

Jacek Mazurkiewicz
Joanna Breguła

*Opracowanie to z drobnymi zmianami zostało wydane w
Steel Times International 2004r V. 28 N. 4 p.42*

Analiza wskaźnika poziomu wad

Streszczenie

Standardową ocenę wskaźnika poziomu wad jako siły relacji wad do produkcji: dziennej, tygodniowej i miesięcznej z rocznego okresu pomiarów, wykonano spodziewając się najlepszych efektów dla dużej ilości pomiarów tj. dla produkcji dziennej lub dla długiego okresu pomiaru tj. produkcji miesięcznej. Przypuszczenie to okazało się nieprawdą, najlepsze efekty otrzymano dla okresu produkcji pomiędzy postojami, uzasadnia to przyjęcie modelu jak i opisu rozkładu wad.

Wprowadzenie

Poziom wad „ p_w ” określa się jako stosunek ilości wad do ilości produkcji, w której je wykryto. Wskaźnik ten jest bezwymiarowy lub określany w procentach „ $p_w\%$ ”. Odnosi się do produkcji brutto i zawiera się w zakresie od 0-1. Oczywiście jest, że wskaźnik dotyczy pewnej serii produkcyjnej nie zaś czasu. Jednak w sprawozdawczości przedsiębiorstwa pomija się to mówiąc o wadliwości w wybranym dniu, tygodniu, miesiącu czy roku mając jednak na uwadze serie wyprodukowane w badanym okresie i wady w nich wykryte.

Wprawdzie w stosunku ilości wad do ilości produkcji nie występuje bezpośrednio czas. Ze zmian wskaźnika wynika, że długość przyjmowanego okresu jest bardzo istotna. Wskaźnik wad jest jednym z głównie stosowanych elementów oceny produkcji, jest mierzony na bieżąco szczególnie w różnego typu metodach zarządzania kosztami czy sterowania jakością i jest podstawą: prowadzenia bieżących działań, opracowywania taktyki czy strategii poprawy jakości. Bardzo często wskaźnik ten liczony jest jako średnia arytmetyczna nie zaś jako średnia ważona co istotnie wpływa na jego wielkość.

Cel pracy

Pytanie, na które chcemy odpowiedzieć w tym artykule brzmi, jak okres czasu stosowany do obliczenia wskaźnika wpływa na jego wartość, rozrzut wyników a zarazem dokładność szacowań.

Zakres pracy

Opracowanie wykonano na podstawie całorocznych wyników z zakładu o trójzmiarowej produkcji w linii ciągłej. Produkcja jest zasadniczo jednorodna wykonywana bez większych zmian technologii od kilkunastu lat nie licząc unowocześniania maszyn i wymiany na nowsze. Jest nowoczesna linią produkcyjną, jednak ze względu na swoją długość awarie mają w niej bardzo istotne znaczenie, zatrzymanie linii powoduje uszkodzenie będącej w toku produkcji. Wyniki tu prezentowane obejmują okres roku, dla którego jak i poprzednich poziom wad oscylował w pobliżu 5% masy produkowanych wyrobów. Faktem jest, jeżeli to ma jakiegokolwiek wpływ na dokładność prowadzonej dokumentacji, że zakład jako jeden z pierwszych w swej branży wprowadził system zapewnienia jakości wg ISO 9002 i wielokrotnie otrzymywał różnego typu wyróżnienia z tytułu poprawnego zarządzania jakością

Wyniki i analiza

Wielkość produkcji jest zależna od istniejących i przewidywanych zamówień tak, więc produkcja nie jest stała a odpowiednie planowanie czasu remontów, pojedynczych napraw, czy koniecznych przestoju jest bardzo istotnym czynnikiem kształtującym koszty. Ocenę produkcji wykonano wybierając okresy o pełnych cyklach, za najkrótszy przyjęto dobę. W rozpatrywanym przypadku kontrola końcowa jest wykonywana na bieżąco, co eliminuje błędy wynikłe z różnicy pomiędzy czasem produkcji i zabrakowania

Rozrzut wyników

W celu analizy poziomu jak i ilości wad wykonano podstawowe statystyczne przeliczenia, których wyniki zamieszczono w tablicy 1

Dzienny poziom wad rys.1 wykazuje olbrzymi rozrzut sięgający od 0% aż prawie do 90%. Wartość średnia z wszystkich dni wynosi 5,87%, odchylenie standardowe 8,81%. Podobnie wyglądają wyniki dla masy produkcji wadliwej, tab.1. Sprawdzenie zgodności z rozkładem normalnym daje w obu przypadkach negatywne wyniki. Wnioskowanie, oparte na tak dużym rozrzucie dziennego poziomu wad wydaje się być nie celowe, jednak znaczna ilość pomiarów $n= 255$ zmienia to podejście.

W miarę wydłużania okresu czasu od dni do tygodni i miesięcy współczynnik zmienności $S(x)/\bar{X}$ staje się coraz mniejszy, prezentuje to tabela 1, jego wartość dla masy wad spada o 67%, a dla poziomu wad o 77%. Zmiany rozrzutu wynikłe ze zmian okresu zliczania prezentują wykresy z rys 2-7. Określają poziom wadliwej produkcji, jej ilość w zależności od wielkości produkcji i okresu zliczania.

Zależności

Szukając powiązań pomiędzy produkcją i wadami wykonano wykresy. Wykresy uzupełniono w tab. 2 wynikami obliczeń trendu a w szczególności: równaniem regresji, siłą powiązania zmiennych i współczynnikiem korelacji.

Zależność masy wad od wielkości produkcji przedstawia, rys.2. Wyliczony trend jak i współczynnik korelacji wskazuje, że jedynie w mniej niż 10% wzrost wad można przypisać wzrostowi produkcji. Zależność ta jest statystycznie istotna, bowiem $t_{obl} = 5,19$ a prawdopodobieństwo $p < 2,16 \cdot 10^{-7}$

Zależność poziomu wad $p_w\%$ od produkcji przedstawia rys.3 Widoczna jest tendencja spadkowa, ale jedynie nie więcej niż w 2,5% można ją uzależnić od produkcji. Zależność ta także jest statystycznie istotna, $t_{obl} = 2,5$ $p < 0,00653$, tab.2. Z wykresu nie wynika by jakaś inna, praktycznie lub teoretycznie uzasadniona zależność nieliniowa mogła być zdecydowanie lepsza. Nie duże, w oparciu o wykresy powiązanie: produkcji i masy lub poziomu wad jest statystycznie istotne. Siła tego powiązania jest znacznie zredukowana przez inne bliżej nie określone czynniki. Zależności powyżej prezentowane tłumaczą jedynie kilka procent występującego rozrzutu wyników. Oba wykresy a szczególnie linie trendu potwierdzają, że ze wzrostem produkcji maleje procentowy udział wybraków. Czyli błędem jest przyjmowanie stałej wartości procentowego udziału wada w produkcji w badanym przypadku.

Prawdopodobnie jest to efektem zatrzymań produkcji w wyniku, czego powstaje znaczna ilość wybraków.

W dalszych badaniach jako okres pomiarowy przyjęto tydzień, rys 4 otrzymując znacznie lepsze powiązanie pomiędzy masą produkcji a masą wad. Około 32% masy wad można powiązać z przyrostem produkcji. Podobne porównania wykonano dla okresu miesięcznego, których prezentacje przedstawia wykres z rys 5.

Wzrost powiązania masy wad z masą produkcji przy przejściu na tygodniowe zliczania i jego spadek przy dalszym, miesięcznym scalaniu wiąże się jak sądzimy z częstością występowania

zatrzymań linii, które jak z tego wynika są średnio rzadziej niż doba, a częściej, niż co miesiąc.

We wzrastających przedziałach czasu widoczne staje się zacieranie wpływu czynników losowych, niekontrolowanych, na poziom wad, ponieważ jak sądzimy czynniki te działając w krótkich okresach czasu, postoję, w dłuższych stają się integralną częścią technologii przyjętej w produkcji badanych wyrobów. Trudność lub nawet niemożliwość stwierdzenia ich działania w oparciu jedynie o analizy statystyczne wybranych jednakowych okresów czasu określa kryteria ich stosowania, czyli, dla jakich celów można je stosować.

By sprawdzić dotychczasowe przypuszczenia z posiadanych danych wyselekcjonowano okresy produkcji bez zatrzymania linii i sporządzono dla nich wykres zależności masy wad od masy produktu rys.6. Efekty dopasowania przekroczyły znacznie oczekiwania, potwierdzając przewidywany, znaczny wpływ awarii traktowanych wcześniej jako czynnik losowy. W powyższej relacji pomiędzy masą wad „W” a masą produkcji „P” zmienność masy wad jest w ponad 72% wyjaśniana poprzez liniowe powiązanie z masą produkcji. Przyjęcie do analizy okresu między zatrzymaniami produkcji oraz zawyżonego poziomu wad na końcach „P_k” okresu uzasadnia stosowanie zależności liniowej typu $W = p_u P + P_k$ gdzie p_u oznacza poziom wad dla ustalonych warunków produkcji, P_k oszacowanie masy wad wynikłych z zatrzymania produkcji.

Porównania

Roczny poziom wad wynosił 4,98% liczony jako procentowy udział produkcji wadliwej w całości produkcji, średnie z kolejnych okresów, dni, tygodni, miesiące były zdecydowanie wyższe. O czym świadczy takowa różnica? O tym, że w okresach zwiększonej wadliwości poziom produkcji brutto był niższy niż w pozostałych. Zwiększanie okresu pomiaru i w tym przypadku powoduje, że informacja o tym staje się, co raz mniej widoczna, tab.1.

Zmiany pochylenia linii trendu „p_u” związane ze zmianami okresu zliczeniowego wynikają z długości badanego okresu odniesionego do długości okresu ciągłej produkcji, serii.

. Jeżeli za długość serii przyjmujemy okres bez postoju, awarii np. 3-8 dni, co średnio pokrywa się z częstością zatrzymań produkcji wtedy stwierdzimy zwiększony wpływ masy produkcji na poziom wad, tygodniowy okres zliczeń. W miarę wzrostu okresu zliczeniowego poza czas trwania tej serii, od tygodnia do miesiąca efekt zmniejszania poziomu wad wynikający z ilości produkcji przestaje być widoczny tabl.2. Wykonane powyższej analizy dla rzeczywistego a nie średniego okresu produkcji bez zatrzymań daje jeszcze lepsze powiązanie wad z produkcją, co dobitnie przedstawia wykres z rys.6

Wnioski

1. Powszechnie przyjmowany wskaźnik wadliwości jako stosunek ilości wadliwej do całości produkcji sugeruje jakoby wzrost produkcji powodował liniowy przyrost wad. W liniach ciągłych dla dziennych tygodniowych czy nawet miesięcznych rozliczeń nie jest to prawdą.
2. Wskaźnik wadliwości zachowuje swoje stabilne cechy w przypadku, gdy okres zliczeń pokrywa się z okresem międzyawaryjnym, wtedy zależność masy wad od masy produkcji może być traktowana jako liniowa, co odpowiada stałości procentowego udziału wad
3. Sądzimy, że poprawnym modelem zależności pomiędzy wadami a produkcją dla bezawaryjnego okresu pracy linii ciągłej jest taki, który przyjmuje znacznie zawyżoną wadliwość na początku i na końcu produkcyjnej serii oraz najniższy poziom w trakcie ustalonej produkcji

4. Oczywistym jest że obliczanie procentowego udziału wad jako średniej arytmetycznej z badanych okresów jest całkowicie błędne prowadząc do nierzeczywistych wyników , najczęściej zawyżając je
5. Pomimo wprowadzenia systemu ISO 9002 i wieloletniego zarządzania przez jakość stwierdzono występowanie bardzo duże zmiany poziomu wadliwości sięgające w dziennej produkcji od 0 nawet do 90%.

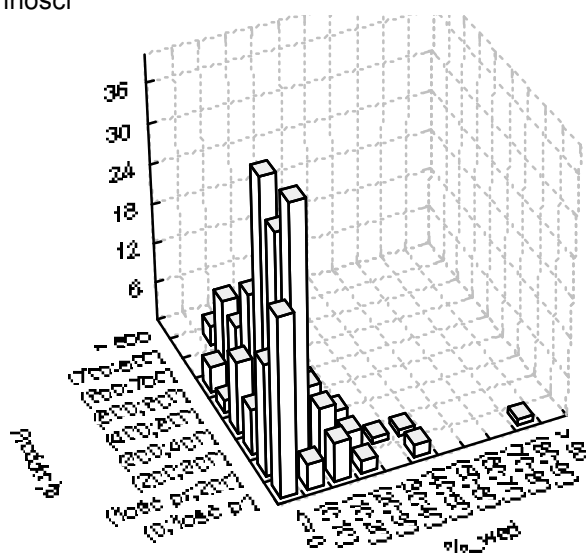
Tabela 1 Opisowa statystyka danych

	Dzienne (255)			Tygodniowe (47)			Miesięczne (12)		
	Xśr	S(x)	S(x)/Xśr	Xśr	S(x)	S(x)/Xśr	Xśr	S(x)	S(x)/Xśr
Produkcja	263,9	165,4	0,6	1432,0	606,1	0,4	5608,6	1724,7	0,3
Wady	13,1	15,7	1,2	71,3	45,4	0,6	279,4	122,2	0,4
% wad	5,87	8,81		5,44	3,72		5,03	1,69	

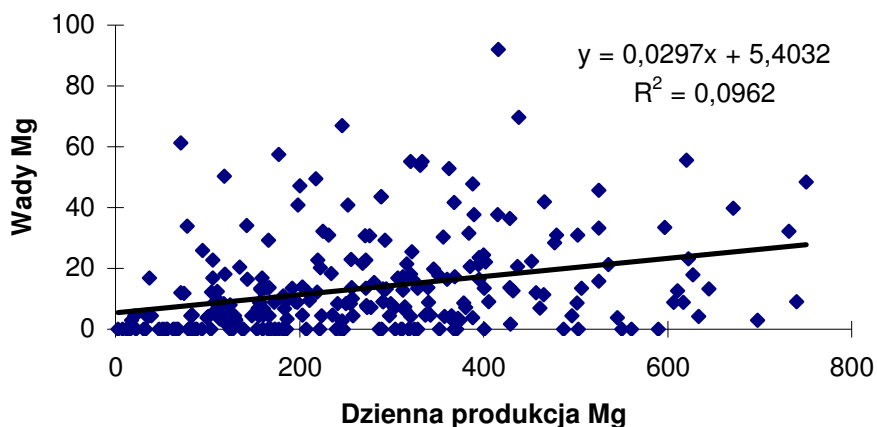
Tabela 2 Wyniki badania trendu

pomiary	Dzienne		Tygodniowe		Miesięczne		Między awaryjne	
	255		47		12		41	
	wady	%wad	wady	%wad	wady	%wad	wady	%wad
r^2	0,096	0,024	0,320	0,089	0,227	0,011	0,725	0,019
t_{obl} dla r	5,19	2,50	4,60	2,10	1,71	0,34	10,13	0,86
$y = ax + b$	0,0297x +5,4032	-0,0083x +8,0669	0,038x +15,298	-0,0018x +8,0679	0,0337x +90,113	-0,0001x +5,6105	0,0469x +4,7906	-0,000004x +0,0611

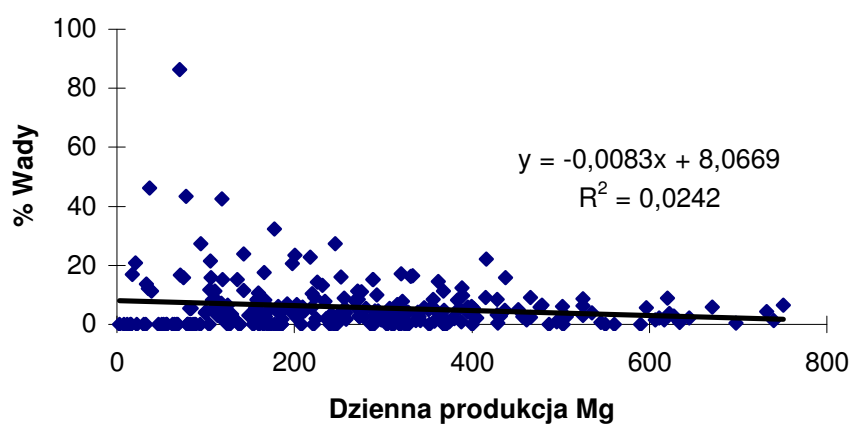
Xśr - wartość średnia,
 S(x) – odchylenie standardowe,
 S(x)/Xśr – współczynnik zmienności



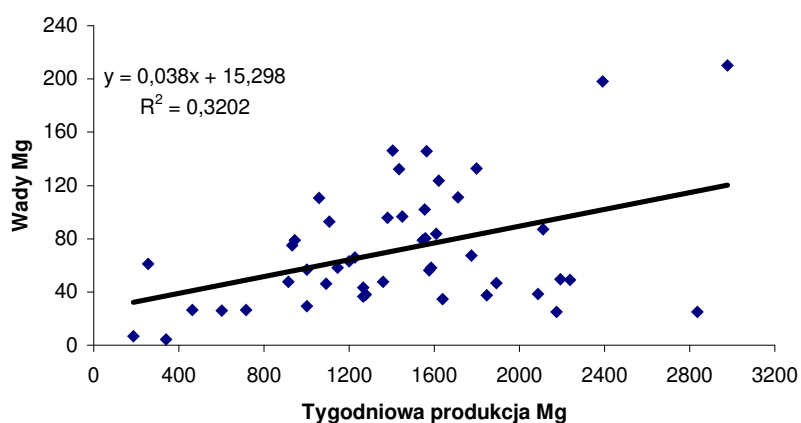
Rysunek 1 Trójwymiarowy histogram wielkości produkcji i % poziomu wad



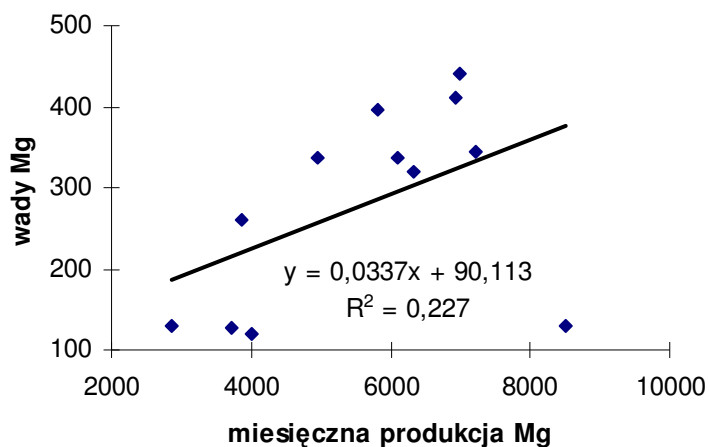
Rysunek 2 Próba powiązania masy wad z masą produkcji w odniesieniu dziennym, $n=255$, $t_{obl} = 5,19$



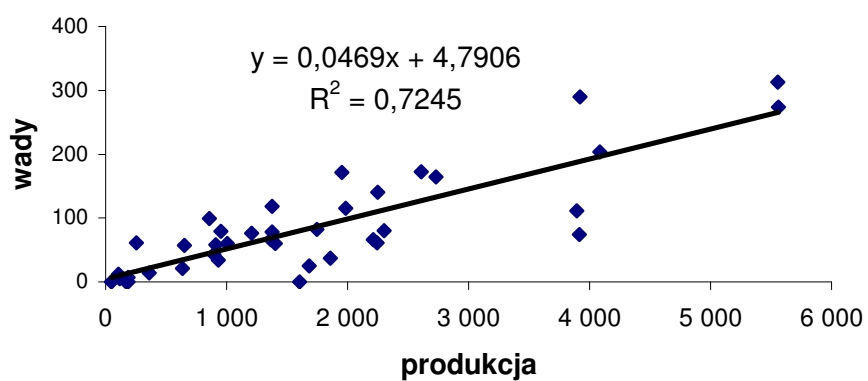
Rysunek 3 Próba powiązania procentowego udziału wad z masą produkcji w odniesieniu dziennym, $n=255$, $t_{obl} = 2,50$



Rysunek 4 Próba powiązania masy wad z masą produkcji w odniesieniu tygodniowym, $n=47$, $t_{obl} = 4,60$



Rysunek 5 Próba powiązania masy wad z masą produkcji w odniesieniu miesięcznym, $n=12$, $t_{obl}=1,71$



Rysunek 6 Powiązanie masy wad z masą produkcji dla między awaryjnych okresów produkcji