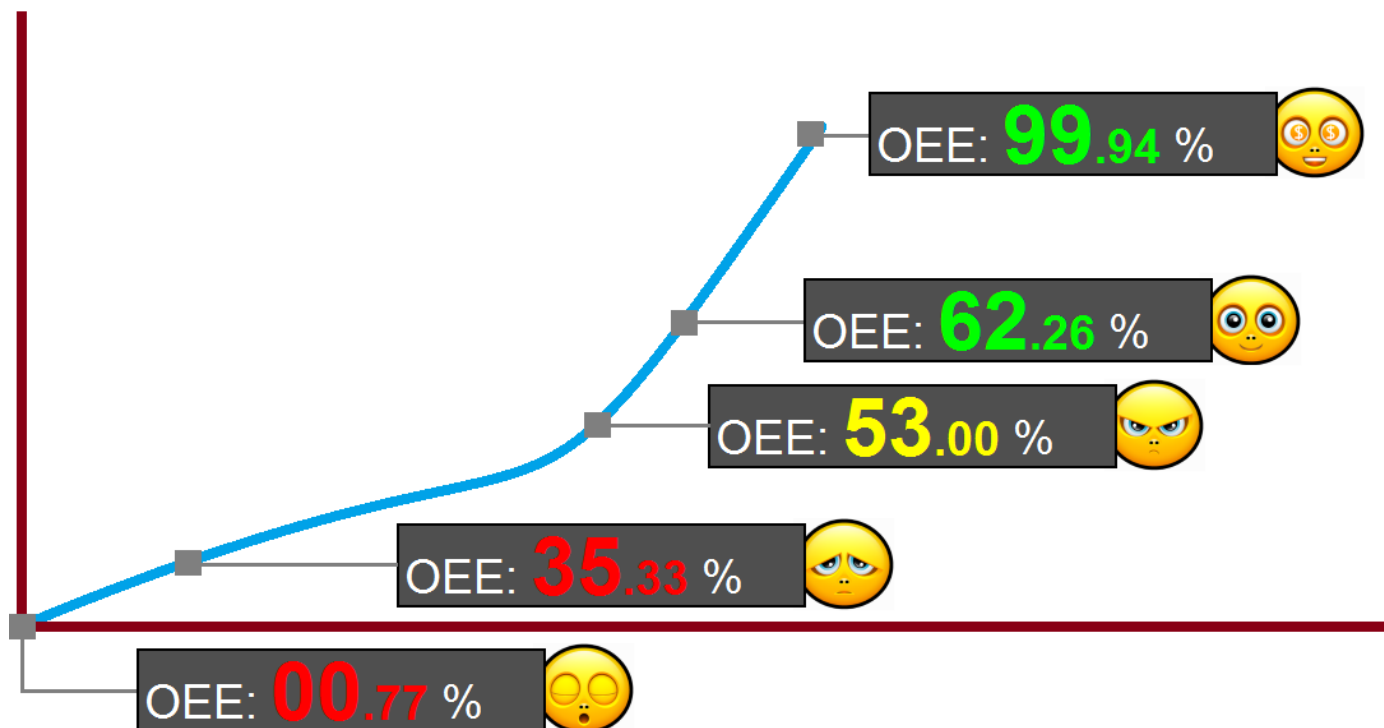


Wskaźnik OEE - teoria i praktyka

wydanie III

Lato 2022



To już trzecie wydanie mojej darmowej publikacji o wskaźniku OEE.

Pierwsze powstało w 2009 roku i miało aż 5 stron. To był czas gdy wskaźnik OEE był mało powszechny i prawie zawsze wyznaczany ręcznie, choć nasz system Golem OEE już robił to automatycznie.

Drugie wydanie powstało w roku 2013 i tylko z naszej strony zostało pobrane kilkanaście tysięcy razy, było publikowane w pasie branżowej, wielokrotnie cytowane, wykorzystywane w szkoleniach i edukacji.

Czy jestem zatem ekspertem od tego wskaźnika? Absolutnie nie.

Jestem zwykłym automatykiem który stworzył prosty system klasy MES. Wskaźnik ten byłem zmuszony dość dobrze poznać nie tylko po to aby go zaimplementować w naszym systemie ale też dla tego że byłem niejednokrotnie w sporze z moimi klientami o jego poprawność i interpretację.

Kupujemy maszynę. Jest wiele powodów dla których wybraliśmy tę konkretną maszynę: cena, rozwiązania techniczne, zużycie energii, wydajność. Przede wszystkim wydajność. Płacimy za maszynę która nominalnie ma zrobić 900 sztuk produktu na godzinę.



W praktyce okazuje się jednak że maszyna produkuje nie więcej niż 800 sztuk, czasem 720 czasem 630 a czasem, w nocy tylko 200 sztuk. A są takie momenty że przez długi czas nie wytworzy nic chociaż powinna. Nie od razu uświadamiamy sobie jak wielki jest rozdźwięk między oczekiwaniami a rzeczywistością.

Jak już to zauważymy to staramy się dojść jakie są tego przyczyny. A te nie są nigdy jednorodne. Trochę drobnych awarii, trochę zamieszania w planach produkcyjnych, trochę problemów przy przezbieraniu, trochę nawala logistyka. A jak już maszyna pracuje to tu się zatrzyma na 3 minuty, tam na minut 11. Tu zwolnimy tempo ze względu na złą jakość surowiec a tam zanim zareagowała obsługa maszyna wyprodukowała 40 braków.

Niektóre przyczyny są powtarzalne a niektóre incydentalne, codziennie trochę inne. Często tak krótkie że zostają niezauważone albo ich skala nam unika.

Musimy więc zmierzyć a pomiary zapisać do dalszej analizy jak pracuje maszyna. Ale jak? Pierwsze co przychodzi do głowy to wydajność. Policzmy i zapiszmy produkt na pierwszej zmianie, na drugiej, dziś, jutro, pojutrze. Od razu zobaczymy ile wyprodukowano i obliczymy wydajność.

Ale zaraz. Maszyna nie pracuje pełnych ośmiu godzin. Czasami dla tego że nie było pełnego obłożenia pracą a czasami dla tego że jest zepsuta, czasami dla tego że zabrakło surowca. No i jakość, wadliwy produkt trzeba wyprodukować ponownie.

Potrzebujemy więc jakiegoś narzędzia które pozwoli nam w powtarzalny w czasie i w miarę prosty sposób opisać pracę (a głównie NIE-pracę) maszyny. Które uwzględni nie tylko wydajność ale też planowane i nie planowane przerwy w pracy. Które pokaże nam że jest dobrze, a jeśli nie jest dobrze to DLACZEGO.

Takim narzędziem jest Wskaźnik Efektywności Wyposażenia, w skrócie OEE (Overall Equipment Effectiveness) Oczywiście sam jednolite wskaźnik jedynie prezentuje skompresowane informacje o przebiegu pracy i jej zakłóceniach. Trzeba umieć zarówno je zebrać i skompilować jak i odwrócić ten proces celem ich analizy dla wsparcia nigdy nie kończącego się procesu poprawy.

Spis treści

• Pobawmy się czasem	str. 3
• Kalkulator i wykres zależności zamiast suchej teorii	str. 4
• Jeden wskaźnik, dwie interpretacje czyli OEE vs TEEP	str. 5
• Części składowe wskaźnika OEE	str. 6
• Klasyfikacja strat	str. 9
• OEE dla wielu maszyn	str. 11
• Maszyna i jej operator	str. 12
• Czy przebrojenie jest stratą ?	str. 14
• Planowanie produkcji	str. 15
• Metody pomiarowe	str. 16
• Analiza OEE, z dołu do góry czy z góry na dół?	str. 18
• OEE a utrzymanie ruchu	str. 21
• OEE a energia	str. 22
• Cel, czyli zapomnij o standardach	str. 23
• Podsumowanie	str. 23



Pobawmy się czasem

Czas jest jedynym zasobem którego nie można odtworzyć, odkupić, odzyskać. Stracony czas jest stracony bezpowrotnie. Wskaźnik OEE oparty jest o czas, mierzy czas i pokazuje czas, choć w procentach. Czas dobrze i źle wykorzystany, czas zużyty i zmarnowany. Nawet jakość we wzorze dotyczy czasu, o czym później.

Pobawmy się więc czasem.

Załóżmy że mamy maszynę która pracuje w sposób ciągły, bez przerwy, 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu. Pracuje idealnie. Bez żadnych strat. Daje nam to $31 \times 24 = 744$ godziny miesięcznie.

Załóżmy że ta maszyna utraci 1 minutę na godzinę. Ta jedna minuta to 744 minuty miesięcznie, to 12,4 godziny straty. JEDNA MINUTA. To dużo więcej niż standardowa zmiana robocza.

A teraz wyobraźmy sobie 12 godzinną awarię. Ten płacz i zgrzytanie zębów

Powiedzmy że OEE równe 100% oznacza 100% ciągłej, efektywnej pracy maszyny. Oznacza to że utrata 1% na godzinę daje nam stratę 36 sekund. Jeśli sięgniemy do internetowych źródeł to dowiemy się że światowym standardem, celem do którego należy dążyć (choć uważam te dane za trochę przestarzałe) jest OEE na poziomie 85%.

Jeśli 1% to 36 sekund to 15% straty daje nam 525 sekund czyli 8,75 minut. Na godzinę. Przy podobno bardzo dobrym wskaźniku na poziomie 85% który dla wielu firm jest celem operacyjnym z założenia pracujemy ok 51 minut na godzinę.

A teraz szanowny czytelniku weź kartkę, ołówek i kalkulator i policz, zakładając że masz 20 maszyn ile godzin możliwości bezpowrotnie przepadnie w miesiącu zakładając że udaje się utrzymać OEE wszystkich maszyn na poziomie 99% co jest nierealne, przy poziomie 85% co jest celem dla wielu firm i przy poziomie 60% co i tak często wydaje się być dobrym wynikiem.

Zauważ że użyłem stwierdzenia utrzymać a nie uzyskać. Bo nie jest sztuką uzyskać wysoki poziom produktywności. Sztuką jest utrzymać go przez cały cykl produkcyjny. Czymś diametralnie innym jest 85% jako średnia miesięczna od 85% dla jednej zmiany roboczej.

Co nam mówi ta zabawa matematyką? Pokazuje jaka jest skala zmian wskaźnika przełożona z mało przemawiających do wyobraźni procentów na możliwy do zaoszczędzenia / zagospodarowania / odzyskania czas operacyjny.

Pokazuje jeszcze jedno. Że wbrew potocznemu mniemaniu to nie poważne awarie czy zakłócenia logistyczne są największym problemem, źródłem największych strat. Największymi stratami jest suma tych najmniejszych.

no dobrze policzę za Ciebie.

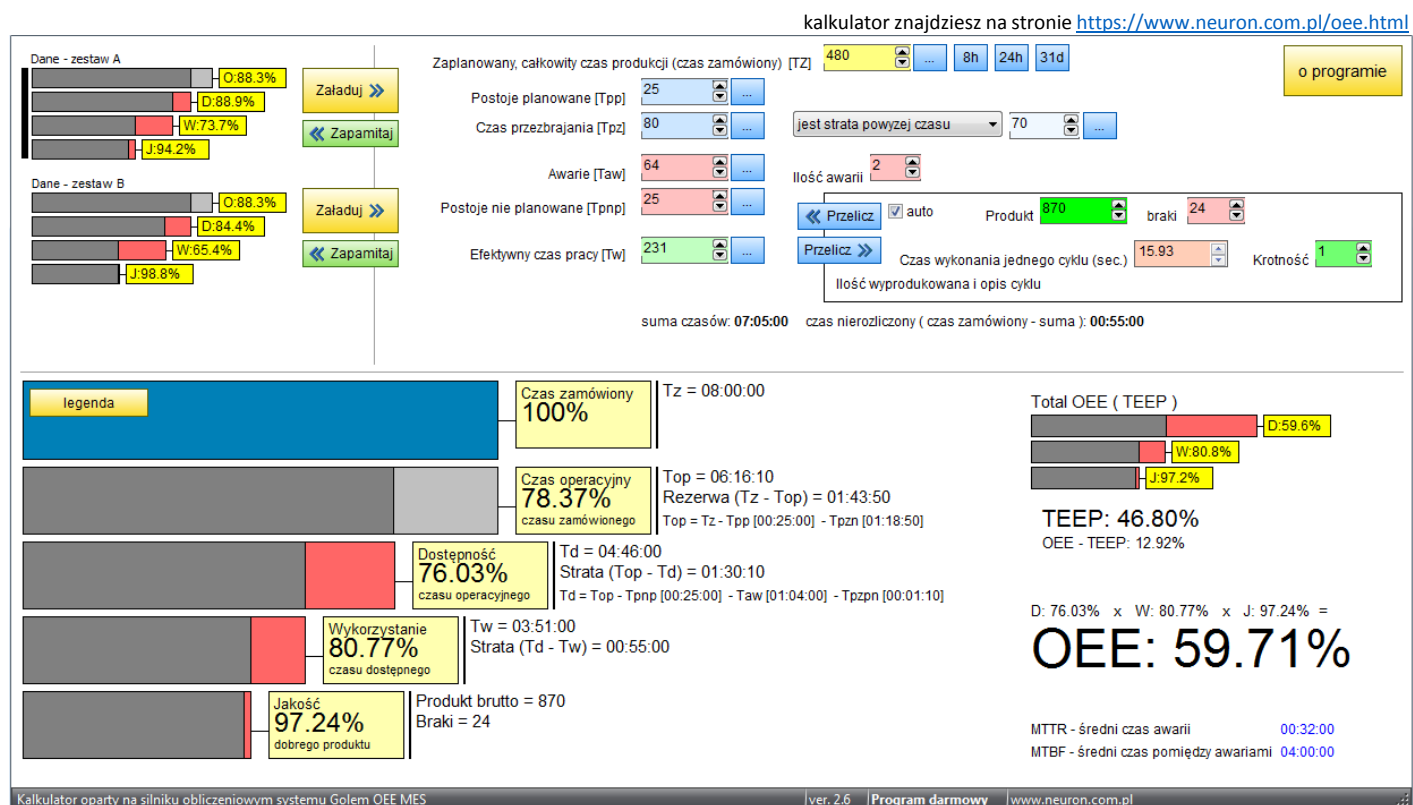
Suma czasu dla 20 maszyn to $20 \times 31 \times 24 = 14'880$ godzin miesięcznie
Zakładając że wszystkie mają identyczny wskaźnik:

OEE	Strata	Godzin razem	W przeliczeniu na dni
99%	1%	148,8	6,2
85%	15%	2'232	93
60%	40%	5'952	248

Kalkulator i wykres zależności zamiast suchej teorii

W tym miejscu powinno być trochę teorii o tym co to jest OEE no i sławny wzór który nam mówi że $OEE = A \times P \times Q$. Tyle że internet jest pełen teorii tego typu a ja jakoś nie wierzę że ktoś zadaje sobie trud czytania tego materiału nie wiedząc o jego bohaterze absolutnie nic.

Dlatego w myśl zasady że jeden obraz wart jest 1000 słów proponuję zerknąć nasz darmowy kalkulator który możesz pobrać z naszej strony i w oparciu o zawarty w nim wykres opowiem na początek nie tyle o samych elementach składowych co o współzależności pomiędzy nimi.



Głównym elementem kalkulatora jest nasz unikalny wykres prezentujący nie tylko wartości takich składników jak czas operacyjny, dostępność, wykorzystanie i jakość ale przede wszystkim zależności pomiędzy nimi.

Na przedostatnim poziomym wykresie widzimy jaka jest wartość procentowa wykorzystania. Widzimy również że 100% wykorzystania to wartość procentowa dostępności z wykresu wyżej. Dalej widzimy że 100% dostępności to wartość procentowa czasu operacyjnego a 100% czasu operacyjnego to czas zamówiony, czyli czas dla którego liczymy wskaźnik.

Jedyną rzeczą na pierwszy rzut oka nie pasującą w tej układance to ostatni wykres jakości bo sugeruje on że 100% jakości to czas wykorzystania. I tak ponieważ jest to dodatkowa strata czasu.

Przy okazji mała dygresja: często mówimy o wzorze na wyliczenie wskaźnika. Oczywiście jest to jak najbardziej poprawne bo podobno wszystko w przyrodzie da się do wzoru doprowadzić. Jednak powinniśmy zdecydowanie mówić i myśleć nie jako o wzorze ale jako o algorytmie składającym się z sekwencji obliczeń.

Często też używamy wymiennie sformułowania zmierzyć i obliczyć a to nie to samo. Mierzymy dane wejściowe, a na ich podstawie obliczamy poszczególne wskaźniki.

Dwie różne interpretacje: OEE vs TEEP

Od samego początku ścierają się ze sobą dwie szkoły interpretacji wskaźnika OEE. Jedni mówią że stratą jest to co jest stratą a drudzy że stratą jest absolutnie wszystko co nie jest efektywną pracą. Po wielu latach dyskusji chyba zaczęto dostrzegać ten problem bo wskaźnik podstawowy zyskał młodszego brata: wskaźnik TEEP.

Pierwsza interpretacja mówi że wskaźnik OEE pokazuje nam wykorzystanie maszyn względem PLANU. Czyli OEE = 100% to praca maszyny bez przerw, bez braków i z normatywnym czasem przezbrajania TAK JAK TĘ PRACĘ ZAPLANOWANO z wykorzystaniem środków JAKIE ZAPLANOWANO.

Druga interpretacja mówi że OEE = 100% to nieprzerwana praca 7 dni w tygodniu przez 24 godziny na dobę przez 365 dni w roku. W tej interpretacji wszystko co nie jest pracą jest stratą. Zwolennicy tej tezy twierdzą że takie podejście wzmacnia chęć do poprawy. Tyle że musielibyśmy postawić sobie nierealne cele bo non stop to nie pracują nawet reaktory w elektrowniach atomowych. Nawet tam wyłącza się czasem blok na czas przeglądów i remontów.

Wyobraźmy sobie zakład produkcyjny który ma dwa identyczne wydziały. Wszystko mają identyczne, maszyny, obsługę, logistykę, etc. Jedyne co różni te dwa wydziały to to że wydział A pracuje na 3 zmiany a wydział B na jedną zmianę.

Przyjmijmy też że praca jest idealna więc w ujęciu zmianowym oba wydziały osiągają OEE=100%.

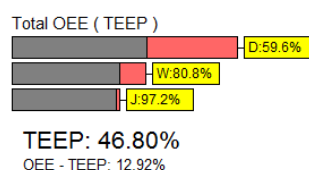
Jeśli jednak policzymy wskaźnik dla miesiąca zakładając że wszystko co nie jest pracą jest stratą to będziemy mieli bardzo dziwną sytuację: wydział A ma OEE=100% a wydział B OEE=33.33%.

Czy to oznacza że kierownictwo wydziału B powinno wylecieć? Przecież nie mają ponad 60% strat i nic z tym nie robią...

TEEP - Całkowita Wydajność Sprzętu (Total Effective Equipment Performance)

To nowszy wskaźnik, podobny do OEE który różni się tym że traktuje wszystko co nie jest efektywną pracą jako stratę. Według teorii liczymy go tak: $TEEP = OEE \times U$ gdzie U to utylizacja (Utylization) wyliczona jako planowany czas pracy podzielony przez całkowity dostępny czas.

Myślę że bardziej odpowiednim będzie stwierdzenie że TEEP liczymy dokładnie tak samo jak OEE, na podstawie dokładnie tych samych danych z jedną zasadniczą różnicą. Spójrzmy na wykres z naszego kalkulatora:



Jak widać wykresy jakości i wykorzystania są identyczne jak na wykresie OEE, ale dostępność dodatkowo pomniejszona jest dodatkowo o czas postojów i czynności planowanych. Ot i cała filozofia.

Tak więc mamy do dyspozycji dwa narzędzia godzące obie koncepcje. OEE mówi ile straciliśmy z tego co zaplanowano. TEEP, a w zasadzie różnica między OEE i TEEP mówi nam o ile mielibyśmy wyższe OEE gdybyśmy zlikwidowali absolutnie wszystkie straty łącznie ze stratami planowania i wynikającymi z organizacji pracy.

TEEP mówi nam jakie mamy możliwości, albo mówiąc bardziej naukowo jakie mamy niewykorzystane zdolności produkcyjne.

Jeśli będziemy mieli TEEP na poziomie 33.33% przy OEE =100% bo pracujemy tylko na jedną zmianę to oznacza że mamy 66.66% rezerwy, wystarczy że uruchomimy dwie dodatkowe zmiany robocze.

Inne mutacje wskaźnika OEE

Poza OEE i TEEP mamy jeszcze OPE, OAE, PEE, OTE, OLE, MCE i pewnie wiele innych. A jeśli nie ma wielu innych to pewnie niedługo będą. Wynika to z przyrodzonej nam wszystkim potrzeby komplikowania rzeczy prostych, wszak im więcej „nakombinujemy” tym większy splendor na nas spadnie.

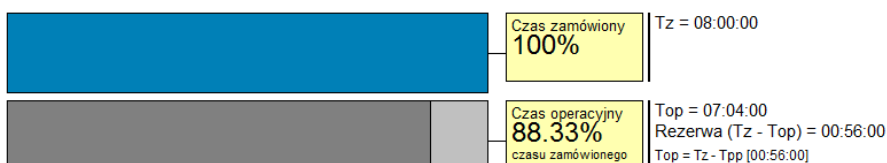
Ponieważ nadal jest wiele wątpliwości interpretacyjnych w stosunku do podstawowych wskaźników oraz bardzo często dysponujemy niepewnymi danymi (a wskaźniki o rzekomo wyższej dokładności opisu rzeczywistości wymagają precyzyjnych danych) po prostu nie będziemy się nimi zajmować.

Części składowe wskaźnika OEE

Przyjrzyjmy się teraz poszczególnym składowym. Tak naprawdę mamy cztery wskaźniki a tytułowy wskaźnik jest jedynie ich jednoliczbową projekcją. Tymi wskaźnikami są czas operacyjny, dostępność, wykorzystanie (wydajność) i jakość. Niestety zdarza się nam zapominać o czasie operacyjnym oraz o tym że czas zamówiony to nie tylko 480 minut.

Czas zamówiony i czas operacyjny

Czasy zamówiony i operacyjny choć nie wchodzą w skład ogólnie znanego wzoru są kluczowe bo bez ich znajomości nie da się wyliczyć kolejnych.



Pracujemy od 6:00 do 14:00. I to jest czas zamówiony. Czas dla którego robimy obliczenia. Ale maszyna od 6:00 do 6:40 nie pracuje, jest w stanie postoju planowanego bo nie przydzielono jej jeszcze żadnej pracy. Pracuje, a przynajmniej pracować powinna od 8:40 do 14:00 i to jest czas operacyjny, czas w którym możemy naszą maszyną „operować”. Acha, między 10:00 a 10:15 jest przerwa która też jest planowym postojem.

Różnica pomiędzy czasem zamówionym a czasem operacyjnym nigdy nie jest stratą, jest dla obliczeń neutralna.

Dlatego czas operacyjny zaniżają wszelkie planowane postoje **oraz czynności** wymagane do przygotowania maszyny o ile zostaną wykonane w założonym z góry czasie – zobacz rozdział czy przebrojenie jest stratą.

Coś tu jednak nie pasuje. Ale co? Już wiem. Posłużyłem się wyuczonym przez lata schematem który mówi że czas zamówiony to zmiana robocza.

Ciężko było kiedyś inaczej pozyskać dane, jak tylko poprosić aby je ktoś spisał na ... no właśnie, na koniec zmiany. Ponadto w wyznaczaniu OEE dla zmiany brzmi tęsknota za liczeniem wskaźnika dla ludzi a nie maszyn. Niby chcemy oceniać pracę maszyn ale jak ta praca nie spełnia naszych oczekiwań to fajnie było by kogoś za to obwinić, a po co daleko szukać.

Dziś mamy dużo większe możliwości, możemy wyznaczyć wskaźnik dla dowolnego zakresu czasu, dla zmiany, dla tygodnia, dla miesiąca. Najbardziej wiarygodnym wydaje się jednak OEE dla zlecenia produkcyjnego które ma swój początek, środek i koniec. Tym bardziej że systemy planowania potrzebują analizy wykonania zlecenia a nie pracy danej zmiany roboczej.

Zresztą zlecenie produkcyjne jest doskonałym przykładem jak nieobiektywną może być ocena pracy maszyny i jej obsługi w kontekście jednej zmiany produkcyjnej.

Wyobraźmy sobie że na pierwszej zmianie obsługa przygotowała maszynę do produkcji. Zmienić wyposażenie, zrobić serię próbną, poczekać na badania laboratoryjne, uporać się z zakłóceniami logistycznymi etc. W konsekwencji

na pierwszej zmianie pracowano ledwo 2 godziny. Dodatkowo, zgodnie z dogmatami zaklasyfikowano przebrojenie jako stratę i wskaźnik okazał się być tragicznie niski. Druga zmiana płynnie pracowała korzystając z przebrojonej i wyregulowanej maszyny, osiągając wysoki wskaźnik OEE.

Czy to oznacza że ludzie i ich maszyna na pierwszej zmianie roboczej pracowali gorzej? Czy wartość ich pracy jest mniejsza? Czy wartość pracy maszyny, która co prawda nie produkowała, bo bez zmiany wyposażenia nie mogła, jest mniejsza?

Przy okazji, nic mnie tak nie drażni jak stwierdzenie że przebrojenie maszyny jest stratą bo przecież maszyna mogła w tym czasie przynosić wartość a nie przynosiła, czytaj mogła produkować w czasie przebrajania. To jedź szanowny czytelniku w daleką podróż bez przerw na tankowanie – ciekawe jak długo auto będzie Ci przynosić jakąkolwiek wartość.

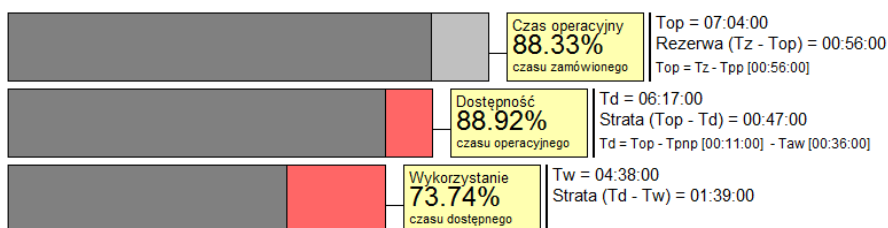
Ale o tym opowiemy później.

Dostępność

Co to znaczy że maszyna jest dostępna? Dokładnie to że jest dostępna. I że można jej użyć, można produkować. A jak jest zepsuta, albo brakuje nam jakichś zasobów to produkować się nie da więc jest ... niedostępna.

Dostępność ograniczają wszelkiego rodzaju problemy techniczne, np. awarie ale też problemy logistyczne i operacyjne. Jeśli nie ma operatora to nie można produkować. Tak samo gdy zabraknie materiału, opakowań albo gdy nie odebrano wyprodukowanej partii produktu.

Dostępność ograniczają też ustawianie i przebrojenia które mogą być w całości potraktowane jako strata albo tylko ta ich część której nie dano rady wykonać w zaplanowanym czasie.



Jest wiele postojów i strat które teoretycznie powinny zaniżyć dostępność ale w praktyce będą zaniżać wykorzystanie ze względu na swoją krótkotrwałość i/lub częstotliwość występowania.

W jednej firmie nagminnym problemem było zapychanie się wagi która napełniała worki z klejem. Skala problemów zależała zarówno od jakości worków jak i od wilgotności kleju. Wszyscy znali problem ale nie znali jego skali. Początkowo nie było on raportowany ze względu na dużą odległość do komputera z programem dla operatora.

Gdy zdecydowano że na każdej linii zostanie zainstalowany komputer panelowy dodano do statusów opisujących postoje nieplanowane zdarzenie „zablokowana waga”. Od tego momentu operator najpierw zmieniał status na „zablokowana waga”, wchodził na maszynę aby ją udrożnić, schodził i zmieniał status „praca” co trwało kilka minut. Od tego momentu problem ten migrował z utraty wykorzystania do utraty dostępności i był dokładnie policzalny.

W wielu miejscach interpretacja naszego wskaźnika w dużej mierze będzie od naszych technicznych możliwości oraz od natury samego procesu bo nie każdy proces jest łatwy do mapowania i zmierzenia.

Wykorzystanie [wydajność, efektywność]

Ta składowa ma różne nazwy: wydajność, efektywność. Osobiście używam określenia „wykorzystanie” od efektywnego wykorzystania bo „wydajność” kojarzy się z produkcją czegoś co możemy policzyć. A nie zawsze tak jest bo maszyna może produkować w sposób ciągły, np. wytłaczać profile lub folie. Albo produkować sztuki ale o bardzo długich czasach cykli, np. maszynie CNC wykonanie elementu zajmie 170 minut i ciężko mówić tu o wydajności. Albo maszyna zmienia tempo pracy bo każdy kolejny przetwarzany element ma inny czas realizacji - np. montaż spersonalizowanych produktów.

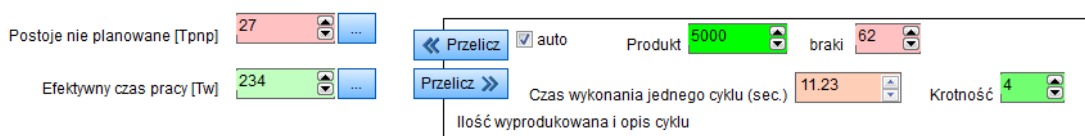
Wykorzystanie najlepiej oddaje charakter każdej produkcji gdyż zawsze możemy określić (policzyć, zmierzyć) czas efektywnej pracy który jest optymalnie „wykorzystanym” czasem jaki nam został do dyspozycji na produkcję po odliczeniu postojów i strat dostępności.

Wykorzystanie [wydajność] to stosunek ilości wytworzonych produktów (zarówno dobrych jak i uszkodzonych) do ilości możliwych do wytworzenia produktów w dostępnym czasie. Czas wykorzystania T_w (czas faktycznie poświęcony na efektywną pracę) możemy obliczyć znając optymalny czas cyklu i ilość wykonaną.

I tu drobna uwaga. W wielu publikacjach wkraść się błąd, albo jak kto woli pewne uproszczenie polegające na założeniu że jeden cykl maszyny to jeden produkt. Technologia (albo przysłowiowa tabliczka znamionowa na maszynie) nie podaje ile czasu produkujemy jeden produkt tylko ile czasu trwa jeden cykl!

Taka prasa w jednym cyklu może nam wytłoczyć 30 sztuk metalowych zapinek a wtryskarka w jednym cyklu zrobić 180 końcówek do igieł. Może to doprowadzić do zamieszania gdy jedni myślą o czasie cyklu maszyny a inni o czasie realizacji jednej sztuki.

Spójrzmy na blok obliczający czas T_w w naszym kalkulatorze:



Jak widać czas T_w obliczono według formuły: $(5000 \times 11.23) / 4 / 60$ czyli mnożymy ilość produktu x optymalny czas cyklu i dzielimy przez krotność. No i dodatkowo przez 60 bo w kalkulatorze podajemy czasy w minutach.

Przy okazji, możemy wpisać T_w ręcznie co odpowiada wyznaczeniu wykorzystania podczas produkcji procesowej gdzie nie mamy pojęcia ilości tylko czas pracy. W rzeczywistej produkcji możemy dla takich procesów przyjąć że wszystko co nie jest utratą dostępności jest pracą. Możemy też zmierzyć czas T_w obserwując np. pracę głównego napędu w myśl zasady że jeśli silnik się kręci to biegnie czas efektywnej pracy.

Innym częstym uproszczeniem jest założenie że przez cały czas zamówiony robimy ten sam produkt o takich samych parametrach. Liczymy OEE dla zmiany roboczej czyli dla 480 minut. W taki czy inny sposób wykorzystujemy w obliczeniach idealny czas cyklu. Wyprodukowaliśmy pewną ilość sztuk, mnożymy przez czas cyklu i gotowe.

A co jeśli podczas tych 480 minut zmieniono asortyment i maszyna ma od tego momentu inny czas cyklu i krotność? Musimy policzyć ilość przed przebrojeniem i przeliczyć wg czasu optymalnego dla produktu pA i tak samo po przebrojeniu oddzielnie policzyć i przeliczyć ilość produktu pB według nowego, innego czasu optymalnego. Nie możemy ot tak wszystkiego zsumować bo 100 sztuk produktu pA mogliśmy produkować 4,6 godziny a 100 sztuk produktu pB przez 57minut.

A jeśli na zmianie wyprodukowaliśmy 3 różne produkty o różnym czasie optymalnym i krotności? A jeśli chcemy obliczyć OEE dla miesiąca a przez ten miesiąc zmieniano produkty 139 razy? Nasz Golem nie ma z tym problemu, ale nasz Golem liczy (dolicza) czas T_w dla **każdego cyklu maszyny oddzielnie** według parametrów aktualnego zlecenia produkcyjnego.

Prawidłowe wyznaczenie wykorzystania (wydajności) to najtrudniejszy, z elementów całej tej układanki. Dlatego wynik często jest obciążony dużymi błędami i uproszczeniami. Wielu menadżerów się na nim nie skupia a to tam często skrywają się największe straty. Z naciskiem na skrywają się.

Jakość

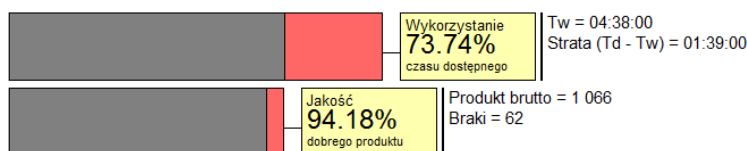
Wszystkie składniki OEE oparte są na czasie. Jedynie Jakość tu nie bardzo pasuje bo oparta jest na ilości. Pozornie, bo wadliwy produkt to strata czasu.

Niech nasza maszyna produkuje „coś”. Zaplanowano wykonanie 1000 sztuk tego „czegoś”. Czas cyklu to 80 sekund, na cykl maszyna produkuje 2 sztuki. W toku produkcji powstało 50 braków. Ale zamówienie jest na 1000 a nie na 950 sztuk. Aby oddać na magazyn 1000 sztuk musimy DOPRODUKOWAĆ brakujące 50 sztuk.

50 sztuk to 25 DODATKOWYCH cykli maszyny a 25 cykli to 25 x 80 to 2000 sekund czyli ponad pół godziny **dodatkowej** pracy maszyny.

A więc strata jakości to strata czasu, maszyna zmarnowała czas na odtworzenie wadliwego produktu. Zresztą nawet jeśli produkcja nie jest oparta na zleceniu to i tak wyprodukowanie wadliwego produktu jest stratą czasu.

Zawsze operujemy produktem brutto. Oddajemy na magazyn 1000 sztuk ale do obliczeń podstawiamy 1050 sztuk bo tyle maszyna wyprodukowała w rzeczywistości. Dlatego graficzna prezentacja jakości pokazuje nam ile dodatkowo zmarnowaliśmy czasu produkcji – spójrz na stratę jakości na wykresie i wyobraź sobie że zostanie przesunięta w górę do wykresu wykorzystania:



Często technologia wymaga wykonania pewnej partii produktu który jednak produktem nie jest. Przykładowo musimy „wyczyścić” maszynę po zmianie barwnika co powoduje powstanie pewnej ilości braków zwanych często odpadem technologicznym.

I tu mamy dwie opcje. Albo robimy to w ramach prezbrajania maszyny i odpadu (ilości sztuk) nie liczymy a jego wytworzenie obciąża czas tegoż prezbrajania albo traktujemy odpad technologiczny jak każdy inny brak czy defekt. Możemy też zastosować klasyfikację braków, policzyć je zależnie od przyczyn. Dla wyliczenia OEE będziemy mieli 135 braków ale będziemy wiedzieli że 15 to przebarwienia, 47 to niedolania a 73 to odpad technologiczny.

Jest jeszcze kwestia wadliwych produktów które udało się naprawić. I tu mamy dość kłopotliwą sytuację bo taki naprawiony element nie jest brakiem z punktu widzenia ilości wyprodukowanej ale nadal jest stratą czasu produkcji.

Klasyfikacja strat

W literaturze często mówi się o 6 głównych stratach: awaria, przezbrojenie, mikro postoje, zwolnienie pracy, wady jakości i rozruch produkcyjny.

Ważne: mówimy o stratach choć nie każda strata jest stratą. Jednak w tym rozdziale nie będziemy rozróżniać żeby niepotrzebnie nie komplikować, tym bardziej że to co w OEE nie jest stratą w TEEP już będzie.

W poniższej tabelce widzimy kilka przykładów strat z ich wpływem na wartość wskaźnika i jest ich trochę więcej niż sześć:

Klasyfikacja	Opis	Wpływ na OEE
Postój planowany	Przerwa śniadaniowa, brak zleceń, przerwa nocna, szkolenia	Postój planowany NIGDY nie jest stratą ponieważ jest.. planowany. Zaniża czas operacyjny
Konserwacja	Maszyny wymagają przeglądów i konserwacji. Mowa zarówno o przeglądach TPM przed i po pracy jaki przeglądach PM realizowanych przez służby UR	Ponieważ jest czynnością planowaną zaniża czas operacyjny
Awaria	Nieplanowane zatrzymanie maszyny z powodów technicznych. Często niemożliwe do przewidzenia	Zaniża dostępność

Drobna awaria	Drobne awarie i drobne postoje wynikające z powodów technicznych które jednak nie wymagają interwencji UR a są usuwane przez obsługę. Przykładem może być zbrudzona dysza podajnika kleju – nie wołamy UR tylko czyścimy ją sami. Często drobne awarie usuwane są przez operatorów choć powinny być usuwane przez UR co może zamienić „małą” awarię w „dużą”	Zaniżają wykorzystanie
Postój nieplanowany	Nieplanowany postój inny niż awaria – najczęściej z przyczyn logistycznych. Postój taki jest znacznie łatwiejszy do zredukowania przez odpowiednie przedsięwzięcia organizacyjne niż postój wynikający z awarii urządzenia. Przykładem może być opóźnienie w dostarczeniu opakowań.	Zaniża dostępność, choć można postój taki zaliczyć w poczet wykorzystania jeśli problem jest szybko rozwiązany
Przezbijanie	Zmiana wyposażenia maszyny. Przezbijanie opisano szerzej w dalszej części artykułu	Zaniża czas operacyjny, jeśli przekroczono czas normatywny zaniża dostępność.
Ustawianie i regulacja	Istnieje wiele czynności które są konieczne dla utrzymania ciągłości produkcji a które jednocześnie nie są klasyfikowane jako przezbijanie. Może to być okresowa regulacja narzędzi, konieczne okresowe czyszczenie agregatów, itp. Może to być też szybkie przezbijanie maszyny, np. gdy zmiana zlecenia wymaga jedynie zmiany etykiet i ustawienia numeratorów. Do regulacji możemy zaliczyć też czyszczenie maszyny podczas pracy.	Zaniża czas operacyjny, jeśli przekroczono czas normatywny zaniża dostępność. Szybko wykonane regulacja zaniża wykorzystanie.
Rozruch maszyny	Wiele maszyn wymaga przygotowania do pracy innego niż zmiana wyposażenia które trzeba wykonać nie tylko przy zmianie zlecenia ale też po każdej dłuższej przerwie. Przykładem może być proces rozgrzewania maszyny, np. wyciarki.	Zaniża czas operacyjny, jeśli przekroczono czas normatywny zaniża dostępność.
Wadliwy produkt	Wadliwy produkt wymaga często wyprodukowania nowego, pozbawionego wady produktu. A to wymaga czasu.	Zaniża jakość
Rozruch po wadliwym produkcie	Zdarza się że wadliwy produkt blokuje maszynę. Aby go usunąć potrzebny jest czas. Odtworzenie braku może trwać sekundę ale przywrócenie maszyny do pracy kilka minut lub więcej.	Zaniża wykorzystanie
Odpad związany z rozruchem	Odpad technologiczny, bo o nim tu mowa opisano szerzej w podrozdziale o jakości.	Zgodnie z przyjętą metodologią zaniża jakość albo czas operacyjny/wykorzystanie.
Mikro - postoje	Mikro postoje to drobne zatrzymania pracy z różnych przyczyn np. takich jak zablokowany produkt, przeciążenia, naruszenie stref bezpieczeństwa, oczekiwanie na operatora po zakończonym cyklu itp.	Zaniża wykorzystanie
Inspekcje	Czasami musimy zatrzymać maszynę aby dokonać inspekcji lub oceny, np. w program CNC zatrzymuje maszynę aby operator dokonał weryfikacji wymiarów.	Zaniża wykorzystanie
Utrata wydajności (prędkości)	Maszyna pracuje pewnym, określonym przez technologię rytmem. Jednak wiele czynników powoduje jej spowolnienie. Maszyna może np. czasowo zwalniać wraz ze zmianą temperatury oleju w systemie hydrauliki albo wilgotność lub jakość materiału wymusza zwiększenie czasu cyklu. Może być też tak że maszyna zostanie celowo spowolniona.	Zaniża wykorzystanie
Utrata krotności	Wiele maszyn podczas jednego cyklu produkuje kilka wyrobów. Przykładowo wtryskarka może mieć zainstalowaną formę z 5 gniazdami. Jeden wtrysk to 5 wyrobów. Możliwe jest jednak zapchanie się jednego gniazda. Wtedy każdy cykl będzie obciążony 20% stratą. Prędkość będzie prawidłowa ale czas potrzebny na realizację zamówienia o 20% większy	Zaniża wykorzystanie
Współpraca	Człowiek nie jest maszyną i ma swoje ograniczenia psychofizyczne. Więcej w rozdziale maszyna i jej operator.	Zaniża wykorzystanie

człowiek - maszyna		
Oczekiwanie na pół produkt	Zdarza się że maszyna nie pracuje bo oczekuje na półprodukt z innej maszyny. To najtrudniejsza do sklasyfikowania strata – musimy ustalić czy czas oczekiwania wynika ze strat maszyny nadrzędnej czy maszyna nadrzędna nie ma prawidłowej wydajności.	Zaniża wykorzystanie
Czynności między - operacyjne	Jako czynność operacyjną rozumiemy coś co wykonuje się co jakąś ilość „taktów”. Np. odstawienie kontenera z gotowym wyrobem albo zatrzymanie procesu celem dokonania inspekcji. W zasadzie czynności operacyjne wchodzą w skład mikro postojów ale są często pomijane tak przy planowaniu jak i przy analizie – dlatego je wyszczególniłem.	Zaniża wykorzystanie

Nadmiar precyzji prowadzi do chaosu

Wymienione powyżej straty mają charakter ogólny, można je przyporządkować do wielu różnych maszyn i urządzeń. Często jednak mamy możliwość tworzenia indywidualnych definicji dla konkretnych maszyn czy ich grup. Możemy zdefiniować awarię maszyny, awarię robota, awarię generatora ultradźwięków jeśli maszyna takowy ma, awarię podajnika itp. itd. Problemy z surowcem mogą oznaczać jego brak, albo to że wydano nie ten co miał być, albo niską jakość komponentów jeśli są to np. części do dalszego montażu. Wszystko to pozwala doprecyzować obszary strat i problemów. Ale ...

Często ulegamy pokusie tworzenia przeraźliwie długich list. Widziałem kiedyś arkusz który miał ponad 70 pozycji. Ponad 70 różnych strat. Zasada Pareto podpowie nam w ciemno że na 56 owych strat złoży się raptem 20% utraconego czasu. A sławna zasada 80/20 jakaś taka cudowna jest bo zawsze się sprawdza...
No i przemilczę to że niektóre pola nigdy nie były wypełniane a wiele z nich zawsze gościło tę samą wartość...

Ważniejsze jednak jest to że taka ilość przyczyn daleko wybiega poza percepcję operatora. A to operator ma (powinien) te straty identyfikować.
Nie muszę mieć wiedzy technicznej aby odróżnić że nie mogę załączyć maszyny, albo robot nie „jedzie” po wypraskę, albo forma jest uszkodzona bo w każdym cyklu jedna z 8 wyprasek jest niedolana albo skończyło się tworzywo a nowe nie leci. Jednak każde kolejne uszczegółowienie powoduje konieczność posiadania przeze mnie wiedzy technicznej. Ja ją mam ale przeciętny operator maszyny niekoniecznie.

Jeśli jednak będziemy się upierać aby zdefiniować dużą liczbę przyczyn, a środki techniczne coraz częściej na to pozwalają to proponuję bardzo prosty eksperyment. Poszukajmy pracownika z najmniejszym stażem i poprośmy aby o każdym z tych postojów coś nam powiedział. Bywa to naprawdę pouczające.

OEE dla wielu maszyn

Wzrasta presja na tworzenie jednego kompletu wskaźników OEE dla wielu maszyn. Dla grupy maszyn, dla całego wydziału czy wręcz dla całej fabryki. Skąd taki trend? Życie się tak szybko toczy że nie mamy czasu aby pochylić się nad każdą maszyną z osobna. Chcemy łatwej, prostej i szybkiej odpowiedzi.

Wskaźnik dla grupy maszyn to pożyteczne narzędzie ale trzeba mieć świadomość jego ograniczeń, a przede wszystkim tego że czasami może nas okłamać.

Widząc OEE=70% dla grupy maszyn automatycznie przyjmujemy że każda z tych maszyn funkcjonuje z efektywnością 70%. Dopiero po chwili przychodzi refleksja że jest to wartość uśredniona, że każda z maszyn mogła mieć w tym czasie inną efektywność, że ten sam wynik za każdym razem może oznaczać coś innego.

Prosty przykład. Mamy 20 maszyn. Dla totalnego uproszczenia powiedzmy że pracują w takim samym trybie zmianowym i są w pełni obciążone zleceniami. Jeśli jedna maszyna straci gdzieś 20% to jej OEE spadnie o 20% co łatwo zauważyć.

Jeśli jedna z 20 maszyn straci 20% to OEE grupowe spadnie o 1%. Słownie jeden procent. 20% z 8 godzin to 1,6 godziny. A więc maszyna nie produkuje przez półtorej godziny a widoczne grupowe OEE spadło o błąd statystyczny.

Inny przykład. Mamy 6 maszyn i liczymy dla nich OEE dla 3 zmian roboczych. Mamy kolejno wartości:

1 zmiana	54%	46%	36%	57%	78%	83%
2 zmiana	33%	61%	22%	87%	85%	66%
3 zmiana	79%	0%	0%	92%	94%	89%

Spróbuj proszę, szybko, bez liczenia oszacować która zmiana jest najgorsza a która najlepsza?

Żadna. Dla każdej zmiany średnie OEE wynosi 59%. Na 3 zmianie dwie maszyny w ogóle nie pracowały ale pozostałe to nadrobiły.

Co ciekawe. Czy użyjemy średniej arytmetycznej, czy średniej ważonej, czy średniej ucinanej. Czy obliczymy jako średnią z jednostkowych wskaźników czy do ogólnych wzorów podstawimy sumy poszczególnych czasów i ilości – dla tych samych danych wyniki będą zazwyczaj podobne. Wynik jest mało zależny od metody natomiast może być w nieprzewidywalny sposób zależny od aktualnego rozkładu uśrednianych danych.

Kiedyś OEE grupowe wyliczane w naszym systemie było nieustannie kwestionowane przez klientów że coś nie tak bo maszyny pracują „prawidłowo” a grupowe OEE tego nie odzwierciedla. Dlatego w pewnym momencie dołączyliśmy do raportu dla grupy listę maszyn z ich indywidualnymi wynikami aby w przypadku jakichkolwiek wątpliwości można było szybko przejrzeć ich jednostkowe wyniki. No i kwestionowanie grupowych wskaźników radykalnie spadło.

Dobrą praktyką jest też odrzucenie maszyn które planowo nie pracowały. Jeśli mamy 10 maszyn ale 4 z nich nie pracują bo nie mają pracować to wprowadzą one nam niezłe zamieszanie. Powiedzmy że te co pracują mają 100% czyli suma wartości wskaźników to $6 \times 100 = 600$. $600/10$ to 60%. Po odrzuceniu 4 które nie pracują mamy $600/6$ więc 100%.

Z tego samego powodu powinniśmy grupować podobne maszyny pracujące w podobnym reżimie zmianowym i nie ulegać pokusie jednego wskaźnika dla całej fabryki.

Reasumując. Wskaźnik dla grupy maszyn to pożyteczne narzędzie ale nie wolno nam traktować go jako nieomylnego wyznacznika pracy całej grupy. Założenie że wczoraj pracowano lepiej bo 33 maszyny miały lepsze OEE grupowe niż te same 33 maszyny miały dziś jest ryzykowne a może wręcz być nieprawdziwe.

Niski wskaźnik grupowy dla wydziału WP1 mówi nam że należy się uważnie przyjrzeć pracy maszyn na tym wydziale a nie to że wydział ten źle pracuje.

Maszyna i jej operator

sen niejednego „szefa”: **$premia = OEE \times jpp$** gdzie jpp to jakiś umowny przelicznik

Wskaźnik OEE jest wskaźnikiem do oceny efektywności wyposażenia: maszyn, linii produkcyjnych etc. Jednak ciągle mamy do czynienia z chęcią wykorzystania go do oceny pracy pracowników którzy je obsługują. Można, ale musimy rozumieć jaka jest relacja naszej maszyny i jej operatora.

Zależności te są różne, my przeanalizujemy dwie z nich:

1. operator nadzoruje maszynę
2. operator, choć zabrzmiał to mało humanistycznie jest częścią maszyny.

W pierwszym modelu maszyna pracuje „sama” a operator ją nadzoruje. Jest odpowiedzialny za jej ustawienie, uruchomienie, pilnowanie zasobników z komponentami, reakcję na zakłócenia itp. Jeśli nie wykona tego wszystko zgodnie z procedurami i dobrymi praktykami w zakładanym czasie to przyczyni się do strat i może być z tego rozliczany. Ale ...

Często ma on pod opieką wiele maszyn i po mimo zaangażowania ma ograniczony wpływ na te problemy jeśli zaczną one eskalować. Inna może być geneza spadku wykorzystania jeśli operator ma pod opieką jedną czy dwie maszyny a inna gdy obsługuje ich kilkanaście co nie jest dziś rzadkością. Jeśli uznamy że wprawny operator poradzi sobie z typowym problemem w ciągu 2-10 minut to ile czasu będzie potrzebował gdy problemy jednocześnie wystąpią na 4 maszynach? No właśnie.

Drugi model to taki gdzie operator:

- wkłada, naciska start, czeka, wyjmuję
- wkłada, naciska start, czeka, wyjmuję
- wkłada, naciska start, czeka, wyjmuję
- wkłada, naciska start, czeka, wyjmuję

i tak 7,5 godzin dziennie.

Operator ma wpływ na optymalny czas cyklu. Część tego cyklu zależy od maszyny która, jeśli jest właściwie eksploatowana i utrzymana cechuje się powtarzalnością. Czy takiej samej powtarzalności możemy oczekiwać od człowieka?

Łatwo zmierzyć że „uderzenie” prasy mimośrodowej trwa powiedzmy 3,4 sekundy. Ale jak zmierzyć czas potrzebny na jej załadunek i rozładunek przez człowieka? Weźmiemy najlepszego, i co ważne wypoczętego operatora i zmierzmy że zajmuje mu to łącznie 8 sekund? Wyjdzie nam optymalny czas cyklu 11,4 sekundy. Jak długo będzie w stanie utrzymać takie mordercze tempo? To może zmierzmy jakoś inaczej? Po godzinie? Albo porównamy pracę kilku ludzi? No cóż, tzw. normowanie czasu pracy, bo do tego się to sprowadza wymaga specjalistów z dużym doświadczeniem.

Ponadto w tym konkretnym przypadku mamy jeszcze czynności wśród operacyjne. Po kilkudziesięciu cyklach operator musi zmienić pojemnik. Co jakiś czas oczyścić wykrojniki. Co jakiś czas najwyczejniej w świecie przez pół minuty popatrzeć sobie w „siną dal”.

Idźmy dalej. Spadek czasu cyklu może być spowodowany przemęczeniem operatora albo tym że poszedł sobie „gdzieś”. Ale może być wynikiem problemów technicznych z prasą (jest wiele powodów dla których prasa hydrauliczna może tymczasowo spowolnić) albo problemami logistycznymi bo mu tego czegoś co wkłada na czas nie dostarczają.

W takim czy innym modelu pracownik może ale NIE MUSI mieć wpływ na wynik. Dlatego wykorzystanie zmienność OEE bez znajomości kontekstu do oceny operatora może być niesprawiedliwe. A niesprawiedliwa ocena niweczy wszelkie dążenia do poprawy.

Pamiętajmy że maszyna i operator są elementem pewnego większego ekosystemu: planowanie, logistyka, utrzymanie ruchu. Wszystkie te elementy mają wpływ na wydajność i produktywność a w konsekwencji na osiągnięte wskaźniki i zawsze trzeba każdy ich spadek rozważać INDYWIDUALNIE gdyż rzadko zawodzi tylko jeden z elementów tej układanki.

W tym miejscu omówię jeden ciekawy przypadek.

Operator jak poprzednio wkłada, naciska start, czeka, wyjmuję. Z tym że czeka nie kilka sekund a kilka minut albo i więcej.

Spotkałem się kiedyś z taką sytuacją że kierownictwo zakwestionowało wysokie wskaźnik maszyny no bo „jak może być wysokie OEE skoro człowiek stoi i nic nie robi”. Nie ważne było to że maszyna pracuje zgodnie z oczekiwaniami ale to że pracownik co cykl pozostaje w stanie gotowości operacyjnej, czytając.... obija się. Ech, gdyby cykl trwał pół godziny to można by mu znaleźć jakieś dodatkowe zajęcie, ale ten trwał kilka minut...

Ten przykład jest doskonałą ilustracją tego jak często stawiamy tezy i oczekujemy że pomiary je udowodnią.

Czy przebrojenie jest stratą ?

Przykład z życia wzięty: drukarz dostaje projekt, przygotowuje maszynę przez trzy godziny a potem drukuje 300 kalendarzy w ciągu 180 sekund !

OEE jest bardzo wysokie bo i drukarz i maszyna wykonali swoją pracę prawidłowo.

No ale jak to? Trzy minuty drukowania na trzy godziny pracy i to ma być prawidłowo? I to OEE na poziomie 75% ma być prawdziwie? Przecież to jakiś żart. Nie – to nie jest żart.

Tak zaplanowano pracę. Ktoś przyjął zlecenie na 300 sztuk wiedząc (albo i nie) że przygotowanie maszyny tyle potrwa. Trzeba było nie planować takiego zlecenia na drukarni offsetowej tylko wysłać na cyfrową albo w ogóle nie przyjmować takiego zamówienia.

Oczywiście TEEP jest „tragiczny” i wynosi 1.67% i to TEEP mówi nam że coś poszło bardzo, ale to bardzo nie tak.

Zaraz się odezwie ktoś i powie że OEE też powinno być na tak niskim poziomie bo przebrojenie powinno być uznane jako strata bo widoczna strata to przyczynek do poprawy. Ale czemu?

Dla zasady? Czy operator zawinił? Obijał się? Złośliwie zmieniał płyty i czyścił drukarnie przez trzy godziny? Mamy zaniżyć ocenę DOBRZE WYKONANEJ PRACY tylko po to aby OEE stał się swego rodzaju wyrzutem sumienia? Tę rolę pełni TEEP, nie mieszajmy porządku rzeczy.

Inny przykład. Mamy długi proces przezbierania maszyny. Na przykład zmianę formy wtryskowej. Jest on zmierzony i określony na 4 godziny czyli 240 minut. Jeśli pracownicy dokonają rekonfiguracji maszyny w ciągu tych 4 godzinach to jest super.

Zawsze może być lepiej, zawsze możemy coś poprawić. Ale nie teraz. Nie podczas tego przebrojenia.

Możemy wprowadzić procedury SMED i drobne ulepszenia i zredukować czas przebrojeń do 3 godzin. Możemy. W przyszłości. Ale nie dziś. Możemy kupić wózki AGV, suwnice, magnetyczne mocowania, wprowadzić do systemu identyfikację RFID. Skrócimy czas przezbierania do 20 minut. Dużo inżynierskiej roboty i dużo pieniędzy więc droga do doskonałości potrwa tygodnie lub miesiące. Wtedy TEEP znacząco zbliży się do OEE. Poprzez poprawę TEEP.

Jednak dziś normatywne przezbieranie trwa 4 godziny i zaniża czas operacyjny a więc nie jest stratą. No chyba że coś poszło nie tak i pracownicy przezbierali maszynę 6 godzin. A to wtedy mamy dwie godziny straty które zaniżą nam dostępność.

Co ciekawe, gdy po wielu miesiącach ciężkiej pracy i wydaniu kolosalnych pieniędzy których efektem jest zejście z czasem przezbierania z 240 do 20 minut nadal znajdują się osoby które będą się upierać że te 20 minut to strata. No cóż, doktryna ponad wszystko.

Trzeba też uczciwie powiedzieć skąd się takie podejście do przezbierania wzięło. To proste – mając wydział tłoczni gdzie jest 11 pras hydraulicznych nie da się z kartką i stoperem rozdzielić przezbierania na normatywne i nie normatywne, szczególnie gdy jesteśmy zafiksowani na obliczeniach dla zmiany roboczej a nie dla zleceń produkcyjnych. Przyjęcie założenia że całość przezbierania jest stratą jest niczym innym jak kompensacją niedoskonałości metod pomiarowych.

OEE a planowanie produkcji

Temat współzależności pomiędzy planowaniem produkcji a wskaźnikiem OEE jest tak szeroki i złożony że aż pomijamy. Dlaczego?

Bo ciągle w świadomości wielu menadżerów, ale też konsultantów tkwi jak ciera formułka która mówi że czas zamówiony, czas produkcji to zmiana robocza, podręcznikowe 480 minut. A tak wyliczony wskaźnik z punktu widzenia planowania, a ściślej harmonogramowania produkcji jest bezużyteczny.

Nie ma czegoś takiego jak identyczny czas realizacji dwu podobnych zleceń produkcyjnych. Mogą one być bardzo podobne ale nigdy nie będą identyczne. Taka jest natura procesów produkcyjnych.

Dlatego zamiast powiedzieć: wykonamy 1000 sztuk powinniśmy powiedzieć: istnieje duże prawdopodobieństwo że wykonamy 1000 sztuk. Prawdopodobieństwo a nie pewność. Jeśli produkcja jest dobrze zestrojona to różnice są niewielkie a prawdopodobieństwo wykonania planu bardzo duże. Choć zawsze możliwe są wypadki losowe.

Jeśli planista nie ma informacji o skali tej zmienności to musi się posuwać do takich rozwiązań jak np. zawyżanie czasu cyklu czyli tworzenie rezerw w wykorzystaniu, dodawania „górkę” do czasu przezbrojeń czy dodawanie dodatkowych przerw między zadaniami. Albo produkcja będzie opierała się na hurra optymizmie: czasami plan się wykona a czasami nie. A opóźnienia względem harmonogramu lubią powodować małe lawiny dalszych opóźnień.

Wskaźnik OEE wyznaczany dla zleceń produkcyjnych, (a mówiąc precyzyjnie wyznaczany dla maszyny w czasie gdy ta owo zlecenie realizuje) powinien być podstawowym narzędziem dla planisty dostarczającym informacji o rzeczywistych a nie wymaganych zdolnościach produkcyjnych. Swego rodzaju sprzężeniem zwrotnym dzięki któremu harmonogram dąży do równowagi.

Poniżej fragment raportu pozwalającego na analizę porównawczą zleceń produkcyjnych dla identycznego produktu:

Golem OEE MES [10.36.1]		Neuron 1994-2022																				
Analiza zleceń dla produktu: Nakrętka OIL34																						
Bieżący Miesiąc (Sierpień 2022)																						
Sort Czas cyklu ACT 1 malejąco																						
xxD xxxxxx																						
FID	Zlecenie	SV	Początek	Koniec	Produkt	Braki	Braki%	ACT 1	ACT 2	AP 1	AP 2	OEE	TEEP	OEE D	OEE W	OEE J	CV	Ep	Ep %	Mp+Nz	Pt	
SUM			1D 11:23:12		161 173	429													22:39:02			03:50:24
AVG			05:53:52		26 862 17	71.5	0.33	11.98	18.39	7 105	4 940	74.16	64.63	89.77	82.58	99.67			03:46:30			00:38:24
MAX			10:46:29		45 840	110	0.61	12.37	25.01	7 186	6 860	95.38	95.25	100.00	95.47	99.91			06:22:46			01:02:05
MIN			02:20:35		10 032	42	0.09	11.16	12.59	6 986	3 455	54.15	46.01	72.59	63.76	99.39			01:24:31			00:18:10
569	OIL34/35/65/BL/2022	1	2022-08-19	04:38:03	20 736	69	0.33	12.37	17.82	6986	4848	75.44	63.84	89.35	84.71	99.67	100.00		02:58:06	64.05		00:32:09
576	OIL34/37/111/BLK/2022	1	2022-08-21	05:31:46	18 144	110	0.61	12.19	25.01	7089	3455	54.15	46.01	72.59	75.05	99.39	100.00		02:33:34	46.29		00:51:03
574	OIL34/35/66/RED/2022	1	2022-08-19	02:20:35	10 032	45	0.45	12.13	19.90	7122	4341	63.48	59.85	100.00	63.76	99.55	100.00		01:24:31	60.12		00:48:02
575	OIL34/43/BL/2022	1	2022-08-20	05:24:49	28 512	71	0.25	12.04	13.29	7176	6500	92.42	73.21	100.00	92.65	99.75	100.00		03:58:24	73.40		00:18:55
578	OIL34/111/4/RED/2022	1	2022-08-25	06:41:30	45 840	42	0.09	12.02	12.59	7186	6860	95.38	95.25	100.00	95.47	99.91	100.00		06:22:46	95.33		00:18:10
577	OIL34/54/442/BLK/2022	1	2022-08-23	10:46:29	37 909	92	0.24	11.16	21.70	7071	3635	64.09	49.64	76.65	83.82	99.76	100.00		05:21:41	49.76		01:02:05

Narzędzie to daje planiście możliwość porównania OEE, TEEP ale też czasu cyklu, wydajności, przyczyn postojów dla zleceń których realizacja teoretycznie powinna odbywać się w identyczny sposób.

Plany inwestycyjne

Poza planowaniem i harmonogramowaniem produkcji planujemy też rozwój naszego biznesu. Plany te często dotyczą rozbudowy możliwości produkcyjnych, np. zakupu nowych maszyn. Tu bardzo pomocna jest możliwość wyznaczania wskaźników w długich okresach czasu. Roczna analiza produktywności może nam skutecznie podpowiedzieć które maszyny należy odesłać na zasłużoną emeryturę a które zmultiplikować lub wymienić na wydajniejsze.

Firma miała dwie zgrzewarki w.cz. Pracownicy twierdzili że jedna z nich jest w pełni operacyjna ale druga sprawia kolosalne problemy. Wszyscy wiedzieli że maszyny te są wystużone ale uważali że pracownicy przesadzają. Dopiero ich obserwacja w perspektywie dwu miesięcy unaoczniała wszystkim jak kolosalne są różnice ich produktywności. Tę gorszą postanowiono wyłączyć z pracy a docelowo obie zastąpiono nowymi maszynami.

Metody pomiarowe

Czytając niektóre publikacje odnosi się wrażenie że pójść i zmierzyć OEE to jak pójść i zmierzyć szerokość bramy wjazdowej. Prosta matematyka stojąca za formułami sugeruje że to bardzo proste narzędzie a dane to każdy ma, wystarczy poprosić to się podzieli.

Na początek prosty przykład który pokazuje jakie „niespodzianki” możemy napotkać podczas „zbierania” danych:

Chcemy obliczyć OEE dla zmiany dla pracującej wtryskarki. Czas zamówiony to 8 godzin. Zmierzono też wszystkie inne czasy. Znamy też nominalny czas cyklu który wynosi 17 sekund. Potrzebujemy tylko ilość wyprodukowaną. Zapytajmy więc operatora albo magazyniera – w czym problem.

Produkujemy małe nakrętki – 12 sztuk na cykl. Nakrętki pakowane są w kartony po ok. 2 tysiące sztuk. Jak nietrudno policzyć $2'000/12$ to 166 cykli razy 17 sekund czyli ok. 2'822 sekundy – około 47 minut na karton. Około 10,2 kartonów na zmianę roboczą. Nie 10, nie 11 tylko 10,2.

Maszyna pracuje w sposób ciągły. Kiedy obsługa na początku zmiany przejmuje maszynę ona pracuje – ma **częściowo napełniony** karton, kiedy maszyna jest zdawana następnej zmianie dalej pracuje, robi kolejny karton. Wiemy że oddano na magazyn 9 kartonów – 18'000 sztuk. Ale nie wiemy ile z pierwszego kartonu wyprodukowano na tej zmianie.

Nie mamy więc pewności co do 2'000 sztuk !! Nie wiemy czy na początku zmiany karton był prawie pełen czy prawie pusty. Dostajemy więc z produkcji dane niepewne o co najmniej jeden karton czyli o $2'000 \times 100 / (10,2 \times 2'000) = 9,8\%$.

A zarząd i audytorzy oczekują dokładności na poziomie 1%

Metody „papierowe” albo jak kto woli metody manualne

Najprostszą i najstarszą metodą pozyskania danych potrzebnych do wyznaczenia wskaźnika to poprosić o ich zebranie pracowników którzy wpiszą je w odpowiednio przygotowane arkusze. Mogą one mieć różną formę, np. tabeli gdzie w kolumnach mamy przyczyny postojów, ilość wyprodukowaną, braki a w wierszach czas z jakimś krokiem, np. co godzinę albo 15 minut. Pracownik wpisuje że od 18:00 do 19:00 wyprodukowano 300 sztuk, były 3 braki i 15 minut przerwy planowanej. Potem zbieramy karty i wprowadzamy je np. do arkusza kalkulacyjnego.

OEE OBSERVATION FORM													
Equipment # 1A46			Description: Example				Dept. 1A		Observer Joe Smith				
Start From	End to	Run	Idling & hidden Loss			Breakdowns			Setup Adj.	Speed Loss	Reject	Comments	
			No Oper			Elec							
6:00	6:15											Autonomous Maintenance	
6:15	6:45	30											
6:45	6:50							5				Adjusted Tailstock	
6:50	7:00	10											
7:00	7:05		5									Bathroom Break	
7:05	7:15	10											
7:15	7:30									2		Made 2 Rejects	
7:30	7:40					10							
7:40	8:00	20											
Totals		70	5			10			5	0	2		

Musimy pamiętać że dane trzeba nie tylko wpisać ale pozyskać (zmierzyć, policzyć) więc pracownik musi mieć na to czas i ciężko będzie gdy ma pod opieką wiele maszyn.

Czasami zbieranie danych nie są wpisywane na bieżąco a opiera się na retrospektywie. Pochylamy się nad arkuszem na koniec zmiany i staramy się sobie przypomnieć co też się dziś działo? O 11:30 nie było tworzywa. A może to była 12:30? A może 12:00. Ile to mogło trwać? 25 minut? 15 minut? Wpiszę 22 minuty. Mało. Coś jeszcze muszę wpisać. Co jeszcze się wydarzyło, do której pozycji jeszcze coś dopisać....

Kiedyś analizowałem arkusz miesięczny: 30x3 zmiany. Wszędzie w pozycji „zmiana folii” było 10 minut. 90 x ta sama wartość. I teraz pytanie. Czy ktoś zmierzył średni czas zmiany folii na zmianie i w pełni świadomie zdecydował żeby ją powielić co w przypadku tego typu czynności ma jakieś tam uzasadnienie, czy wszyscy bezkrytycznie wpisywali 10 minut bo kto to będzie sprawdzał.

Kolejnym problemem jest czas od pozyskania danych do ich analizy. Najczęściej zbieramy arkusze z trzech zmian w dniu następnym. Mamy więc ograniczoną możliwość doprecyzowania źródeł problemów. Szerzej piszę o tym w następnym rozdziale.

No i nie sposób przemilczeć faktu że takie metody sprzyjają nadużyciom. Kiedy pracownik ma określić wielkość jakiejś straty może zadać sobie pytanie: czy to była moja wina? Jeśli tak to jego wewnętrzny imperatyw nakazuje mu zaniżyć wielkość tej straty. Albo zmienić kierunek odpowiedzialności.

Zapyta też sam siebie: czy opisywana strata może mieć wpływ na moje wynagrodzenie, np. premię? Bo jeśli tak to może po prostu tę stratę spróbować zignorować. Nie wpisać jej albo zmniejszyć z 90 do 14 minut.

Powinienem w tym miejscu napisać o tym że podobne rozterki może mieć nie tylko operator maszyny, ale nie napiszę...

Próby automatyzacji

Trywializmem jest stwierdzenie że OEE służy optymalizacji procesów. Ale czyż samo zbieranie danych nie jest procesem?

Nie dziwi więc że od samego początku szukano lepszych rozwiązań niż niedokładne ale i kłopotliwe w użyciu karty. Pierwsze próby zautomatyzowania pomiarów polegały na ich zastąpieniu arkuszami kalkulacyjnymi wypełnianymi bezpośrednio przez pracowników. Było to jednak tylko częściowe rozwiązanie problemów bo usieciwienie arkuszy i zapis wyników do bazy danych do prostych nigdy nie należał.

Szybko podjęto próby stworzenia ich elektronicznych wersji. OEE Impact czy choćby nasz program karty OEE SPC. Dane można wpisać w sposób szybszy i wygodniejszy a dzięki rozwiązaniom sieciowym kart nie trzeba „zbierać”, przechowywane są w bazie danych na serwerze. Oprogramowanie wspomaga użytkownika predefiniowanymi listami strat, wstępnie waliduje dane, pozwala na ich analizę i tworzenie raportów.

Nadal jednak dane wynikają z obserwacji i oceny operatora i są silnie zależne od jego percepcji i motywacji. A nawet uważny i silnie zmotywowany operator nie jest w stanie raportować krótkich problemów takich jak mikro postoje.

Dlatego wszystkie sensowne programy do ręcznego zbierania danych ewoluowały w kierunku systemów MES albo poumierają śmiercią naturalną.

Dziś często podobną rolę pełnią panele meldunkowe będące częścią niektórych systemów ERP za pomocą których pracownik ręcznie raportuje przebieg produkcji, a ERP niejako przy okazji z lepszym lub gorszym skutkiem próbuje na podstawie dostępnych mu danych policzyć OEE.

Metody automatyczne – systemy MES

Tym co odróżnia zautomatyzowany pomiar od innych metod jest precyzja opisu wykorzystania które jak wiadomo zaniżane jest przez wszelkiego rodzaju spowolnienia i krótkie przerwy. Doświadczenie pokazuje że stwierdzenie „krótkie” jest tu bardzo pojemne i może oznaczać 2 sekundy, 2 minuty ale i 2 godziny. Największym szokiem poznawczym po wdrożeniu systemów MES jest to jak maszyny pracują gdy pracują, czyli jak dużo tracimy czasu wykorzystania.

Systemy MES zbierają dane z maszyn (albo obserwują ich pracę za pośrednictwem sygnałów lub czujników) co drastycznie zwiększa dokładność liczenia cykli/produktów oraz liczenia rzeczywistego czasu pracy, często na podstawie znanych systemowi parametrów aktualnie produkowanego zlecenia.

Wiele informacji nadal pochodzi od operatorów ale są one skorelowane z rzeczywistą pracą maszyn a każda akcja jest zapamiętana i widoczna co znacząco ogranicza „błędy nieznanego pochodzenia”

Warto dodać że OEE w systemach MES jest taką przysłowiową „wisienką na torcie” a sam tort, pozostając w tej poetyce to masa smaków w formie wielu dodatkowych informacji i narzędzi. Największą wartością dodaną jest to że system

MES nadaje pracy maszyny kontekst i sam się „nastraja” dzięki temu że zna aktualnie realizowane zlecenie produkcyjne z takimi parametrami jak optymalny czas cyklu, krotkość czy optymalny czas przeobrażenia.

Nasze obserwacje pokazują jak z roku na rok środek ciężkości przesuwa się z obserwacji pracy maszyny (czytaj, poprzez obserwację pracy maszyny sprawdzamy czy operatorzy nie śpią) na obserwację realizacji zleceń produkcyjnych przez te maszyny.

Czy jeden raz wystarczy

Czasami wychodzimy z założenia że nie potrzebujemy jakiś skomplikowanych narzędzi aby osiągnąć poprawę. Że nie będziemy nawet angażować pracowników czy jakichś tam systemów. Że sami przez kilka dni będziemy obserwować proces, zbierzemy dane, obliczymy wskaźniki, poszukamy źródeł problemów.

Następnie wdrożymy szereg usprawnień i na koniec powtórzymy pomiary aby potwierdziły nasz sukces, bo często o jednorazowy sukces nietrudno.

Każde działanie zmierzające do poprawy jest dobre ale takie jednorazowe testy niosą ze sobą pewne ryzyka:

- Nie sposób ukryć takiej akcji przed pracownikami a ci wiedząc że są obserwowani mogą się „bardziej starać” co da nam zamglony obraz sytuacji
- Jak wielokrotnie powtarzałem: proces produkcyjny nie jest jednorodny i wiele częstych problemów przez te przysłowiowe trzy dni może nie wystąpić.
- Podobnie z różnorodnością produkowanego asortymentu. Do prób możemy wytypować ten który sprawia najmniej albo najwięcej problemów. I możemy o tym nie wiedzieć.
- Nie będzie nam się chciało prowadzić obserwacji w sposób ciągły przez kilka zmian roboczych i umkną nam te problemy które lubią sobie migrować między zmianami

No i najważniejsze. Dzisiaj nie walczymy o godziny (no powiedzmy), dzisiaj walczymy o pojedyncze sekundy a to wymaga od nas ciągłej, nieprzerwanej, ciężkiej pracy z nieustannym weryfikowaniem jej skuteczności.

#Analiza OEE, z dołu do góry czy z góry na dół?

Spójrzmy na wskaźnik OEE jako skompresowaną informację. Kompresja jest wielopoziomowa. Gdy rozpakujemy OEE dostaniemy „pakiety” z dostępnością, wykorzystaniem i jakością. Każdy z nich możemy dalej rozpakować, uzyskać informację jakie czynniki wpłynęły na spadek danej składowej.



Informację zawsze zbieramy od dołu do góry, inaczej się nie da. Ale już analiza może odbywać się dwukierunkowo:

- Z dołu do góry: analizę zaczynamy od „badania” danych źródłowych, najlepiej na etapie ich powstawania i zbierania a obliczane wskaźniki są jedynie materiałem do analiz w ujęciu długoterminowym
- Z góry do dołu: obserwujemy wskaźnik a jeśli nas w jakikolwiek zaniepokoi jego wartość, np. nie osiągnęliśmy celu to poruszamy się „w dół” analizując w którym z kolejnych wskaźników jest problem i szukamy pierwotnych źródeł tych problemów.

Z dołu do góry

To metoda która powinna być przede wszystkim domeną metod manualnych. Ponieważ dane obarczone są dużą niepewnością nie powinniśmy koncentrować się na wartości wskaźników a na tym czemu dane źródłowe mają takie wartości jakie mają i dlaczego się zmieniają.

Mówiąc inaczej tym co przynosi nam wymierne korzyści nie jest sam wskaźnik a fakt że w ogóle próbujemy go policzyć.

Kiedy pracownik wpisuje do arkusza 53 minuty nieplanowanego postoju powinien zadać sobie pytanie co takiego się wydarzyło. Zadać sobie jedno pytanie a potem następne. Pomyśleć o przyczynach, skonsultować je z nadzorem. Jeśli z jakiegoś powodu nie możemy od operatora tego oczekiwać to sami powinniśmy jak najczęściej być na hali produkcyjnej, przeglądać arkusze, dopytać o te 53 minuty, dopytać czy to jakaś jednorazowa strata czy może coś powtarzalnego. Porozmawiać z ludźmi z pierwszej linii co by można było z tym zrobić. Tu i teraz.

Jeśli tego nie zrobimy to najprawdopodobniej dostaniemy te arkusze do ręki dopiero jutro. A jutro będzie zdecydowanie trudniej dociec skąd te 53 minuty które zaniżyły wartość wskaźnika się wzięły.

Najgorsze co można zrobić to zajmować się zebranymi kartami raz na tydzień albo miesiąc. Prosto jest przepisać dane do arkusza i zrobić tygodniowy miesięczny wykres. Ale co on nam mówi? Co zrobimy gdy OEE sprzed 4 dni nam znacząco odbiega od reszty tygodnia. Przecież nikt, nawet jeśli jest głęboko zmotywowany to nie pamięta co się działo kilka dni temu.

Oczywiście możemy się ograniczyć li tylko do zbierania danych aby je przedstawiać na odprawach, przecież mamy tyle obowiązków i nie możemy być wszędzie. Ale pamiętajmy że jeśli pracownicy liniowi nie poczują swego rodzaju sprzężenia zwrotnego, jeśli podejmą podejrzenie że ze zbieranymi danymi niewiele się dzieje to zadbają aby były one jak najlepsze. Oj zadbają... I na pewno nie tak jak byśmy sobie tego życzyli.

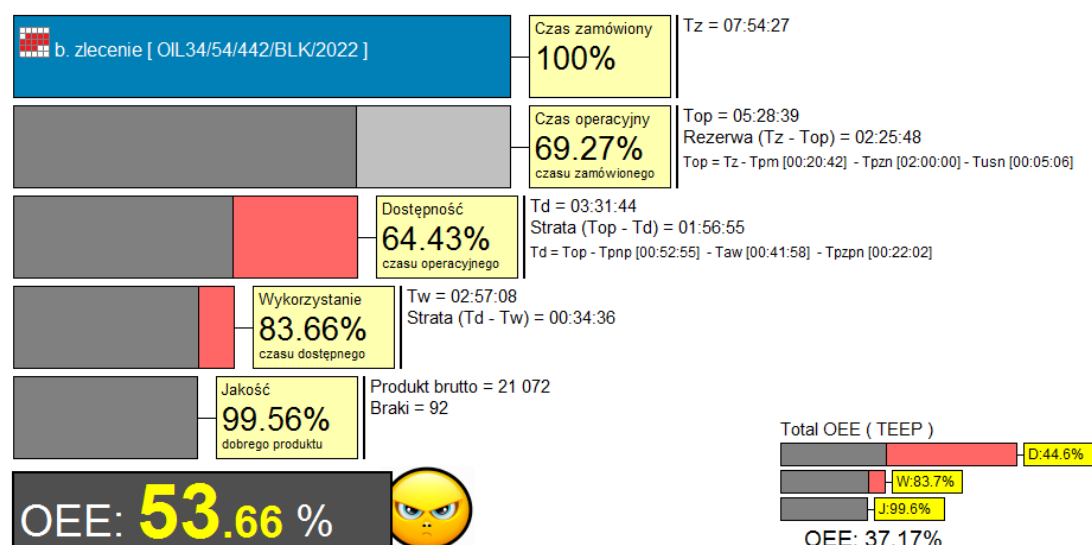
Z góry do dołu

Zupełnie inaczej jest gdy dane zbierane są automatycznie, szczególnie gdy są wyznaczane i widoczne w czasie rzeczywistym. Wtedy wskaźnik jest tym czym jest ze swojej nazwy: wskaźnikiem. Jeśli zaniepokoi nas aktualna wartość OEE możemy krok po kroku, schodząc coraz niżej w hierarchii danych poszukać przyczyn takiego stanu rzeczy.

Poniżej widzimy fragment wizualizacji stanu maszyny na którym widzimy wyznaczane w czasie rzeczywistym OEE dla bieżącego zlecenia produkcyjnego.

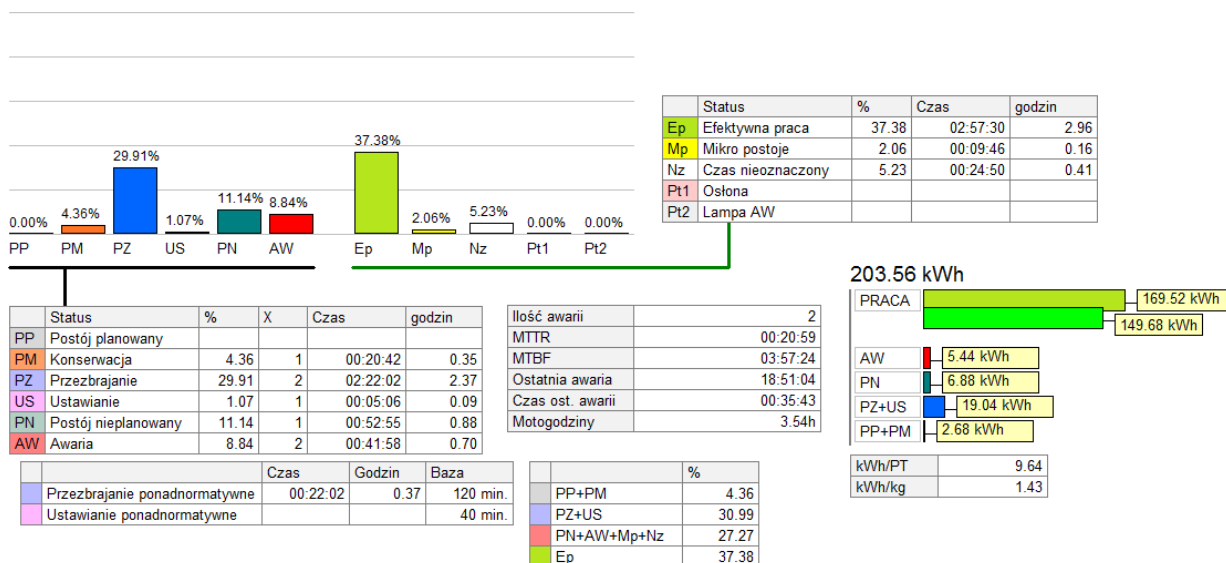
Nazwa	Status / Stan	Zlecenie	Operator	RR	Liczniki	Braki	OEE
wtryskarka A1 TOZ1 Wtryskarka arburg 320k 700-250, 70 ton,...	PRACA Praca	00:00:08 12.0s [12.00s] 7200 /h OIL34/54/442/BLK/2022 Nakrętka OIL34	Operator Drugi		20 928	92 0,44%	53.51 %

Wartość 53.5% jest co najmniej niepokojąca. Na miniaturowym wykresie widzimy zarówno problemy z dostępnością jak i trochę mniejszy z wykorzystaniem. Zaglądamy więc do wykresu szczegółowo opisującego wskaźnik dla zlecenia:



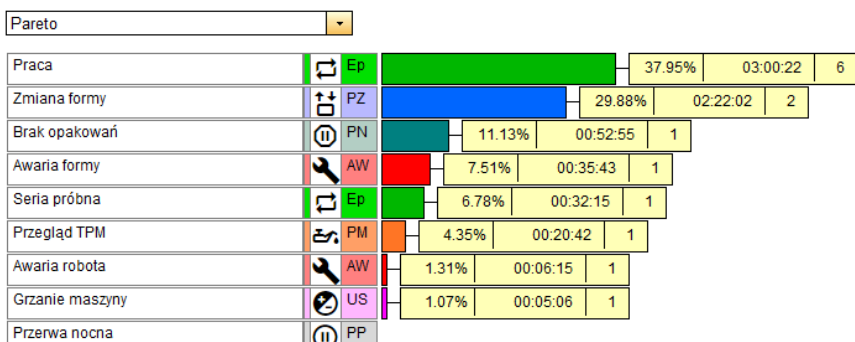
Widzimy że na spadek dostępności składają się: 53 minuty postoju nieplanowanego, 42 minuty awarii i 22 minuty ponadnormatywnego przebrania. Widzimy też że z 3 godzin czasu przeznaczanego na pracę utracono 35 minut.

Wiemy więc jakie są straty w ujęciu ogólnym. Idziemy dalej, czyli niżej w hierarchii danych. Na wykresie statusu możemy zobaczyć dalsze szczegóły:



Czas pracy (czas gotowości do pracy, czyli czas dostępny) podzielony jest na czas efektywnej pracy, czas mikro postojów i czas nieoznaczony. Widzimy że około 10 minut to suma mikro postojów czyli przerw mniejszych niż, co odczytamy z parametrów zlecenia, 24 sekundy. Z kolei 25 minut (czas nieoznaczony) się gdzieś „rozplynęło”.

Idziemy dalej i przechodzimy do wykresu Pareto dla statusów rozszerzonych, czyli bardziej szczegółowo opisanych przyczyn strat skomponowanych dla tej konkretnej maszyny:



Widzimy że największą stratą sklasyfikowaną jako postój nieplanowany był trwający prawie godzinę brak opakowań. Że awarie były dwie: awaria formy i krótka, 6 minutowa awaria robota. Z komentarzy obsługi dowiemy się że w formie zabrudzone było jedno gniazdo a robot gubił wypraski i trzeba było wymienić przysawkę. A gubione wypraski mogły być przyczyną częstych mikro postojów.

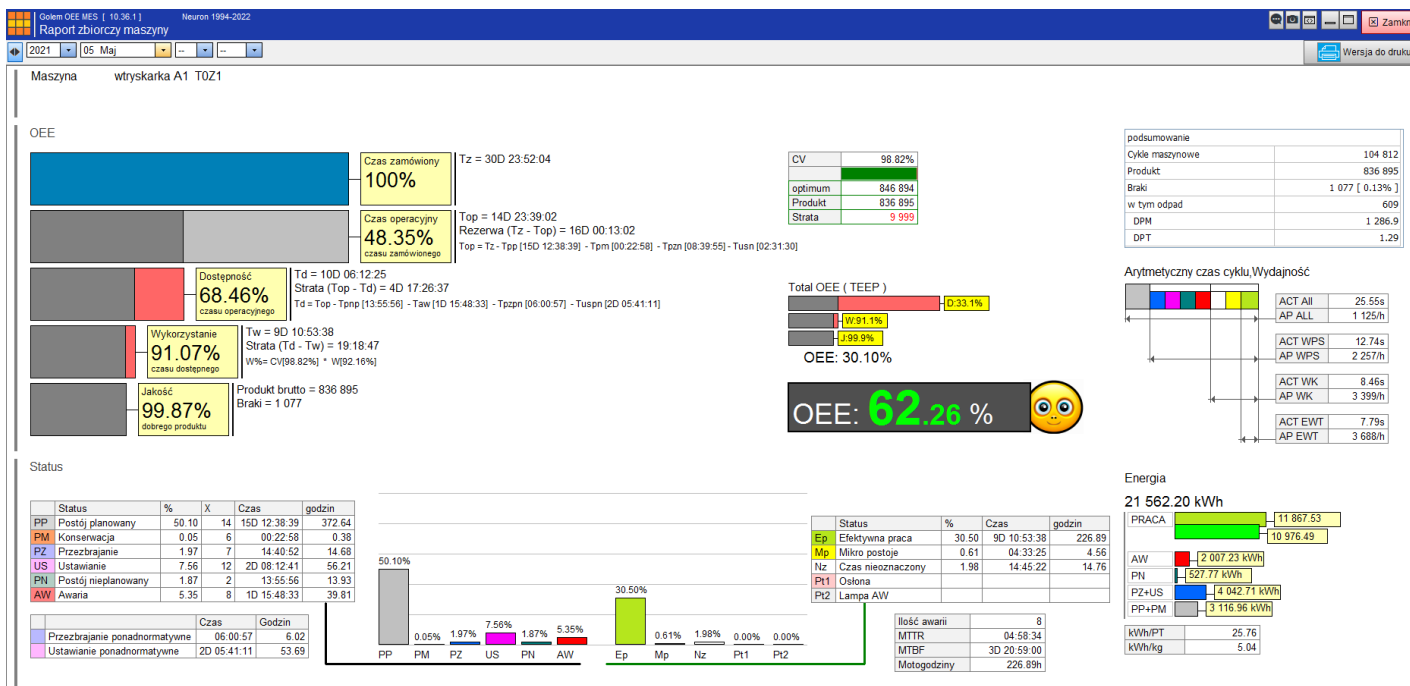
Możemy też spojrzeć na wykres poszczególnych zmian stanów rozrysowanych na osi czasu aby się dowiedzieć w jakich godzinach miały miejsce poszczególne problemy.

A teraz najfajniejsze: w kilka minut pozyskaliśmy dość szczegółową wiedzę o wielogodzinnej pracy maszyny i realizacji zlecenia produkcyjnego bo zauważyliśmy, być może kątem oka pijąc kawę, że OEE spadło nam w okolicę 50%.

Możemy więc dopić tę kawę i pójść na halę produkcyjną i przyjrzeć się w problemom osobiście, przedyskutować je z załogą. Czyż można sobie wymarzyć piękniejsze narzędzie dla Gemba Walk?

Ale to nie wszystko. To samo co my, w tym samym czasie co my widzą nasi pracownicy. Na panelach operatorskich, na telewizorach z wizualizacją stanu maszyn. Oni to widzą i wiedzą że my też to widzimy. Komentarz o tym że robot gubi wypraski został napisany przez operatora jako swego rodzaju działanie wyprzedzające. Jest problem co widać to opiszę **teraz** jakie były okoliczności bo i tak ktoś będzie się dopytywać. A nie ma cenniejszej informacji niż ta z samego dołu.

Ponieważ system zapamiętuje dane źródłowe a nie pośrednie wyniki jak to często bywa we wszelkiego rodzaju arkuszach w każdej chwili możemy do nich wrócić w dowolnym kontekście. Potrzebujemy raport dla już zakończonego zlecenia, dla którejś ze zmian roboczych z wczoraj czy sprzed kwartału, raport dla aktualnego lub dowolnego miesiąca? Proszę bardzo:



W tym raporcie mamy jeszcze Pareto dla statusów rozszerzonych i dla klasyfikacji braków, listę aktywnych w tym czasie operatorów z przypisanymi do nich wskaźnikami i osiąganymi oraz listę wszystkich zdarzeń i komentarzy.

OEE w utrzymaniu ruchu

Produkcja w pewnej firmie oparta była na pracy jednej wielkiej linii produkcyjnej. Wszystko co było nie tak, każdy przestój, każde nie zrealizowane w terminie zlecenie zwalano na jej stan techniczny i pracę działu UR.

Podejmowano próby z papierowymi metodami liczenia OEE ale primo stosowano tendencyjne kryteria opisywania spadków dostępności (a jakże, głównie to były awarie) oraz żadnej wagi nie przypisywano do utraty wykorzystania. Pracownicy działu UR znaleźli i własnymi siłami i środkami wdrożyli nasz system MES. I jakie były wnioski po dwu pełnych miesiącach pomiarów? Okazało się że największe straty wynikały z chaotycznych a jednocześnie pracochłonnych zmian produktu i kolosalnych w swej skali strat wykorzystania wynikających nie tyle ze strat wydajności co bardzo dużej ilości mikro-postojów. Straty wynikające z przyczyn technicznych wynosiły mniej niż 10% ogółu strat. Strat, nie całości pracy.

Jak OEE poprawiło umocowanie służ utrzymania ruchu

Służby utrzymania ruchu przez lata traktowane były jako zło konieczne, często niedowartościowane i niedofinansowane. Wiele czynników zmieniło ten stan ale niewątpliwie jednym z nich jest nasz tytułowy wskaźnik. Gdy jego rola rosła zaczęto zwracać uwagę na to jak wielki wpływ na dostępność ma awaryjność maszyn. Nagle z tak uwielbianych przez menadżerów raportów i wykresów wyszło że od funkcjonowania działu UR coś jednak zależy. Często zależy wiele, o wiele więcej niż przedtem ktokolwiek chciał przyznać. Dlatego można śmiało powiedzieć że wskaźnik OEE obok dyrektywy maszynowej i skokowemu wzrostowi skomplikowania nowych maszyn wymusił zmiany podejścia decydentów do tych służb.

Wskaźnik OEE w programie CMMS

Podstawowym narzędziem pracy służb UR jest oprogramowanie CMMS. Poza typowymi dla utrzymania ruchu wskaźnikami KPI takimi jak MTTR i MTBF wiele z nich usiłuje wyznaczać również wskaźnik OEE. Zastanówmy się więc czy to dobry pomysł.

Jakie dane źródłowe mamy w naturalny sposób dostępne w programie CMMS? Tylko czas awarii.

Nie mamy informacji o innych stratach ani dostępności ani wykorzystania. Nie mamy nawet informacji o czasie operacyjnym, nie wiemy czy maszyna pracuje w sposób ciągły czy na jedną zmianę. W niektórych systemach CMMS mamy kalendarz który to opisuje w jakim reżimie pracują maszyny ale jest on prawie zawsze nieaktualny. Jak więc można właściwie policzyć OEE nie mając tak niewiele danych?

Oczywiście możemy, jako technicy czy inżynierowie UR otrzymywać te dane od kolegów z produkcji i wprowadzać do systemu CMMS. Wziąć na siebie obowiązek zbierania i przetwarzania tych danych. Idea TPM opiera się o jak najszerszą współpracę wszystkich działów i pracowników. Ale bez przesady, pracownicy UR nie mogą odpowiadać za wszystko.

OEE powinno być w kompetencjach osób które bezpośrednio za produkcję odpowiadają. Zresztą bądźmy szczerzy, produkcja i tak nigdy nie słucha wniosków UR'u.

OEE a energia

Tekst ten powstaje latem 2022 roku. To czas gdy wielu zadaje sobie pytanie jaki będzie koszt energii często nie znajdując odpowiedzi. Stąd zasadne staje się pytanie o związek OEE ze zużyciem i oszczędzaniem energii.

Czy wartość wskaźnika OEE można przełożyć na zużycie energii? Bezpośrednio nie ale można założyć że w wielu sytuacjach spadek OEE jest skorelowany z jej stratami. Szczególnie spadek wykorzystania może oznaczać zwiększone zużycie energii bo spadek wykorzystania oznacza jej nieefektywne zużycie.

Podobnie jest ze stratą dostępności. Mogło by się wydawać że jak maszyna ma awarię to nie pracuje i nie pobiera energii. Ale to nie zawsze prawda. Można sobie wyobrazić maszynę z pompą hydrauliczną z silnikiem powiedzmy 7 kW i awarię podczas której operator czekał 30 minut na pomoc ale pompy nie wyłączył. Zakładając że pompa pobiera 1/3 mocy na ruchu jałowym to te pół godziny bezproduktywnego postoju kosztuje nas 2 kWh! A wystarczyło wyłączyć hydraulikę.

Również jakość ma wpływ na zużycie energii – zły produkt to zmarnowany prąd na jego wyprodukowanie.

Choć nie ma prostego przełożenia to możemy założyć że dążenie do poprawy wskaźników wydajnościowych da nam dodatkową premię w postaci oszczędności energii. A mówiąc bardziej precyzyjnie w bardziej efektywnym tej energii wykorzystaniu.

Uważny czytelnik zauważył też że na wcześniej użytych fragmentach ekranów systemu Golem widnieją wykresy korelujące pracę i podstawowe przyczyny przestojów ze zużyciem energii co pozwala zwizualizować ile energii zużywa maszyna w różnych swoich stanach, np. podczas postoju planowanego czy przezbrajania.

Cel, czyli zapomnij o standardach

Jest coś takiego jak Word Class OEE czyli światowy standard określający jakie OEE powinna osiągnąć organizacja. Mamy już trzecią dekadę XXI wieku a ja przeglądając dziesiątki stron nadal widzę że standardem do którego powinny dążyć firmy jest 85%. Serio?

Zaczęliśmy od zabaw z matematyką i czasem z których nam wyszło że OEE=85% to około 8 minut straty na każdej godzinie. 15% straty czasu ma być tym wymarzonym celem?

Z naszych obserwacji wynika że maszyny mogą długimi godzinami pracować z pełną wydajnością. Jeśli metody pomiaru są dobrze dobrane, a w szczególności dobrze dobrane są kryteria tego co określamy „pełną wydajnością” to osiągnięcie 100% nie jest niczym trudnym.

Szalenie trudnym jest **długotrwałe** utrzymanie produktywności maszyny, a więc wskaźnika na maksymalnym poziomie.

OEE zawsze jest średnią za okres dla którego go liczymy: zmiany roboczej, zlecenia, miesiąca etc. ŚREDNIĄ. A to oznacza że identyczna, nominalna strata dziś może mieć diametralnie inne powody niż wczoraj. Pewne przyczyny spadków nadają się do trwałej eliminacji, np. przez optymalizację procesów, pewne można ograniczyć, np. zmniejszyć ryzyko awarii dzięki strategii prewencyjnej a pewne są wynikiem zdarzeń losowych i choćby przyszło tysiąc atletów i każdy zjadłby tysiąc kotletów no nie da się ich całkowicie wyeliminować.

Czym na pewno nie powinien być cel ustawiony na jakąś wartość, np. na minimum 85%? Na pewno nie powinien być źródłem samozadowolenia. Mamy 87,5% i jest super. Nie jest. Każdy wynik poniżej 100% jest zły.

Ponieważ jednak fizycznie nie jesteśmy w stanie uzyskać 100% bo taka jest zmienna natura produkcji cel powinien nam wyznaczać „próg bólu”. Na przykład na podstawie analiz i obserwacji ustaliśmy że 95% to na tyle dobry wynik że szkoda czasu na zgłębianie gdzie te 5% procent nam uciekło. A np. spadek poniżej 60% musi być obowiązkowo dogłębnie przeanalizowany jako zdarzenie nadzwyczajne.

Podsumowanie

Nasz tytułowy bohater ma już swoje lata. Pierwszy raz opisany został w książce Seiichi Nakajima "TPM tenkai" w 1982 roku.

Osobiście pierwszy raz usłyszałem o nim od pewnej miłej pani zajmującej się wdrożeniem LEAN u jednego z moich klientów gdzieś tak około 2004 roku. I od razu powiedziałem sobie: „to jest to”, to jest to czego potrzebuje aby „opisać” pracę maszyny w wybranym czasie. To jest to czego potrzebuje użytkownik aby „widzieć” że jest dobrze albo źle bez przeglądania długich logów pracy i tabel pełnych liczb. W 2005 roku powstał Golem OEE bo zmiana była tak wielka w stosunku do poprzednich wersji że grzechem było by nie uwzględnić jej w nazwie systemu.

Wszystko co tu napisałem to wynik moich osobistych obserwacji popartych doświadczeniami z prac nad tworzeniem i wdrażaniem systemu. Jednak każdy menadżer, konsultant, specjalista LEAN, każdy twórca oprogramowania może mieć **swoją własną** jego interpretację i implementację i każda będzie na swój sposób prawidłowa o ile zachowana zostanie konsekwencja, logika i zdrowy rozsądek.

Wynika to z tego że OEE nie jest ustandaryzowaną jakimiś normami metodą pomiarową. Jest swego rodzaju ideą, pomysłem, przepisem na sposób badania i opisanie przebiegu produkcji.

Czas płynie i dziś mamy troszeczkę lepsze komputery niż ZX Spectrum który pojawił się w tym samym czasie co wskaźnik OEE. Papierowe metody zrobiły przez te lata wiele dobrego dla szeroko rozumianej produkcji i należy ich wkład docenić i za ten wkład podziękować. Jednak nie przystają one do otaczającej nas rzeczywistości i czas je definitywnie pożegnać.

A jaka będzie przyszłość? Tego nikt nie wie. Sądzę że należy ona do samoregulujących się systemów produkcyjnych które zbierają informacje na każdym etapie, o każdym z zasobów u siebie i u każdego z powiązanych partnerów i klientów. A każde odchyłki od schematów będą natychmiast powodowały korekty bardzo precyzyjnych harmonogramów produkcji.

Czy algorytmy (nie lubię stwierdzenia sztuczna inteligencja bo nie ma inteligencji bez emocji) będą potrzebowały wskaźnika OEE? Pewnie nie, wszak przetwarzać będą w ułamku sekund tysiące ścieżek przyczynowo skutkowych szukając tej najbardziej na ten moment optymalniej i jednoliczbowa projekcja nie będzie im potrzebna. No chyba że dla zarządu i akcjonariuszy aby uzasadnić zakup dodatkowych gigawatów energii bo pabammm sztuczna inteligencja też musi jeść. 😊

Ale na to jeszcze sobie poczekamy. Pewnie wtedy będzie już obowiązywał „przemysł 9.0”.

A na razie spróbujmy jak najlepiej wykorzystać to co mamy w zasięgu ręki.....

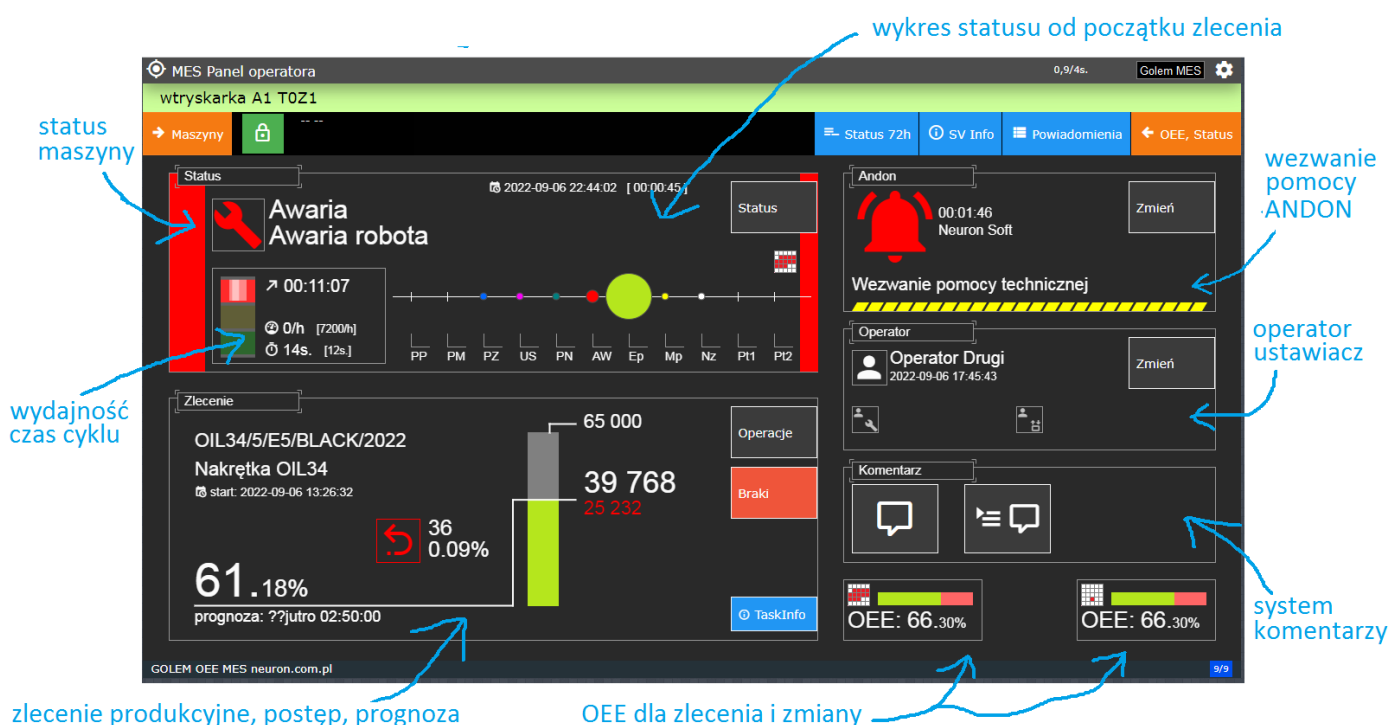
Publikacja jest darmowa i może być powielana i rozpowszechniana jednak tylko i wyłącznie w całości, publikacja na stronach internetowych w formie innej niż link do pliku pdf na stronie www.neuron.com.pl, przedruk lub wykorzystanie fragmentów tylko i wyłącznie za zgodą autora.

Wojciech Mazurek - Neuron

O systemie Golem OEE MES słów kilka

Nie da się mówić o wskaźnikach KPI takich jak OEE czy TEEP i podobnych w oderwaniu od systemów MES, takie czasy. W moim tekście musiałem odnieść się do tych systemów i nie jest niczym dziwnym że odnosiłem się do systemu który sam stworzyłem i od lat rozwijam.

Nie będę tu i teraz opisywać naszego systemu bo potrzeba by na to kolejnych 20 stron a i tak było by mało. Zapraszam na nasze strony gdzie oprócz ogólnego opisu i godzinnej filmowej prezentacji dostępna jest, bez żadnej rejestracji, cała kompletna dokumentacja z opisem baz SQL włącznie.



strona produktu <https://www.neuron.com.pl/golem-oee-mes.html>

dokumentacja <https://www.neuron.com.pl/mes-help/r1.html>