

ANALIZA BŁĘDÓW PRZY OCENIE WSKAŹNIKA OEE NA PRZYKŁADZIE LINII ROZLEWU BUTELKOWEGO

Arkadiusz GOLA, Ewelina KOSICKA, Kamil DANIEWSKI
Dariusz MAZURKIEWICZ

Streszczenie: W niniejszym artykule przedstawiono wyniki diagnozy w zakresie monitorowania i analizy wskaźnika całkowitej efektywności wyposażenia (OEE) na przykładowej linii rozlewu butelkowego. Analiza przeprowadzona została w wyniku współpracy Politechniki Lubelskiej z jednym z przedsiębiorstw na terenie Lubelszczyzny i objęła swoim zakresem zarówno sposób kalkulacji wskaźnika OEE (i jego poszczególnych składników), jak również wizualizację wyników we wdrożonym systemie komputerowym. W szczególności, w artykule zawarto charakterystykę zdiagnozowanych problemów oraz rekomendacje działań naprawczych mających na celu ich eliminację lub minimalizację.

Słowa kluczowe: OEE, overall equipment effectiveness, efektywność, wykorzystanie parku maszynowego

1. Wprowadzenie

Coraz bardziej intensywna konkurencja o charakterze globalnym oraz rosnące wymagania klientów powodują, iż koszty produkcji i możliwość terminowej realizacji zleceń produkcyjnych stają się jednym z bardziej istotnych elementów decydujących o pozycji konkurencyjnej przedsiębiorstwa na rynku [1]. Dlatego też, firmy zmuszone są do nieustannego poszukiwania rezerw produkcyjnych, zwiększania efektywności i wydajności produkcji, a w konsekwencji - redukcji kosztów wytwarzania [2-3].

W związku z powyższym, przedsiębiorstwa coraz częściej dostrzegają potrzebę monitorowania efektywności wykorzystania posiadanego parku maszynowego, która daje możliwość identyfikacji występujących rezerw produkcyjnych oraz marnotrawstwa w realizowanych procesach technologicznych [4-5]. Stanem docelowym, do którego powinno zmierzać każde przedsiębiorstwo jest 100% wykorzystanie parku maszynowego oraz produkcja bezbrakowa realizowana z wydajnością odpowiadającą wydajności nominalnej posiadanych maszyn i urządzeń technologicznych [6].

Parametrem, który umożliwia ocenę efektywności posiadanego parku maszynowego jest wskaźnik całkowitej efektywności wyposażenia OEE (z ang. *Overall Equipment Effectiveness*). Jego praktyczna użyteczność powoduje, iż jest on powszechnie wykorzystywany w działaniach usprawniających w obszarze utrzymania ruchu oraz jest jednym z elementów wykorzystywanych w ramach filozofii szczupłego wytwarzania (z ang. *Lean Manufacturing*) [7-11].

Ze względu na podejmowane działania doskonalące prowadzone w diagnozowanym przedsiębiorstwie, w 2013 roku podjęto decyzję o potrzebie monitorowania realizowanych procesów produkcyjnych, kalkulacji wartości wskaźnika OEE oraz identyfikacji występujących źródeł marnotrawstwa przekładających się na stosunkowo niski stopień wykorzystania posiadanego parku maszynowego. Jednocześnie, w tym celu wdrożono

komputerowy system, umożliwiającą wizualizację wartości wskaźnika OEE oraz jego elementów składowych. Po okresie próbnego wdrożenia systemu (zakończonego w roku 2015) przeprowadzono diagnozę w zakresie funkcjonowania systemu komputerowego. W szczególności analizie poddano poprawność kalkulacji wskaźnika OEE i jego elementów składowych, sposób wizualizacji parametrów pod kątem ich użyteczności (możliwości identyfikacji źródeł marnotrawstwa i podejmowania niezbędnych kroków naprawczych) - w celu dostosowania wdrożonego systemu do potrzeb i oczekiwań przedsiębiorstwa.

W niniejszym artykule przedstawiono częściowe wyniki przeprowadzonej analizy oraz zawarto propozycję działań naprawczych zmierzających zarówno do usprawnień w analizowanym przedsiębiorstwie, jak też w zaimplementowanym systemie komputerowym. Ze względu na uniwersalny charakter wyników analizy, zakłada się, iż mogą one być przydatne również innym przedsiębiorstwom (także z innych branż), które zdecydują się na wykorzystanie współczynnika OEE w celu oceny efektywności wykorzystania parku maszynowego.

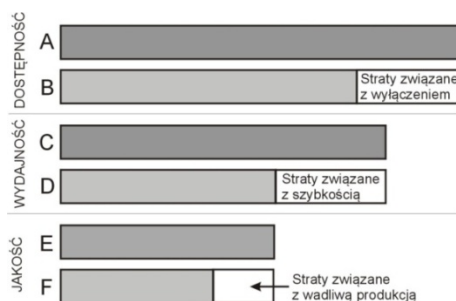
2. Metodyka kalkulacji wskaźnika całkowitej efektywności wyposażenia OEE

"Wskaźnik całkowitej efektywności wyposażenia (ang. *Overall Equipment Effectiveness*- OEE) jest podstawowym miernikiem wykorzystywanym w celu weryfikacji efektywności pracy maszyn oraz przebiegu procesów produkcyjnych"[12]. W szczególności "wskaźnik ten umożliwia określenie stopnia wykorzystania maszyn w zakładach produkcyjnych oraz sposobu organizacji procesów produkcyjnych" [13].

"Budowa wskaźnika OEE obejmuje trzy składowe:

- **Dostępność** - wyrażona jako stosunek czasu pracy, czyli czasu poświęconego na produkcję wyrobów (rys. 1, wartość B) do czasu operacyjnego netto, obejmującego czas zmiany roboczej pomniejszony o planowane przestoje (rys. 1, wartość A).
- **Wydajność** - wyrażona jako stosunek rzeczywistej produkcji, czyli liczby wytworzonych wyrobów (rys. 1, wartość D) do produkcji docelowej, czyli liczby wyrobów, które mogłyby zostać wytworzone przy założeniu maksymalnych prędkości pracy maszyn (rys. 1, wartość C).
- **Jakość** - wyrażona jako stosunek dobrej produkcji, czyli wyrobów spełniających założenia jakości (rys. 1, wartość F) do rzeczywistej produkcji (rys. 1, wartość E)." [6,12].

Obliczenie wartości powyższych składowych umożliwia obliczenie wartości wskaźnika OEE.

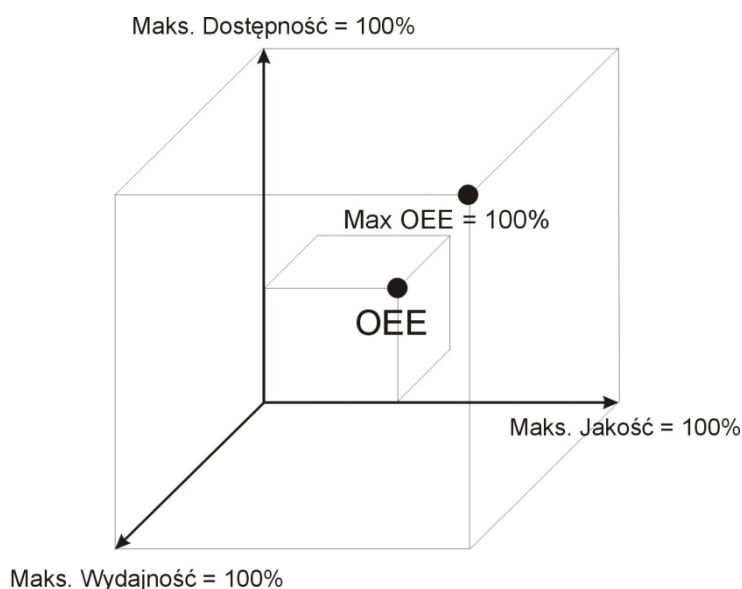


Rys. 1. Elementy składowe wskaźnika OEE [6]

W klasycznym ujęciu wartość wskaźnika OEE obliczana jest jako iloczyn składowych: dostępność, wydajność i jakość i może być wyrażony formułą:

$$OEE = \frac{B}{A} \times \frac{D}{C} \times \frac{F}{E} \times 100\% \quad (1)$$

"Jak zostało to zobrazowane na rysunku 2, uzyskanie maksymalnej możliwej wartości wskaźnika OEE = 100% oznacza konieczność uzyskania 100% wartości wszystkich trzech składowych. W praktyce przemysłowej, uzyskanie wartości wskaźnika OEE na poziomie 100% jest niemal nieosiągalne, a obniżanie wartości poszczególnych składowych powoduje w konsekwencji obniżanie wartości samego wskaźnika OEE. Kadra zarządzająca przedsiębiorstw może sama wyznaczać wartości poszczególnych elementów wskaźnika, do których będą dążyć, lub też kierować się wytycznych japońskiego stowarzyszenia *Japan Institute of Plant Maintenance* i założonego przez Seichi Nakajimę i dążyć do wartości oznaczających "Produkcję Światowej Klasy", gdzie wskaźniki wynoszą odpowiednio: dostępność: 90%, wydajność: 95% oraz jakość: 99,9, a tym samym docelowa wartość wskaźnika OEE jest równa 85,41%" ([6] za: [12]).



Rys. 2. Graficzna interpretacja składowych wskaźnika OEE [12]

"Omówiony sposób interpretacji i obliczania wskaźnika OEE jest najpowszechniej stosowany w różnego rodzaju branżach produkcyjnych" [12].

"Ostatnim krokiem w analizie efektywności, będącym jednocześnie esencją i celem opisanej metody, jest interpretacja otrzymanego wyniku. Obliczenie wskaźnika OEE stanowi punkt wyjścia do podejmowania działań usprawniających, zmierzających do zwiększenia efektywności pracy poszczególnych maszyn w linii lub w gnieździe technologicznym. W zależności od uzyskanego wyniku można podjąć działania ogólne lub zmierzające do poprawy określonych składowych wskaźnika. Należy pamiętać, iż właśnie

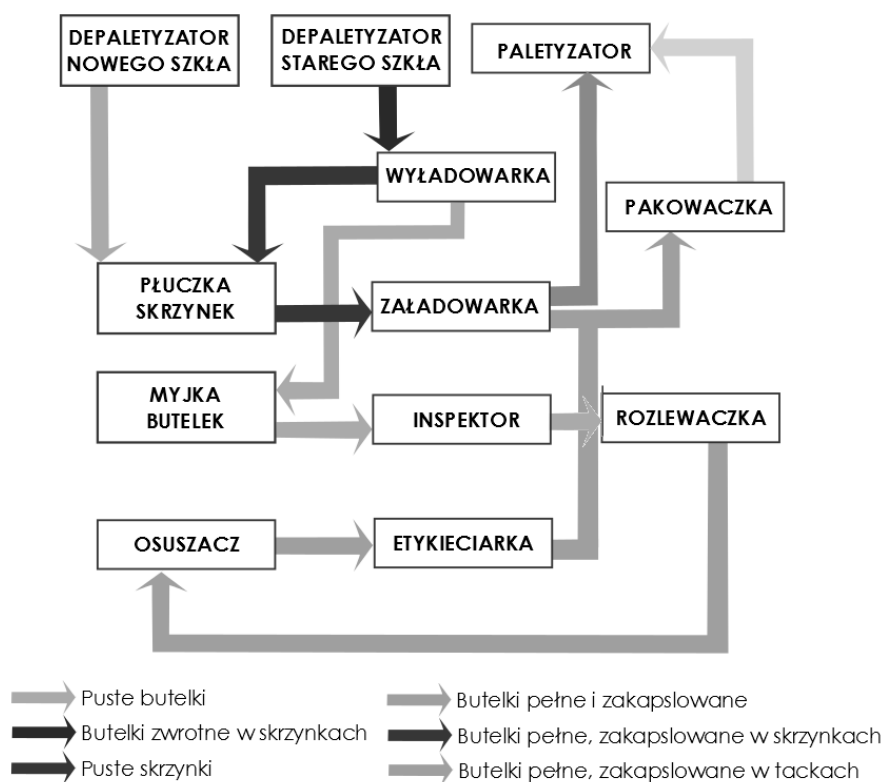
wprowadzanie działań udoskonalających jest celem stosowania wskaźnika OEE, a uzyskane wyniki stanowią drogowskaz co do dalszych działań" ([14] za [12]).

3. Struktura linii rozlewu butelkowego

W ramach prowadzonych prac diagnostycznych analizie poddana została linia technologiczna rozlewu butelkowego. Linia ta jest zbudowana z 12 maszyn technologicznych o następującym przeznaczeniu:

1. Depaletyzator nowego szkła – rozładunek nowych butelek z palet transportowych i skierowanie ich na taśmę przenośnikową. Maszyna pracuje tylko podczas stosowania butelek nowych (najczęściej bezzwrotnych).
2. Depaletyzator starego szkła – rozładunek skrzynek z butelkami zwrotnymi wracającymi z rynku na taśmę przenośnikową. Pracuje tylko wówczas, kiedy stosowane są butelki zwrotne wracające z rynku.
3. Wyładowarka butelek – wyjmowanie butelek ze skrzynek. Pracuje tylko przy wykorzystywaniu butelek wracających z rynku.
4. Myjka butelek – zapewnienie odpowiedniej sterylności butelek przed rozlewem poprzez ich dokładne umycie. Butelki przechodzą kąpiel ługową, do każdej jest też wtryskiwany środek czyszczący, przy czym mechaniczny układ sterowania dyszą zapewnia natrysk na wszystkie jej wewnętrzne ścianki. Myjka pracuje cały czas, bez względu na to czy linia pracuje na butelkach nowych, czy też powracających z rynku.
5. Płuczka skrzynek – płukanie pustych skrzynek, usuwanie ewentualnych pozostałości. Przed wjechaniem do płuczki skrzynki zostają odwrócone, dzięki czemu stare etykiety bądź butelki, z którymi nie poradziła sobie wyładowarka (np. te o innych wymiarach) spadają do stłuczki. Pracuje zawsze z depaletyzatorem starego szkła oraz wyładowarką.
6. Inspektor czystości butelek – automatyczne sprawdzenie czystości wszystkich butelek przy użyciu fotokomórki. Butelki niedokładnie umyte zostają odrzucone i skierowane taśmą przenośnikową z powrotem w okolice myjki, gdzie operator decyduje czy zakwalifikować je do ponownego umycia, czy też mają zostać wyrzucone do stłuczki. Inspektor odrzuca również butelki innego typu (kształtu), jeśli się takie trafią.
7. Rozlewaczka (monoblok) – nalewanie do butelek oraz ich kapslowanie. Rozlewanie trunku odbywa się w całkowicie zamkniętym cyklu. W przestrzeni tej maszyny obowiązuje tzw. strefa czysta, co wymaga stosowania szczególnych środków ochronnych. Strefa czysta nie dotyczy operatora użytkującego tę maszynę, ponieważ pulpit sterujący znajduje się na zewnątrz. Na taśmie przenośnikowej, przy samym wyjściu z rozlewaczki zainstalowano urządzenie, które odrzuca butelki napełnione nieprawidłowo.
8. Osuszacz – wysuszenie napełnionych butelek po procesie nalewania i kapslowania.
9. Etykieciarka – naklejenie na butelkach trzech etykiet: na obwodzie szyjki oraz przedniej i tylnej (na ściankach bocznych butelki).
10. Załadowarka – umieszczanie napełnionych butelek w skrzynkach. Pracuje podczas wykorzystywania butelek wracających z rynku.
11. Pakowaczka - pakowanie napełnionych butelek na tekturowe tacki owinięte zgrzaną folią (tzw. zgrzewki). Pracuje tak, jak depaletyzator szkła nowego.
12. Paletyzator – układanie skrzynek lub zgrzewek z pełnymi butelkami na paletach.

Ogólny schemat funkcjonowania linii rozlewu przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Ogólny schemat linii technologicznej rozlewu

Linia technologiczna jest w pełni zautomatyzowana – butelki, skrzyńki oraz tacki transportowane są pomiędzy maszynami na taśmach przenośnikowych. Obsługa maszyn przez operatorów polega więc na takich czynnościach jak: przezbieranie, czyszczenie wynikające z DTR (Dokumentacji Techniczno-Ruchowej), dostarczanie do maszyn materiałów produkcji (etykiety – do etykietarki, folii – do paletyzatora), odrzucanie nieprawidłowych typów butelek, zdejmowanie kapsli z butelek wracających z rynku, reagowanie na występujące zakłócenia (wykonanie ponownego rozruchu maszyn, wezwanie technika, odblokowanie przepływu na taśmie przenośnikowej itd.).

4. Identyfikacja błędów przy ocenie wskaźnika OEE

Współczynnik OEE jest bodajże najlepszym wskaźnikiem oceny stopnia wykorzystania parku maszynowego w systemie produkcji ciągłej. Potwierdzeniem tego faktu jest niemalże powszechna stosowalność tego parametru w przedsiębiorstwach o wysokim stopniu rozwoju [15-16]. Diagnozowane przedsiębiorstwo wdrożyło system monitoringu ciągłego procesów produkcyjnych (ewidencja czasu pracy, przestoju, kwalifikacja typu przestoju

itp.) oraz system reprezentatywny system komputerowy, umożliwiający kalkulację wskaźnika OEE na poszczególnych liniach i poszczególnych urządzeniach w ramach linii produkcyjnej (Rys. 4).



Rys. 4. Interfejs oprogramowania do kalkulacji i wizualizacji wskaźnika OEE

W ramach zrealizowanej diagnozy funkcjonowania Służb Utrzymania Ruchu w przedsiębiorstwie, jeden z aspektów oceny obejmował analizę sposobu monitorowania parametrów, kalkulacji wskaźnika OEE oraz sposobu wizualizacji wyników w zaimplementowanym systemie komputerowym. Przeprowadzona analiza pozwoliła na identyfikację przedstawionych poniżej problemów.

4.1. Błędny sposób kalkulacji wskaźnika OEE dla całej linii rozlewniczej

Jak zostało powiedziane w punkcie 3, w skład linii rozlewu wchodzi 12 maszyn technologicznych zintegrowanych ze sobą podsystemem transportu w postaci przenośników rolkowych. Przeprowadzona diagnoza wskazała, iż w analizowanym przedsiębiorstwie przyjęto rozwiązanie polegające na identyfikacji wskaźnika OEE opartego wyłącznie o jedną z maszyn technologicznych, tj. rozlewniczkę - będącą zdaniem kadry zarządzającej maszyną, która w największym stopniu wpływa na wydajność całej linii technologicznej.

Tego typu podejście jest podejściem błędnym, m.in. z następujących powodów:

- mimo iż, Rozlewniczka jest urządzeniem określającym stopień poprawności rozlewu (butelkowania) – założenie, iż wskaźnik OEE dla tego urządzenia może być reprezentatywny dla całej linii jest zbyt dużym uproszczeniem,

- zdefiniowanie Rozlewaczki jako maszyny reprezentatywnej (krytycznej) zakłada 100% poprawność funkcjonowania urządzeń znajdujących się w dole strumienia wartości (tj. etykieciarka, załadowarka itd.).

Biorąc pod uwagę fakt, iż wskaźnik OEE dla całej linii rozlewu ma charakter tylko i wyłącznie informacyjny (wskaźnik OEE dla całej linii nie daje możliwości diagnozy problemów źródłowych), a także uwzględniając wyżej wymienione ograniczenia – wydaje się, iż sposób jego kalkulacji powinien zostać zmieniony i być poprawnie obliczany jako średnia arytmetyczna wskaźnika OEE dla poszczególnych maszyn.

4.2. Błędny sposób kalkulacji składowej "Wydajność"

Aktualnie wartość składowej „Wydajność” liczona jest jako stosunek czasu pracy maszyny (rzeczywistego) pomniejszonego o sumaryczny czas mikroprzebojów oraz sumaryczny czas pracy maszyny na mniejszej od maksymalnej prędkości do rzeczywistego czasu pracy maszyny (wzór 1, rys. 5).

$$W = \frac{P - (M + V)}{P} \quad (1)$$

gdzie: W - wartość składowej “Wydajność”, P - rzeczywisty czas pracy maszyny, M – sumaryczny czas mikroprzebojów, V – czas pracy linii z prędkością mniejszą od maksymalnej.



Rys. 5. Wizualizacja składowych wskaźnika OEE na dzień 04-11-2015 r.

Jak pokazano przykładowo na rys. 5, w dniu 04-11-2015 czas pracy linii rozlewu z prędkością mniejszą niż maksymalna (36 000 butelek/godz.) wynosił 2 godz. 15 min., co stanowiło 18,2% rzeczywistej pracy maszyny (rzeczywisty czas pracy wynosił 12 godz. 23 min.). Stąd obliczona wartość składowej „Wydajność” wyniosła 81,8% ((12:23 godz – 2:15 godz)/12:23 godz.).

Należy jednak zwrócić uwagę, iż tego typu sposób kalkulacji jest błędny i nie daje obrazu rzeczywistej wydajności linii produkcyjnej.

Dla ilustracji problemu – założmy, iż w trakcie zmiany roboczej:

- nie wystąpiły żadne przestoje,
- przez cały czas linia pracowała z prędkością odpowiadającą 95% prędkości maksymalnej (rozlew z prędkością 34200 butelek/godz.).

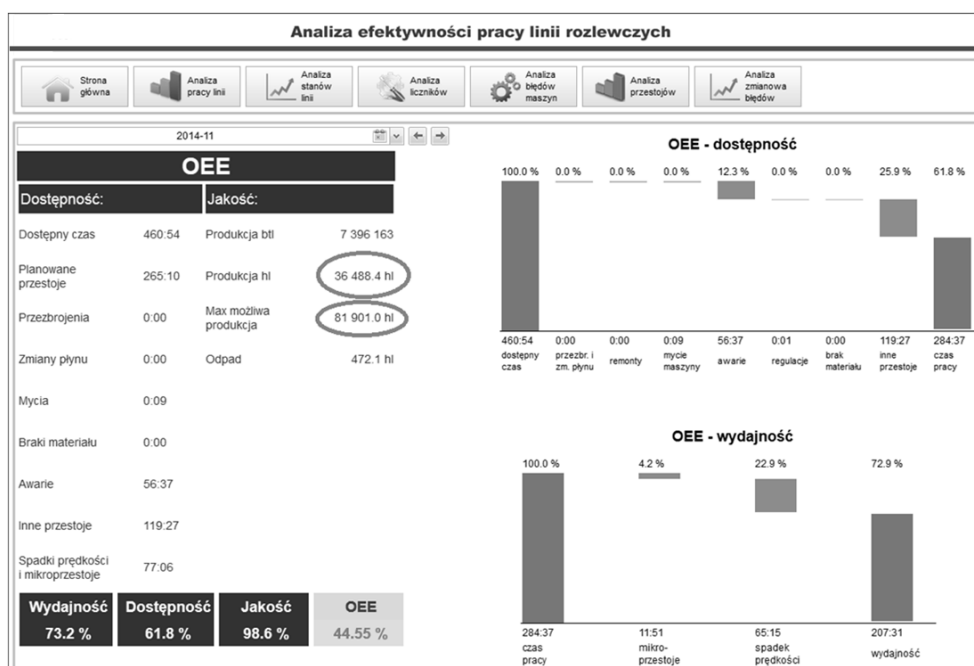
Zgodnie z przyjętą w przedsiębiorstwie metodologią kalkulacji – wartość składowej „Wydajność” będzie wynosić 0,00% (choć faktyczna wydajność linii wynosi 95%)!

W związku z powyższym, w celu eliminacji ww. błędu oraz ze względu na konieczności uwzględnienia w składowej „Wydajność” zarówno mikroprzeostojów, jak również spadków prędkości – proponuje się, aby składowa „Wydajność” była liczona według wzoru (2):

$$W = \frac{P_{rz}}{P_n} \quad (2)$$

gdzie: W - wartość składowej “Wydajność”, P_{rz} – rzeczywista wielkość produkcji realizowana w okresie, P_n – maksymalna, możliwa do realizacji produkcja w okresie.

Stosując wyżej wymienioną formułę – wartość składowej „Wydajność” na dzień 04-11-2015 wynosiła by zatem: 44,55 % (36 488,4 hl / 81 901 hl) – rys. 6.



Rys. 6. Parametry proponowane do kalkulacji składowej „Wydajność”

4.3. Niewłaściwy sposób wizualizacji wartości wskaźnika OEE w systemie komputerowym

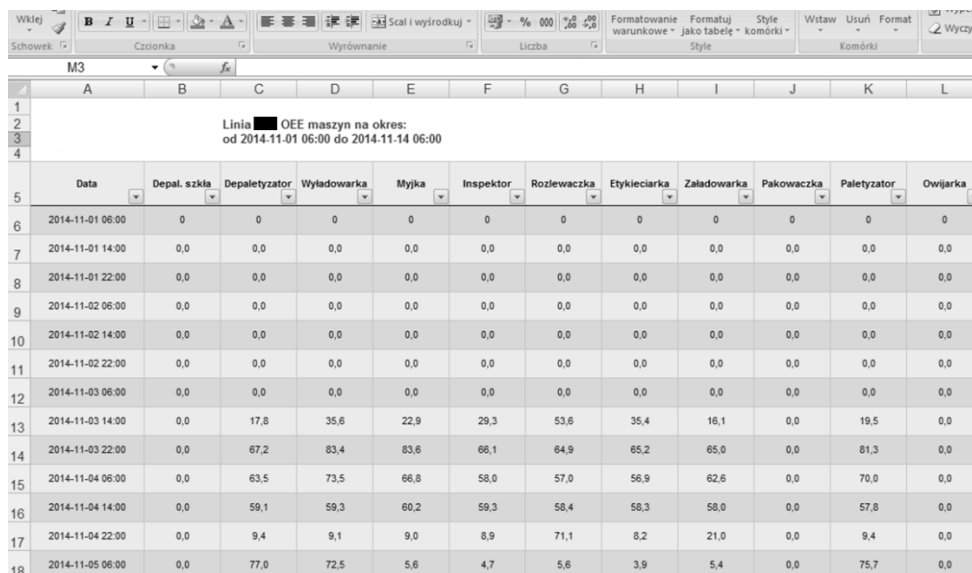
Kalkulacja wskaźnika OEE (i jego parametrów składowych) realizowana jest w następujących celach:

- oceny stopnia wykorzystania posiadanego parku maszynowego (funkcja informacyjna),
- diagnozy czynników wpływających na niepełne (nieefektywne) wykorzystanie posiadanego parku maszynowego (funkcja diagnostyczna).

Funkcja informacyjna parametru OEE ma na celu wizualizację stopnia wykorzystania parku maszynowego w określonym przedziale czasu, m.in. w celu dokonywania analiz porównawczych wskaźnika OEE w różnych przedziałach czasu, na różnych składnikach parku maszynowego, itp.

Należy jednak pamiętać, iż podstawową rolą wskaźnika OEE jest określenie (diagnoza) przyczyn, które wpływają na efektywność wykorzystania posiadanego parku maszynowego w trzech kategoriach, tj. dostępności, wydajności i jakości.

W związku z powyższym należy przyjąć, iż wizualizacja wartości parametru OEE dla całej linii powinna mieć charakter drugorzędny (OEE dla całej linii posiada bowiem wyłącznie funkcję informacyjną). W przypadku aktualnego systemu komputerowego, funkcjonującego w przedsiębiorstwie analizowanym przedsiębiorstwie, wizualizacja poszczególnych składników parametrów OEE realizowana jest wyłącznie dla całej linii rozlewu. Identyfikacja wartości parametru OEE dla poszczególnych maszyn wchodzących w skład linii możliwa jest poprzez wygenerowanie raportu OEE maszyn, którego przykład został pokazany na rys. 7.



Data	Depal. szkła	Depaletyzator	Wyladowarka	Myjka	Inspektor	Rozlewaczka	Etykieciarka	Zaladowarka	Pakowaczka	Paletyzator	Owijarka
2014-11-01 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2014-11-01 14:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2014-11-01 22:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2014-11-02 06:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2014-11-02 14:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2014-11-02 22:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2014-11-03 06:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2014-11-03 14:00	0,0	17,8	35,6	22,9	29,3	53,6	35,4	16,1	0,0	19,5	0,0
2014-11-03 22:00	0,0	67,2	83,4	83,6	66,1	64,9	65,2	65,0	0,0	81,3	0,0
2014-11-04 06:00	0,0	63,5	73,5	66,8	58,0	57,0	56,9	62,6	0,0	70,0	0,0
2014-11-04 14:00	0,0	59,1	59,3	60,2	59,3	58,4	58,3	58,0	0,0	57,8	0,0
2014-11-04 22:00	0,0	9,4	9,1	9,0	8,9	71,1	8,2	21,0	0,0	9,4	0,0
2014-11-05 06:00	0,0	77,0	72,5	5,6	4,7	5,6	3,9	5,4	0,0	75,7	0,0

Rys. 7. Sposób wizualizacji wskaźnika OEE dla poszczególnych maszyn produkcyjnych w zaimplementowanym systemie komputerowym

Dane przedstawione w takiej postaci bardzo utrudniają bieżące nadzorowanie wartości wskaźników OEE i podejmowanie działań usprawniających. Co warte podkreślenia z poziomu raportu (generowanego do pliku Excel) nie ma możliwości identyfikacji wartości poszczególnych składowych wskaźnika OEE – co uniemożliwia szybką diagnozę przyczyn źródłowych dla poszczególnych maszyn. Co prawda system umożliwia wizualizację przyczyn źródłowych wpływających na wartość wskaźnika OEE – wymaga on jednak „przejścia z powrotem” do systemu i odpowiedniego skonfigurowania wyświetlanych danych (rys. 8).

Maszyna	Stan	Podstata	Udział	Ilość wystąpień	Czas trwania	Najdłuższy	Najkrótszy	Średni
RB1 Deptal. szkl.	Brak dieców		480h 48m 19s (66.7%)	45	480h 48m 19s	0h 0m 10s	114h 0m 05s	10h 27m 08s
RB1 Deptal. szkl.	Praca		106h 3m 09s (14.7%)	4518	106h 3m 09s	0h 0m 01s	0h 13m 52s	0h 1m 24s
RB1 Deptal. szkl.	Piszczący		40h 35m 37s (5.6%)	1404	40h 35m 37s	0h 0m 01s	1h 11m 53s	0h 1m 44s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania własne	Awaria	35h 23m 55s (4.9%)	1963	35h 23m 55s	0h 0m 03s	3h 23m 53s	0h 1m 04s
RB1 Deptal. szkl.	Przygotowanie do produkcji		15h 32m 46s (2.1%)	9	15h 32m 46s	0h 0m 47s	3h 57m 03s	1h 43m 38s
RB1 Deptal. szkl.	Przerwa śniadaniowa		14h 39m 20s (2.0%)	25	14h 39m 20s	0h 24m 28s	0h 41m 42s	0h 33m 49s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania obce	Zalor opakowań w strafe wlot	0h 25m 51s (0.8%)	257	0h 25m 51s	0h 0m 06s	0h 32m 26s	0h 1m 30s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania obce	odbur powstanie	4h 25m 07s (0.8%)	248	4h 25m 07s	0h 0m 06s	0h 18m 03s	0h 1m 04s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania obce	Śluzka w maszynie	3h 29m 28s (0.4%)	193	3h 29m 28s	0h 0m 06s	0h 18m 40s	0h 1m 05s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania obce	Brak podawania szkła	2h 23m 52s (0.3%)	74	2h 23m 52s	0h 0m 08s	0h 16m 20s	0h 1m 56s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania obce	Mokra przekładka	2h 17m 57s (0.3%)	141	2h 17m 57s	0h 0m 06s	0h 11m 18s	0h 0m 58s
RB1 Deptal. szkl.	Pieczbrojenie		1h 44m 19s (0.2%)	4	1h 44m 19s	0h 6m 25s	0h 43m 24s	0h 26m 04s
RB1 Deptal. szkl.	Rozpozycje produkcji		1h 32m 38s (0.2%)	3	1h 32m 38s	0h 0m 07s	0h 51m 29s	0h 30m 52s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania obce	Brak pojemników w strafe wlot	1h 5m 50s (0.1%)	21	1h 5m 50s	0h 0m 06s	0h 37m 16s	0h 3m 08s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania własne	Układ zabezpieczenia	0h 50m 57s (0.1%)	15	0h 50m 57s	0h 0m 06s	0h 29m 17s	0h 3m 23s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania własne	Zła pozycja palety	0h 47m 30s (0.1%)	29	0h 47m 30s	0h 0m 06s	0h 27m 24s	0h 1m 38s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania własne	Regulacja maszyny	0h 34m 20s (0.0%)	20	0h 34m 20s	0h 0m 06s	0h 17m 48s	0h 1m 43s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania własne	Regulacja fotokomórek	0h 22m 54s (0.0%)	15	0h 22m 54s	0h 0m 12s	0h 8m 08s	0h 1m 25s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania obce	Zalor na wyjściu	0h 18m 39s (0.0%)	23	0h 18m 39s	0h 0m 06s	0h 6m 24s	0h 0m 48s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania własne	Mikropczestki	0h 11m 32s (0.0%)	58	0h 11m 32s	0h 0m 05s	0h 0m 28s	0h 0m 11s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania obce	Brak materiałów produkcyjnych	0h 8m 20s (0.0%)	13	0h 8m 20s	0h 0m 06s	0h 3m 20s	0h 0m 43s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania obce	Uspokojona paleta	0h 0m 42s (0.0%)	2	0h 0m 42s	0h 0m 44s	0h 7m 58s	0h 4m 21s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania własne	Czyszczenie	0h 4m 40s (0.0%)	3	0h 4m 40s	0h 0m 14s	0h 4m 12s	0h 1m 33s
RB1 Deptal. szkl.	Zażądania obce	Ciałko obce w srodkach	0h 2m 20s (0.0%)	1	0h 2m 20s	0h 2m 20s	0h 2m 20s	0h 2m 20s
RB1 Deptal. szkl.	Piszczący technologiczny	Zmiana BBT	0h 0m 40s (0.0%)	2	0h 0m 40s	0h 0m 01s	0h 0m 39s	0h 0m 20s

Rys. 8. Wizualizacja przestojów maszyny w systemie

Biorąc pod uwagę fakt, iż pierwszoplanowym celem kalkulacji wskaźnika OEE musi być identyfikacja źródłowych przyczyn nieefektywnego wykorzystania sprzętu oraz podejmowania na ich podstawie konkretnych działań usprawniających – niezbędne wydaje się zmiana funkcjonalności systemu komputerowego umożliwiająca bieżącą wizualizację wartości wskaźnika OEE na poszczególnych maszynach linii rozlewu oraz identyfikacji parametrów (czasowych i ilościowych) – umożliwiających diagnozę źródłową czynników decydujących o wartości parametru OEE.

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

W dobie presji kosztowej i konkurencyjnej otoczenia oraz wysokich kosztów nowoczesnych maszyn i urządzeń technologicznych, efektywność posiadanego parku maszynowego nabiera coraz większego znaczenia. Dlatego też przedsiębiorstwa coraz częściej decydują się na pomiar stopnia wykorzystania posiadanego parku maszynowego oraz podejmowania działań usprawniających mających na celu dążenie do skracania czasów przestojów, zwiększania wydajności oraz jakości produkowanych wyrobów.

Najczęściej stosowanym miernikiem efektywności parku technologicznego jest wskaźnik całkowitej efektywności wyposażenia OEE umożliwiający pomiar stopnia wykorzystania parku maszynowego (dostępność), jego rzeczywistej wydajności oraz

stopnia brakowości realizowanego procesu produkcyjnego. Dlatego też na rynku pojawia się wiele rozwiązań umożliwiających monitorowanie parametrów procesu oraz systemów komputerowych umożliwiających kalkulację i wizualizację parametru OEE.

W ramach niniejszego artykułu przedstawiono wyniki diagnozy w zakresie sposobów kalkulacji i wizualizacji wskaźnika OEE na linii rozlewu butelkowego. Badania realizowane były w jednym z przedsiębiorstw, które wdrożyło reprezentatywny system komputerowy umożliwiający bieżący nadzór realizacji stopnia produkcji. Charakter linii technologicznej sprawia, iż współczynnik OEE jest narzędziem umożliwiającym ocenę zarówno stopnia wykorzystania linii, jak również efektywność realizowanego procesu rozlewu butelkowego w aspekcie jego wydajności i jakości. Przeprowadzona analiza wskazała, iż mimo, iż zaimplementowane oprogramowanie zostało wdrożone przez firmę specjalistyczną wystąpiły problemy uniemożliwiające poprawne wnioskowanie, a w konsekwencji podejmowanie działań usprawniających. Na podstawie wyników przeprowadzonej diagnozy podjęto działania zmierzające zarówno do eliminacji zdiagnozowanych niezgodności, jak również w zakresie zmiany sposobu wizualizacji kalkulowanego wskaźnika OEE oraz jego elementów składowych.

Literatura

1. Gola A., Świć A., Directions of Manufacturing Systems' Evolution from the Flexibility Level Point of View, [w:] R.Knosala (ed.) Innovations in Management and Production Engineering, Oficyna Wyd. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2012, s. 226-238.
2. Gola A.: Economic Aspects of Manufacturing Systems Design, Actual Problems of Economics, No. 6 (156) 2014, pp. 205-212.
3. Gola A.: Sterowanie przepływem produkcji w zautomatyzowanych systemach produkcyjnych, [w:] Szatkowski K. (red.): Nowoczesne zarządzanie produkcją. Ujęcie procesowe, Wyd. PWN, Warszawa 2014, s. 406-440.
4. Antosz K., Ciecińska B.: Podstawy zarządzania parkiem maszynowym w przedsiębiorstwie, Oficyna Wyd. Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2011.
5. Świć A., Gola A.: Elements of Design of Production Systems – Methodology of Machine Tool Selection in Casing-Class FMS, Management and Production Engineering Review (2010), Vol. 1, No. 2, pp. 73-81.
6. Kornicki L., Kubik S. (red.): OEE dla Operatorów. Całkowita efektywność wyposażenia, Wyd. ProdPress.com, Wrocław 2009.
7. Antosz K., Pacana A., Stadnicka D., Zielecki W.: Lean Manufacturing. Doskonalenie produkcji, Oficyna Wyd. Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2013.
8. Antosz K., Pacana A., Stadnicka D., Zielecki W.: Narzędzia Lean Manufacturing, Oficyna Wyd. Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2013.
9. Czerska J.: Podstawowe narzędzia Lean Manufacturing, LeanQTeam, Gdańsk 2014.
10. Furman J.: Wdrażanie wybranych narzędzi koncepcji Lean Manufacturing w przedsiębiorstwie produkcyjnym, [w:] R. Knosala (red.) Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, Oficyna Wyd. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2014, s. 247-256.
11. Kruczek M., Żebrucki Z., Koncepcja lean management w procesie ciągłego doskonalenia przepływów, Logistyka, nr 2/2015, s. 425-432.

12. Wirkus M., Kukułka A.: Obliczanie składowej jakości OEE przy wielu operacjach technologicznych, Zarządzanie Przedsiębiorstwem, nr 2 (2015), s. 40-47.
13. Wirkus M., Kukułka A.: Ocena przebiegu procesów produkcyjnych [w:] Knosala R. (red.), Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. Tom I, Wyd. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2015, s. 654-663.
14. Wirkus M., Węsierski T., Chmielarz A.: Marnotrawstwo pracy maszyn na placu budowy, Budownictwo i inżynieria środowiska, nr 4/2011, s. 699-708.
15. Gola A., Matraszek A.: The method of implementation Lean Manufacturing conception in enterprise, [w:] Świć A., Lipski J. (red.), Modelling and designing in production engineering, Societas Scientiarum Lublinensis, Lublin, 2009, s. 18-27.
16. Pawłowski E., Pawłowski K., Trzcieliński S.: Metody i narzędzia Lean Manufacturing, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010.

Dr inż. Arkadiusz Gola
Katedra Organizacji Przedsiębiorstwa
Politechnika Lubelska
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38
tel./fax: (0-81) 538 44 83
e-mail: a.gola@pollub.pl

Mgr inż. Ewelina Kosicka
Dr hab. inż. Dariusz Mazurkiewicz, prof. PL
Kamil Daniewski
Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji
Politechnika Lubelska
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 36
tel./fax: (0-81) 538 42 40
e-mail: e.kosicka@pollub.pl
d.mazurkiewicz@pollub.pl
daniewski.kamil@gmail.com