

ANALIZA I PROGNOZOWANIE PROCESU PRODUKCYJNEGO NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO PRZEDSIĘBIORSTWA

Kamil LEKSYCKI, Roman KIELEC

Streszczenie: W artykule przedstawiono szereg badań pozwalających ocenić stan rzeczywisty procesu produkcyjnego obowiązujący w wybranym przedsiębiorstwie w branży Automotive. Do analizy wykorzystano następujące metody: diagram Ishikawy oraz Mapowanie Strumienia Wartości (VSM). Następnie wskazano błędy związane z procesem produkcyjnym występujące na badanym dziale firmy. Kolejnym etapem było zaproponowanie rozwiązań dla zidentyfikowanych nieprawidłowości oraz przeprowadzenie prognozowania z wykorzystaniem metody wskaźników oraz metody średnich ruchomych.

Słowa kluczowe: prognozowanie, proces produkcyjny, efektywność, usprawnianie procesu

1. Wstęp

Podstawowym celem każdego przedsiębiorstwa produkcyjnego jest wytwarzanie wyrobów jak najwyższej jakości przy umiarkowanej cenie [1-5]. Jest to spowodowane dynamiczną zmianą otoczenia w zakresie konkurencyjności, a także wzrostem wymagań klienta [1-5]. W związku z tym, w firmach dąży się do efektywnych działań zmierzających do ciągłego doskonalenia funkcjonowania poszczególnych działów oraz do poprawy kultury organizacyjnej. W tym celu, wdrażane są narzędzia Lean m.in.: 5S, kaizen, TPM, OEE, SMED oraz 5 x Why, przy pomocy których te dążenia są możliwe [6-8].

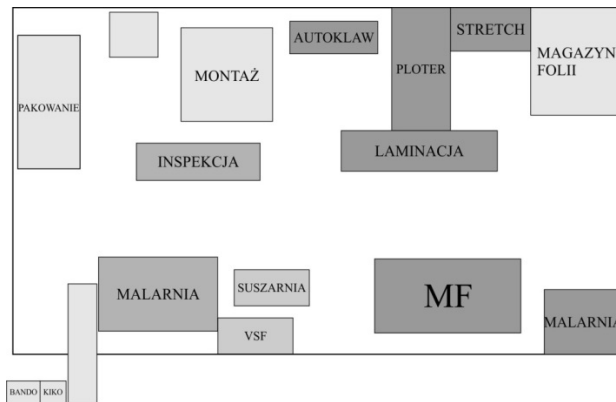
Pomimo wdrażanych metod działania Lean, proces produkcyjny badanego działu produkcyjnego nadal boryka się z wieloma problemami. Do największych z nich zalicza się niski poziom satysfakcji klienta (poziom opóźnień), maksymalizacja opłacalności produkcji, czyli maksymalizacja zysków oraz minimalizacja kosztów.

Celem przedstawionej pracy jest badanie aktualnego stanu procesu produkcyjnego przy pomocy wybranych metod (diagram Ishikawy oraz Mapowanie Strumienia Wartości), a następnie zidentyfikowanie występujących problemów. Otrzymane wyniki w postaci rodzajów błędów pozwolą na zaproponowanie konkretnych rozwiązań, które powinny przyczynić się w znacznym stopniu do ich wyeliminowania.

2. Badanie stanu rzeczywistego

W analizowanym przedsiębiorstwie produkcja składa się głównie z gniazd produkcyjnych oraz z linii montażowej i zorganizowana jest w sposób przepływowy. Ze względu na ograniczone możliwości powierzchniowe hali produkcyjnej (rys. 2.1) oraz niewielkie odstępstwa pomiędzy maszynami, zminimalizowana jest liczba palet międzyoperacyjnych i w większości przypadków stosuje się zasadę FIFO.

Badanie rzeczywistego procesu produkcyjnego zostało przeprowadzone przy użyciu znanych i często stosowanych w przedsiębiorstwach metod. Umożliwiają one analizę przepływu materiałów oraz informacji, a także umożliwiają zaobserwowanie występujących błędów w tym procesie.

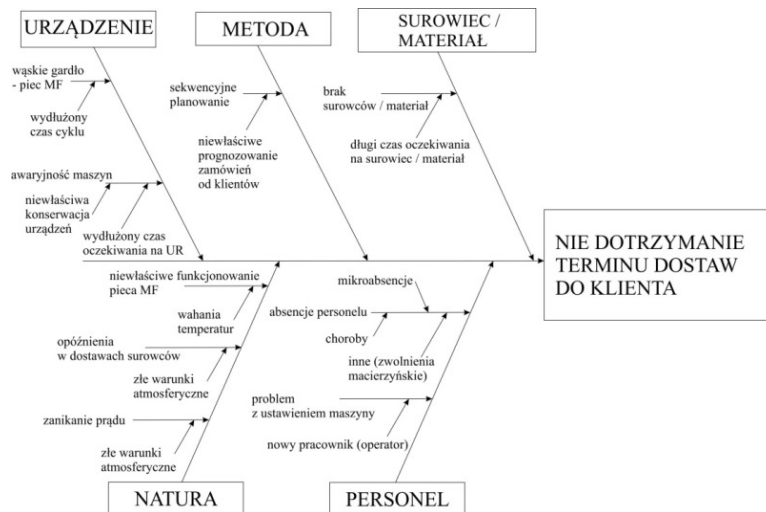


Rys. 2.1. Schemat hali produkcyjnej

2.1. Diagram Ishikawy

Pierwszą metodą jaką wykorzystano w badaniu to diagram Ishikawy. Metodę tę wykorzystuje się do rozwiązywania problemów w procesie produkcyjnym. Jest ona graficzną prezentacją, pozwalającą w prosty oraz przejrzysty sposób oddzielić skutki powstawania analizowanego problemu od przyczyn ich występowania.

W przedsiębiorstwach najważniejszym elementem jest terminowość wysyłek. Badanie tego procesu pozwoli wskazać błędy i określić miejsce ich powstawania. Rysunek 2.2 przedstawia diagram Ishikowy dla procesu produkcyjnego w wybranym przedsiębiorstwie.



Rys. 2.2. Diagram Ishikawy dla procesu produkcyjnego

Analizując powyższy rysunek można zauważyć, iż w procesie produkcyjnym występuje kilka błędów, które w znacznym stopniu negatywnie wpływają na terminowość dostaw produktów towaru do klienta. Z diagramu wynika, że urządzeniem o najmniejszej sprawności, które wprowadza ograniczenia jest piec MF. Kolejne problemy to zbyt długi czas oczekiwania na dostawę surowca, a także błędy związane z przewidywaniem

zapotrzebowania klientów. Istnieje również problem z częstą rotacją pracowników co przekłada się na długi czas ustawiania maszyn.

2.2. Mapowanie strumienia wartości procesu produkcyjnego

Druga wykorzystana do analizy metoda to mapowanie strumienia wartości (VSM) – służy ona do badania procesów, składających się na jego całość. Przy jej wykorzystaniu możliwe jest uzyskanie rzetelnego obrazu projektu, który oparty jest na kompleksowej analizie procesu związanego z powstawaniem wyrobu.

Granice mapy obejmują przepływ produktu w procesie "od drzwi do drzwi", czyli od dostawców surowców poprzez faktyczny proces wytwarzania wyrobu, aż po wysyłkę wyrobu do klientów.

Badanie rozpoczęto od dostawy towaru do klienta, gdyż jest on najważniejszym elementem w całym procesie. Założenia roczne w badanym dziale wynosi ok. 450 tys. szt., co daje ok. 41 tys. szt. miesięcznie i ok. 9 tys. szt. tygodniowo. Wysyłka towaru prowadzona jest codziennie, a tygodniowo firmę opuszcza od 8-10 samochodów ciężarowych. Samochody przewożą 60 skrzyń, każda skrzynia zawiera 20 elementów.

Najważniejszym w VSM jest odwzorowanie podstawowych procesów produkcyjnych (rozdział 2) na mapie. Granice ikon procesu wyznacza obszar, w którym następuje rozdzielanie operacji produkcyjnych i wstrzymanie przepływu materiałów.

Następnym krokiem jest dodanie przy każdym z etapów prowadzonego procesu średniej ilości półproduktów, a także:

- czas cyklu (C/T) – wyrażony w sekundach – jest to czas, który upływa pomiędzy kolejnymi częściami w analizowanym procesie,
- czas przebrojenia (C/O) – czas wymagany na przejście z produkcji jednego typu wyrobu na inny,
- wielkość partii produkcyjnej (EPE) – wyrażona w dniach. Jest obliczana w następujący sposób: średnia wielkość partii (w naszym przypadku 1900 szt.) podzielona przez ilość, która może być wykonana w ciągu jednego dnia (trzech zmian),
- liczba pracowników – liczba osób potrzebna do obsługi maszyny lub danego etapu w procesie,
- dostępność – czas przeznaczony na produkcję wyrobu.

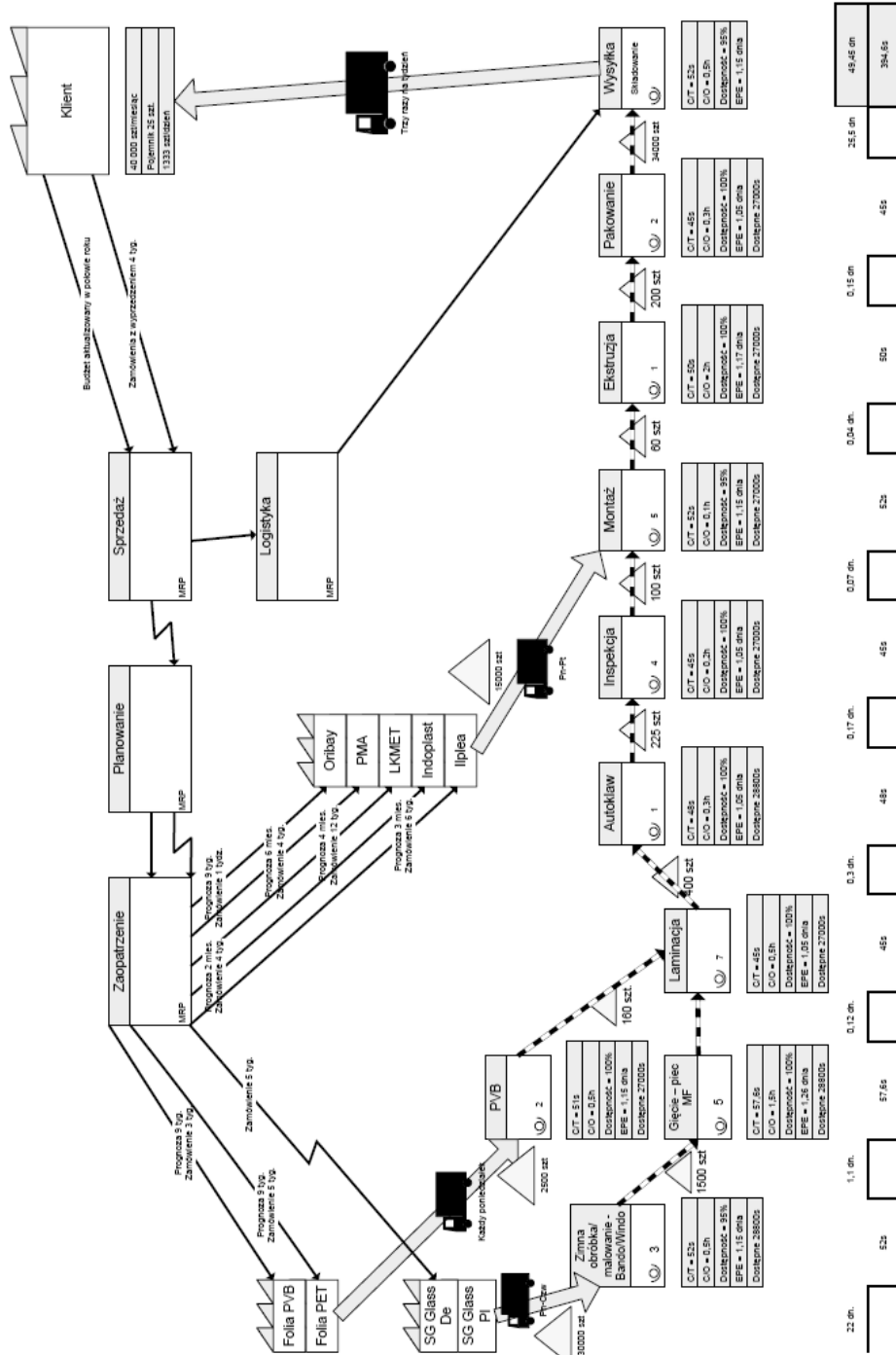
Następnie dodajemy przepływ informacji i przepływ materiałów.

Na podstawie zaobserwowanych w procesie produkcyjnym danych naniesionych na mapę, dokonano podsumowania rzeczywistego stanu analizowanego strumienia wartości. Przenosząc wartości okresów na linię czasu znajdującą się poniżej ikon procesów i trójkątów, obliczono produkcyjny czas przejścia. Jest to czas niezbędny, aby jedna sztuka wyrobu przeszła przez cały proces produkcyjny, począwszy od surowca przywiezionego do fabryki, a kończąc na wyrobie gotowym, wysłanym do klienta. [9]

Dla badanego procesu produkcyjnego wykonano mapę strumienia wartości (rys. 2.3).

3. Wnioski

Przeprowadzenie badań przy użyciu wybranych metod pozwoliło przeanalizować proces produkcyjny i wyciągnąć kilka istotnych wniosków. Przede wszystkim istnieje problem związany z przewidywaniem kolejnej ilości partii produkcyjnej. Szereg problemów sprawia także zasada zamawiania surowców oraz materiałów przychodzących



Rys. 2.3 Mapowanie strumienia wartości

od dostawców zewnętrznych, co wpływa na długi czas oczekiwania. Błędnie prowadzony system planowania powoduje zwiększenie stanów magazynowych. Problem także sprawia nieprawidłowe funkcjonowanie pieca MF. Urządzenie to jest niestabilne oraz awaryjne, a to z kolei przekłada się na wydajność całego procesu produkcyjnego. Kolejny obszar, który wymaga poprawy, związany jest z pracownikami. Wysoka absencja, problemy z zatrudnianiem nowych pracowników oraz rotacja pracownicza również wpływa na wydajność produkcji.

W rozdziale 4 podjęto działania, których celem było przeprowadzenie prognozowania gospodarczego dla wybranych dwóch problemów zidentyfikowanych przy pomocy metod: diagramu Ishikawy oraz Mapowania Strumienia Wartości (VSM).

4. Metody prognozowania gospodarczego do usprawnienia procesu produkcji

Po przeprowadzeniu badań z wykorzystaniem wybranych metod stwierdzono, iż konsekwencją niewłaściwej organizacji oraz braku właściwego zarządzania w przedsiębiorstwie produkcyjnym jest utrata mocy przerobowej. Skutkuje ona brakiem możliwości realizacji produkcji bieżącej, która w znacznym stopniu przyczynia się do jej zwiększania. W konsekwencji, taka sytuacja doprowadza do wydłużenia dostawy gotowego wyrobu do klienta. Z kolei przez nadmierne gromadzenie surowców i materiałów przedsiębiorstwo blokuje środki pieniężne oraz zwiększa stany magazynowe, co przekłada się na problemy organizacyjne w tym dziale.

Ze względu na licznosc błędów zidentyfikowanych w wybranym przedsiębiorstwie z branży Automotive, prognozowanie gospodarcze przeprowadzono i przedstawiono dla dwóch istotnych nieprawidłowości: zamówienia klienta oraz awaryjność pieca MF. Błędy te wynikają z niewłaściwego planowania i sterowania produkcją, przez co w znacznym stopniu wpływają na cały proces produkcyjny.

Zaprezentowane prognozy gospodarcze w sposób korzystny mogą wpłynąć na usprawnienie procesu produkcyjnego. Właściwe prognozowanie zamówień produktów oraz właściwe wykorzystanie pieca MF może przyczynić się do obniżenia zaległości w stosunku do klientów. Przełoży się to na prawidłowe utrzymanie stanów magazynowych, odpowiednie sterowanie zakupami surowców oraz materiałów, a także właściwe zarządzanie procesem produkcyjnym, jak również ilością wykonanych wyrobów.

Do prognozowania zamówień klienta wykorzystano metodę wskaźników, natomiast do prognozowania pieca MF zastosowano metodę średnich ruchomych.

4.1. Prognozowanie zamówień klienta

Ważnym zadaniem dla planisty produkcji jest właściwe prognozowanie zamówień. Nieprawidłowe prognozowanie skutkuje ryzykiem błędnego określenia zapotrzebowania przedsiębiorstwa w surowce oraz materiały, ale także niekorzystnie wpływa na obciążenie maszyn oraz około produkcyjnych elementów procesu.

W badanym przedsiębiorstwie określenie wielkości partii produkcyjnej polegało na obliczeniu długości sekwencji (zwykle sześciu tygodni) i dostosowanie wielkości produkcji do zapotrzebowania klienta oraz ewentualnie obecnego stanu magazynowego. Zamówienia są realizowane z 3 tygodniowym wyprzedzeniem, z kolei pozostałe 3 tygodnie są wyliczane na podstawie budżetu rocznego. Z przeprowadzonych badań wynika, iż system ten jest zawodny ze względu na wahania sezonowe.

Analizując zamówienia klientów zastosowano metody prognozowania na podstawie szeregów czasowych, a ze względu na występujące wahania sezonowe wybrano metodę wskaźników (miesięczną). Polega ona na wyznaczeniu wskaźników sezonowości dla poszczególnych faz cyklu [10]. W tabeli 4.1. zaprezentowano historię sprzedaży (y_t) za okres od stycznia 2013 do lipca 2016.

Tab. 4.1. Historia zamówień dla wybranego modelu samochodu

| Rok 2013 | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Miesiąc | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| t | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| yt | 325 | 375 | 225 | 218 | 425 | 725 | 1093 | 700 | 600 | 375 | 250 | 125 |
| Rok 2014 | | | | | | | | | | | | |
| Miesiąc | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| t | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| yt | 225 | 268 | 350 | 450 | 275 | 854 | 998 | 575 | 525 | 275 | 225 | 125 |
| Rok 2015 | | | | | | | | | | | | |
| Miesiąc | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| t | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| yt | 150 | 325 | 350 | 325 | 275 | 875 | 825 | 535 | 475 | 325 | 275 | 75 |
| Rok 2016 | | | | | | | | | | | | |
| Miesiąc | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | |
| y | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | | | | | |
| yt | 325 | 225 | 225 | 250 | 350 | 675 | 785 | | | | | |

Analizę przeprowadzono dla 10 różnych referencji, które wystąpiły w okresie 01.2013 – 07.2016, a wynik w postaci wykresu pokazano na wykresie (rys. 4.1). Dodatkowo na wykresie została dodana linia trendu, która obrazuje przebieg zapotrzebowania klientów (rys. 4.1).

Tendencję jaką można zaobserwować analizując linię wielkości sprzedaży (y_t) w wyznaczonym przedziale czasu, to sezonowość zamawiania przez klientów produktów. Co oznacza, iż sprzedaż produktów prowadzona jest w każdym miesiącu w danym roku na innym poziomie, lecz porównując poszczególne lata, okresy sprzedaży są bardzo podobne.

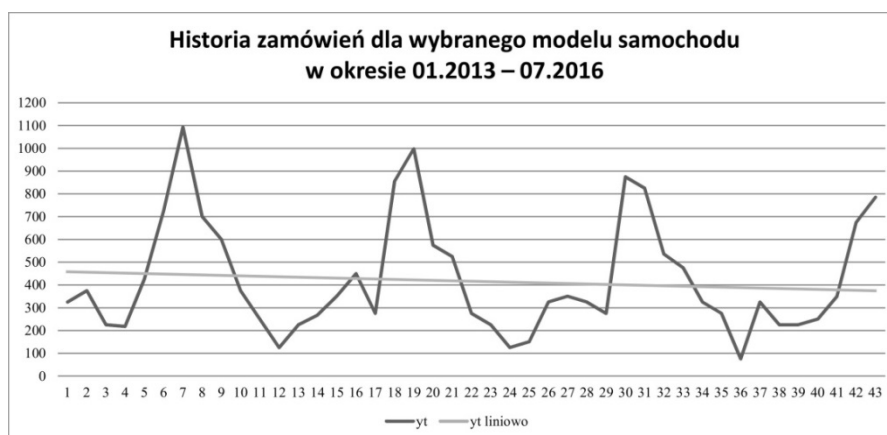
Linia trendu natomiast przyjmuje kierunek opadający. Jest to spowodowane tym, iż w badanym przedsiębiorstwie produkcja odbywa się na tzw. "aftermarket" [11-13]. W firmach z branży Automotive dla samochodów wycofanych z produkcji, każdego roku liczba produkowanych aut się zmniejsza, co przekłada się na obniżenie zamówień na podzespoły od klientów dla każdej z referencji. Z kolei w miejsce wycofanych ze sprzedaży modeli samochodów do produkcji wprowadzane są nowe modele, zatem wielkość sprzedaży zamawianych podzespołów wyrównuje się i jest na podobnym poziomie.

4.2. Prognoza na podstawie przykładowej referencji metodą wskaźników

W zaprezentowanej w tym rozdziale analizie wyróżniamy cztery etapy: wyodrębnienie tendencji rozwojowej, eliminację tendencji rozwojowej z szeregu czasowego, eliminację wahań przypadkowych oraz obliczanie czystych wskaźników sezonowości.

Wyodrębnienie tendencji rozwojowej bazuje na opisanie modelu trendu dla prognozowanej zmiennej. Do tego rodzaju obliczeń wykorzystano program MS Excel i funkcję tablicową – dającą możliwość obliczania najmniejszych kwadratów. Dodatkowo

oprócz obliczeń dla ilości zamówień poszczególnych miesięcy wyznaczono prognozę na kolejne 3 miesiące (tabela 4.2).



Rys. 4.1. Wykres historii zamówień dla wybranego modelu samochodu

Eliminację z szeregu czasowego tendencji rozwojowej dokonano obliczając różnice rzeczywistych wartości prognozowanej zmiennej i wartości teoretycznych, które otrzymano z modelu tendencji rozwojowej [14]:

$$z_{ti} = y_{ti} - \hat{y}_{ti} \quad (1)$$

Eliminację oddziaływania składnika losowego na kształtowanie wartości prognozowanej zmiennej przeprowadzono obliczając surowe wskaźniki sezonowości (z_i). Wielkości średnie wyznaczono na podstawie wielkości z_{ti} , dotyczą one tej samej fazy cyklu wahań, tj. [14]:

$$z_i = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^{k-1} z_{i+j*r,i} \quad (2)$$

gdzie: k jest liczbą jednoimiennych faz w badanym szeregu czasowym.

Czyste wskaźniki sezonowości (c_i) wyznaczono przy użyciu wzoru [14]:

$$c_i = z_i - q \quad (3)$$

gdzie: $q = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r z_i$ (r jest liczbą faz cyklu).

Progностyczną wartość zmiennej na moment t wyznaczono przy użyciu wzoru [14]:

$$y_{ti}^* = y_{ti}^{*(w)} - c_i, \quad t > n \quad (4)$$

gdzie: y_{ti}^* - prognoza zmiennej Y wyznaczona na okres t ;

$y_{ti}^{*(w)}$ - wstępna prognoza zmiennej Y na okres t , wyznaczona na podstawie modelu tendencji rozwojowej;
 c_i - wskaźnik sezonowości dla i -tej fazy cyklu.

W tabeli 4.2 oraz 4.3 zamieszczono obliczenia dla prognozy gospodarczej wykonanej w okresie 01.2013-07.2016.

Tab. 4.2. Metoda wskaźników - obliczenia dla prognozy gospodarczej

| Rok 2013 | | | | | | | | | | | | |
|----------|------|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| Miesiąc | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| t | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| yt | 325 | 375 | 225 | 218 | 425 | 725 | 1093 | 700 | 600 | 375 | 250 | 125 |
| y^t | 465 | 463 | 461 | 460 | 458 | 456 | 454 | 452 | 451 | 449 | 447 | 445 |
| yt-y^t | -190 | 11 | 38 | 14 | 66 | 218 | 70 | -27 | 48 | 0 | -22 | -195 |
| yt* | 228 | 458 | 469 | 476 | 526 | 719 | 536 | 435 | 469 | 444 | 415 | 226 |
| Rok 2014 | | | | | | | | | | | | |
| Miesiąc | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| t | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| yt | 225 | 268 | 350 | 450 | 275 | 854 | 998 | 575 | 525 | 275 | 225 | 125 |
| y^t | 443 | 441 | 440 | 438 | 436 | 434 | 432 | 431 | 429 | 427 | 425 | 423 |
| yt-y^t | -143 | -41 | -115 | 11 | 63 | 390 | 92 | -81 | 45 | -2 | -50 | -201 |
| yt* | 226 | 436 | 448 | 454 | 504 | 698 | 514 | 414 | 447 | 422 | 394 | 204 |
| Rok 2015 | | | | | | | | | | | | |
| Miesiąc | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| t | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| yt | 150 | 325 | 350 | 325 | 275 | 875 | 825 | 535 | 475 | 325 | 275 | 75 |
| y^t | 422 | 420 | 418 | 416 | 414 | 412 | 411 | 409 | 407 | 405 | 403 | 402 |
| yt-y^t | -172 | 4 | 31 | 8 | 60 | 262 | 53 | 40 | -57 | -30 | -38 | -277 |
| yt* | 245 | 414 | 426 | 432 | 482 | 676 | 492 | 392 | 425 | 400 | 372 | 183 |
| Rok 2016 | | | | | | | | | | | | |
| Miesiąc | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| t | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| yt | 150 | 325 | 350 | 325 | 275 | 875 | 825 | 535 | 475 | 325 | 275 | 75 |
| y^t | 400 | 398 | 396 | 394 | 393 | 391 | 389 | 387 | 385 | 383 | | |
| yt-y^t | -225 | -20 | 53 | 5 | 56 | 158 | 85 | | | | | |
| yt* | 223 | 392 | 404 | 410 | 460 | 654 | 470 | 370 | 404 | 379 | | |

W tabeli 4.2 przedstawiono wyniki obliczeń dla prognozy ilości wykonanych elementów (y_{ti}^*) w badanym dziale produkcyjnym. Dodatkowo wykonano prognozę dla miesięcy: sierpnia, września oraz października, gdzie prognoza wyniosła odpowiednio 370, 404, a także 379 szt.

W tabeli 4.3 dla każdego miesiąca zaprezentowano obliczenia dotyczące czystych wskaźników sezonowości (z_i) oraz surowych wskaźników sezonowości (c_i), na podstawie których stwierdzono, iż najlepszym pod względem zamówień miesiącem jest czerwiec, natomiast najgorszymi miesiącami są styczeń oraz grudzień.

Tab. 4.3. Czyste oraz surowe wskaźniki sezonowości - obliczenia

| | | | | | | |
|----|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|
| i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| zi | -182,87964 | -11,56705 | 1,99555 | 10,05814 | 61,87073 | 257,43333 |
| ci | -176,97945 | -5,66686 | 7,89574 | 15,95833 | 67,77093 | 263,33352 |
| i | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| zi | 75,49592 | -22,73372 | 12,41211 | -10,77519 | -37,29593 | -224,81667 |
| ci | 81,39612 | -16,83352 | 18,31241 | -4,87500 | -31,39574 | -218,91648 |

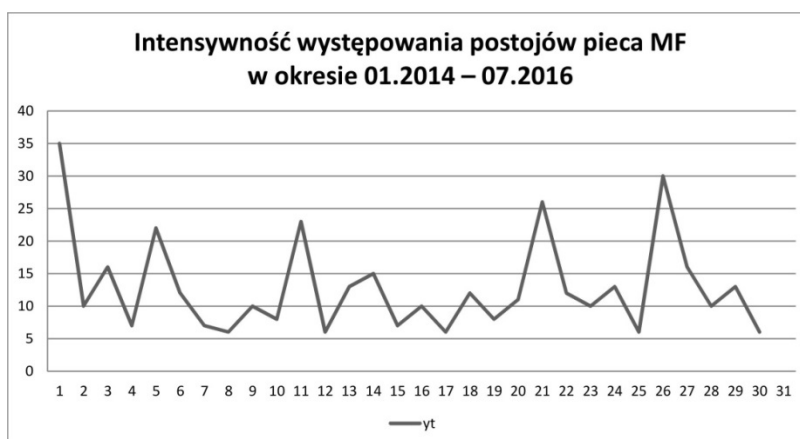
4.3. Prognozowanie awaryjności pieca MF60

Jak wspomniano w rozdziale 2 piec MF jest urządzeniem o najmniejszej sprawności, w związku z tym intensywność jego użytkowania wpływa w sposób bezpośredni na wydajność całego procesu produkcyjnego.

Urządzenie to jest skomplikowane pod względem technologicznym, przez co stanowi trudność w obsłudze i wymaga odpowiednio przeszkolonego i doświadczonego pracownika. Należy podkreślić, iż piec MF jest bardzo czuły na temperaturę otoczenia i przy każdym zawahaniu, parametry pieca muszą być korygowane w oprogramowaniu sterującym piecem. Każde nieskorygowane wahnięcie temperatury powoduje zmniejszenie intensywności, a następnie postój pieca. Najlepszym rozwiązaniem dla usprawnienia pracy pieca byłoby wprowadzenie programów przeznaczonych dla danej temperatury otoczenia oraz dobierania sterowania z opracowanej bazy danych programów.

Kolejnym powodem postoju pieca MF są problemy związane z częstymi awariami oraz zanikaniem prądu.

Kształtowanie się postojów urządzenia w okresie od stycznia 2014 do lipca 2016 roku pokazano w tabeli 4.4, natomiast dla zobrazowania intensywności powstawania postojów pieca MF wykonano wykres, który zaprezentowano na rysunku 4.2.



Rys. 4.2. Wykres intensywności występowania postojów urządzenia - pieca MF

Z wykresu intensywności występowania postojów pieca MF zaobserwowano chaotyczne występowanie przerw w pracy urządzenia, dlatego do określenia prognozy zastosowano metodę średnich ruchomych. Polega ona na zastępowaniu danych empirycznych z kolejnych okresów, średnimi poziomami z badanego okresu i kilku okresów sąsiednich dla sekwencyjnie wybranej liczby obserwacji.

Średnią ruchomą obliczono przy pomocy wzoru [15]:

$$y_t^{\wedge} = \frac{1}{k} \sum_{i=0}^{k-1} y_{t-i}, \quad (5)$$

gdzie: $t = k, \dots, n$.

Stała k w rozpatrywanym przypadku wynosi 12.

W tabeli 4.4 zamieszczono wyniki obliczeń dla prognozy awaryjności pieca MF.

Tab. 4.4. Metoda średnich ruchomych - obliczenia dla prognozy awaryjności pieca MF60

| Rok 2014 | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Miesiąc | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| t | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| y _t | 35 | 10 | 16 | 7 | 22 | 12 | 7 | 6 | 10 | 8 | 23 | 6 |
| y [^] _t | | | | | | | | | | | | |
| Rok 2015 | | | | | | | | | | | | |
| Miesiąc | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| t | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| y _t | 13 | 15 | 7 | 10 | 6 | 12 | 8 | 11 | 26 | 12 | 10 | 13 |
| y [^] _t | 13,50 | 11,67 | 12,08 | 11,33 | 11,58 | 10,25 | 10,25 | 10,33 | 10,75 | 12,08 | 12,42 | 11,33 |
| Rok 2016 | | | | | | | | | | | | |
| Miesiąc | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| t | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| y _t | 6 | 30 | 16 | 10 | 13 | 6 | | | | | | |
| y [^] _t | 11,92 | 11,33 | 12,58 | 13,33 | 13,33 | 13,92 | 13,42 | | | | | |

W tabeli 4.4 dla danego miesiąca, ilości godzin postojów urządzenia spowodowanych awariami, oznaczono symbolem y_t . Szarymi polami wyróżniono miesiące, w których odbywały się przeglądy techniczne urządzenia.

Analizując dane znajdujące się w tabeli 4.4 zauważono, iż znaczna ilość poważnych awarii następowała po przeprowadzeniu przeglądu maszyny przez nasz dział UR, co może wskazywać na niesolidne oraz nieprofesjonalne wykonywanie prac.

W tabeli 4.4 wykonano prognozę metodą średniej ruchomej dla miesiąca ($t=31$), która wyniosła 13,42 godziny. Jest to, oceniając dane zapisane w badanym okresie, prognoza szacunkowa. Należy jednak, wziąć ją pod uwagę obliczając obciążenie dla tego miesiąca. Na tej podstawie przedsiębiorstwo będzie mogło ocenić czy wysyłka referencji do klientów odbędzie się terminowo.

Reasumując, przedsiębiorstwo powinno prowadzić prognozowanie gospodarcze by mieć możliwość analizowania i przewidzenia postoju urządzenia jakim jest piec MF. Dodatkowo, aby utrzymać maszynę w ruchu należałoby wprowadzić system TPM (całkowite, produktywnie utrzymanie ruchu maszyn) [16-17] w celu zmniejszenia do minimum możliwość wystąpienia awarii oraz postoju maszyny, a dzięki temu zwiększa efektywność jej pracy.

5. Podsumowanie

W pracy przedstawiono metody pozwalające ocenić rzeczywisty stan procesu występujący w dziale produkcyjnym przedsiębiorstwa z branży Automotive. Analizę oparto na dwóch metodach: diagramie Ishikawy oraz Mapowaniu Strumienia Wartości. Wnioski jakie wyciągnięto to przede wszystkim problemy związane z przewidywaniem kolejnej

ilości partii produkcyjnej, trudności związane z zasadami zamawiania surowców oraz materiałów przychodzących od dostawców zewnętrznych. Kolejne utrudnienia stanowią niewłaściwie prowadzony system planowania, niestabilne funkcjonowanie pieca MF oraz trudności z zatrudnianiem i szkoleniem nowych pracowników.

Następnie, spośród licznej ilości problemów do analizy wybrano dwa: niewłaściwe zamówienia klienta i nieprawidłowe funkcjonowanie pieca MF. Dalej, zaproponowano odpowiednie rozwiązania, które mogą przyczynić się do właściwego ich funkcjonowania.

W kolejnym etapie wykonano prognozowanie gospodarcze, wykorzystując metody wskaźników dla zamówień klientów oraz metody średnich ruchomych dla pieca MF.

Prognozowanie jest skuteczną metodą przewidywania poziomu zjawiska w niedalekiej przyszłości. Na jej podstawie personel odpowiednio sterujący produkcją może znacząco poprawić wydajność procesu produkcyjnego. Należy zatem usystematyzować gromadzenie danych oraz odpowiednio z nich korzystać by wspomagały one proces planowania i sterowania produkcją. Przełoży się to na wyższą wydajność procesu, pozwoli minimalizować koszty produkcji, a także terminowość dostaw towaru do klienta.

Prognozowanie jest również skuteczną metodą do analizowania i przewidzenia postępu (awarii) urządzenia jakim jest piec MF. Na jej podstawie można odpowiednio ustalić okresowe plany przeglądów dla działu UR, aby jak najdłużej utrzymać maszynę w ruchu, a dzięki temu zachować wysoką wydajność produkcji i zwiększyć efektywność jej pracy.

System prognozowania gospodarczego jest niezbędny w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Należy zatem go wdrażać, rozwijać oraz poszukiwać coraz lepszych metod do tworzenia zaawansowanych modeli. Zastosowanie metod prognozowania z pewnością wpłynie pozytywnie na nieprzerwaną pracę maszyn oraz właściwe określenie zamówień od klienta, a dzięki temu przyniesie wymierne korzyści finansowe w przedsiębiorstwie.

Literatura

1. Hamrol A., Mantura W.: Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2002.
2. Hamrol A.: Zarządzanie jakością z przykładami. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2005.
3. Bank J.: Zarządzanie przez jakość. Gebethner & Ska, Warszawa, 1997.
4. Iwasiewicz A.: Zarządzanie jakością. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Kraków, 1999.
5. Konarzewska-Gubała E.: Zarządzanie przez jakość. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław, 2003.
6. Womack J.P., Jones D.T.: Lean thinking – szczupłe myślenie. Eliminowanie marnotrawstwa i tworzenie wartości w przedsiębiorstwie. ProdPress.com, Wrocław, 2008.
7. Pawłowski E., Pawłowski K., Trzcieliński S.: Metody i narzędzia Lean Manufacturing. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2010.
8. Krafcik J.F.: Triumph of the Lean Production System. Sloan Management Review, 1988.
9. Rother M., Shook J.: Naucz się widzieć: eliminacja marnotrawstwa poprzez mapowanie strumienia wartości. The Lean Enterprise Institute Polska, Wrocław, 2009.
10. Cieślak M.: Prognozowanie gospodarcze: metody i zastosowania. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1997.

11. https://www.capgemini.com/resource-file-access/resource/pdf/tl_The_Aftermarket_in_the_Automotive_Industry.pdf
12. <http://aspalliance.org/wp-content/uploads/2014/10/Mark-Seng-Trends-Impacting-the-Global-Automotive-Aftermarket2.pdf>
13. <http://www.figiefa.eu/wp-content/uploads/r2rc-newberframeworkbrochure.pdf>
14. Pająk E.: Zarządzanie produkcją. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2006.
15. Sobczyk M.: Prognozowanie. Teoria, przykłady, zadania. Wydawnictwo Placet, Warszawa, 2008.
16. Nakajima S.: Introduction to TPM, Productivity Press, Portland 1988.
17. Nakajima S.: TPM Development Program, Productivity Press, 1989.

Mgr inż. Kamil LEKSYCKI
Park Naukowo-Technologiczny
Uniwersytetu Zielonogórskiego Sp. z o.o.
65-417 Zielona Góra, ul. Licealna 9
Tel./fax.: (0-68) 328 21 11
e-mail: k.leksycki@pnt.uz.zgora.pl

Dr inż. Roman KIELEC
Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją
Uniwersytetu Zielonogórskiego
65-417 Zielona Góra, ul. Podgórna 50
Tel./fax.: 504070243
e-mail: r.kielec@iizp.uz.zgora.pl