

# ROZWÓJ WYROBU Z WYKORZYSTANIEM METODYKI FMEA W PROCESIE KSZTAŁCENIA STUDENTÓW

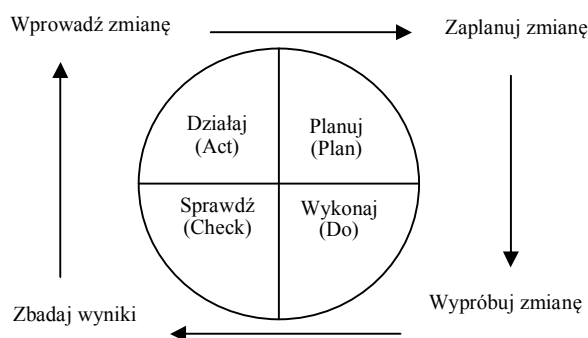
Wacław GIERULSKI, Aleksandra SULERZ, Artur SZMIDT

**Streszczenie:** W artykule poruszono zagadnienie rozwijania kreatywności studentów jako cechy niezwykle ważnej w poszukiwaniu innowacyjnych rozwiązań. Pokazano metodykę mającą zastosowanie w generowaniu i ocenie pomysłów wykorzystywanych w procesie rozwoju wyrobu. Zamieszczono przykład zastosowania tej metodyki dotyczący rozwoju roweru miejskiego, wzorowany na studenckiej pracy dyplomowej.

**Słowa kluczowe:** Kreatywność, innowacyjność, wynalazki studentów, metoda FMEA.

## 1. Wprowadzenie

Znany w biznesie stary slogan wskazuje dwa główne problemy każdego przedsiębiorstwa – klientów i konkurencję. Wynika stąd, że przetrwanie i rozwój przedsiębiorstwa wymaga ciągłych działań, których celem jest zabieganie o klientów oraz ciągle zmagania z konkurencją. Te dwa działania stanowią istotę zarządzania jakością w ujęciu E. Deminga, który dzielił przedsiębiorstwa na dwie grupy, jedną stanowiły te które dostrzegają znaczenie jakości, a drugą te, które wypadają z biznesu [1]. Na pocieszenie Deming mówił, że przetrwanie przedsiębiorstwa nie jest obowiązkowe. Praktycznym wyrazem działań sprzyjających sukcesowi przedsiębiorstwa poprzez dbałość o zadowolenie klientów i ucieczkę przed konkurencją jest tzw. „Koło Deminga” opisujące znany cykl PDCA w procesie ciągłego rozwoju (Rys.1).



Rys. 1. Cykl procesu ciągłego rozwoju.

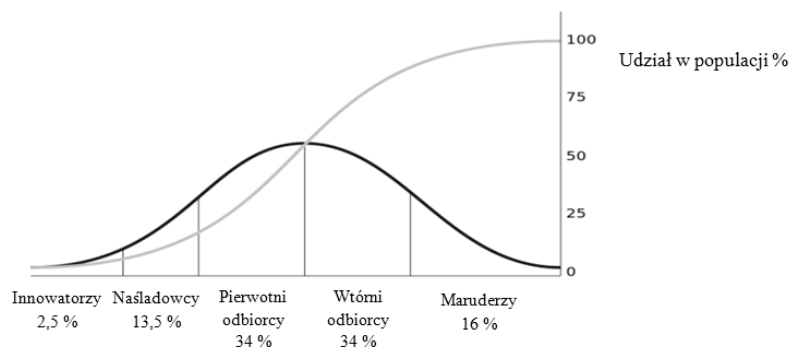
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [2]

Początkiem tego cyklu jest planowanie zmian, które w wielu przypadkach dotyczą produkowanego w przedsiębiorstwie wyrobu i mają charakter innowacyjny. Inicjowanie zmian wymaga kreatywności (postawa twórcza; od łac. *creatus* czyli twórca) rozumianej jako proces umysłowy pociągający za sobą powstawanie nowych idei, koncepcji lub nowych skojarzeń, powiązań z istniejącymi już ideami i koncepcjami. Myślenie kreatywne

jest to myślenie prowadzące do uzyskania oryginalnych i stosownych w danym przypadku rozwiązań. W przeciwieństwie do wielu innych zjawisk, nie ma jednej uniwersalnej, autorytatywnej definicji kreatywności, a jedna z najprostszych mówi, że jest to zdolność tworzenia czegoś nowego [2].

## 2. Kreatywności studentów

Kreatywność jest obecnie często utożsamiana z innowacyjnością, jako podstawowym wyróżnikiem nowoczesnej gospodarki. Wiele różnego rodzaju działań ukierunkowanych jest na podnoszenie poziomu innowacyjności. Nie jest to jednak sprawą łatwą, gdyż wydaje się, że naturalną cechą człowieka jest zachowawczość przejawiająca się niechęcią do zmian. Według badań, które wiele lat temu prowadził E. M. Rogers [3] w społeczeństwie jedynie 2,5% populacji stanowią zdecydowani innowatorzy (rys.2 ). Kolejne 13,5% stanowią naśladowcy wykazujący aktywną postawę wobec innowacyjnych działań. Te dwie grupy obejmujące łącznie 16% populacji są głównym motorem odkryć, wynalazków i wszelkiego rodzaju zmian. Są to w większości osoby młode, dobrze wykształcone gotowe do podejmowania ryzyka. W grupach tych mieszczą się studenci, stąd powszechne dążenie do kształtowania programów nauczania tak, aby rozwijać kreatywność i stwarzać dogodne warunki dla generowania pomysłów bazujących na innowacyjnych rozwiązaniach.



Rys. 2. Innowatorzy w społeczeństwie.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [4]

Kolejną grupę stanowią, obejmujący 34% populacji, pierwotni odbiorcy, którzy swoje opinie na temat innowacji kształtują obserwując dwie poprzednie grupy. Są to osoby w średnim wieku, podatne na innowacyjne rozwiązania, ale przyjmujące je z pewnym opóźnieniem i bez zbytniego entuzjazmu. Grupę wtórnych odbiorców, obejmującą także 34% populacji, stanowią osoby starsze, często o niskim statusie społecznym, nastawione obojętnie lub negatywnie do innowacyjnych rozwiązań. Poddają się zmianom przyjmując nowe rozwiązania z tak dużym opóźnieniem, że nie wykazują już one cech innowacyjności. Ostatnia grupa maruderów obejmuje 16% populacji, w większości osoby starsze o niskim statusie społecznym negatywnie nastawione do wszelkiego rodzaju zmian. Jak widać, łatwy i szybki odbiór innowacyjnych rozwiązań jest domeną ludzi młodych. Oni też są grupą o największych możliwościach kreowania innowacyjnych rozwiązań, trzeba im tylko do tego stworzyć sprzyjające warunki [5]. Miejscem stwarzającym takie warunki są wyższe uczelnie z odpowiednio dobranymi programami, treściami nauczania i formami zajęć. Jako przykład treści wspomagających kreatywność można wskazać heurystykę uznawaną za

naukę pokazującą metody przydatne przy rozwiązywaniu złożonych problemów. Zgodnie z jej ideą określenie *wynalazca* jest zastępowane określeniem *kreatywny*, posiadający twórczy umysł. Heurystyka wskazuje jak przyspieszyć proces skutecznego dążenia do celu bez konieczności wykonywania wielu nieudanych prób. Celowi temu służą ilościowe i jakościowe metody oraz narzędzia wspomagające procesy twórcze należące do kolejnej dziedziny nauki zwanej inwentyką [6].

### 3. Wynalazki studenckie

Jako potwierdzenie kreatywności młodych ludzi można wskazać działania studentów w obszarze wynalazczości. Jednym z przykładów jest baza danych studenckich wynalazków umieszczana na stronach internetowych Politechniki Świętokrzyskiej [7]. Baza ta jest efektem Ogólnopolskiego Konkursu Student-Wynalazca organizowanego w ostatnich latach przez Politechnikę Świętokrzyską. Konkurs adresowany jest do studentów studiów pierwszego, drugiego i trzeciego stopnia oraz absolwentów, którzy w trakcie studiów byli twórcami lub współtwórcami wynalazku, wzoru użytkowego lub przemysłowego, zgłoszonego do ochrony. Laureaci nagród głównych biorą udział w Międzynarodowej Wystawie Wynalazków w Genewie. Baza ta zawiera 179 opisów wynalazków (styczeń 2013). Jako przykłady wynalazków opartych na atrakcyjnym pomysle, a nie będących wynikiem żmudnych badań można wskazać wybrane z bazy dwie pozycje.

„Narzędzie na palec, zwłaszcza dla niepełnosprawnych” (Konkurs w 2011 roku)

Przedmiotem wynalazku jest narzędzie na palec, zwłaszcza dla niepełnosprawnych, z dysfunkcją dłoni typu brak kciuka lub innych palców. Narzędzie umożliwia tym osobom wykonywanie niektórych czynności. Wynalazek przeznaczony jest ponadto dla osób cierpiących na częste zapalenia nadgarstków, wywołanych np. użytkowaniem klasycznych narzędzi piśmienniczych. Jako narzędzie piśmiennicze jest także alternatywą dla osób pełnosprawnych. Forma narzędzia jest wynikiem analiz ergonomicznych. Niemal każda krzywizna, każda odległość jest uzasadniona, wynika z anatomii ludzkiej dłoni. Produkt posiada konstrukcję, dzięki której jest możliwe np. pisanie, za pomocą jednego tylko palca. Wynalazek zdobył główną nagrodę dla „The Best Young Inventor”, przyznaną przez Światową Organizację Własności Intelektualnej podczas 39 Międzynarodowej Wystawy Wynalazków w Genewie

„Siedzisko porodowe – rodzisko” (Konkurs w 2012 roku)

Poród fizjologiczny przebiega najsprawniej w pozycji wertykalnej, wymagającej różnego typu podparcia. Prezentowane podparcie umożliwia przyjmowanie kilku takich pozycji i może stanowić alternatywę dla najczęściej praktykowanej w szpitalach pozycji leżącej na plecach. Kształt rodziska zdeteminowany jest jego funkcją - zachęca kobiety do porodu aktywnego, do poszukiwania odpowiedniej pozycji. Ma zróżnicowane powierzchnie, jest wykończony miłym w dotyku tworzywem, może być używany przy porodzie w wodzie. Wynalazek można stosować jako pomoc przy porodach zarówno szpitalnych, jak i domowych. Wynalazek zdobył złoty medal na 40 Międzynarodowej Wystawie Wynalazków w Genewie.

Wspomniany konkurs nie jest jedynym miejscem prezentacji wynalazków i innowacyjnych pomysłów. Na stronach internetowych portalu innowacji [8] można znaleźć wiele tego rodzaju konkursów: Polski Produkt Przyszłości, Młody Wynalazca, Student – Wynalazca,

Europejski Wynalazca Roku – European Inventor Award, Innowator Mazowska, Studencki Nobel, Imagine Cup, Kobieta Wynalazca. Z pewnością nie są to wszystkie inicjatywy promujące wynalazczość i innowacyjność.

#### 4. Rozwój wyrobu

W rynkowym cyklu życia produktu wyróżniane są cztery fazy: wprowadzenie na rynek, wzrost sprzedaży, dojrzałość-nasylenie, spadek sprzedaży. W obecnych czasach szybkiego rozwoju średni cykl życia produktu wytwarzanego w cyklu produkcyjnym wynosi 36 miesięcy. Konieczne jest więc w podobnych lub krótszych cyklach wprowadzanie całkowicie nowych produktów, co jest rzadkością, lub rozwój aktualnie produkowanych tak, aby utrzymywać poziom sprzedaży. Podstawą dla wprowadzania nowych produktów lub rozwoju już wytwarzanych są pomysły. Szacuje się, że z 333 pomysłów jedynie 23 mają cechy oryginalności, 6 może być patentowanych, 2 mogą być podstawą dla wprowadzanych na rynek produktów, a 1 produkt może uzyskać sukces rynkowy [9]. Pomocna tutaj wydaje się być wywodząca się z japońskiej kultury i praktyki zarządzania filozofia Kaizen promująca ciągły i niekończący się proces rozwoju utożsamianego z ulepszaniem.

W dalszej części artykułu pokazane są działania związane z generowaniem i oceną pomysłów wykorzystywanych w rozwoju wyrobu. Działania te są elementem programu studiów na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji realizowanego przez autorów artykułu w ramach seminarium dyplomowego i prac dyplomowych na studiach I stopnia.

#### 5. Implementacja metodyki FMEA

Klasyczna metoda FMEA odnosi się do wad wyrobu rozumianych głównie jako nieprawidłowości w wykonaniu lub działaniu. Według polskiej terminologii jest to „Analiza przyczyn i skutków wad”, jako tłumaczenie angielskiej nazwy „Failure Mode and Effect Analysis”. Jej zastosowanie pozwala na wskazanie wad najbardziej istotnych z sugestią, że od nich należy rozpocząć działania naprawcze. Obecnie zaliczana jest ona do metod zarządzania jakością, ma znaczenie profilaktyczne, stosowana jest na etapie projektowania wyrobów i procesów oraz produkcji. Metodę opracowano w USA dla potrzeb przemysłu zbrojeniowego, a w roku 1949 opisano ją w normie MIL-P 1629. Bardzo szybko zastała ona przejęta przez inne branże, głównie związane z przemysłem samochodowym, lotniczym i kosmicznym. Rozpowszechnienie metody ma charakter łańcuchowy, obejmuje zarówno producentów wyrobów finalnych i ich dostawców, dla których w wielu przypadkach stosowanie metody FMEA jest warunkiem otrzymania zamówienia na produkcję podzespołów lub elementów [10]. Ideą metody jest ocena istotności potencjalnej wady poprzez koniunkcję trzech czynników:

- Znaczenie wady (Z)
- Ryzyko (prawdopodobieństwo) wystąpienia wady (R)
- Trudności wykrycia wady (W)

Czynnikom tym przypisywane są wartości liczbowe, najczęściej z przedziału 1 – 10, określające natężenie cechy reprezentowanej przez wskazane trzy czynniki. Iloczyn wartości liczbowych przypisanych kolejnym czynnikom, nazywany wskaźnikiem priorytetu (P), pozwala usytuować wadę na liście rankingowej wskazując jednocześnie jej istotność. Wysokie pozycje na tej liście zajmują wady o dużym znaczeniu, dużym prawdopodobieństwie wystąpienia oraz trudne do wykrycia w procesie produkcji.

Podobną metodykę można zastosować w procesie rozwoju wyrobu, gdzie ocenie poddawane są pomysły mające na celu zwiększenie funkcjonalności poprzez rozszerzenie możliwych zastosowań lub ułatwienie użytkownika wyrobu. Tak zdefiniowane zwiększenie funkcjonalności pozbawia wyrób umownych wad, rozumianych jako brak możliwości realizacji pewnych potrzeb lub ich utrudniona realizacja. Dzięki temu w wielu przypadkach efektem zmian w ramach rozwoju wyrobu może być pozytywne zaskoczenie i przewyższenie oczekiwaniami klienta. Proces ten można podzielić na kilka etapów:

Etap 1: Generowanie pomysłów.

Na tym etapie wykorzystywana jest kreatywność co pozwala wymyślać zmiany i modyfikacje wyrobu z ukierunkowaniem na dodatkowe funkcjonalności. Jedną z metod może być klasyczna burza mózgów w ujęciu takim, jakie przedstawił A. F. Osborn [3] uzupełniona analizą rynku.

Etap 2: Wybór pomysłów do oceny.

Pośród generowanych pomysłów wybierane są te, które podlegać będą dalszej analizie i ocenie. Dla wskazanych pomysłów opisywane są skutki jakie wywoła wprowadzenie związanych z nimi funkcjonalności oraz niedogodności (wady) występujące przy ich braku. Na tym etapie proponowane funkcjonalności mogą być grupowane według ustalonego klucza i przedstawiane w formie graficznej z wykorzystaniem wykresu Ishikawy.

Etap 3: Ocena pomysłów – ranking.

Na tym etapie dokonywana jest ocena umożliwiająca tworzenie list rankingowych z wykorzystaniem metodyki podobnej do tej stosowanej w FMEA. Ideą metody jest ocena istotności potencjalnych funkcjonalności poprzez koniunkcję trzech czynników:

- Znaczenie funkcjonalności (Z). Jest to ważność dla użytkownika danej funkcjonalności w kupowanym wyrobie.
- Prawdopodobieństwo wystąpienia potrzeby użycia funkcjonalności (P). Określone jest jako miara częstości występowania potrzeby wykorzystania wskazanej funkcjonalności.
- Trudności wykrycia potrzeby posiadania funkcjonalności (W). Wskazuje stopień oczekiwania (poszukiwanie, dopytywanie się) na daną funkcjonalność w procesie wyboru i zakupu wyrobu. Inaczej mówiąc wskazuje na stopień zdziwienia (zaskoczenia) istnieniem takiej funkcjonalności wyrobu, co jest tożsame z niezwracaniem uwagi na tą funkcjonalność w procesie wyboru i zakupu wyrobu

Czynnikom tym przypisywane są wartości liczbowe o wartościach 1 – 3 – 5 określające (małe – średnie - duże) natężenie cechy reprezentowanej przez wskazane trzy czynniki. Iloczyn wartości liczbowych przypisanych kolejnym czynnikom, nazywany wskaźnikiem istotności (I), pozwala usytuować funkcjonalność na liście rankingowej wskazując jednocześnie jego istotność. Wysokie pozycje na liście będą zajmowały propozycje dotyczące funkcjonalności ważnych, często wykorzystywanych w trakcie użytkowania wyrobu, o których w większości przypadków klient nie myśli podczas zakupu.

Etap 4: Wybór istotnych pomysłów.

Na podstawie obliczonych wartości wskaźnika priorytetu tworzony jest wykres słupkowy, na którym widoczne są tendencje zmian istotności ocenianych pomysłów. Bazując na zasadzie Pareto wybierane są pomysły w liczbie 20-30% wszystkich, traktowane jako

istotne do wprowadzenia w pierwszej kolejności. Zasada Pareto nie jest stosowana w sposób sztywny i mogą być inne kryteria wskazywania istotnych pomysłów. Może to być szczególnie duży skok wartości wskaźnika P lub arbitralnie ustalona jego wartość.

Etap 5: Propozycje sposobu realizacji zmian.

Wybrany zestaw proponowanych do wprowadzenia istotnych zmian jest poddany dyskusji obejmującej możliwości i sposoby praktycznej realizacji. Podawane tutaj są propozycje szczegółowych rozwiązań będące pomocą w opracowywaniu projektu wykonawczego. Na tym etapie może być też zalecana rezygnacja z wprowadzania części zmian z podaniem należytego uzasadnienia.

W przedstawionej metodzie ustalany jest porządek liniowy na podstawie trzech cech. Miarą tego porządku jest wskaźnik istotności, wyznaczany jako iloczyn czynników  $I = Z * P * W$ . Do ustalania porządku, czyli tworzenia listy rankingowej można wykorzystać inny sposób, przykładowo stosując metodę DEA (Data-Envelopment-Analysis), co wiąże się z uzyskaniem nieco innego wyniku końcowego [4].

## 6. Rozwój przykładowego wyrobu

Przykładowym wyrobem, dla którego przedstawiono propozycje zwiększenia funkcjonalności jest rower miejski typu damka użytkowany głównie przez kobiety. Tradycyjny rower miejski, tzw. holender, zbudowany jest najczęściej na kołach 28-calowych, posiada giętą, szeroką kierownicę, krótką ramę i szerokie siodelko umożliwiające jazdę w pozycji wyprostowanej. Posiada on też zwykle lampki zasilane z dynamo, komplet błotników, osłonę na łańcuch, nóżkę, bagażnik tylny, czasem osłonę tylnego koła czy koszyk. Popularny rower miejski typu damka posiada ramę z górną rurą znacznie obniżoną w celu wygodniejszego wsiadania i umożliwiającą jazdę w spódnicy lub sukience. Często rura podsiodłowa w damce ustawiona jest bardziej pionowo, dzięki czemu siedzi się bliżej kierownicy i w bardziej wyprostowanej pozycji. We współczesnych rowerach miejskich najczęściej stosuje się przerzutki zewnętrzne lub wewnętrzne, a ich rodzaj zależy od kraju, producenta i modelu. W Holandii, która jest najważniejszym europejskim producentem rowerów miejskich, najpopularniejsze są przerzutki planetarne (wewnętrzne, umieszczone wewnątrz tylnej piasty – od 3 do 14 biegów) i hamulce torpeda (popularna "kontra") lub bębnowe (rolkowe, umieszczone w piastach). Wewnętrzne przerzutki i hamulce, a także spotykane coraz częściej dynamo w piaście przedniego koła, nie wymagają w praktyce regulacji ani konserwacji, działają niezależnie od warunków atmosferycznych i nie są narażone na korozję. [11]. Pokazany poniżej przykład zastosowania opisanego wzorowany jest na studenckiej pracy dyplomowej [12] i dotyczy rozwoju roweru miejskiego.

Etap 1, Generowanie i wybór pomysłów. W ramach sesji twórczej typu burza mózgów w trakcie seminarium dyplomowego w 16 osobowej grupie przedstawiono szereg pomysłów, wśród których były także takie, które nie zwiększają funkcjonalności roweru miejskiego.

Etap 2: Wybór pomysłów do oceny. Pomysły poddano wstępnej analizie i wybrano jedynie te, które rzeczywiście związane są z funkcjonalnością roweru miejskiego. Ten zestaw 21 pomysłów poddano dalszej analizie rozpoczynając od krótkiego opisu zalet wskazanych funkcjonalności. Część przedstawionych pomysłów nie wykazuje cech innowacyjności

gdyż są to znane i stosowane rozwiązania.

1. Bagażnik plastikowy z zamknięciem. Bagażnik jest bardzo przydatny przy dokonywaniu zakupów, a zamknięcie plastikową klapą z zamkiem stanowi zabezpieczenie przed wypadaniem przedmiotów, kradzieżą i deszczem.
2. Stabilny podnóżek. Pozwala na ustawienie roweru w pionowej pozycji i wkładanie lub wyjmowanie przedmiotów z bagażnika w sposób zapobiegający przewróceniu.
3. Koszyk z przodu na torebkę z zabezpieczeniem. W rowerze użytkowanym głównie przez kobiety ważnym elementem jest miejsce na schowanie torebki, co może być funkcją koszyka umieszczonego przed kierownicą z zamykaną klapą. Umieszczone tam przedmioty są widoczne podczas jazdy, co stanowi dodatkowe zabezpieczenie.
4. Uchwyt na telefon z osłoną przeciwdeszczową. Pozwala na łatwy dostęp do telefonu i śledzenie ekranu także w przypadku wyświetlanej tam mapy.
5. Wbudowany układ zabezpieczający przed kradzieżą obydwu koła. Nie wymaga wożenia dodatkowych elementów i zabezpiecza przed kradzieżą części roweru po odkręceniu przedniego koła.
6. Solidna osłona łańcucha, biegi w tylnej piaście. Takie rozwiązanie zabezpiecza przed zabrudzeniem lub uszkodzeniem odzieży, szczególnie długiej sukienki lub spódnicy.
7. Osłona tylnego koła. Podobnie jak poprzednio zabezpiecza przed zabrudzeniem lub uszkodzeniem odzieży, szczególnie długiej sukienki lub spódnicy.
8. Ogniwa solarne z akumulatorem. Stanowi źródło energii elektrycznej wytwarzanej i użytkowanej także podczas postoju roweru.
9. Kierunkowskazy, światła stop. Zwiększa bezpieczeństwo szczególnie w miejskim ruchu drogowym, ale wymaga stałego źródła prądu.
10. Możliwość ładowania telefonu. W obecnych czasach, gdy telefon staje się niezbędnym wyposażeniem, zwiększa komfort szczególnie w przypadku zwiększonego zapotrzebowania na energię przy korzystaniu z map lub GPS.
11. Zestaw głośnomówiący. Pozwala na wygodne użytkowanie telefonu podczas jazdy lub słuchanie muzyki z odtwarzacza MP3.
12. Zabezpieczenie przed pozostawieniem telefonu. Łagodzi stres wywołany groźbą zgubienia telefonu, a może być realizowane jako sygnał dźwiękowy inicjowany ustawieniem roweru na podnóżku.
13. Wentylator chłodzący w upalne dni. Bardzo przydatny w upalne dni podczas postoju na skrzyżowaniach, ale wymaga stałego źródła prądu.
14. Prędkościomierz z licznikiem kilometrów. Bardzo pomocny przy określaniu parametrów jazdy.
15. Czujnik siły nacisku na pedały. Wyświetlanie tej informacji na ekranie prędkościomierza będzie wskazówką do zmiany biegu lub zmiany prędkości jazdy.
16. Informacja o potrzebie zmiany biegu. Pozwoli dobrać odpowiedni bieg w celu optymalizacji parametrów takich jak: siła nacisku oraz prędkość obrotowa pedałów.
17. Uchwyt lub pojemnik na kask. Pozwoli wygodnie i bezpiecznie przechowywać kask poza czasem jazdy na rowerze.
18. Pokrowiec przeciwdeszczowy na siodelko. Zabezpiecza siodelko przed działaniem deszczu podczas postoju roweru.

19. Pojemnik z peleryną. Uwalnia rowerzystę od zabierania dodatkowego bagażu w postaci parasola lub peleryny na wypadek jazdy podczas deszczu.
20. Lusterko z zestawem kosmetycznym. Odpowiednio dobrany zestaw pozwala odświeżyć się i poprawić wygląd po długotrwałej jeździe.
21. Zaczep do przyczepki na zakupy. Umożliwia łatwe podłączenie przyczepki do wożenia większych zakupów lub wożenia dzieci.

Etap 3: Ocena pomysłów – ranking. Przedstawione 21 pomysłów podzielono na 4 grupy ze względu na typ zadań realizowanych przez daną funkcjonalność: transport, bezpieczeństwo, elektryka, komfort (W zadaniu studenckim pokazano to w formie wykresu Ishikawy, który tutaj pominięto ze względu ograniczoną objętość artykułu). Następnie dla każdej funkcjonalności wyznaczono wartości współczynników Z, P, W. Dla zbierania danych w opisywanym przykładzie posłużono się ankietą wypełnianą przez grupę studentów (około 30 studentów w tym 18 kobiet). Uśrednione wyniki zamieszczono w tabeli 1. Następnie obliczono wskaźnik istotności I jako iloczyn wartości  $Z \cdot P \cdot W$  co pokazano w ostatniej kolumnie tabeli.

Tab.1. Wyniki analizy (źródło: opracowanie własne)

Grupa	Funkcjonalność		Czynniki			Wskaźnik
	Nr	Nazwa	Z	P	W	
Transport	1	Bagażnik plastikowy z zamknięciem	3,6	4,1	2,3	33,9
	2	Koszyk z przodu na torebkę z zabezpieczeniem	3,8	4,4	3,7	61,9
	3	Uchwyt lub pojemnik na kask	2,6	3,4	2,7	23,9
	4	Uchwyt na telefon z osłoną przeciwdeszczową	4,2	3,8	4,4	70,2
	5	Zaczep do przyczepki na zakupy	1,4	2,1	3,1	9,1
Bezpieczeństwo	6	Stabilny podnózek	4,2	4,6	3,8	73,4
	7	Układ zabezpieczający przed kradzieżą obydwu koła	3,8	3,9	3,1	45,9
	8	Solidna osłona łańcucha, biegi w tylnej piaście	2,3	2,1	2,8	13,5
	9	Osłona tylnego koła	2,9	2,7	2,6	20,4
	10	Zabezpieczenie przed pozostawieniem telefonu	4,2	3,7	4,6	71,5
Elektryka	11	Ogniwa solarne z akumulatorem	1,8	2,9	4,6	24,0
	12	Kierunkowskazy, stop	2,2	3,1	3,6	24,6
	13	Możliwość ładowania telefonu	4,2	2,3	3,1	29,9
	14	Zestaw głośnomówiący	1,7	2,3	3,2	12,5
	15	Wentylator chłodzący w upalne dni	1,9	1,5	3	8,6
Komfort	16	Prędkościomierz z licznikiem kilometrów	4,3	4,4	3,2	60,5
	17	Pokrowiec przeciwdeszczowy na siodełko	2,1	3,6	3,2	24,2
	18	Pojemnik z peleryną	3,7	3,9	3,7	53,4
	19	Lusterko z zestawem kosmetycznym	2,7	4,2	3,2	36,3
	20	Czujnik siły nacisku na pedały	1,4	1,8	3,9	9,8
	21	Informacja o potrzebie zmiany biegu	1,5	1,6	3,1	7,4

Proponowane zmiany funkcjonalne zostały posortowane ze względu na wartość wskaźnika istotności tworząc w ten sposób listę rankingową ze względu na istotność proponowanych funkcjonalności (Tabela 2). W ostatniej kolumnie tabeli zamieszczono procentową zmianę wartości wskaźnika obliczaną w odniesieniu do wartości wyższej.

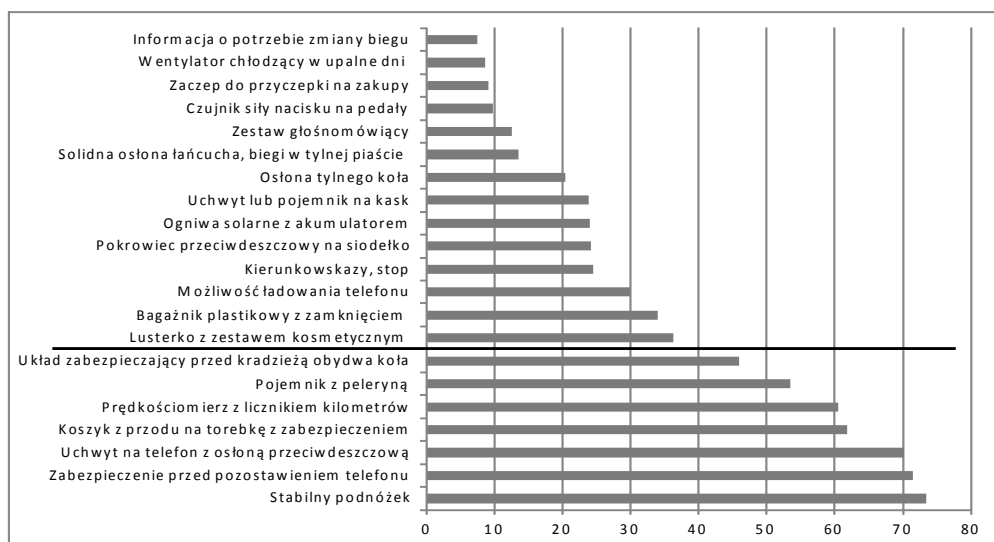


Etap 4: Wybór istotnych pomysłów.

Po wykonaniu wykresu słupkowego obrazującego rozkład wskaźnika istotności (Rys.3) następuje wybór proponowanych do zastosowania funkcjonalności.

Tab. 2. Istotność proponowanych funkcjonalności (źródło: opracowanie własne)

Funkcjonalności		Wskaźnik	Zmiana wskaźnika
Nr	Nazwa		
6	Stabilny podnóżek	73,4	
10	Zabezpieczenie przed pozostawieniem telefonu	71,5	3%
4	Uchwyt na telefon z osłoną przeciwdeszczową	70,2	2%
2	Koszyk z przodu na torebkę z zabezpieczeniem	61,9	12%
16	Prędkościomierz z licznikiem kilometrów	60,5	2%
18	Pojemnik z peleryną	53,4	12%
7	Układ zabezpieczający przed kradzieżą obydwu koła	45,9	14%
19	Lusterko z zestawem kosmetycznym	36,3	21%
1	Bagażnik plastikowy z zamknięciem	33,9	6%
13	Możliwość ładowania telefonu	29,9	12%
12	Kierunkowskazy, stop	24,6	18%
17	Pokrowiec przeciwdeszczowy na siodełko	24,2	1%
11	Ogniwa solarne z akumulatorem	24,0	1%
3	Uchwyt lub pojemnik na kask	23,9	1%
9	Osłona tylnego koła	20,4	15%
8	Solidna osłona łańcucha, biegi w tylnej piaście	13,5	34%
14	Zestaw głośnomówiący	12,5	7%
20	Czujnik siły nacisku na pedały	9,8	21%
5	Zaczep do przyczepki na zakupy	9,1	7%
15	Wentylator chłodzący w upalne dni	8,6	6%
21	Informacja o potrzebie zmiany biegu	7,4	13%



Rys. 3. Wskaźnik istotności dla ocenianych funkcjonalności

Źródło: Opracowanie własne

W rozważanym przypadku wybrano 7 funkcjonalności o najwyższej wartości wskaźnika istotności. Są to:

- Stabilny podnóżek
- Zabezpieczenie przed pozostawieniem telefonu
- Uchwyt na telefon z osłoną przeciwdeszczową
- Koszyk z przodu na torebkę z zabezpieczeniem
- Prędkościomierz z licznikiem kilometrów
- Pojemnik z peleryną
- Układ zabezpieczający przed kradzieżą obydwu koła

Wybrane 7 funkcjonalności stanowi 33% wszystkich, co jest zgodnie z istotą zasady Pareto. Ponadto jest to granica dużej względnej zmiany wartości wskaźnika wynoszącej 21%.

Etap 5: Propozycje sposobu realizacji zmian.

Stabilny podnóżek. Jest to dość proste zadanie do wykonania, tego rodzaju podnóżki są stosowane w różnego rodzaju rowerach. Przykładowe rozwiązania pokazano na rys 4.



Rys. 4. Stabilny podnóżek i uchwyt na telefon  
Źródło: [13, 14]

Zabezpieczenie przed pozostawieniem telefonu. Jednym z rozwiązań jest ostrzeżenie sygnałem dźwiękowym np. po postawieniu roweru na podnóżku. Wymaga to rozbudowy instalacji elektrycznej i wyposażenie roweru w akumulator doładowywany za pomocą dynamo i zasilacza solarnego. Ponieważ nie planuje się na tym etapie rozbudowy instalacji elektrycznej, uzasadniona jest rezygnacja z tej funkcjonalności.

Uchwyt na telefon z osłoną przeciwdeszczową. Są to znane rozwiązania, należy tylko włączyć je do standardowego wyposażenia roweru. Osłonę przeciwdeszczową stanowi pokrowiec z przezroczystą przednią ścianką, co umożliwia obsługę ekranów dotykowych. Otwór w bocznej części pokrowca pozwala na podłączanie słuchawek (Rys.4).

Koszyk z przodu na torebkę z zabezpieczeniem. Istnieje duży wybór koszyków rowerowych montowanych przed kierownicą. Brak jednak niewielkich koszyków lub pojemników z zamknięciem zabezpieczającym jednocześnie przed deszczem, konieczne jest więc zastosowanie specjalnie zaprojektowanego rozwiązania.

Prędkościomierz z licznikiem kilometrów. Są to znane rozwiązania, istnieje na rynku

bardzo wiele liczników, należy tylko włączyć je do standardowego wyposażenia roweru. Pojemnik z peleryną. Na rynku dostępnych jest wiele typów peleryn rowerowych. Tutaj proponuje się wydzielić w odpowiedniej wielkości przestrzeni w przednim koszyku z przeznaczeniem na pelerynę.

Układ zabezpieczający przed kradzieżą obydwu koła. Cechą wyróżniającą tego zabezpieczenia jest ochrona dwóch kół. Proponuje się zastosowanie zabezpieczenie kół przed odkręcaniem za pomocą zamka szyfrowego i typowy element zabezpieczający umieszczony w specjalnym uchwycie (Rys.5).



Rys. 5. Zabezpieczenie przed kradzieżą  
Źródło: [15, 16]

Otrzymany za pomocą wskazanej metodyki zestaw funkcjonalności proponowanych do zastosowania nie ma charakteru arbitralnego. Jest to jedynie pomoc w podejmowaniu decyzji rozwojowych, które mogą obejmować inny zestaw zmian dotyczących analizowanego wyrobu.

## 7. Podsumowanie

Celem pracy jest pokazanie przykładów kreatywności i innowacyjności studentów. Jako potwierdzenie zamieszczono przykład opracowany na podstawie projektu studenckiego, w którym poszukiwano nowych rozwiązań związanych z rozwojem wyrobu. Obiektem analizy był rower miejski, a rozwój dotyczył zwiększenia funkcjonalności. Zastosowano metodę wzorującą się na jednej ze znanych i powszechnie stosowanych metod zarządzania jakością. W pierwszej fazie zaproponowano wiele zmian w wyrobie, w tym także część bardzo ciekawych o charakterze innowacyjnym takich jak przykładowo rozbudowana instalacja elektryczne, pomiar siły nacisku na pedału sygnalizator zmiany biegu. W ostatecznej ocenie rozwiązania te nie zostały zaproponowane do wdrożenia, być może nie nadszedł jeszcze ich czas. Wskazują jednak one na duże możliwości studentów w kreowaniu innowacyjnej rzeczywistości w działaniach inżynierskich, co napawa otuchą odnośnie rozwoju gospodarki. W referacie nie poruszono natomiast zagadnień dotyczących komercjalizacji pomysłów i związanych z tym zagadnień finansowych.

## Literatura:

1. Latzko W. J., saunders D. M.: Cztery dni z Demingiem – nowoczesna teoria zarządzania. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne Warszawa 1998.
2. <http://pl.wikipedia.org/wiki/Kreatywno%C5%9B%C4%87>.

3. [http://en.wikipedia.org/wiki/Diffusion\\_of\\_innovations](http://en.wikipedia.org/wiki/Diffusion_of_innovations).
4. Gierulski W., Kaczmarska B.: Methodology for Evaluating Organization Development State. An Application of the DEA Method, LAP Lambert Academic Publishing, Germany 2012, ISBN 978-3-659-22975-6.
5. Arciszewski T.: Edukacja sukcesu – jak kształcić twórczych inżynierów. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej. Kielce 2012.
6. Knosala R. Boratyńska-Sala A., Jurczyk-Bunkowska M., Moczala A.: Zarządzanie innowacjami. PWE 2013 .
7. <http://www.wynalazca.tu.kielce.pl/index.php>.
8. [http://www.pi.gov.pl/PPP/chapter\\_95533.asp](http://www.pi.gov.pl/PPP/chapter_95533.asp).
9. Trzmielak D. M., Bradley Zehner II W.: Metodyka i organizacja doradztwa w zakresie transferu i komercjalizacji technologii. PARP 2011. <http://www.pi.gov.pl/> .
10. Hamrol A.: Zarządzanie jakością w przykładach. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2005.
11. [http://pl.wikipedia.org/wiki/Rower\\_miejski](http://pl.wikipedia.org/wiki/Rower_miejski)
12. Szałas I.: Metodyka FMEA w procesie rozwoju wyrobu na przykładzie roweru miejskiego. Projekt inżynierski, Politechnika Świętokrzyska 2013.
13. <http://www.flowerbike.pl/product-pol-20244-Rower-miejski-Maxim-Stromsholm-2013.html>
14. <http://www.hurt.com.pl/uchwyt-rowerowy-blue-star-bike-rozmiar-samsung-galaxy-s4,p11846.html>.
15. <http://www.high-tech.banzaj.pl/Sphyke-C3N-Bike-Lock-gadzet-do-walki-z-rowerowymi-zlodziejami-79221.html>.
16. <http://www.rowery-rowery.com.pl/zabezpieczenie-roweru-przed-kradzieza>.

Dr hab. inż. Waclaw Gierulski, prof. nadzw. PŚk.  
 Mgr inż. Aleksandra Sulerz  
 Dr inż. Artur Szmidt  
 Katedra Inżynierii Produkcji  
 Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego  
 Politechnika Świętokrzyska  
 25-314 Kielce, Aleja Tysiąclecia PP 7, [www.tu.kielce.pl](http://www.tu.kielce.pl)  
 tel. 41/34-24-440  
 e-mail: [waclaw.gierulski@tu.kielce.pl](mailto:waclaw.gierulski@tu.kielce.pl)  
           [a.sulerz@tu.kielce.pl](mailto:a.sulerz@tu.kielce.pl)  
           [szmidt@tu.kielce.pl](mailto:szmidt@tu.kielce.pl)