



Prezentacja wprowadzająca do 4 części projektu



„OBLICZENIE TAKTU KLIENTA, WYBÓR SYSTEMU UTRZYMYWANIA ZAPASÓW”

Przedmiot: **LEAN MANUFACTURING**
Kierunek: **ZARZĄDZANIE I INŻYNIERIA PRODUKCJI**
Stopień/Rok: **DRUGI / PIERWSZY**

Opracował: dr inż. Paweł Wojakowski

Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji
Zakład Projektowania Procesów Wytwarzania

Pokój: **C207 B**
Telefon: **12 374 32 61**
e-mail: **pwojakowski@pk.edu.pl**
www: **<http://m65.pk.edu.pl>**

Dwa kluczowe cele umożliwiające osiągnięcie „odchudzonego” systemu wytwórczego:

- Redukcja **czasu przejścia** wyrobu przez system
- Produkcja zgodnie z **taktem klienta**

Stanem, jaki ma być osiągnięty wdrażając Lean Manufacturing jest aby każdy etap procesu produkował jedynie tyle, ile jest potrzebne następującym po nim etapom procesów wytwórczych oraz klientom i tylko wtedy gdy jest to potrzebne.

Mapa stanu przyszłego ma stanowić więc wizję jak osiągnąć pożądaną stan jakim jest „odchudzony” przepływ materiałów i informacji. Warto więc rozpocząć proces doskonalenia od etapów najbliższych klienta, dalej kierując się w stronę dostaw surowców.

Takt klienta jest wykorzystywany do synchronizacji tempa produkcji z tempem sprzedaży. Wartość taktu klienta daje wyobrażenie o tempie z jakim powinno się produkować wyroby.

Takt klienta T_K informuje ile czasu daje klient na produkcję sztuk w każdym etapie procesu wytwórczego w odniesieniu do kupowanych przez niego wyrobów gotowych. Takt klienta otrzymuje się dzieląc (całkowity) dostępny czas pracy danego etapu procesu wytwórczego przez poziom zamówień klienta w określonym przedziale czasu zgodnie z zależnością:

$$T_K = \frac{W / T}{d} [sek / szt]$$

gdzie:

W/T
 d

- dostępny czas pracy w analizowanym okresie,
- zapotrzebowanie na wyroby w analizowanym okresie.

Czynnikiem warunkującym dobór przedziału czasu może być częstotliwość pełnej rotacji rodziny wyrobów lub dostępny czas pracy poszczególnych maszyn. W analizowanym przykładzie przedziałem czasu jest tydzień, stąd do kalkulacji taktu klienta wymagana jest znajomość tygodniowego zapotrzebowania na poszczególne wyroby w rodzinie wyrobów.

Krok 1: Obliczenie tygodniowego czasu pracy:

Obliczenie taktu klienta				
Parametr	Symbol	Wzór obliczeniowy	Wynik	Jednostka
Liczba dostępnych dni pracy	A/T		1	[dni/tydz]
Czas eksploatacji	E/T		435	[min/zm]
Liczba uruchomionych zmian	ZM		2	[zm]
Dostępny czas pracy	W/T	A/T · E/T · ZM	870	[min/tydz]

Krok 2: Obliczenie tygodniowego zapotrzebowania:

Obliczenie taktu klienta				
Parametr	Symbol	Wzór obliczeniowy	Wynik	Jednostka
Liczba dostępnych dni pracy	A/T		1	[dni/tydz]
Czas eksploatacji	E/T		435	[min/zm]
Liczba uruchomionych zmian	ZM		2	[zm]
Dostępny czas pracy	W/T	A/T · E/T · ZM	870	[min/tydz]
Tygodniowe zapotrzebowanie typ A	d_A		2800	[szt/tydz]
Tygodniowe zapotrzebowanie typ B	d_B		1975	[szt/tydz]
Tygodniowe zapotrzebowanie typ C	d_C		1600	[szt/tydz]
Tygodniowe zapotrzebowanie	d	$d_A + d_B + d_C$	6375	[szt/tydz]

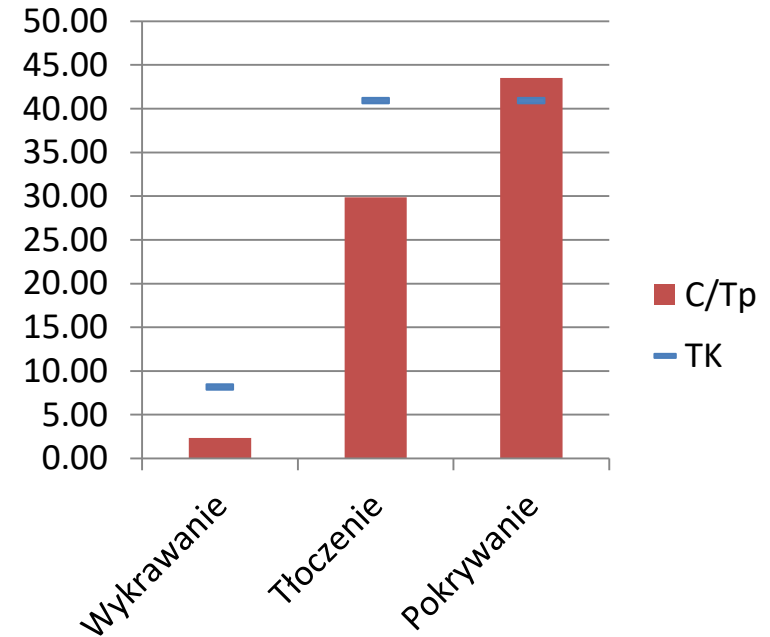
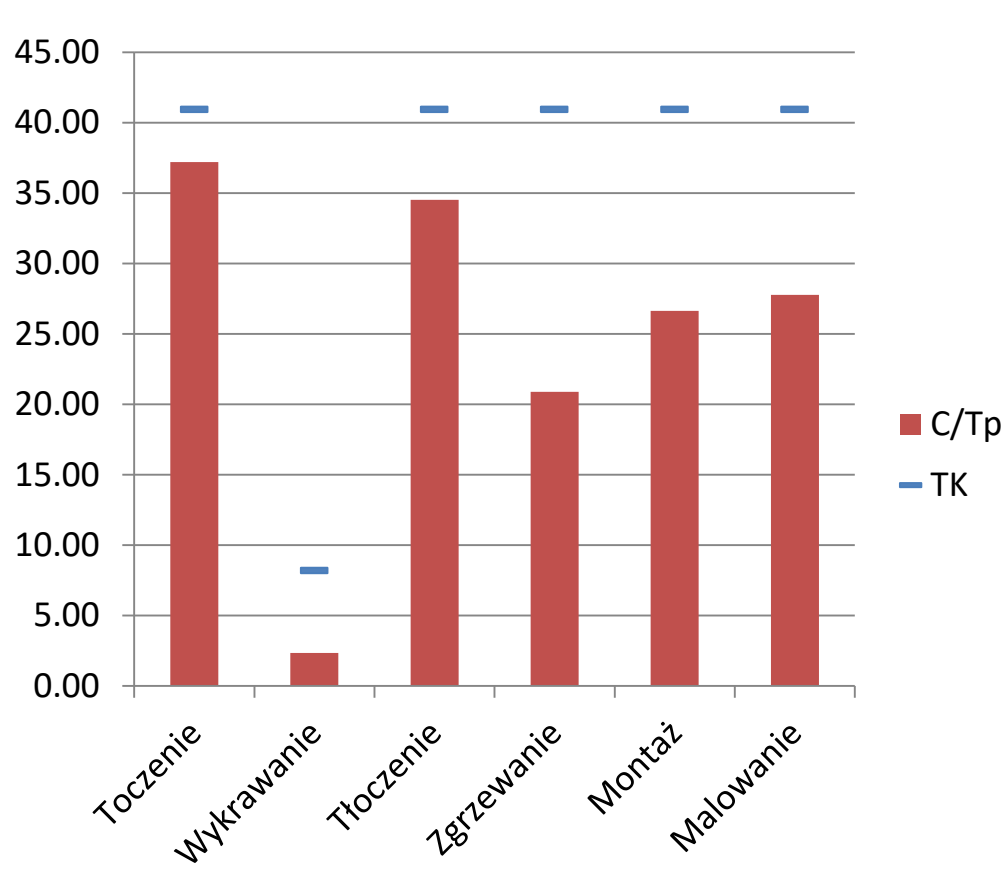
Krok 3: Obliczenie tygodniowego czasu pracy:

Obliczenie taktu klienta				
Parametr	Symbol	Wzór obliczeniowy	Wynik	Jednostka
Liczba dostępnych dni pracy	A/T		1	[dni/tydz]
Czas eksploatacji	E/T		435	[min/zm]
Liczba uruchomionych zmian	ZM		2	[zm]
Dostępny czas pracy	W/T	A/T · E/T · ZM	870	[min/tydz]
Tygodniowe zapotrzebowanie typ A	d _A		2800	[szt/tydz]
Tygodniowe zapotrzebowanie typ B	d _B		1975	[szt/tydz]
Tygodniowe zapotrzebowanie typ C	d _C		1600	[szt/tydz]
Tygodniowe zapotrzebowanie	d	d_A + d_B + d_C	6375	[szt/tydz]
Takt klienta	T_K	$T_K = \frac{60 \cdot W / T}{d}$	8.19	[sek/szt]

Zestaw obliczeń taktu klienta dla podprocesu obróbki rękojeści:

Zestaw danych obliczeniowych T _K : podproces obróbki rękojeści						
Parametr	Toczenie	Wykrawanie	Tłoczenie	Zgrzewanie	Montaż	Malowanie
Liczba dostępnych dni pracy	5	1	5	5	5	5
Czas eksploatacji	435	435	435	435	435	435
Liczba uruchomionych zmian	2	2	2	2	2	2
Dostępny czas pracy	4350	870	4350	4350	4350	4350
Tygodniowe zapotrzebowanie typ A	2800	2800	2800	2800	2800	2800
Tygodniowe zapotrzebowanie typ B	1975	1975	1975	1975	1975	1975
Tygodniowe zapotrzebowanie typ C	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Tygodniowe zapotrzebowanie	6375	6375	6375	6375	6375	6375
Takt klienta	40.94	8.19	40.94	40.94	40.94	40.94

Takt klienta porównuje się z cyklem produktu na każdym etapie procesu wytwórczego. Poniżej pokazano wykres dla podprocesu wytwórczego rękojeści:



Powyżej znajduje się wykres przygotowany dla podprocesu wytwórczego ostrza łopaty

Aby ustalić miejsce składowania zapasu materiałów w strumieniu wartości należy poznać relacje pomiędzy czasem jaki daje klient na realizację zamówienia a czasem potrzebnym do zrealizowania tego zamówienia przez system produkcyjny.

Na czas realizacji zamówienia w systemie produkcyjnym mają wpływ:

- Czas **obsługi usługowej** zamówienia ob_U (przepływ informacji)
- Czas **obsługi przetwórczej** zamówienia ob_P (przepływ materiałów)

Do obliczenia czasu realizacji zamówienia w systemie produkcyjnym służy wskaźnik **czasu przerobu T/T** (ang. *Throughput Time*). Czas przerobu T/T to czas od momentu złożenia zamówienia przez klienta do momentu wysyłki do klienta wyrobów, na które zamówienie zostało wystawione:

$$T / T = ob_U + ob_P [dni]$$

Czas jaki daje klient na realizację zamówienia wyrażony jest wskaźnikiem **czasu oczekiwania Ex/T** (ang. *Expectation Time*). W przykładzie czas oczekiwania wynosi 1 dzień (bo klient codziennie przysyła zamówienia).

UWAGA 1: obecnie utrzymywany jest zapas wyrobów gotowych, dostępnych dla klienta „od ręki”. Jest to system utrzymywania zapasów MTS. Zarząd zakładu podjął decyzję uszczuplenia zakładu z zapasów, tym samym zdecydował się na przejście z systemu MTS na inny, który nie wymaga utrzymywania zapasu wyrobów gotowych.

UWAGA 2: zakłada się również, że czas obsługi usługowej ob_U wynosi 1 zmianę. Czas obsługi usługowej na chwilę obecną nie ulegnie redukcji.

Aby sprawdzić, czy obecnie zakład jest w stanie przejść na inny system utrzymywania zapasów należy obliczyć wskaźnik **luzu realizacji zamówień SL** (ang. *Slack*). Luz oblicza się z zależności:

$$SL = Ex/T - T/T$$

WAŻNE: Aby zrealizować zamówienie klienta na czas, wartość luzu nie może być ujemna (według JiT powinna być bliska 0 ale dodatnia).

Jaki system utrzymywania zapasów przyjąć?

Najpierw należy dowiedzieć się, co kryje się pod pojęciem czasu przerobu dla różnych systemów utrzymywania zapasów.

System MTS: istnieje magazyn wyrobów gotowych. Wówczas czas przerobu opisuje się szczegółowo według zależności:

$$T / T = ob_{U-OZO} + ob_{U-REJ} + ob_{U-OPW} + ob_{P-KPL} + ob_{P-OWY}$$

gdzie:

- ob_{U-OZO} - czas oczekiwania zamówienia na obsługę,
- ob_{U-REJ} - czas rejestracji zamówienia,
- ob_{U-OPW} - czas oczekiwania na przygotowanie polecenia wysyłki,
- ob_{P-KPL} - czas przygotowania wysyłki,
- ob_{P-OWY} - czas oczekiwania wyrobów gotowych na wysyłkę.

Jaki system utrzymywania zapasów przyjąć?

Najpierw należy dowiedzieć się, co kryje się pod pojęciem czasu przerobu dla różnych systemów utrzymywania zapasów.

System MTS/MTO: istnieje magazyn składowania zapasu produkcji w toku. Materiał wymaga dalszego przetworzenia na zamówienie, bo nie istnieje magazyn wyrobów gotowych (po dalszym przetworzeniu wyroby gotowe są natychmiastowo przygotowywane do wysyłki). Wówczas czas przerobu opisuje się szczegółowo według zależności:

$$T / T = ob_{U-OZO} + ob_{U-REJ} + ob_{U-OPL} + ob_{U-PLZ} + ob_{P-OZR} + ob_{P-PRZ} + ob_{P-OCZ} + ob_{P-OWY}$$

gdzie:

- ob_{U-OZO} - czas oczekiwania zamówienia na obsługę,
- ob_{U-REJ} - czas rejestracji zamówienia,
- ob_{U-OPL} - czas oczekiwania na planowanie,
- ob_{U-PLZ} - czas planowania zleceń produkcyjnych,
- ob_{P-OZR} - czas oczekiwania zaplanowanego zlecenia na realizację,
- ob_{P-PRZ} - czas dalszego przetwarzania,
- ob_{P-OCZ} - czas oczekiwania produkcji w toku na przetworzenie,
- ob_{P-OWY} - czas oczekiwania wyrobów gotowych na wysyłkę.

Jaki system utrzymywania zapasów przyjąć?

Najpierw należy dowiedzieć się, co kryje się pod pojęciem czasu przerobu dla różnych systemów utrzymywania zapasów.

System MTO: istnieje magazyn składowania surowców. Materiał wymaga całkowitego przetworzenia na zamówienie z dostępnych surowców. Wówczas czas przerobu opisuje się szczegółowo według zależności:

$$T / T = ob_{U-OZO} + ob_{U-REJ} + ob_{U-OPL} + ob_{U-PLZ} + ob_{P-OZR} + ob_{P-CPR} + ob_{P-OCZ} + ob_{P-OWY}$$

gdzie:

- ob_{U-OZO} - czas oczekiwania zamówienia na obsługę,
- ob_{U-REJ} - czas rejestracji zamówienia,
- ob_{U-OPL} - czas oczekiwania na planowanie,
- ob_{U-PLZ} - czas planowania zleceń produkcyjnych,
- ob_{P-OZR} - czas oczekiwania zaplanowanego zlecenia na realizację,
- ob_{P-CPR} - czas całkowitego przetworzenia zlecenia z dostępnych surowców,
- ob_{P-OCZ} - czas oczekiwania produkcji w toku na przetworzenie,
- ob_{P-OWY} - czas oczekiwania wyrobów gotowych na wysyłkę.

Jaki system utrzymywania zapasów przyjąć?

Najpierw należy dowiedzieć się, co kryje się pod pojęciem czasu przerobu dla różnych systemów utrzymywania zapasów.

System JiT: nie istnieje w ogóle magazyn. Są jedynie magazyny buforowe wystarczające na krótki czas (np. na dwie godziny). W chwili złożenia zamówienia przez klienta składa się jednocześnie zamówienie na dostawę wymaganych surowców u dostawcy. Wówczas czas przerobu opisuje się szczegółowo według zależności:

$$T / T = ob_{U-OZO} + ob_{U-REJ} + ob_{U-OPL} + ob_{U-PZS} + ob_{P-POS} + ob_{P-CPS} + ob_{P-OCZ} + ob_{P-OWY}$$

gdzie:

- ob_{U-OZO} - czas oczekiwania zamówienia na obsługę,
- ob_{U-REJ} - czas rejestracji zamówienia,
- ob_{U-OPL} - czas oczekiwania na planowanie,
- ob_{U-PZS} - czas planowania zleceń produkcyjnych i zamawiania surowców,
- ob_{P-POS} - czas produkcji z dostępnego zapasu surowców i oczekiwania na dostawę,
- ob_{P-CPS} - czas całkowitego przetworzenia zlecenia z dostarczonych surowców,
- ob_{P-OCZ} - czas oczekiwania produkcji w toku na przetworzenie,
- ob_{P-OWY} - czas oczekiwania wyrobów gotowych na wysyłkę.

Co wiemy (dane dla przykładu):

Czas oczekiwania klienta na zamówienie: $Ex/T = 1$ dzień

Średnie dzienne zapotrzebowanie klienta według typów:

- Typ A: $ADD_A/5 = 2800/5 = 560$ szt/dzień
- Typ B: $ADD_B/5 = 1975/5 = 395$ szt/dzień
- Typ C: $ADD_C/5 = 1600/5 = 320$ szt/dzień

Wszystkie składowe czasu obsługi usługowej: $ob_U = 1$ zmiana = 0.5 dnia

Założenia upraszczające:

- nie ma czasu oczekiwania zaplanowanego zlecenia na realizację $ob_{P-OZR} = 0$,
- czas oczekiwania wyrobów gotowych na wysyłkę wynosi $ob_{P-OWY} = 2$ godziny.

Zadanie: należy obliczyć luz realizacji zamówień SL przyjmując zgodnie z wytycznymi, że nie ma zapasu wyrobów gotowych, a zapas materiałów będzie zlokalizowany jak najwyżej w strumieniu wartości.

Próba przejścia z systemu MTS na MTS/MTO

Przygotowanie danych do obliczeń:

Czas oczekiwania klienta $Ex/T = 1$ dzień = 16 h (bo produkcja w systemie 2-zmianowym)

Czas obsługi usługowej (całość) $ob_U = 1$ zmiana = 8 h

Czas oczekiwania zlecenia na wysyłkę $ob_{P-OWY} = 2$ h

Czas oczekiwania zaplanowanego zlecenia na realizację $ob_{P-OZR} = 0$ h

Czas dalszego przetwarzania $ob_{P-PRZ} = ?$

Czas oczekiwania produkcji w toku na przetworzenie $ob_{P-OCZ} = ?$

Korzystamy ze wzoru:

$$SL = Ex/T - ob_U - ob_{P-OWY} - ob_{P-PRZ} - ob_{P-OCZ} = 6 - ob_{P-PRZ} - ob_{P-OCZ}$$

Wiemy również, że:

$$SL \geq 0$$

czyli należy znaleźć takie ob_{P-PRZ} oraz ob_{P-OCZ} aby:

$$ob_{P-PRZ} + ob_{P-OCZ} \leq 6$$

Czas dalszego przetwarzania oblicza się z zależności:

$$ob_{P-PRZ} = \sum_{i=1}^n C / TP_i \cdot ADD$$

gdzie:

- C/TP_i - cykl produktu na danym etapie procesu i ,
- $i=1, \dots, n$ - liczba etapów procesu objętych produkcją pod zamówienie,
- ADD - średnie dzienne zapotrzebowanie na produkcję rodziny wyrobów.

Czas oczekiwania produkcji w toku na przetworzenie oblicza się ze wzoru:

$$ob_{P-OCZ} = \sum_{i=1}^{n-1} Q / T_{i,i+1}$$

gdzie:

- $i=1, \dots, n$ - liczba etapów procesu objętych produkcją pod zamówienie,
- $Q/T_{i,i+1}$ - czas spędzony przez zlecenie w kolejce zleceń oczekujących na realizację pomiędzy etapami procesu i oraz $i+1$. **UWAGA:** zakładamy, że etapy procesu są realizowane w odrębnych częściach zakładu, więc czas $Q/T_{i,i+1}$ wynosi 2 godziny (w naszym przypadku będzie on związany z czasem transportu zlecenia do kolejnego etapu procesu).

Sprawdzenie możliwości wykonania takiego ruchu:

Cykl produktu dla etapu montażu stylu i ostrza C/TP = 23.73 sekund

Średnie dzienne zapotrzebowanie dla rodziny wyrobów $ADD=560+395+320 = 1275$ sztuk/dzień

Czas spędzony w kolejce $Q/T = 0$

Czas dalszego przetwarzania:

$$ob_{P-PRZ} = 23.73 \cdot 1275 \approx 30256 \text{ sek} \approx 8.4 \text{ h}$$

Czas oczekiwania produkcji w toku na przetworzenie:

$$ob_{P-OCZ} = 0 \text{ h}$$

Wniosek: obecnie nie można przejść na system produkcji MTS/MTO, bo:

$$ob_{P-PRZ} + ob_{P-OCZ} > 6$$

Wymagane: poprawa efektywności wykorzystania etapu, skrócenie czasu obsługi usługowej zamówień, skrócenie czasu oczekiwania na wysyłkę

Poprawa efektywności wykorzystania etapu montażu styli i ostrza:

Obecnie: OEE = 0.84;

Cel do osiągnięcia: OEE > 0.9;

Zastosowane narzędzia:

5S -> Eliminacja oczekiwań

Standaryzacja pracy

-> Praca bez przerw pracowniczych

Kaizen/motywowanie

-> Eliminacja nieobecności operatora

Ukazanie różnic przed
i po wprowadzeniu
udoskonaleń:

Obliczenie nowej zdolności C_p :

$$C_p = \frac{P_e \cdot (E/T - N/D)}{C/T}$$

gdzie:

P_e - dotychczasowa wydajność,
czyli $P_e = 0.9829$

Obliczenie czasu eksploatacji

Parametr	Symbol	Jednostka	Wynik PRZED	Wynik PO
Dostępny czas	O/T	[min/zm]	480	480
Przerwy pracownicze	a	[min/zm]	30	0
Wypełnianie raportów	b	[min/zm]	5	5
Sprzątanie	c	[min/zm]	10	10
Planowane przestoje	P/D	[min/zm]	45	15
Czas eksploatacji	E/T	[min/zm]	435	465

OEE Montaż styli i ostrza

Parametr	Symbol	Jednostka	Wynik PRZED	Wynik PO
Czas eksploatacji	E/T	[min/zm]	435	465
Awarie	d	[min/zm]	0	0
Usterki	e	[min/zm]	20	20
Nieobecność operatora	f	[min/zm]	10	0
Oczekiwanie na...	g	[min/zm]	15	0
Przekroczenie czasu przebrojenia	h	[min/zm]	0	0
Nieplanowane przestoje	N/D	[min/zm]	45	20
Dostępność	A_v	[%]	89.66%	95.70%
Zdolność produkcyjna	C_p	[szt/zm]	1150	1312
Czas standaryzowany	S/T	[sek/szt]	20	20
Wydajność	P_e	[%]	98.29%	98.29%
Braki	S_H	[szt/zm]	50	50
Jakość	Q_t	[%]	95.65%	96.19%
Efektywność	OEE	[%]	84.29%	90.48%

Poprawa wartości cyklu produktu dla etapu montażu stylu i ostrza:

C/TP Montaż stylu i ostrza				
Parametr	Symbol	Jednostka	Wynik PRZED	Wynik PO
Czas cyklu	C/T	[sek/cykl]	20	20
Efektywność	OEE	[%]	84.29%	90.47%
Liczba stanowisk równoległych	r		1	1
Liczba sztuk na wyrób	i		1	1
Liczba sztuk w czasie cyklu	PPC	[szt/cykl]	1	1
Czas przebrojenia	C/O	[min/partię]	0	0
Wielkość partii	n	[szt/partię]	6375	1275
Cykl produktu	C/TP	[%]	23.73	22.11

Czas dalszego przetwarzania:

$$ob_{P-PRZ} = 22.11 \cdot 1275 \approx 28190 \text{ sek} \approx 7.83 \text{ h}$$

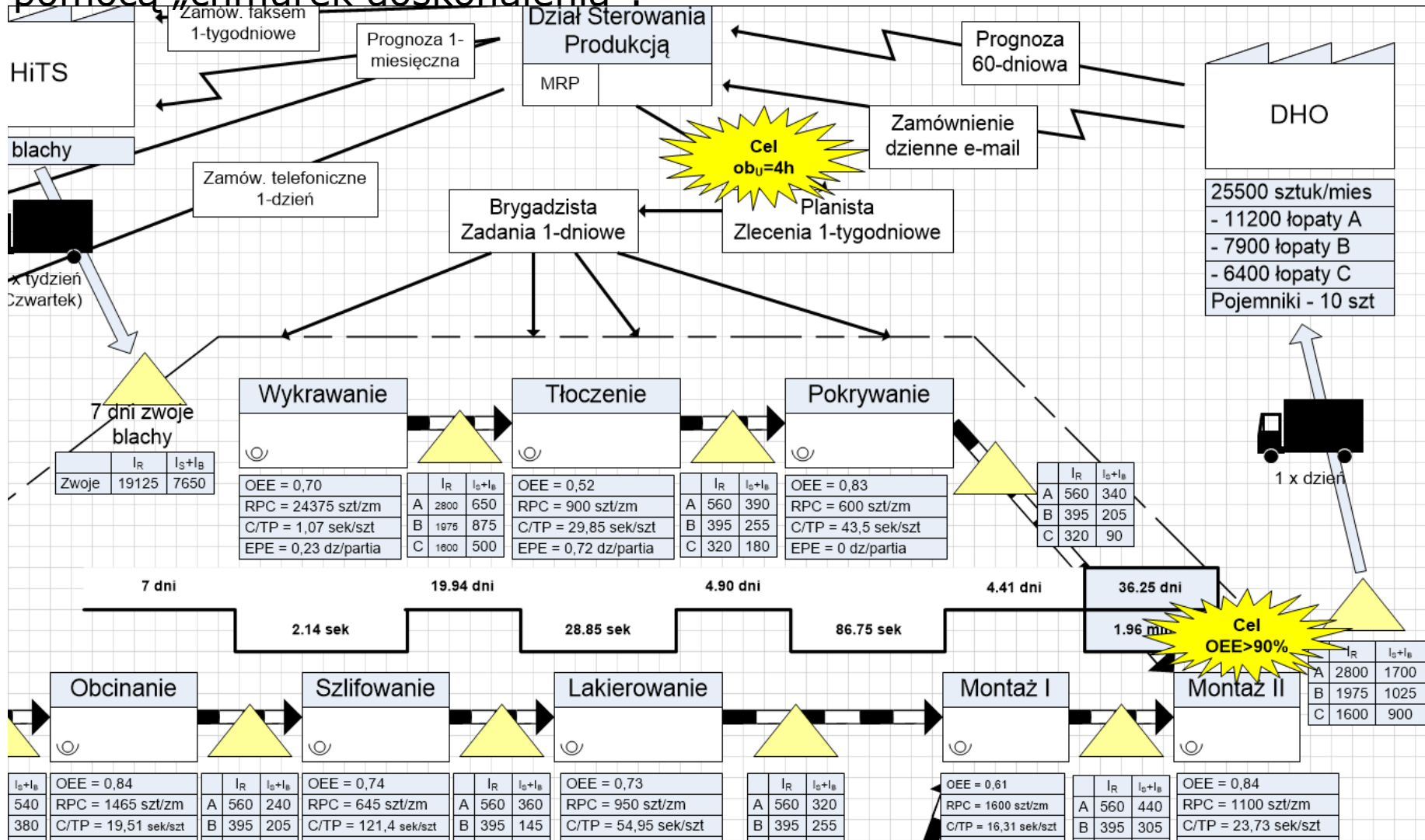
Decyzja: skrócenie czasu obsługi usługowej do 4 h (wdrożenie Lean Office):

$$ob_U = 4 \text{ h}$$

co spowoduje, że:

$$ob_{P-PRZ} + ob_{P-OCZ} < 10$$

Proponowane działania doskonalące pokazuje się na mapie stanu obecnego za pomocą „chmurek doskonalenia”:





Koniec wprowadzenia do części 4 projektu

