



# Prezentacja wprowadzająca do 2 części projektu



## „OBLICZENIE WSKAŹNIKÓW STANOWISKOWYCH”

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

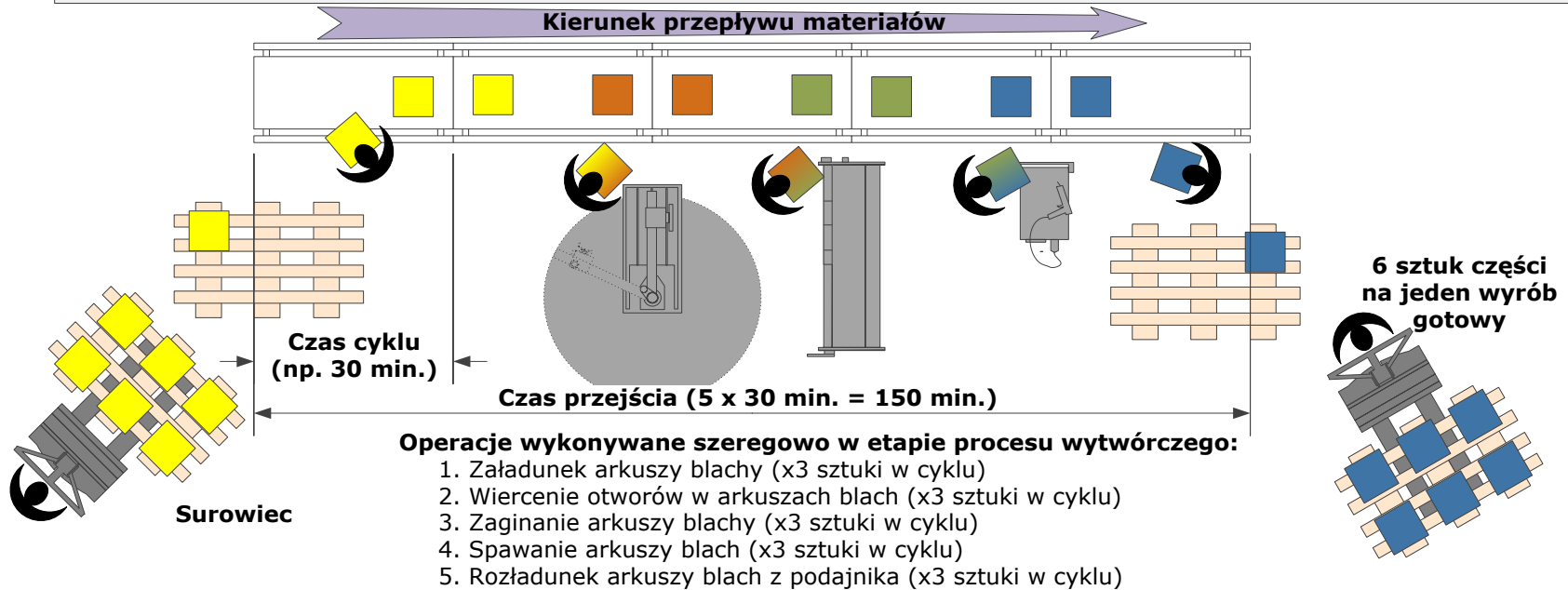
**Opracował: dr inż. Paweł Wojakowski**

**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>**

## ***Etap procesu wytwórczego***

(maszyny dedykowane do produkcji rodziny wyrobów)



### **Przykładowy wykaz wskaźników wejściowych odczytanych z powyższego rysunku:**

- $r = 1$  (jeden ciąg technologiczny równoległy występujący w etapie procesu)
- $A/T = 5$  dni/tydz (linia dedykowana: dostępnych 5 dni w tygodniu produkcji)
- $C/T = 30$  min/cykl (czas cyklu, jest to tzw. idealny czas na wykonanie pracy cyklicznej)
- $PPC = 3$  szt/cykl (liczba sztuk wykonywanych w jednym cyklu)
- $L = 5$  (liczba operatorów pracujących w etapie na jednej zmianie)
- $i = 6$  (liczba sztuk części schodzących z etapu przypadających na jeden wyrób gotowy)
- $L/T = 150$  min (czas przejścia określający ile czasu jedna sztuka przebywa w etapie procesu)

### **Dodatkowo mogą wystąpić następujące wskaźniki wejściowe:**

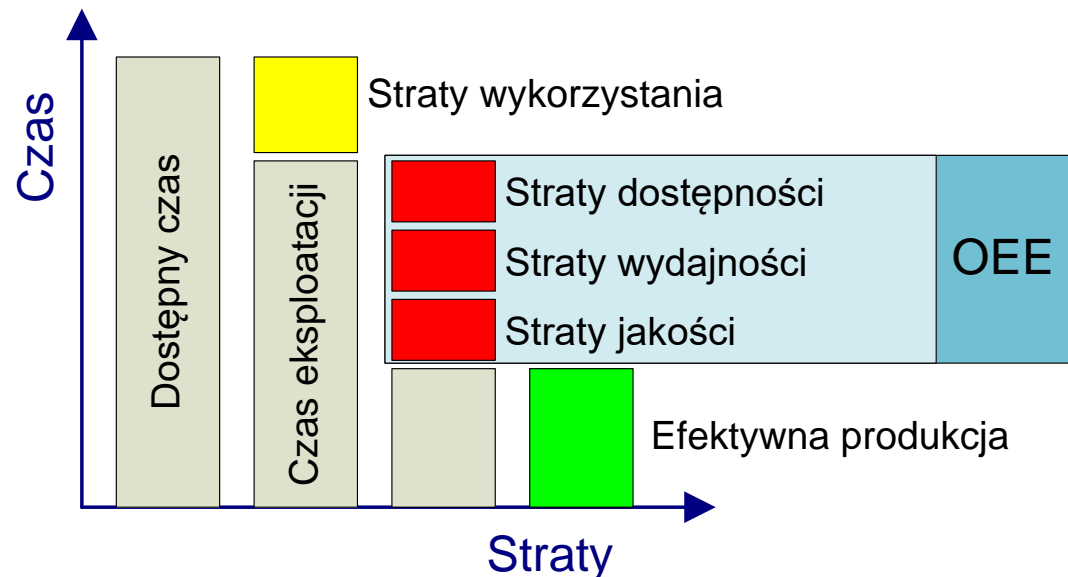
- $C/O$  (czas przebrojenia przypisany do pojedynczej maszyny lub ciągu technologicznego)
- $ZM$  (liczba zmian pracowniczych uruchomionych w etapie procesu – gdy inna niż dla całej organizacji)

## OEE (ang. *Overall Equipment Effectiveness*)

Wskaźnik efektywności wykorzystania czasu pracy – wskaźnik monitorujący etap procesu ograniczany przez straty czasu pojawiające się na stanowiskach roboczych w analizowanym etapie. Opiera się na trzech rodzajach strat czasowych:

- stratach na dostępności (z powodu nieplanowanych przestołów lub regulacji),
- stratach na wydajności (z powodu mikroprzestołów lub spowolnień pracy),
- stratach na jakości (z powodu braków podczas produkcji lub przy rozruchu).

Straty w dostępnym czasie pracy maszyny:



## 0. Planowane postoje:

- przerwy socjalne
- przekazywanie zmiany
- wypełnianie raportów
- przebrojenia w zaplanowanym czasie
- sprzątanie i konserwacja
- próby technologiczne

## 1. Nieplanowane przestoje:

- awarie z naprawą sprzętu
- usterki z wyrzuceniem sztuk
- oczekiwanie na surowce
- regulacje w trakcie produkcji
- wydłużenie przebrojenia
- nieobecność operatora

## 2. Utrata wydajności:

- zwolniona praca sprzętu
- mikroprzestoje (np. do 2 minut)
- przeciążenie parametrów znamionowych
- niepełna obsada
- brak doświadczenia operatorów
- wykonywanie zbędnych czynności

## 3. Utrata jakości:

- braki wymagające wyrzucenia (będące złomem)
- buble wymagające naprawy na innym stanowisku roboczym
- niedoróbki wymagające powtórnego przejścia przez etap procesu

Obliczenie czasu eksploatacji na zmianę E/T (podstawy kalkulacji OEE):

$$E/T = O/T - P/D$$

gdzie:  
O/T – czas pracy jednej zmiany  
P/D – czas planowanych postojów

Wskaźnik dostępności  $A_v$ :

$$A_v = \frac{E/T - N/D}{E/T}$$

gdzie:  
E/T – czas eksploatacji,  
N/D – czas nieplanowanych przestoju

Wskaźnik wydajności  $P_e$ :

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

gdzie:  
 $C_p$  – zdolność produkcyjna  
 $S/T$  – czas standaryzowany:

Wskaźnik jakości  $Q_t$ :

$$Q_t = \frac{C_p - S_H}{C_p}$$

gdzie:  
 $S_H$  – liczba braków

$$S/T = \frac{C/T}{PPC}$$

Efektywność wykorzystania czasu pracy OEE:

$$OEE = A_v \cdot P_e \cdot Q_t$$

Typowa wartość wskaźnika OEE spotykana w zakładach przemysłowych mieści się w granicach 60%. Standard światowy WCM to OEE = 85%

## Zestaw danych do obliczeń wskaźników

Poniżej zamieszczono zbiór parametrów koniecznych do przeprowadzenia obliczeń podstawowych wskaźników Lean Manufacturing. Wykaz sporządzono zgodnie z podaną w części 1 sekwencją operacji.

## Dane do obliczeń wskaźnika OEE

### *Styl łopaty*

#### 1. Toczenie

Maszyna: tokarka produkcyjna.

Straty planowanych przestojów:

Przerwy wypoczynkowe: 2 x 15 minut.

Wypełnianie raportów: 5 minut.

Sprzątanie stanowisk pracy: 10 minut.

Straty na dostępności:

Awarie: 50 minut.

Usterki: 20 minut.

Nieobecność operatora: 10 minut.

Oczekiwanie na... : 10 minut.

Przekroczenie czasu przebrojenia: brak.

Ilość sztuk produkowana na zmianie:

Zdolność produkcyjna: 320 sztuk.

Sztuki złe jakościowo: 15 sztuk.

#### 2. Obcinanie i obrabianie końców

Maszyna: automat.

Straty planowanych przestojów:

Przerwy wypoczynkowe: 2 x 15 minut.

Zdolność produkcyjna: 760 sztuk.

Sztuki złe jakościowo: 25 sztuk.

#### 2. Wykrawanie obejm

Maszyna: prasa.

Straty planowanych przestojów:

Przerwy wypoczynkowe: 2 x 15 minut.

Wypełnianie raportów: 5 minut.

Sprzątanie stanowisk pracy: 10 minut.

Straty na dostępności:

Awarie: 80 minut.

Usterki: 20 minut.

Oczekiwanie na... : 15 minut.

Przekroczenie czasu przebrojenia: brak.

Ilość sztuk produkowana na zmianie:

Zdolność produkcyjna: 50000 sztuk.

Sztuki złe jakościowo: 1250 sztuk.

#### 3. Tłoczenie obejm

Maszyna: prasa.

Straty planowanych przestojów:

Przerwy wypoczynkowe: 2 x 15 minut.

Wypełnianie raportów: 5 minut.

Sprzątanie stanowisk pracy: 10 minut.

Straty na dostępności:

Awarie: 65 minut.

Usterki: 20 minut.

Nieobecność operatora: 10 minut.

Oczekiwanie na... : brak.

Przekroczenie czasu przebrojenia: brak.

Ilość sztuk produkowana na zmianie:

Zdolność produkcyjna: 1750 sztuk.

Sztuki złe jakościowo: 200 sztuk.

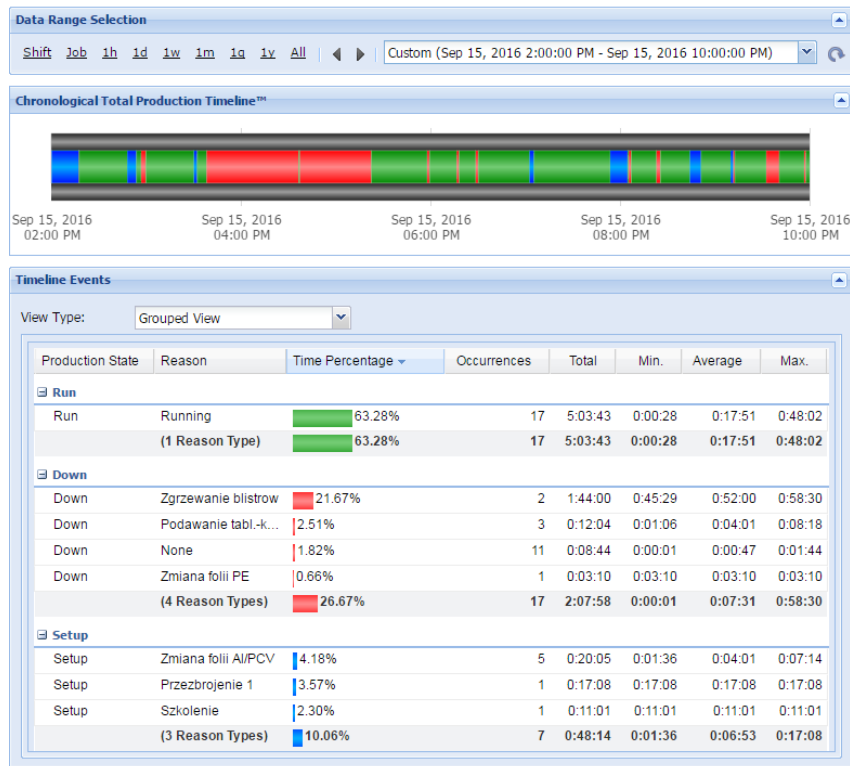
#### 4. Zgrzewanie oporowe dwóch obejm

Przyjęte obliczenia mają charakter tylko i wyłącznie poznawczy. Dane do obliczeń mają formę silnie uproszczoną.

Prawidłowe obliczenie wskaźnika OEE wymaga gromadzenia danych produkcyjnych z dłuższego okresu czasu (minimum 3 miesiące). Dane produkcyjne są podzielone na dwie kategorie:

Dane o stanie pracy ciągu technologicznego:

Raporty produkcyjne  
zmianowe/zadaniowe:



part_id	goal_count	good_count	reject_count	interval_id	slow_cycles	slow_cycles_time	small_stops	small_stops_time	standard_cycle
10013765	20	99	0	4	0	0	1	23.31	96
1012334	6500	2005	0	Zmiana 2	0	0	1	45.54	2002
W002	6500	153	0	Zmiana 1	2	42.37	4	321.05	73
W002	20	158	5	4	2	42.37	4	321.05	75
NUTT400	2000000	5138	0	JOB 1	3542	4005.76	1219	12253.97	188
UU001607934	10800	3744	0	JOB 1	0	0	0	0	540
2202305	8808	18679	0	No Shift	18	147.86	1367	13670	17251
2202305	300	2896	0	Shift	705	7047.15	0	0	0
2202305	10800	21575	0	JOB 1	723	7195.01	1367	13670	17251
2202305	300	17701	0	Manual Reset	17418	17418	1	83.61	8
2202305	300	142	0	Brygada B	0	0	0	0	132
2202305	10800	27649	0	JOB 1	27096	27300	2	88.61	167
2202305	15	7376	0	JOB 1	7375	7375	0	0	0
1,0L 15PAK	6500	17182	0	Zmiana A	17054	17258	2	110.68	29
1,0L 15PAK	10800	408	0	JOB 1	0	0	3	311.62	1362
NUTT400	154508	425	0	Podaj zmianie	16	16	3	218.08	1360
NUTT400	300	2070	46	Podaj zmianie	924	9208.69	148	1029.1	7775
NUTT400	10800	2070	119	JOB 1	924	9208.69	151	1143.35	7847
57350-14-000075	300	0	73	Witamy	0	0	2	102.11	72
57350-14-000075	10800	0	1824	JOB 1	0	0	0	0	1823
50813-11-000025	10800	0	12	JOB 1	1	10.62	0	0	11
50350-11-000075	300	0	1917	Witamy	0	0	0	0	1915
50350-11-000075	6500	0	0	Witamy	0	0	0	0	0
50350-11-000075	20	4	81	JOB 1	3	15	0	0	80
W001	6500	66	0	Zmiana 1	4	30.6	0	0	36
W001	6500	609	0	Zmiana 2	0	0	0	0	458
W001	20	728	0	JOB 1	2	29.6	0	0	551
W003	6500	313	0	Zmiana 2	257	2573	0	0	57
W003	20	256	0	JOB 1	256	2559	0	0	0
W001	20	860	0	JOB 1	1	14	0	0	858
W002	6500	2306	0	Zmiana 2	1	14	0	0	2302
W002	20	1544	0	JOB 1	1	15.34	0	0	1542
W002	20	704	0	JOB 1	0	0	0	0	703
W001	20	1093	0	JOB 1	1	18.12	0	0	1082

Najpierw oblicza się czas eksploatacji (obliczenia przyjęto dla 1 zmiany).

Obliczenie czasu eksploatacji				
Parametr	Symbol	Wzór obliczeniowy	Wynik	Jednostka
Dostępny czas	O/T	Czas pracy zmiany = 8 [h]	480	[min/zm]

Obliczenie czasu eksploatacji				
Parametr	Symbol	Wzór obliczeniowy	Wynik	Jednostka
Dostępny czas	O/T	Czas pracy zmiany = 8 [h]	480	[min/zm]
Przerwy pracownicze	a		30	[min/zm]
Wypełnianie raportów	b		5	[min/zm]
Sprzątanie	c		10	[min/zm]
Planowane postoje	P/D	a + b + c	45	[min/zm]

Obliczenie czasu eksploatacji				
Parametr	Symbol	Wzór obliczeniowy	Wynik	Jednostka
Dostępny czas	O/T	Czas pracy zmiany = 8 [h]	480	[min/zm]
Przerwy pracownicze	a		30	[min/zm]
Wypełnianie raportów	b		5	[min/zm]
Sprzątanie	c		10	[min/zm]
Planowane postoje	P/D	a + b + c	45	[min/zm]
<b>Czas eksploatacji</b>	<b>E/T</b>	<b>O/T - P/D</b>	<b>435</b>	<b>[min/zm]</b>





Następnie oblicza się wskaźnik efektywności czasu pracy OEE względem podstawy czasu (czasu eksploatacji – użyto stałej wartości czasu eksploatacji, w rzeczywistości ta wartość będzie zmienna z okresu na okres w zależności od liczby przebrojeń i planowanych postojów).

Obliczenie wskaźnika OEE				
Parametr	Symbol	Wzór obliczeniowy	Wynik	Jednostka
Czas eksploatacji	E/T		435	[min/zm]
Awarie	d		65	[min/zm]
Usterki	e		20	[min/zm]
Nieobecność operatora	f		10	[min/zm]
Oczekiwanie na...	g		0	[min/zm]
Przekroczenie czasu przebrojenia	h		0	[min/zm]
Nieplanowane przestoje	N/D	$d + e + f + g + h$	95	[min/zm]

Następnie oblicza się wskaźnik efektywności czasu pracy OEE względem podstawy czasu (czasu eksploatacji – użyto stałej wartości czasu eksploatacji, w rzeczywistości ta wartość będzie zmienna z okresu na okres w zależności od liczby przebrojeń i planowanych postojów).

Obliczenie wskaźnika OEE				
Parametr	Symbol	Wzór obliczeniowy	Wynik	Jednostka
Czas eksploatacji	E/T		435	[min/zm]
Awarie	d		65	[min/zm]
Usterki	e		20	[min/zm]
Nieobecność operatora	f		10	[min/zm]
Oczekiwanie na...	g		0	[min/zm]
Przekroczenie czasu przebrojenia	h		0	[min/zm]
Nieplanowane przestoje	N/D	$d + e + f + g + h$	95	[min/zm]
<b>Dostępność</b>	<b>A<sub>v</sub></b>	$[(E/T - N/D) / (E/T)] \cdot 100\%$	<b>78</b>	<b>[ % ]</b>

Następnie oblicza się wskaźnik efektywności czasu pracy OEE względem podstawy czasu (czasu eksploatacji – użyto stałej wartości czasu eksploatacji, w rzeczywistości ta wartość będzie zmienna z okresu na okres w zależności od liczby przebrojeń i planowanych postojów).

Obliczenie wskaźnika OEE				
Parametr	Symbol	Wzór obliczeniowy	Wynik	Jednostka
Czas eksploatacji	E/T		435	[min/zm]
Awarie	d		65	[min/zm]
Usterki	e		20	[min/zm]
Nieobecność operatora	f		10	[min/zm]
Oczekiwanie na...	g		0	[min/zm]
Przekroczenie czasu przebrojenia	h		0	[min/zm]
Nieplanowane przestoje	N/D	$d + e + f + g + h$	95	[min/zm]
<b>Dostępność</b>	<b>A<sub>v</sub></b>	<b><math>[(E/T - N/D) / (E/T)] \cdot 100\%</math></b>	<b>78</b>	<b>[ % ]</b>
Zdolność produkcyjna	C <sub>p</sub>		1750	[szt/zm]
Czas standaryzowany	S/T		10	[sek/szt]

Następnie oblicza się wskaźnik efektywności czasu pracy OEE względem podstawy czasu (czasu eksploatacji – użyto stałej wartości czasu eksploatacji, w rzeczywistości ta wartość będzie zmienna z okresu na okres w zależności od liczby przebrojeń i planowanych postojów).

Obliczenie wskaźnika OEE				
Parametr	Symbol	Wzór obliczeniowy	Wynik	Jednostka
Czas eksploatacji	E/T		435	[min/zm]
Awarie	d		65	[min/zm]
Usterki	e		20	[min/zm]
Nieobecność operatora	f		10	[min/zm]
Oczekiwanie na...	g		0	[min/zm]
Przekroczenie czasu przebrojenia	h		0	[min/zm]
Nieplanowane przestoje	N/D	$d + e + f + g + h$	95	[min/zm]
<b>Dostępność</b>	<b>A<sub>v</sub></b>	$[(E/T - N/D) / (E/T)] \cdot 100\%$	<b>78</b>	<b>[ % ]</b>
Zdolność produkcyjna	C <sub>p</sub>		1750	[szt/zm]
Czas standaryzowany	S/T		10	[sek/szt]
<b>Wydajność</b>	<b>P<sub>e</sub></b>	$\{(C_p \cdot S/T) / [60 \cdot (E/T - N/D)]\} \cdot 100\%$	<b>86</b>	<b>[ % ]</b>

Następnie oblicza się wskaźnik efektywności czasu pracy OEE względem podstawy czasu (czasu eksploatacji – użyto stałej wartości czasu eksploatacji, w rzeczywistości ta wartość będzie zmienna z okresu na okres w zależności od liczby przebrojeń i planowanych postojów).

Obliczenie wskaźnika OEE				
Parametr	Symbol	Wzór obliczeniowy	Wynik	Jednostka
Czas eksploatacji	E/T		435	[min/zm]
Awarie	d		65	[min/zm]
Usterki	e		20	[min/zm]
Nieobecność operatora	f		10	[min/zm]
Oczekiwanie na...	g		0	[min/zm]
Przekroczenie czasu przebrojenia	h		0	[min/zm]
Nieplanowane przestoje	N/D	$d + e + f + g + h$	95	[min/zm]
<b>Dostępność</b>	<b>A<sub>v</sub></b>	$[(E/T - N/D) / (E/T)] \cdot 100\%$	<b>78</b>	<b>[ % ]</b>
Zdolność produkcyjna	C <sub>p</sub>		1750	[szt/zm]
Czas standaryzowany	S/T		10	[sek/szt]
<b>Wydajność</b>	<b>P<sub>e</sub></b>	$\{(C_p \cdot S/T) / [60 \cdot (E/T - N/D)]\} \cdot 100\%$	<b>86</b>	<b>[ % ]</b>
Braki	S <sub>H</sub>		200	[szt/zm]
<b>Jakość</b>	<b>Q<sub>t</sub></b>	$[(C_p - S_H) / (C_p)] \cdot 100\%$	<b>89</b>	<b>[ % ]</b>

Następnie oblicza się wskaźnik efektywności czasu pracy OEE względem podstawy czasu (czasu eksploatacji – użyto stałej wartości czasu eksploatacji, w rzeczywistości ta wartość będzie zmienna z okresu na okres w zależności od liczby przebrojeń i planowanych postojów).

Obliczenie wskaźnika OEE				
Parametr	Symbol	Wzór obliczeniowy	Wynik	Jednostka
Czas eksploatacji	E/T		435	[min/zm]
Awarie	d		65	[min/zm]
Usterki	e		20	[min/zm]
Nieobecność operatora	f		10	[min/zm]
Oczekiwanie na...	g		0	[min/zm]
Przekroczenie czasu przebrojenia	h		0	[min/zm]
Nieplanowane przestoje	N/D	$d + e + f + g + h$	95	[min/zm]
<b>Dostępność</b>	<b>A<sub>v</sub></b>	$[(E/T - N/D) / (E/T)] \cdot 100\%$	<b>78</b>	<b>[ % ]</b>
Zdolność produkcyjna	C <sub>p</sub>		1750	[szt/zm]
Czas standaryzowany	S/T		10	[sek/szt]
<b>Wydajność</b>	<b>P<sub>e</sub></b>	$\{(C_p \cdot S/T) / [60 \cdot (E/T - N/D)]\} \cdot 100\%$	<b>86</b>	<b>[ % ]</b>
Braki	S <sub>H</sub>		200	[szt/zm]
<b>Jakość</b>	<b>Q<sub>t</sub></b>	$[(C_p - S_H) / (C_p)] \cdot 100\%$	<b>89</b>	<b>[ % ]</b>
<b>Efektywność czasu pracy</b>	<b>OEE</b>	<b>A<sub>v</sub> · P<sub>e</sub> · Q<sub>t</sub> · 100%</b>	<b>59</b>	<b>[ % ]</b>

## Zestaw danych obliczeniowych OEE: podproces obróbki rękojeści

Parametr	Toczenie	Wykrawanie	Tłoczenie	Zgrzewanie	Montaż	Malowanie
Czas eksploatacji	435	435	435	435	435	435
Awarie	120	80	65	20	0	0
Usterki	40	20	20	0	25	15
Nieobecność operatora	0	0	10	10	10	15
Oczekiwanie na...	0	15	0	10	15	15
Przekroczenie czasu przezbrojenia	0	0	0	0	0	0
Nieplanowane przestoje	160	115	95	40	50	45
<b>Dostępność</b>	<b>63%</b>	<b>74%</b>	<b>78%</b>	<b>91%</b>	<b>89%</b>	<b>90%</b>
Zdolność produkcyjna	760	50 000	1 750	1 600	1 000	500
Czas standaryzowany	20	0.375	10	12	20	45
<b>Wydajność</b>	<b>92%</b>	<b>98%</b>	<b>86%</b>	<b>81%</b>	<b>87%</b>	<b>96%</b>
Braki	25	1 250	200	350	20	30
<b>Jakość</b>	<b>97%</b>	<b>98%</b>	<b>89%</b>	<b>78%</b>	<b>98%</b>	<b>94%</b>
<b>Efektywność czasu pracy</b>	<b>56%</b>	<b>70%</b>	<b>59%</b>	<b>57%</b>	<b>75%</b>	<b>81%</b>

Należy zwrócić uwagę na wartość czasu w polu oznaczonym kolorem różowym. Do obliczeń wydajności należy przyjąć wartość czasu standaryzowanego na każdą wytwarzaną sztukę. W przypadku wykrawania obejmujemy:

$$S/T = \frac{C/T}{PPC} = \frac{1.5}{4} = 0.375 \left[ \frac{\text{sek}}{\text{szt}} \right]$$



## RPC (ang. *Real Production Capacity*)

Wskaźnik rzeczywistej przepustowości etapu procesu wytwórczego – informuje o realnej do wyprodukowania ilości przedmiotów w określonym przedziale czasu uwzględniając wszelkie straty czasu. Obliczany jest dla każdego etapu procesu wytwórczego identyfikując w ten sposób rzeczywiste wąskie gardło procesu wytwórczego.

Wzór obliczeniowy wskaźnika RPC:

$$RPC = \frac{E/T}{S/T} \cdot OEE \cdot r \quad \left[ \frac{\text{szt}}{\text{zm}} \right]$$

Zestaw obliczeń wskaźnika RPC dla podprocesu obróbki rękojeści (cd.):

### Zestaw danych obliczeniowych RPC: podproces obróbki rękojeści

Parametr	Toczenie	Wykrawanie	Tłoczenie	Zgrzewanie	Montaż	Malowanie
Czas eksploatacji	435	435	435	435	435	435
Czas standaryzowany	20	0.375	10	12	20	45
Liczba ciągów techn. równoległych	1	1	1	1	1	2
Efektywność czasu pracy	56%	70%	59%	57%	75%	81%
<b>Rzeczywista przepustowość</b>	<b>735</b>	<b>48 750</b>	<b>1550</b>	<b>1250</b>	<b>980</b>	<b>940</b>



# Koniec wprowadzenia do części 2 projektu

