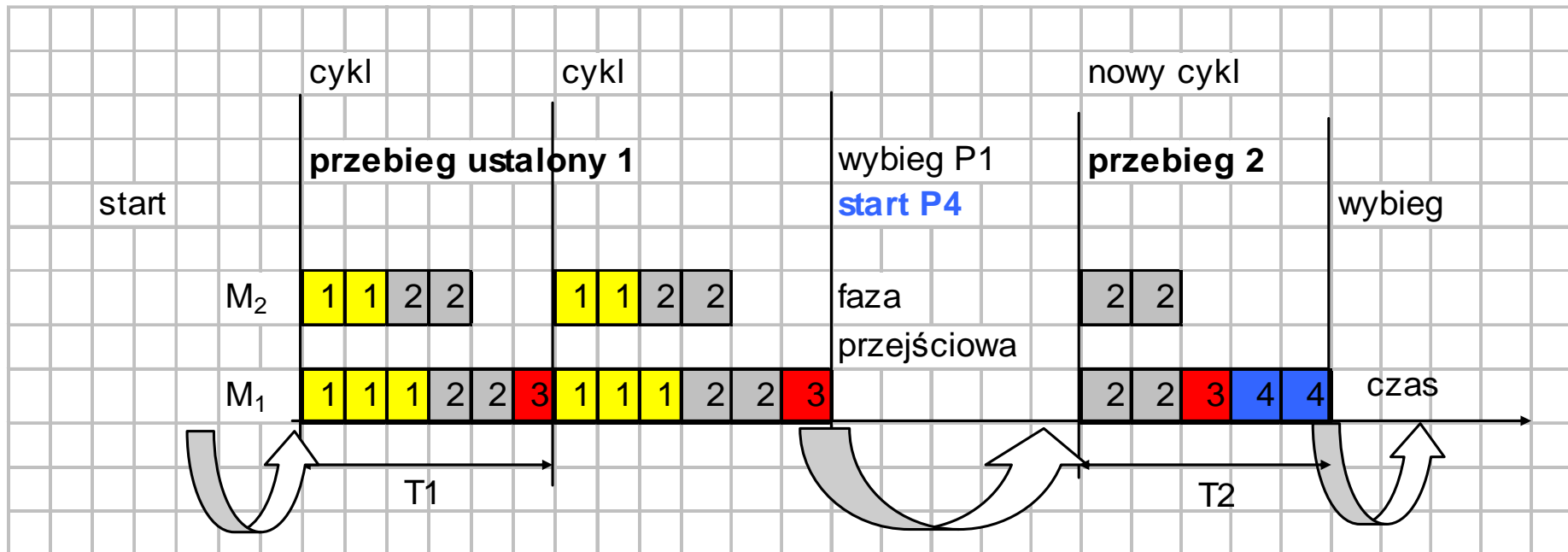
Macierz Fajności Systemu

MGU

	M2	M3	M4	M5	R1	R2	R3	R4	R5
M1	10	10							
M2					10	10			
M3				10	10			10	
M4				10					
M5					10	10	10		
R1						10	10	10	
R2							10	10	
R3									10
R4									

Problem





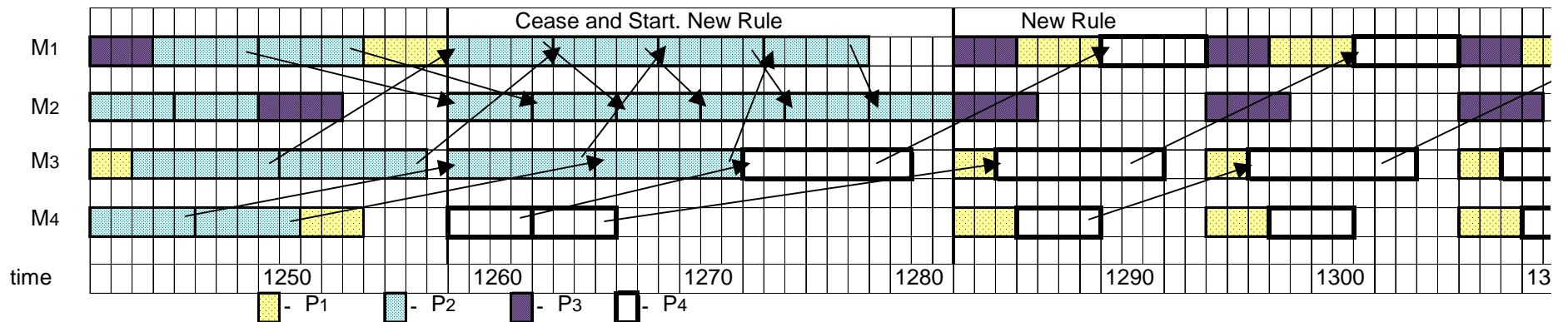
$$R_i = \{(RR), (LRRKZ), (RW)\}$$

Przejście między dwoma stanami

wygaszanie
wybieg

start
dobieg

$$\begin{array}{l}
 R_1(3,2,2,1) \\
 R_2(2,2,3) \\
 R_3(1,2,2) \\
 R_4(2,2,1)
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 R_1(2,2,2,2) \\
 R_2(2,2,2,2,2,2) \\
 R_3(2,2) \\
 R_4()
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 R_1() \\
 R_2() \\
 + R_3(4) \\
 R_4(4,4)
 \end{array}
 =
 \begin{array}{l}
 R_1(2,2,2,2) \\
 R_2(2,2,2,2,2,2) \\
 R_3(2,2,4) \\
 R_4(4,4)
 \end{array}$$



$$\begin{array}{l}
 R_1(3,1,4) \\
 R_2(3) \\
 R_3(1,4) \\
 R_4(1,4)
 \end{array}$$



**Systemy MRPII/ERP
(proEdmis)**

INTEGRACJA

**SME system
podejmowania decyzji
SWZ & SWZ montaż**

- stan ustalony
- uruchamianie/ kończenie