

Paweł FURDYGIEL¹

Opiekun naukowy: Dariusz PLINTA²

SYSTEM DOSKONALENIA PROCESU PRODUKCYJNEGO

Streszczenie: W artykule przedstawiono przykład systemu rozwiązywania problemów występujących w procesach produkcyjnych. Przedsiębiorstwa powinny wypracować własny system wprowadzania usprawnień. Wśród obecnie stosowanych metod i narzędzi dominują rozwiązania oparte na wizualizacji. Coraz częściej stosowany jest raport A3, którego układ i sposób wypełniania jest zgodny z cyklem PDCA – Plan-Do-Check-Act czyli Planuj-Wykonaj-Sprawdź-Działaj, a dodatkowo łączy w sobie takie narzędzia analizy jak 5W2H, 6WHY oraz diagram Ishikawy. Potwierdzeniem skuteczności funkcjonowania takiego systemu jest praktyczny przykład przedstawiony w drugiej części artykułu.

Słowa kluczowe: raport A3, Diagram Ishikawy, 5 WHY

PRODUCTION PROCESS IMPROVEMENT SYSTEM

Summary: There was presented, in this article, a sample of system for solving problems that occur in production processes. The companies should work out their own system of implementing the solvations. The most popular, among currently in use, are methods and tools based on visualization. The more and more common report A3 whose structure and the way of implementation comply with PDCA cycle – the Plan-Do-Check-Act, and additionally combines tools for analysis as 5W2H and the diagram of Ishikawa. The practical prove of the functionality of this system is an example presented in the second part of this article.

Keywords: report A3, Ishikawa diagram, 5 WHY

1. Idea systemu doskonalenia produkcji w oparciu z wykorzystaniem raportu A3

Powstanie raportu A3, w głównej mierze zawdzięczamy Toyocie [17]. Pracujący w Toyocie, chcieli mieć narzędzie, które pozwoli im rozwiązywać problemy marnotrawstwa a także stworzy system zarządzania usprawnieniami procesu produkcyjnego [4, 6]. Nazwa Raport A3 pochodzi od formatu kartki A3 (jej wymiary

¹ mgr inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, Inżynieria Produkcji, e-mail: pawel440@o2.pl

² dr hab. inż., prof. ATH, Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, e-mail: dplinta@ath.bielsko.pl

to 297 mm x 420 mm). Format ten, pozwala nam zmieścić niezbędne dane, opisy i grafiki. Dla uzyskania najlepszego rezultatu, zaleca się, aby zespół składał się z 5-7 osób, z jednym liderem. Powinni to być pracownicy, którzy posiadają znajomość procesu. Raport ten zachęca zespół do dzielenia się wspólnymi pomysłami i spostrzeżeniami. Umożliwia możliwość skontaktowania się z innymi działami i skorygowania błędów. Realizacja raportu powinna być wykonywana jak najbliżej stanowiska roboczego, w którym zaistniał problem. W sytuacji gdy nie ma takiej możliwości (np. z powodu występujących zagrożeń), należy je wykonać w miarę blisko w miejscu występowania problemu.

Raport A3 jest skutecznym narzędziem, dzięki któremu możemy jasno zdefiniować błędy, problemy i ich przyczyny. Oprócz tego możemy umieścić szkielet rozwiązania, nowe pomysły oraz wykorzystać narzędzia wspomagające [3, 7, 8, 9]. Fundamentem raportu A3 są działania oparte na kole Deminga, czyli cyklu PDCA [1, 5, 10, 15, 18, 20] – rys. 1.



Rysunek 1. Cykl Deminga – Koło Deminga (PDCA) [16]

Ćwiartki koła Deminga (PDCA - Plan, Do, Check, Act) przedstawiają kolejne działania związane z wprowadzaniem usprawnień. Są to następujące działania:

Metoda Plan- Planuj

Na tym etapie poprawy funkcjonowania powstaje opis problemu i zaistniałej sytuacji. Można wykorzystać tu metodę 5W2H [12]. Jest to metoda 7 pytań:

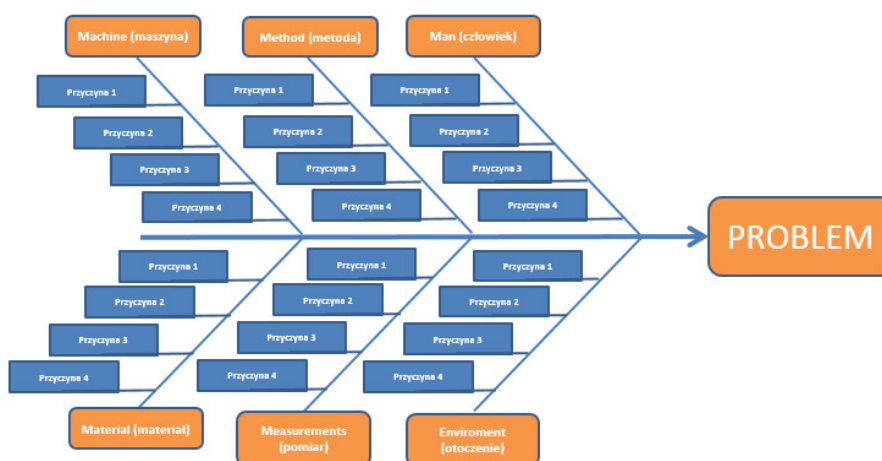
1. What? Co? – opisuje co dokładnie się stało i czego dotyczy.
2. Who? Kto? – opisuje kto jest zaangażowany w sytuację.
3. Where? Gdzie? – opisuje gdzie występuje sytuacja.
4. When? Kiedy? – opisuje kiedy sytuacja miała miejsce.
5. Why? Dlaczego? – opisuje dlaczego według Ciebie jest nie ok.
6. How? Jak? – opisuje jak problem został wykryty.
7. How many? Jak dużo? – opisuje jak duża jest populacja niezgodnego materiału.

Następnie określany jest cel projektu, który powinien być zrozumiały dla każdego członka zespołu. Pomocna może się okazać metoda SMART wywodząca się od pięciu liter:

- S - od specified, czyli specyficzny, sprecyzowany – inaczej mówiąc konkretny,
- M - M od measured, czyli mierzalny, policzany, liczbowy – wyrażony w postaci liczbowej,
- A - A od ambitious, czyli ambitny,
- R - R od realistic, czyli realistyczny – realny do wykonania,
- T - T od time-related, czyli z ustaloną datą realizacji – zawieszony w czasie, terminowy [14].

Kolejnym krokiem do poprawy funkcjonującego systemu jest analiza problemu i przyczyn źródłowych, którą można przeprowadzić wykorzystując Diagram Ishikawy [13] i metodę 5WHY [2].

Diagram Ishikawy to diagram przyczynowo-skutkowy w formie rybiej ości – rys.2. Z prawej strony diagramu jest umieszczany krótki opis problemu. Na lewo od problemu, tzw. rybiej głowy, rysowany jest kręgosłup i odchodzące od niego ości, które symbolizują grupy przyczyny. Diagram Ishikawy należy stosować w przypadku problemów, dla których występuje wiele przyczyn [19].



Rysunek 2. Diagram Ishikawy [13, 19]

Metoda 5 WHY stanowi prosty sposób na dociekanie przyczyny źródłowej problemu. Jest to metoda 5-krotnego zapytania „dlaczego”. Jest skuteczna, gdy dotyczy problemu ludzkiego lub współpracy między działami [11].

Kolejnym krokiem działania, jest określenie akcji korekcyjnych bazując na analizie problemu i przyczyny źródłowej. W tym celu musimy wybrać najbardziej prawdopodobną przyczynę problemu i określić działania, po to żeby je wyeliminować.

Krok Do – rób

Plan wdrożenia akcji – na tym etapie należy stworzyć plan akcji, który skutecznie będzie dążył do wyeliminowania problemu.

Krok Check – weryfikuj

Monitoring procesu – wdrożone wcześniej usprawnienia, powinny być widoczne we wskaźnikach procesu. Każdy problem powinien być monitorowany i zawierać informację dotyczącą danego problemu. Można tu wykorzystać metodę kart kontrolnych.

Krok Act – działaj

W przypadku braku rezultatów – należy sprawdzić, czy raport A3 został sporządzony poprawnie. Istotne i wymagane jest działanie ze strony lidera zespołu.

RAPORT A3

Lider Raportu: Paweł Furdygiel


Skład zespołu: Jan Kowalski, Jan Nowak, Piotr Wesołowski, Michał Nowakowski

Opis wydziału: 3000

Numer raportu: Paweł Furdygiel

Data stworzenia: 10.10.2020

Data zamknięcia: 15.10.2020



PLAN - opis problemu

Opis problemu


Miejsce	Niedolewy na gotowych detalach ci wtryskach
Nazwa Referencji	nieznany
Geneza zdefiniowania problemu	Problem zaobserwowano na wysyłkach
Data zdefiniowania	09.10.2020
Skala problemu	100 szt. na minutę
Opis problemu	W opisanym przypadku, wysyłki nie może zostać wysłany do klienta, gdyż występują niedolewy, wysyłki nie nadaje się do użytku

Środki zaradcze podjęte w celu zabezpieczenia obecnego stanu


Zwiększone ciśnienie wtrysku	Data Startu: 10.10.2020
	Data Zakończenia: 10.10.2020
Poprawiono przepływy materiałów, zwiększając porządek na linii produkcji wtryskarek	Data Startu: 11.10.2020
	Data Zakończenia: 15.10.2020
Zadbano o poprawność procesu technologicznego i składu mieszanki, zaczęto dbać o parametry i warunki wst. procesa masywicy	Data Startu: 15.10.2020
	Data Zakończenia: 17.10.2020

Szczegółowy opis problemu / Istotne dane i fakty / Pomiarzy i Zależności

Podczas jednych zmian, bezprzetasta i kontroler jakości zgłosił konieczność, że wysyłki posiada niedolewy.



Widok niedolewy



Widok prawidłowego wykonania

PLAN - przyczyny źródłowe i akcje naprawcze

Bezpośrednie przyczyny - Diagram ISHIKAWY

MAN (Człowiek)

- Niewiedza brak przeszkolenia
- Niedokładność
- Nieuwaga
- Stres
- Czynności środowiska pracy
- Stan uciążliwy
- Nagłe zmiany temperatury otoczenia
- Wysoka wilgotność otoczenia

MACHINE (Maszyna)

- Brak poprawnego dostrzeżenia zbyt słabe ciśnienie
- Zbyt mała objętość wtrysku
- Za małe ciśnienie wtrysku
- Sprawność urządzeń kontrolno-pomiarowych
- Ocena organoleptyczna
- Aktywacja pomiarów
- Dokładność pomiarowa

METHOD (Metoda/Proces)

- Upląszczenie/temperatura
- Rodzaj materiału
- Formowanie/Rodzaj dysz
- Skład mieszanki granulatowej polimeru
- Niewłaściwy skład komponentów przy produkcji
- Za zawartość barwnika
- Za lepkość tworzywa
- Niewłaściwy reżim technologiczny

PROBLEM

Niedolewy wtryszek/wyrobów gotowych

5 WHY

MAN (Człowiek)

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

ENVIRONMENT (Otoczenie)

Wystąpił problem z niewłaściwym otoczeniem.

Wystąpił problem z niewłaściwym otoczeniem.

Wystąpił problem z niewłaściwym otoczeniem.

Wystąpił problem z niewłaściwym otoczeniem.

Wystąpił problem z niewłaściwym otoczeniem.

MACHINE (Maszyna)

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

MEASUREMENTS (Pomiary)

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

METHOD (Metoda/Proces)

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

MATERIAL (Materiał)

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Wystąpił problem z niewłaściwą obsługą maszyny.

Akcje korekcyjne

Zadbano o komfort, odnowa psychiczne i fizyczne pracownika, odpowiednie przeszkolenie.

Zadbano o porządek, warunki otoczenia.

Zadbano o stan techniczny maszyny, zadbano o odpowiednie parametry, korygowanie błędów ustawień.

Monitorowanie pomiarów, kontrolowanie pomiarów, zapewnienie wyników.

Uprawnienie metod, mających za zadanie poprawić jakość produktu.

Zadbano o jakość i czystość materiału. Za dbałość o odpowiednią proporcję składników.

DO - DZIAŁANIE (Implementacja Akcji)

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

Opis zadania: Jan Nowak

Start: 10.10.2020

CHECK - Sprawdzenie

Należy sprawdzić jakość tworzywa i barwnika. Jakość dostawy odbranej i wysłanej przed zapakowaniem powinna być sprawdzona. Sprawdzenie ustawień parametrów na wtryskarkę.

ACT - Usprawnienie

Opis zadania: Jan Nowak, pozwala nam łatwiej znaleźć tworzywo i barwnik o danych parametrach, według zapotrzebowania. Pozwala też uszczelniać zabudowania. Tworzyć karty wtryskowe i poszczególnych parametrów wtryskarki. Sprawdzić odpowiednie ustawienia firmy i zainstalować przez ustawienia.

Rysunek 3. Przykład wypełnionego raportu A3 [opracowanie własne na podstawie <https://leanactionplan.pl/raport-a3>, 11.09.2020r.]

2. Przykład zastosowania Raportu A3 w rzeczywistych warunkach produkcyjnych

Raport A3 wykorzystano w analizie problemu, który powstał na wtryskarce ARBURG. Problemem są występujące niedolewy wyprasek wykrywane na kolejnych stanowiskach. Wypracowane rozwiązanie problemu przedstawiono w raporcie A3 przedstawionym na rysunku 3.

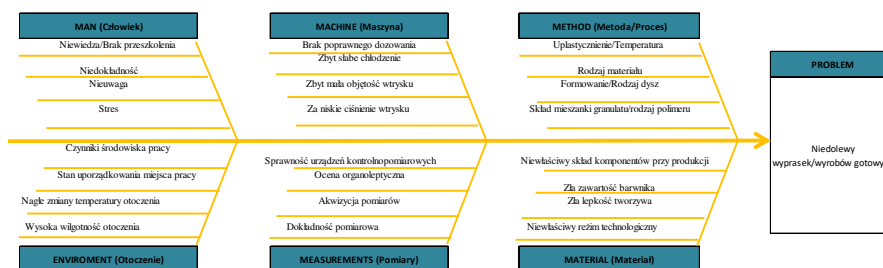
2.1. Założenia projektowe do Raportu A3 - analiza problemu

Wstępną analizę problemu przeprowadzono metodą 5W2H. Polegała ona na udzieleniu odpowiedzi na następujące pytania:

1. What? Co?
Odpowiedź: Na powierzchni detalu, zauważono niedolewy wypraski.
2. Who? Kto?
Odpowiedź: Problem stwierdził brygadzysta wraz z kontrolerem jakości.
3. Where? Gdzie?
Odpowiedź: Sytuacja miała miejsce, na wydziale produkcyjnych wtryskarek.
4. When? Kiedy?
Odpowiedź: Sytuacja została zauważona, po zakończeniu procesu wtryskarek, przed segregacją wyprasek.
5. Why? Dlaczego?
Odpowiedź: Wyrób nie nadaje się do użytku, z powodu braków materiałowych.
6. How? Jak?
Odpowiedź: Problem sprawdzono wrywkowo, przez kontrolera jakości i brygadzystę zmiany, wzrokowo.
7. How many? Jak dużo?
Odpowiedź: Zauważono problem przy 20 sztukach. Proces przerwano.

2.2. Analiza przyczyn problemu powstawania i wprowadzaniem usprawnień

W kolejnym kroku dokonano identyfikacji przyczyn źródłowych problemu występowania niedolewów wyprasek za pomocą Diagramu Ishikawy dla sześciu obszarów – maszyna, metoda, człowiek, materiał, pomiar oraz otoczenie (5M+E) – rysunek 4.



Rysunek 4. Przykładowy Diagram Ishikawy [opracowanie własne]

Bardziej szczegółową analizę przeprowadzono metodą 5WHY. Co najmniej 5-krotne pytanie „dlaczego?” pozwala znaleźć przyczynę źródłową problemu. Przykłady udzielonych odpowiedzi zamieszczono na rysunku 5.

Analiza problemu - arkusz 5WHY	
<u>Problem</u>	
Kontroler jakości z brygadzystą zgłosili kierownikowi produkcji, problem z niedolewem wyprasek.	
↓ why?	
Dlaczego brygadzysta z kontrolerem jakości zgłosili kierownikowi produkcji problem? Ponieważ wypraski nie spełniają norm wytycznych i nie nadają się do dalszego użytkowania.	
↓ why?	
Dlaczego wypraski nie spełniają wytycznych i nie nadają się do dalszego użytkowania? Ponieważ zawinił pracownik produkcyjny, wypraski posiadają niedolewy.	
↓ why?	
Dlaczego zawinił pracownik pracujący na wtryskarkach i dlaczego wystąpiły niedolewy? W wyniku pośpiechu, zbyt dużych zamówień i ustawionych złych parametrach i zbyt dużej liczby obsługiwanych maszyn.	
↓ why?	
Dlaczego pracownik wtryskarek pracuje w pośpiechu i nie dopilnował właściwych parametrów wtrysku? Ponieważ pracownik zastępuje nieobecną osobę w pracy, co wiąże się z większą liczbą obsługiwanych wtryskarek. Pracownik nie dopatrył parametrów wtrysku, dozowania i chłodzenia formy.	
↓ why?	
Dlaczego nie dołożono pracownika i źle ustawiono parametry? Stwierdzono, że jedna osoba poradzi sobie z trzema wtryskarkami, a złe parametry wynikają z niewiedzy pracownika.	

Rysunek 5. Przykładowy problem 5WHY [opracowanie własne]

2.3. Wdrożenie działań korygujących na podstawie analizy problemu - akcje korekcyjne

W efekcie przeprowadzonej analizy zaproponowano następujące działania korekcyjne:

- zadbanie o komfort, zdrowie psychiczne i fizyczne pracownika oraz odpowiednie przeszkolenie,
- zadbanie o porządek i właściwe warunki pracy,
- zadbanie o stan techniczny maszyny, o odpowiednie parametry oraz korygowanie błędów ustawień,
- monitorowanie i kontrolowanie pomiarów, zapisywanie wyników,
- usprawnienie stosowanych metod poprawy jakości produktu,
- zadbanie o jakość i czystość materiału oraz o odpowiednie proporcje składników.

2.4. Plan działania wdrożenia zaproponowanych działań korygujących

Na etapie planowania ustalono szczegóły wprowadzenia działań korekcyjnych, w tym między innymi ustalono osoby odpowiedzialne za ich realizację oraz terminy rozpoczęcia i zakończenia prac.

Działania zostały podzielone na sześć obszarów wynikających z analizy przyczyn problemu. Do każdego obszaru przypisano osobę odpowiedzialną za prowadzenie zmian na stanowisku. Plan realizacji obejmował okres od 10 do 15 października.

2.5. Sprawdzenie – weryfikacja osiągniętych celów

Etap ten polegał na sprawdzeniu skuteczności podjętych działań. Sprawdzone między innymi:

- jakość tworzywa i barwnika,
- jakość dostawy odbieranej i wysyłanej przed zapakowaniem,
- ustawienie parametrów na wtryskarce,
- rodzaj produkowanego detalu, konstrukcję formy,
- sprawności wtryskarki wraz z parametrami techniczno-technologicznymi.

2.6. Usprawnienie

Po sprawdzeniu efektów działań korekcyjnych zaproponowano kolejne usprawnienia, w tym:

- wprowadzenie dodatkowej segregacji komponentów, która pozwoli na łatwiejsze pobieranie tworzywa i barwnika zgodnie z notą katalogową producenta w ramach zapotrzebowania oraz uniknięcie zanieczyszczenia materiału produkcyjnego oraz zabrudzenia komponentów,
- wdrożenie kart technologicznych wraz z instrukcjami stanowiskowymi technologii wtrysków materiałów wielokomponentowych, które ułatwią bieżącą kontrolę odpowiednich ustawień form i mocowań oraz bieżącą kontrolę składu mieszanki zgodnie ze specyfikacją technologiczną,
- wprowadzanie ciągłej kontroli podstawowych parametrów technologicznych maszyny, ze szczególnym uwzględnieniem poziomu ciśnienia wtrysku, prędkość wtrysku, a także stanu zanieczyszczeń formy wtryskarki i matryc.

3. Podsumowanie

System doskonalenia procesu produkcyjnego oparty na raporcie A3 pozwala się nam skupić na przyczynach źródłowych problemów. Jego celem jest dokładne rozpoznanie problemu. Wypełniając raport należy głównie odpowiadać na pytania, które są w nim zawarte, aż dojdziemy do rozwiązania problemu. Analiza i wieloaspektowa eliminacja przyczyn źródłowych, pozwala rozwiązać problemy, które przez długi czas był uznawane za trudne bądź niemożliwe do rozwiązania. W raporcie tym nie mamy możliwości pójścia na skróty, a wszystkie etapy są dokładnie i szczegółowo opisywane. Głównym efektem wykorzystania raportu A3 są skuteczne działania wynikające z szczegółowych analiz przyczyn problemów oraz poprawa komunikacji między członkami zespołu zajmujących się doskonaleniem procesu produkcyjnego. Przy realizacji założeń raportu A3 bardzo ważna jest praca zespołowa i wyznaczenie osoby, która będzie odpowiedzialna za projekt. Lider wraz z zespołem muszą poznać

zaistniały problem i jego przyczynę. Każdy pracownik musi być biegły i dobrze przeszkolony w pracy na powierzonym mu stanowisku. Dobre przygotowanie ułatwia znalezienie przyczyn problemów i współpracę w zespołach doskonalących procesu produkcyjnego. Dlatego bardzo ważne jest stworzenie systemu doskonalenia, który obejmuje nie tylko postępowanie związane z rozwiązywaniem problemów ale również przygotowanie pracowników do pracy z narzędziami takimi jak Raport A3, 5W2H, 6WHY oraz diagram Ishikawy.

LITERATURA

1. GUDANOWSKA A.E.: Wprowadzenie do zarządzania jakością w przedsiębiorstwie produkcyjnym. *Economy and Management*, 4(2010).
2. JANISZ K., MIGACZ U.: Analiza przyczyn wad w procesie produkcyjnym. *Logistyka*, 12(2016).
3. KNOSALA R.: Inżynieria produkcji - Kompendium wiedzy. PWE, Warszawa 2017.
4. KULIŃSKA E., BUSŁAWSKI A.: Zarządzanie procesem produkcji. Difin, Warszawa 2019.
5. LEWANDOWSKI J., SKOŁUD B., PLINTA D.: Organizacja systemów produkcyjnych. PWE, Warszawa 2014.
6. THOMPSON J.R., KORONACKI J., NIECKUŁA J.: Techniki zarządzania jakością od Showarta do metody Six Sigma. AOW Exit, Warszawa 2005.
7. WOLNIAK R., SKOTNICKA B.: Metody i narzędzia zarządzania jakością. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
8. ZIELIŃSKI G., STAROSTA A.: Wykorzystanie narzędzi jakości w przedsiębiorstwach produkcyjnych i usługowych. Tom II, Część IX, Inżynieria jakości produkcji i usług, Konferencja IZIP 2016, www.ptzp.org.pl.
9. ZYMONIK Z., HAMROL A., GRUDOWSKI P.: Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem. PWE, Warszawa 2013.
10. Serwis: <https://hbc.pl/baza-wiedzy/pdca/>, data odczytu: 24 października 2020.
11. Serwis: <https://inzynierjakosci.pl/2017/11/5-why-opis-przyklad-darmowy-formularz/>, data odczytu: 5 października 2020.
12. Serwis: <https://inzynierjakosci.pl/2017/12/5w2h-przyklad-opis-metody/>, data odczytu: 4 października 2020.
13. Serwis: <https://inzynierjakosci.pl/2017/12/diagram-ishikawy/>, data odczytu 5 października 2020.
14. Serwis: <https://inzynierjakosci.pl/2018/01/metoda-smart-celel/>, data odczytu: 4 października 2020.
15. Serwis: <https://inzynierjakosci.pl/2018/01/raport-a3-excel-wzor-przyklad/>, data odczytu: 4 października 2020.
16. Serwis: <https://kanban.pl/>, data odczytu: 4 października 2020.
17. Serwis: <https://leanactionplan.pl/raport-a3/>, data odczytu: 4 października 2020.
18. Serwis: <https://leanjestdlaludzi.pl/pdca-planuj-wykonuj-sprawdzaj-dzialaj-cykl-deminga-ciagle-doskonalenie/>, data odczytu: 24 października 2020.
19. Serwis: <https://www.leanyou.pl/darmowe-narzedzia/>, data odczytu: 5 października 2020.
20. Serwis: <https://www.bdo.pl/pl-pl/business-improvement/baza-wiedzy-pl/fundamenty-lean/cykl-pdca>, data odczytu: 24 października 2020.