

Doktorat wdrożeniowy

Wdrożenie polskiej platformy Nazca 4.0
w celu implementacji koncepcji przemysłu 4.0
w procesach produkcyjnych

Autor: mgr inż. Artur Pollak

Promotor: dr hab. inż. Damian Gąsiorek, prof. PŚ

Gliwice, 2022

Dziękuję wszystkim osobom poprawiającym warunki i jakość pracy człowieka w przemyśle. Szczególnie doceniam wkład Zespołu tworzącego Polską Platformę Przemysłu 4.0 „Nazca 4.0.”

Składam wyrazy serdecznego podziękowania Panu Profesorowi Damianowi Gąsiorkowi, za życzliwość, cenne uwagi merytoryczne i wsparcie oraz motywację do osiągania kolejnych celów.

Serdecznie dziękuję mojej Rodzinie za udzielone wsparcie i wyrozumiałość.

Spis treści

1.	Wstęp.....	4
2.	Cel pracy	6
3.	Zarys historyczny platformy i założenia dla Nazca 4.0	6
3.1.	Założenia przyjęte do opracowania i budowy platformy Nazca 4.0	10
4.	Charakterystyka dostępnych platform IIoT	15
5.	Opis autorskiej platformy Nazca 4.0	22
5.1.	Opis koncepcji procesu wdrożenia platformy Nazca w fabrykach	24
5.2.	Możliwość współpracy platformy Nazca z systemami SCADA	33
5.3.	Innowacyjność platformy Nazca 4.0	36
6.	Prace badawczo rozwojowe w zakresie implementacji algorytmów w platformie Nazca 4.0	38
6.1.	Wyznaczanie wybranych parametrów statystyki opisowej	38
6.2.	Wyznaczanie współczynników KPI – Key Performance Indicators	40
6.3.	Wykrywanie anomalii w sygnałach	42
6.4.	Predykcja zdarzeń - predictive maintenance	44
7.	Wdrożenia platformy Nazca 4.0 w przemyśle	46
7.1.	Fabryka Volkswagena w Poznaniu	46
7.1.1	Wdrożenie 1 - stacja przeładunku samochodów – TYTAN	49
7.1.2	Wdrożenie 2 i 3 - dwie autonomiczne linie transportu podwieszanego ML3 i ML5	59
7.2.	European HealthTech Innovation Center, Laboratorium Philipsa w Zabrzu	64
7.3.	KUKA College Centre w Tychach	67
8.	Innowacyjność platformy Nazca 4.0 według niezależnych ekspertów	70
9	Wnioski do pracy	80
10.	Dalsze prace rozwojowe platformy Nazca 4.0	82
	Literatura	83
	Streszczenie w języku polskim	89
	Streszczenie w języku angielskim	90

Spis załączników

1.	Oświadczenie o udziale procentowym w opracowaniu platformy Nazca 4.0	91
2.	Potwierdzenie wdrożenia platformy Nazca 4.0	
a.	Fabryka VW w Poznaniu	92
b.	EHTIC - European HealthTech Innovation Center w Zabrzu	94
c.	Centrum Szkoleniowe Kuka w Tychach	96
3.	Oświadczenie o wkładzie poszczególnych autorów w powstanie publikacji	98

1. Wstęp

W roku 2011 na Światowym Forum Ekonomicznym w Davos Klaus Schwab przekonywał, że w kolejnych latach będziemy uczestnikami ogromnych przemian wywołanych kumulacją zmian technologicznych. Opisał je następnie w swojej książce pt. Czwarta rewolucja przemysłowa, podkreślając ich kompleksowość wynikającą z powiązań między branżami oraz obszarami technicznym, społecznym i organizacyjnym [4]. Konsekwencjami przemian i powiązań jest powstawanie innowacyjnych produktów i usług, podwyższenie jakości obsługi klientów, dynamiczne zmiany na rynku pracy oraz przedefiniowanie dotychczasowych modeli biznesowych. Pozytywne wartościowanie tych przekształceń wiąże się przede wszystkim z faktem, że stwarzają one szansę na regenerację i ochronę stanu środowiska naturalnego.

Zmianom technologicznym i gospodarczym towarzyszą zmiany społeczne. Nowe sposoby posługiwania się technologią wpływają na zmiany w zakresie form komunikowania się, współpracy, a nawet funkcjonowania w życiu poza pracą (np. możliwość pozostawania w stałym kontakcie mimo dystansu fizycznego czy e-sport). Efekty tych przemian dla funkcjonowania grup i jednostek są szeroko dyskutowane. Z jednej strony, prowadzone badania i analizy podnoszą pytania o masowe bezrobocie technologiczne i społeczne oraz nierówności w wyniku postępu technologicznego [80,81]. Z drugiej strony, autorzy wskazują na coś przeciwnego, twierdząc, że technologia uwalnia pracowników od ciężkich i monotonicznych zadań, pozostawiając im bardziej kreatywne i dające spełnienie zadania [82]. Znajduje to wyraz w tworzeniu się nowych i zanikaniu pewnych zawodów, co wiąże się z wymaganiem posiadania innych, nowych kompetencji [79]. Dzięki posiadaniu kompetencji cyfrowych, technicznych oraz poznawczych i społecznych pracownicy przejawiają zdolność do pracy z danymi, są zorientowani w możliwościach i ograniczeniach systemów technicznych, potrafią rozpoznać wiarygodne informacje, a także przejawiać kreatywność w myśleniu i elastyczność w działaniu [84]. Jednym z przykładów zanikającego zawodu jest drukarz w poligrafii, ze względu na cyfrowy skład i wszechobecne narzędzia cyfrowe umożliwiające czytanie bez wydruku. Natomiast przykładem zawodu pojawiającego się na rynku, jest zawód drukarza 3D, który coraz częściej spotykany jest w firmach produkcyjnych. Mimo podobieństw w nazwach zawodów, zakresach pełnionych ról i realizowanych obowiązkach pracowniczych, od osób tych oczekuje się innych kompetencji, czyli takich, które zapewniają wydajność pracy i umocnienie pozycji konkurencyjnej przedsiębiorstwa.

W swoich przewidywaniach Schwab wskazał na dziewięć obszarów, w których zmiany będą największe, tj. komputery kwantowe, sztuczna inteligencja (AI), robotyka, Internet Rzeczy (IoT), autonomiczne samochody, druk 3D, nanotechnologia, biotechnologia, materiałoznawstwo oraz akumulowanie energii. Właśnie te kluczowe

technologie i ich wpływ na funkcjonowanie przedsiębiorstw zostały zaprezentowane w monografii pt. „Przedsiębiorstwo 4.0, 360°. Rekomendacje dobrych praktyk”, pod redakcją merytoryczną Artura Pollaka [22]. Ideą, która przyświecała powstaniu publikacji, poza przedstawieniem rozwiązań i rekomendacji co do skutecznego wdrażania nowych technologii, było uwzględnienie kontekstu funkcjonowania małych i średnich przedsiębiorstw. Z racji tego, że stanowią one 99% firm działających w Polsce [83] wydawało się zasadne skoncentrowanie na nich uwagi i wsparcie ich poprzez zalecenia służące podniesieniu konkurencyjności dzięki wprowadzeniu automatyzacji i modelu Przemysłu 4.0. Było to jednocześnie spójne z celami powołanej w 2019 roku organizacji – Fundacji Platformy Przemysłu Przyszłości, która zorientowana jest na realizację potrzeb związanych z koniecznością wprowadzenia zmian związanych z technologią, sposobu ich wykorzystania i dopasowania do potrzeb polskiego przemysłu.

Dotychczas zebrane doświadczenia autora wskazują na rynkową potrzebę budowania narzędzi wspierających proces transformacji cyfrowej przedsiębiorstw. Transformacja cyfrowa stanowi wiodący trend kształtujący kierunek restrukturyzacji współczesnych przedsiębiorstw. Wydaje się, że właśnie od poziomu świadomości znaczenia potrzeby tych zmian oraz znajomości sposobu ich wprowadzania zależy przyszłość przedsiębiorstw.

Znaczenie potrzeby zmian zostało potwierdzone wynikami badań zebranych w grupie osób zarządzających przedsiębiorstwami, zrealizowanymi w roku 2019 [8]. Wskazano tam trzy główne czynniki ograniczające wprowadzenie transformacji cyfrowej w polskich przedsiębiorstwach tj. wysoki koszt wdrożenia transformacji cyfrowej, obawy pracowników przed zmianami i nowymi technologiami oraz brak ekspertów.

Propozycją wprowadzania zmian zgodnych z modelem Przemysłu 4.0, będącą również odpowiedzią na wskazane ograniczenia, jest wykorzystanie nowoczesnych platform IIoT. Pozwalają one na zakodowanie wiedzy eksperckiej, umożliwiają agregację danych i ich zaawansowaną analizę dzięki wykorzystaniu zaawansowanych narzędzi tj. uczenie maszynowe (ML) czy sztuczna inteligencja (AI). Takie połączenie daje możliwość wykrycia anomalii i odchyłeń od stanu oczekiwanego, cennych w kontekście przewidywania zdarzeń nieoczekiwanych i awarii w przyszłości [7,9,10].

Powyższe analizy i rozważania doprowadziły do postawienia pytania o możliwość opracowania polskiej platformy IIoT. Platforma ta powinna umożliwić połączenie sensorów, sterowników, aktuatorów w jednolity system IIoT. W ramach prac rozwojowych powstała platforma, która została wzbogacona o zestaw narzędzi do agregacji i analizy danych [7,9,10]. Na zestaw narzędzi składają się autorskie algorytmy pozwalające na poszukiwanie i wykrywanie anomalii w dostępnych sygnałach. Platforma została wdrożona w zakładach przemysłowych, a ich wdrożenie opisane w pracy. Opis proponowanego rozwiązania – Platformy NAZCA 4.0. – obejmuje zarówno tło historyczne, które pozwoliło na zreferowanie wymagań dla tego typu

rozwiązań; porównanie dostępnych na rynku wybranych platform IIoT, dzięki któremu identyfikowano mocne i słabe strony propozycji oraz przedstawiono możliwe kierunki przyszłych jej modyfikacji. W załącznikach do pracy znajdują się potwierdzenia udziału procentowego Doktoranta w opracowaniu platformy Nazca 4.0, a także potwierdzenia wdrożeń platformy w przemyśle. Wdrożenia wykonane były pod kierownictwem Autora pracy, a zaimplementowane algorytmy są jego współautorskim rozwiązaniem.

W trakcie prac związanych z budową platformy Nazca 4.0 wynikła potrzeba rynkowa opracowania platformy do pomiarów i analizy konsumpcji energii elektrycznej. Pod kierownictwem Autora pracy opracowano i wdrożono do przemysłu platformę o nazwie handlowej IPOE (Inteligentna Platforma Optymalizacji Energii). Głównym jej celem jest poprawa efektywności energetycznej przedsiębiorstw zgodna z normą ISO 50001. W platformie IPOE zastosowano algorytmy wypracowane podczas realizacji prac rozwojowych związanych z budową platformy Nazca 4.0.

2. Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wdrożeń autorskiej platformy IIoT Nazca 4.0 i jej wpływu na zmiany w procesach produkcyjnych. Wdrożenia platformy zostaną przedstawione na przykładzie trzech wdrożeń w różnych sektorach przemysłu. Zgodnie z trendami panującymi na światowych rynkach możliwe było opracowanie i wdrożenie polskiej platformy Nazca 4.0 w celu implementacji koncepcji przemysłu 4.0 w procesach produkcyjnych.

Zakres pracy obejmuje porównanie dostępnych na światowym rynku platform IIoT i ich funkcjonalności oraz opis koncepcji powstawania platformy Nazca 4.0, zastosowanych algorytmów do wyznaczania parametrów ilościowych i jakościowych z procesów zbieranych w czasie rzeczywistym. Najistotniejszymi elementami pracy są opisy wdrożeń platformy w przemyśle. W zakresie pracy uwzględniono również opis innowacyjności platformy Nazca 4.0 oraz analizę wniosków.

3. Zarys historyczny platformy i założenia dla Nazca 4.0

W roku 2011 grupa firm technologicznych, w skład której wchodziły m.in. Siemens i Bosch, przedstawiła koncepcję Przemysłu 4.0 (niem. Industrie 4.0). Koncepcja odnosi się do pojęcia „rewolucji przemysłowej” i jest określana jako czwarta rewolucja przemysłowa w związku ze współczesnym wzajemnym wykorzystywaniem automatyzacji, przetwarzania i wymiany danych oraz technik wytwórczych.

Definicyjnie jest zbiorczym terminem dla technik i zasad funkcjonowania organizacji łańcucha wartości łącznie stosujących lub używających systemów cyber-fizycznych, Internetu rzeczy (IoT) i przetwarzania chmurowego. Stanowi

podejście, w którym urzeczywistnia się idea inteligentnej fabryki, w której systemy cyber-fizyczne sterują procesami fizycznymi i tworzą wirtualne (cyfrowe) kopie świata realnego oraz podejmują zdecentralizowane decyzje, a poprzez Internet rzeczy w czasie rzeczywistym komunikują się i współpracują ze sobą oraz z ludźmi, natomiast dzięki przetwarzaniu chmurowemu oferowane i użytkowane są usługi wewnętrzne i międzyoperacyjne. Niemiecka Akademia Nauki i Inżynierii (ACATECH) pełni rolę wiodącego ciała badawczego wspieranego przez niemiecki rząd federalny i kraje związkowe i jest współtwórcą idei Przemysłu 4.0. W ramach prowadzonych przez organizację seminariów w 2011 roku, omówiono i zdefiniowano niezbędne kroki transformacji prowadzących do osiągnięcia celu, który można uznać za egzemplifikację Przemysłu 4.0., co zostało przedstawione na Rys. 1. Co istotne, przedstawiciele ACATECH w swoich prezentacjach z roku 2021, podtrzymują te ustalenia i prezentują stanowisko, że idea Przemysłu 4.0 zawiera metody, które służą osiągnięciu określonego poziomu działań na poziomie przedsiębiorstwa [86].



Rysunek 1. Niezbędne kroki transformacji w ramach Przemysłu 4.0 przedstawione przez ACATECH [86]

Dynamiczny rozwój polskiej gospodarki i konieczność dostarczania produktów wysokiej jakości na rynki europejski i światowe, powoduje rosnące wymagania, które stawiane są przed systemami zautomatyzowanej produkcji.

Nowoczesne fabryki stanowią skomplikowany ekosystem, w którym, dzięki Internetowi wszystkie systemy wymieniają dane, aby produkcja była wydajna, efektywna energetycznie (w celu ograniczenia emisji CO₂) i w końcowym efekcie ekonomiczna.

Wśród krajowych programów wspierających zmiany w przedsiębiorstwach wymienić można: wsparcie obszarów Przemysłu 4.0, za których rozwój odpowiedzialne jest Ministerstwo Rozwoju i Technologii, plan na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju oraz działania zapisane w Długookresowej Strategii Rozwoju Kraju „Polska 2030”.

Odpowiedzią na powyższe zapotrzebowanie jest koncepcja Smart Manufacturing (inteligentna fabryka), definiowana jest jako grupa systemów, które są w pełni

zintegrowanymi, współpracującymi jednostkami produkcyjnymi, reagującymi w czasie rzeczywistym, aby sprostać zmiennym wymaganiom i warunkom w fabryce, w sieci dostaw i w zakresie potrzeb klientów. Podstawą do takiego określenia koncepcji jest definicja podana przez National Institute of Standards and Technology [69,70,71,72,77,78].

W zakresie produkcji dostępne są zdecentralizowane, inteligentne komponenty automatyzacji ze zintegrowanym oprogramowaniem, które wykonują swoje zadania niezależnie i autonomicznie, a przebieg zadań jest zgodny ze specyfikacjami systemów wyższego poziomu.

Wdrożenie założeń (inteligentnej/cyfrowej fabryki) wiąże się z koniecznością użycia specjalistycznego oprogramowania do zbierania danych, m.in. systemów Enterprise Resource Planning (ERP) i Manufacturing Execution Systems (MES), których obcojęzyczne nazwy na trwałe wpisały się w dyskusje i prezentacje ich dotyczące.

W Polsce, zakłady produkcyjne najczęściej działają w oparciu o zmienny profil produkcji (krótkie serie produkcyjne o zróżnicowanym poziomie złożoności), a poziom automatyzacji produkcji jest nierównomierny [67, 73].

Specjalistyczne nowoczesne maszyny wyposażone w interfejsy cyfrowe często współpracują na jednej hali produkcyjnej z tymi, niewyposażonymi w nowoczesne technologie.

Ze względu na powyższe ograniczenia, rozwój fabryk i przekształcenie ich w kierunku tych inteligentnych, wymaga w pierwszej kolejności dostosowania infrastruktury i procesów przemysłowych do wymagań procesu cyfryzacji. Warunkiem koniecznym inwestycji przedsiębiorstw w cyfrowe rozwiązania jest uwzględnienie możliwości finansowych oraz potrzeb, które odnoszą się do zapewnienia przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwu i spełnienia oczekiwań klientów. Proces projektowania wymaga adaptacji maszyn i urządzeń dotychczas występujących w fabrykach oraz przeprojektowania, rekonfiguracji i modyfikacji algorytmu działania całego łańcucha produkcyjnego.

Głównym celem stawianym przed nowoczesną fabryką jest poprawa wydajności, możliwa do uzyskania za pomocą szybkiego i niezawodnego dostępu do danych w całej sieci łańcucha w czasie rzeczywistym. Tego rodzaju system dostarcza natychmiastową informację o potrzebach, w konsekwencji dostawcy komponentów stają się bardziej elastyczni i mogą łatwo dostosowywać zamówienia, przesyłając wymagane komponenty i redukując jednocześnie straty związane z przestojami lub brakiem części [63, 64, 65]. Realizując powyższe cele często stosowana jest metoda Predictive Maintenance, której podstawowym założeniem jest ocena w oparciu o pomiar i przetwarzanie sygnałów definiujących bieżący stan, a głównym czynnikiem w podejmowaniu decyzji w zakresie naprawy lub wymiany części jest pogorszenie się parametrów pracy (nie zaś liczba godzin pracy) zdefiniowane jako przekroczenie dopuszczalnych limitów przyjętych do oceny.

Głównym miejscem zastosowania podejścia predykcyjnego utrzymania ruchu są linie produkcyjne (postój jednej maszyny zakłóca działania całego procesu produkcyjnego) i gniazda produkcyjne, maszyny i urządzenia krytyczne oraz ogólnego przeznaczenia, procesy o wysokich wymaganiach jakościowych.

Alternatywną metodą stosowaną w przemyśle, jest Reliability-Centered Maintenance, określana po polsku jako proaktywnego programu utrzymania ruchu maszyn i urządzeń, które zapewnia kompleksowe podejście do problemu eksploatacji. Stanowi ona kombinację wszystkich programów serwisowych i obejmuje śledzenie awarii w celu zidentyfikowania źródła, a następnie eliminacji efektów i przyczyn (strojenie oraz przeprojektowanie). Opisywana metoda wymaga ścisłej współpracy wielu działów technicznych (m.in. między wykonawcami i użytkownikami końcowymi) w związku z koniecznością zmian konstrukcji lub konfiguracji diagnozowanych obiektów (w celu zwiększenia wydajności, wydłużenia czasu pracy bez awarii i eliminacji źródeł częstych usterek). Podejście proaktywne stosują zakłady produkcyjne o ściśle zdefiniowanym profilu produkcyjnym. Są zakłady, które charakteryzuje wysoki poziom automatyzacji produkcji, zakup specjalistycznych maszyn od stałych dostawców ze względu na konieczność przeprojektowania, rekonfiguracji i modyfikacji algorytmu działania na wyraźne żądanie odbiorcy.

Realizując założenia inteligentnej fabryki, większość organizacji przechodzi przez proces transformacji cyfrowej, rozumianej jako integrację technologii cyfrowej ze wszystkimi obszarami funkcjonowania firmy. Dzięki niej możliwe jest wykorzystanie gromadzonych danych do tworzenia innowacyjnych usług i poszerzenia dotychczasowej oferty. Dotychczasowe doświadczenia można wyrazić w twierdzeniach prezentowanych w literaturze przedmiotu i podczas szkoleń i seminariów [22].

- Transformacja jest złożonym i wieloetapowym procesem, który ostatecznie dotyka każdą część przedsiębiorstwa.
- Transformacja musi być dostosowana do potrzeb danej firmy i skupiać się na realizowaniu konkretnych celów.
- Wdrażanie rozwiązań wymaga specjalistów z wielu różnych dziedzin.
- Nie jest możliwa transformacja poprzez zakup pojedynczego rozwiązania a jedynie poprzez sukcesywne i konsekwentne wdrażanie sprawdzonych rozwiązań.
- Transformacja nie może opierać się tylko na technologii, wymagane jest odpowiednie przeszkolenie załogi.
- Transformację można przeprowadzić tylko na zasadzie partnerstwa i realizowane jako program.

3.1 Założenia przyjęte do opracowania i budowy platformy Nazca 4.0

Analiza własna Autora pracy dotycząca rozwiązań rynkowych w roku 2013 wraz z zebrany doświadczeniem w pracach projektowych i wdrożeniowych oraz współpraca ze służbami utrzymania ruchu w dużych, średnich i małych przedsiębiorstwach doprowadziła do opracowania założeń do budowy platformy określanej mianem IIoT (Przemysłowy Internet Rzeczy), której celem było połączenie warstwy sterowania procesami OT (Operational Technology) z warstwą IT (Information Technology). W latach 2004 – 2012 doktorant był współautorem systemu rozproszonego sterowania w układach budynkowych związanych z przemysłem. Stanowiło to podstawę do opracowania założeń do budowy autorskiej platformy IIoT uwzględniającej postulaty zawarte podczas konferencji poświęconej tematyce przemysłu 4.0 w Davos w 2011 roku oraz opisanej później w książce Klausa Schwaba „Czwarta rewolucja przemysłowa.”, polskie wydanie z 2017 roku. Poniżej zaprezentowano założenia przyjęte do budowy platformy Nazca.

Założenia ogólne przyjęte w budowie platformy Nazca:

1) Dane:

- System będzie przetwarzał bieżące dane w czasie rzeczywistym oraz zapisywał historycznie (przetwarzanie wsadowe),
- Dane ze środowiska operacyjnego zasila hurtownie danych i będą przygotowywane do wykonania analityki na żądanie,
- Badania będą przeprowadzane w środowisku analitycznym (Big Data, ML, AI),
- Na podstawie przeanalizowanych danych będzie wysyłana informacja zwrotna do środowiska operacyjnego.

2) Przetwarzanie

- Przetwarzanie w czasie rzeczywistym - każde zdarzenie będzie procesowane indywidualnie, analityce poddane są bieżące zdarzenia. Informacja zwrotna jest przekazywana natychmiast,
- Przetwarzanie wsadowe – procesy są grupowane i przetwarzane jednocześnie. Pozwala to wykorzystywać je do analityki danych historycznych.

3) Analityka

- Zastosowany zostanie podział: w zależności od rodzaju analityki (stosunkowo często należy wybrać więcej niż jeden) oraz w zależności od rodzaju danych, jakie poddawane będą badaniu.

Jeżeli chodzi o rodzaj analityki, to może ona być:

- deskrypcyjna – bada się, co się dzieje lub co się stało,

- diagnostyczna – poszukuje się odpowiedzi, dlaczego, to się stało,
- predykcyjna – chce się wiedzieć, co się wydarzy,
- preskryptywna – poszukuje się odpowiedzi na pytanie, co się powinno wydarzyć (w tym przypadku używa się analityki predykcyjnej i dodatkowo podpowiada akcję „co należy zrobić”).

4) Wizualizacja

W celu prezentacji informacji zwrotnej, dobrane zostaną narzędzia umożliwiające zwizualizowanie wyników badań analitycznych. Zostaną opracowane mechanizmy

i narzędzia umożliwiające prezentację wizualizacji:

- wizualizacja samoobsługowa - narzędzie łatwe w obsłudze, z interfejsem dla użytkownika biznesowego. Użytkownik ten będzie mógł samodzielnie tworzyć raporty oraz korzystać z paneli informacyjnych,
- wizualizacja wbudowana - silnik wizualizacji zostanie wbudowany wewnątrz aplikacji biznesowej. Z narzędzia będzie można korzystać bez konieczności wychodzenia z tej aplikacji,
- wizualizacja własna (custom) - stworzone zostaną mechanizmy udostępniające przetworzone dane do dowolnych (własnych i dedykowanych) paneli informacyjnych oraz raportów w odpowiedzi na każde zapotrzebowanie użytkownika.

Dodatkowo przyjęto następujące założenia techniczne:

- systemowa realizacja koncepcji Przemysłu 4.0 – pozioma i pionowa integracja softwareowa,
- spójne środowisko w warstwie OT i IT, przetwarzanie EDGE i CLOUD (rozwiązanie bazujące na konteneryzacji),
- warstwa OT i IT przetwarza dane ze stemplem czasowym,
- otwarte środowisko - swobodnie programowalne,
- Open Data - proces zarządalny,
- możliwe pobieranie danych z dostępnych systemów,
- zaprojektowany dla IoT i IIoT,
- programowanie w dostępnych językach: Python, Java, Scala (zadania analityczne dodawane przez użytkownika)
- integracja z systemami SCADA, MES, ERP np. SAP,
- systemy raportowania na poziomie EDGE i CLOUD,
- rozwiązania mobilne, smartfon, smartwatch,
- definiowane prawa dostępu,
- dostosowanie wizualizacji na potrzeby działów Planowania, Produkcji, Utrzymanie Ruchu, innych,

- utrzymanie ruchu - predictive maintenance,
- planowanie - dane pomiarowe, efektywność procesu,
- produkcja - zaawansowane raportowanie,
- przystępne i zrozumiała prezentacja danych i informacji, możliwość wykorzystania systemów BI (Business Intelligence),
- kompatybilne z systemami Andon,
- dostęp do danych przetworzonych (poddanych analizie i surowych),
- Interfejsy dostępu do danych - obok dedykowanych wizualizacji dostępnych z poziomu strony WWW planowane jest opracowanie dodatkowych interfejsów, takich jak np. aplikacje na inteligentne zegarki (wearables),
- otwarcie na systemy zewnętrzne - gromadzone i przetwarzane przez Nazca dane będą dostępne dla zewnętrznych systemów poprzez interfejs REST API,
- Nazca Edge - oprogramowanie zostanie wyposażone w bibliotekę predefiniowanych urządzeń, co ułatwi i przyspieszy konfigurowanie logiki stacji. Uruchomienie transferu danych z robota, PLC, wkrętarki czy analizatora sieci elektrycznej będzie prostsze i dostępne z poziomu edytora graficznego,
- Nazca AiO - centralne narzędzie służące do orkiestracji całego rozwiązania. Dzięki niemu możliwe będzie wykorzystanie tzw. cyfrowych bliźniaków do analizy ich stanu, definiowania parametrów brzegowych, obsługi alarmów itp. Możliwa konfiguracja ręczna za pomocą narzędzi i skryptów w Hortonworks, opracowanie dostosowanego do użytkownika interfejsu graficznego,
- Rozbudowa protokołów komunikacyjnych - zaimplementowane zostaną protokoły komunikacyjne OPC, Modbus czy S7Protocol, dostępne będą możliwości bezpośredniej komunikacji z robotami Kuka (KRL - TCP/IP), sterownikami wkrętarek Atlas Copco (OpenProtocol), sterowniki zawieszek LJU (AMQP). Kolejne protokoły będą rozwijane w miarę ujawnianych i zgłaszanych potrzeb.

Dodatkowo przyjęto następujące założenia biznesowe:

- standaryzacja procesów,
- wielojęzyczność,
- pomiary jakościowe i ilościowe,
- jedno nadrzędnictwo dla wielu wydziałów (Montaż, Lakiernia, Spawalnica, Odlewnia),
- łatwość wprowadzania zmian,
- łatwość utrzymania systemu,
- integracja: FANUC, KUKA, ABB,

- łatwa integracja z SAP,
- łatwa analiza „wąskich gardeł”,
- przewidywanie Predictive Maintenance,
- budowanie zestawień TOP3/5/10 dla UR/Planowania/Produkcji,
- wykorzystuje istniejącą infrastrukturę (brak konieczności inwestycji),
- może być stosowany w różnych miejscach i różnych konfiguracjach,
- współpraca z Cloud (container), jak i z ortonworks i on-premise.

Założono, że dzięki zastosowaniu platformy Nazca organizacja zwiększy generowane zyski dzięki:

- Skróconemu czasowi reakcji na awarie – przewidywanie zamiast szybkiej reakcji,
- Zmniejszenie ilości przestojów produkcyjnych,
- Polepszenie organizacji pracy dzięki precyzyjnym informacjom,
- łatwości weryfikacji – współczynniki kontroli jakościowej wbudowane w system (KPI, zdrowie, OEE, inne),
- regularnemu dostępowi do najnowszych algorytmów i rozwiązań,
- budowie dedykowanych rozwiązań.

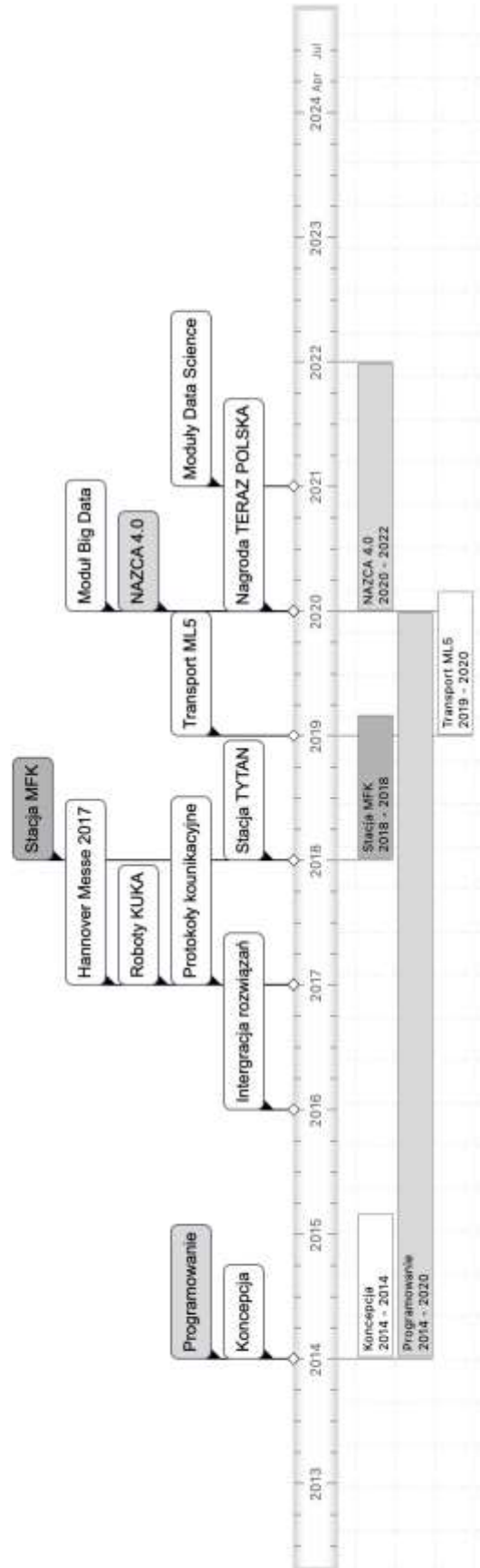
W trakcie budowy platformy prowadzone były:

- konsultacje ze środowiskiem naukowym Politechniki Śląskiej,
- testy w laboratoriach, a wyniki prac posłużyły do opracowania publikacji naukowych [7,9,10],
- testy na działających produkcyjnie systemach automatyki i robotyki w celu testowania przyjętych założeń.

Ze względu na złożoność napotkanych systemów wykorzystywanych do automatyzacji procesów produkcyjnych (różne technologie, różni dostawcy, brak standaryzacji procesów), podjęta została decyzja o zbudowaniu platformy, która będzie stanowiła interfejs pomiędzy Przemysłem 3.0 i analityką Big Data. Połączenie warstwy OT z IT.

Na rysunku poniżej przedstawiono etapy powstania platformy Nazca (Rys. 2).

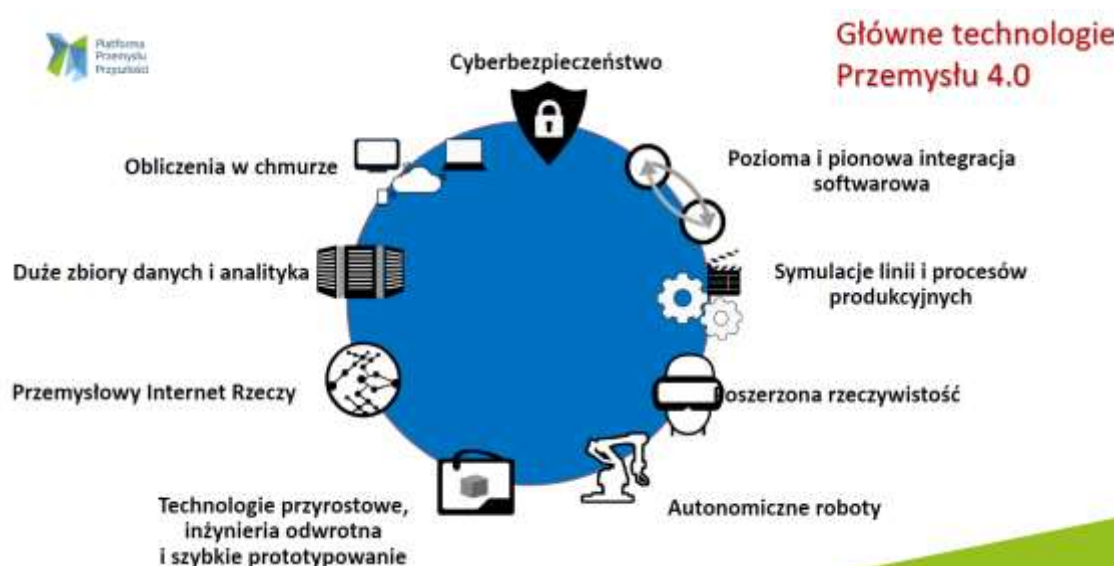
NAZCA - Industry 2014



Rysunek 2. Historia budowy platform

4. Charakterystyka dostępnych platform IIoT

Czwarta rewolucja przemysłowa wprowadziła na rynek kilka nowych technologii i pozwoliła na rozwój wielu wcześniej istniejących. Od roku 2011 w Europie zaczęto mówić o idei „Industy 4.0”, który w Polsce określany jest mianem Przemysłu 4.0. W pracy zamiennie będą stosowane obie nazwy. Samo określenie Przemysł 4.0 stosowane jest w przypadku procesu transformacji technologicznej i organizacyjnej przedsiębiorstw. Proces ten związany jest ze zmianą modelu biznesowego firmy i integracją łańcucha wartości w całościowym cyklu życia produktu. Od początku ideę „Industy 4.0” oparto na dziewięciu filarach [3,5], które przedstawiono na Rysunku 3.



Rysunek 3. Główne technologie „Industy 4.0” (źródło: materiały szkoleniowe Śląskiego Centrum Kompetencji Przemysłu 4.0)

Transformacja w przedsiębiorstwach jest możliwa dzięki zastosowaniu filarów „Industy 4.0”, a w szczególności technologii cyfrowych oraz zasobów danych. Ma to pozwolić na zastosowanie produkcji spersonalizowanej w odpowiedzi na zindywidualizowane potrzeby klientów. Wdrożenie idei „Industy 4.0” pozwoli przedsiębiorcom na wprowadzenie cyfrowych produktów wraz z powiązanymi z nimi cyfrowymi usługami [59].

Rozwój idei „Industy 4.0” na świecie zaowocował pojawieniem się min. platform IoT/IIoT [46, 47, 48, 49, 50]. Platformy te zaczęły stanowić „kręgosłup” zmian w przedsiębiorstwach, przez to, że pozwalają zbieranie, strumieniowanie i analizę danych z procesów technologicznych oraz z czujników na maszynach. Nie byłoby, to możliwe bez dostępności usług internetowych oraz zmian sposobach komunikacji z czujnikami. Przykładem platform IIoT na rynku światowym są EcoStruxure firmy Schneider Electric

[37], ThingWorx [43], Seebo firmy Seebo [41], ClariSense firmy Mitsubishi Electric [38]. Wymienione powyżej platformy IIoT są rozwiązaniami chmurowymi tzn. dane i ich przetwarzanie wykonywane są w dostępnych rozwiązaniach chmurowych, takich jak np. Azure. Nieco inne podejście proponuje firma Siemens w platformie MindSphere [44, 55] albowiem dodatkowo platforma może pracować w usłudze brzegowej, to znaczy dane i ich analiza odbywa się bezpośrednio u przedsiębiorcy w sieci lokalnej, co nie tylko zabezpiecza najwrażliwsze dane, ale także przyspiesza transmisję. Dane z urządzeń Edge przesyłane są następnie do chmury, ale tylko ta część z nich, która jest potrzebna i pozwala zachować pełne bezpieczeństwo. Takie rozwiązanie proponuje również platforma Nazca 4.0, która w całości jest produktem polskim i jest dystrybuowana przez firmę APA Group z Gliwic. W ofercie innego polskiego dystrybutora rozwiązań przemysłu 4.0 firmy Astor z Krakowa dostępna jest platforma firmy Wonderware - AVEVA [42]. O wartości platformy świadczą jej wdrożenia. Każda z wymienionych wcześniej platform posiada wdrożenia na rynku w różnych sektorach przemysłu. Ciekawym przykładem zastosowania platformy IIoT w górnictwie w Południowej Afryce jest platforma firmy ABB - ABB Ability™ [39]. Platforma rekomendowana przez firmę Rockwell, czyli ThingWorx została zaimplementowana przez firmę Woodward Inc., działającą w obszarze przemysłu lotniczego i kosmicznego [74]. Platforma Seebo znalazła swoje zastosowanie w przemyśle stalowym, gdzie jej zadaniem był pomiar strat wynikających z procesów metalurgicznych. W platformie zaimplementowano Seebo Process-Based Artificial Intelligence™, czyli sztuczną inteligencję, dzięki któremu stało się możliwe przewidywanie i zapobieganie nieefektywności procesów, które powodują te straty [76]. Porównując funkcjonalności platform są one do siebie zbliżone. Pewnym minusem rozwiązań producentów z dużych grup kapitałowych, które oferują zaawansowane rozwiązania z zakresu automatyzacji produkcji, sensoryki, rozwiązań zrobotyzowanych, jest fakt, iż skupiają się głównie na integracji włączenia swoich produktów. Często pomijają otwarte protokoły pozwalające na łączenie urządzeń różnych producentów (szczególnie widoczne jest to w zakresie dodatkowych aplikacji wspomagających proces obróbki dużych zbiorów danych). W przypadku Platformy Nazca 4.0 czujniki i sensory można podłączyć praktycznie po dowolnym porcie komunikacyjnym takim jak: S7-Protocol, Modbus TCP, OPC UA, MQTT, AMQP, Modbus RTU, OPCDA, SNMP, protokoły BMS, bramki komunikacyjne. W rozwiązaniach konkurencji, szczególnie w produktach ABB, Rockwell i Schneider Electric, zestaw portów komunikacyjnych jest bardzo ograniczony (tab. 1) [51]. Z punktu widzenia użytkownika ważnym elementem są rozwiązania chmurowe, z jakimi współpracują platformy, co zapewnia odpowiednią ich wielkość, szybkość działania, wsparcie techniczne, ale również dodatkowy koszt wykupu przestrzeni dyskowej. Porównując platformę Nazca 4.0 z najbardziej popularnymi platformami IIoT zauważyć można, że platforma Nazca nie ma ograniczeń we współpracy z dostępnymi na rynku

usługami chmurowymi. Dostępne na rynku konkurencyjne platformy takie ograniczenia mają, np. ThingWorx oraz EcoStruxure współpracują jedynie z rozwiązaniem Azure firmy Microsoft. W przypadku platform Aveva, MindSphere i ABB Ability™ Platform dodatkowo wspierają platformy chmurowe AWS firmy Amazon. Platformy IIoT pozwalają nie tylko na komunikację z czujnikami i sensorami, ale również na komunikację z systemami MES i ERP, z którym mogą pobierać dane, ale także mogą je do nich wysyłać. W przedsiębiorstwach, w których działają systemy scadowe możliwa jest pełna komunikacja i integracja danych. Dzięki takich funkcjonalności możliwe staje się pełne zarządzanie procesami produkcyjnymi bez konieczności przebywania w firmie, a zarządzanie może odbywać się na odległość. Zaprezentowany przegląd wskazuje na brak polskich rozwiązań klasy IIoT, co stanowiło podstawę do rozpoczęcia prac związanych z jej opracowaniem.

Zestawienie porównawcze wymienionych wcześniej platform zawarte jest w Tab. 1 [51].

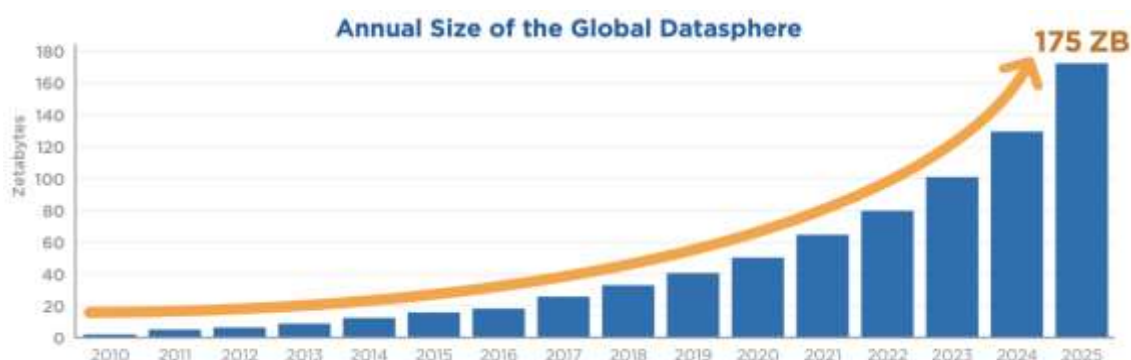
Producent	APA Sp. z o.o.	Siemens	ThingWorx	Wonderware	Seebo	ABB	Mitsubishi Electric	Schneider Electric
Nazwa rynkowa produktu	Nazca 4.0	MindSphere	ThingWorx	AVEVA	Seebo	ABB Ability™ Platform	ClariSense	EcoStruxure
Technologia rozwiązania	Cloud / Edge	Cloud / Edge	Cloud	Cloud	Cloud	Cloud	Cloud	Cloud
Model licencjonowania	Oparty o liczbę zmiennych lub produktywność zakładu	płatność za użycie danych I 500 I 5000 I 50 000 I 500 000 atrybutów aktywów)	Oparty o liczbę zmiennych (zdefiniowane zakresy liczbowe w ramach licencji)					
Model dostępności	SaaS (dowolna chmura) oraz On-premise	PaaS, SaaS - wybrane rozwiązania chmurowe	SaaS - wybrane rozwiązania chmurowe	SaaS, PaaS - wybrane rozwiązania chmurowe	SaaS, PaaS	SaaS - wybrane rozwiązania chmurowe	SaaS - wybrane rozwiązania chmurowe	SaaS - wybrane rozwiązania chmurowe
Monitorowanie i sterowanie systemami/urządzeniami	Monitorowanie i sterowanie				Brak danych	Monitorowanie i sterowanie (wybrane obszary)		
Protokoły szyfrowania danych	TLSv1.2							
Redundancja danych	TAK				Brak danych	TAK		
Możliwość analizy strumieniowej danych					TAK			
Dostęp przez aplikację mobilną								
Definiowane poziomy uprawnień dostępowych dedykowane dla użytkowników								
Analityka danych na podstawie norm ISO								
Analityka danych na podstawie algorytmów uczenia maszynowego								
Analityka danych na podstawie programowanych przez użytkownika algorytmów								

Języki programowania wspierane przez rozwiązanie	Python, Java, Scala	Python, Java, Node.js	C, .NET, Java, Android	NET	Brak danych	C#, Java, Java Script.	Brak danych	Java
Zapewnienie automatycznego generowania i rozsyłania raportów	TAK				Brak danych	TAK		
Wspierane branże	Bez ograniczeń	branża maszynowa, spożywcza i napojów, budynki, dostawcy energii, górnictwo, infrastruktura drogowa, infrastruktura i tabor kolejowy, lotniska, miasta, motoryzacja i elektronika, Oil&Gas, pompy, wentylatory i sprężarki, rozproszone systemy energetyczne, sektor cementowy i tworzyw, sektor wodociągów-kanalizacyjny, służba zdrowia, systemy dystrybucji energii, technologie związane z bateriami/akumulatorami, usługi przemysłowe, zastosowania chemiczne i farmaceutyczne	Brak danych	chemikalia, Oil&Gas żywność i napoje/ CPG, infrastruktura, produkcja, przemysł morski, górnictwo, energetyka i media	automotive, przemysł chemiczny, spożywczy i napojów, metalowy Oil&Gas, farmaceutyka	automotive, budynki, centra danych, ładowanie pojazdów elektrycznych, branża spożywcza i napojów, produkcja, przemysł morski i portowy, górnictwo, metale i cement, rona naftowa, gaz i chemikalia, energetyka, papiernictwo, energia odnawialna, transport, woda i ścieki	Brak danych	automatyka procesowa, branża maszynowa, spożywcza i napojów, woda i ścieki, Oil&Gas, metalowa, górnictwo, produkcja betonu

Wspierane platformy chmurowe	Bez ograniczeń	AWS, Azure, AlibabaCloud	Azure	Azure, AWS	IBM Bluemix, Azure, AWS, SAP	Azure, AWS	SAP Cloud Platform	Azure
Komunikacja z systemami ERP (odczyt – R i zapis - W)	TAK/R	ERP w funkcjonalności (opcja licencyjna)	TAK /R	TAK /R	Brak danych	TAK / R-W- w funkcjonalności (opcja)	Brak danych	TAK /R
Komunikacja z systemami MES (odczyt - R i zapis - W)	TAK/R	TAK/R	TAK/R	MES w funkcjonalności (opcja licencyjna)				Brak danych
Komunikacja z systemami SCADA (odczyt -R i zapis-W)	TAK/R-W	TAK/R-W	TAK/R-W	TAK/R-W		Brak danych		TAK./R-W
Obsługiwane protokoły komunikacyjne Cloud	Kafka, AMQP, MQTT (Rabbit)	MQTT Agent,java Agent,C++Agent	MQTT, REST, ODBC, SNMP	MQTT, OPC DA, OPC UA		MQTT, java Agent		MQTT, OPC DA, OPC-UA
Obsługiwane protokoły komunikacyjne Edge	S7- Protocol, Modbus TCP, OPC UA, MQTT, AMQP, ModbusRTU, OPCDA, SNMP, protokoły BMS, bramki komunikacyjne	MindConnect Nano, MindConnect IoT 2040, Oprogramowanie MindConnect, Integracja z SIMATIC S7i innymi produktami Siemens, S7- Protocol, OPC UA, MODBUS	GENIO, SuiteLink/FastDE, Splunk	OPC-UA, MQTT DNP3 (telemetria), Modbus (TCP, RTU, ASCII), serwery do telemetrii (TCPnP, UDP/I, Ethernet via Radio, Ethernet to Serial, Serial (RS 232 / RS 485), Dial-Up (Modem))		UA/MQTT, OPCUA,		OPC-UA, MQTT

Tabela 1. Zestawienie funkcjonalności platform IIoT [51]

Do najważniejszych filarów „Przemysłu 4.0” zaliczyć można filar „Big Data” [26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36]. Duże zbiory danych będą wymagały nie tylko dużej przestrzeni na jej gromadzenia, ale również narzędzi do ich przetwarzania. Rozwiązania tzw. edgeowe pozwolą na wybór najistotniejszych danych i ich zapis w chmurze. Rozwiązania IoT/IIoT spowodują wzrost zapotrzebowania na przestrzeń dyskową do przechowywania danych najczęściej bazujących na rozwiązaniach chmurowych. Na Rys. 4 przedstawiono szacowany wzrost wolumenu danych na przestrzeni najbliższych lat.

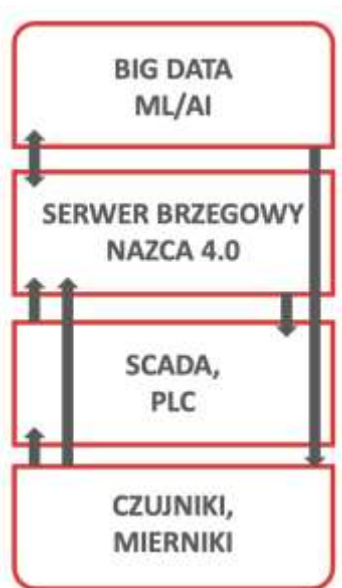


Rysunek 4. Planowany wzrost wolumenu danych na świecie [85]

Wysyłane dane z procesów i maszyn do chmury stanowią informacje związane m.in. z diagnostyką, serwisowaniem maszyn i instalacją. Z danych tych korzystają narzędzia znajdujące się w chmurze odpowiadające m.in. za konserwację przewidującą nadchodzące anomalie w procesach lub maszynach (tzw. Predictive Maintenance) [7, 9, 10]. Platformy IIoT służą do gromadzenia dużych ilości danych i informacji, ale również pozwalają na ich interpretowanie oraz analizowanie w krótkim czasie. To narzędzie staje się niezwykle pomocne dla pracowników utrzymania ruchu, którzy obecnie najczęściej podejmują decyzje na podstawie swoich wcześniejszych doświadczeń. Platformy IIoT pozwalają na podejmowanie decyzji na podstawie opracowanych algorytmów z użyciem sieci neuronowych i uczenia maszynowego. Jednym z zadań platform jest wspomaganie pracowników utrzymania ruchu w celu przewidywania sytuacji awaryjnych (anomalii) oraz szybkiego rozwiązywania problemów. Nieuniknione zmiany w przedsiębiorstwach zrodziły szereg obaw pracowników o możliwość utraty pracy na rzecz robotów, ale również przygotowania struktur przedsiębiorstw i samych pracowników do zmian [8].

5. Opis autorskiej platformy Nazca 4.0

Nazca 4.0 w warstwie IT jest elastycznym zestawem narzędzi, technik, rozwiązań i algorytmów możliwych do wdrożenia zarówno w infrastrukturze klienta (Hortonworks, Cloudera, bare metal), jak i w chmurze. Warstwa OT zbiera i przetwarza dane pochodzące z istniejącej infrastruktury systemów automatyki dzięki implementacji wielu protokołów komunikacyjnych, dostarczając dane ze stemplem czasowym do warstwy przetwarzania brzegowego (EDGE) lub bezpośrednio do warstwy IT (chmura lub chmura lokalna). Umożliwia tworzenie lokalnej wizualizacji lub systemu SCADA, co zilustrowano na Rys. 5.



Rysunek 5. Idea struktury warstw przekazywanych informacji

W wyniku analizy infrastruktury zakładów przemysłowych zdefiniowano następujące potrzeby jakie ma spełniać opracowana platforma Nazca 4.0:

- Dostarcza wiedzę do szerokiego grona odbiorców – pracownikom produkcji, pracownikom utrzymania ruchu, planowania produkcji a także kadrze menadżerskiej i zarządczej. Każdy z interesariuszy ma możliwość bezpośredniego spojrzenia na dane na swój sposób i z poziomu własnego narzędzia.
- Wpasowuje się w bieżącą infrastrukturę wzbogacając ją o nowe, niewidoczne do tej pory informacje. Jest ewolucją i naturalnym etapem rozwoju organizacji typu Data-Driven, a nie rewolucją.
- Pozwala na wykorzystanie danych, które w dużej mierze dzisiaj nie są analizowane. Budowa systemu tworzy struktury typu Big Data, umożliwiając analizę pomijanych do tej pory danych w procesach optymalizacji.

Dodatkowo zaplanowano, że platforma Nazca 4.0 ma wspierać następujące procesy:

1. Utrzymania jakości poprzez:

- Monitorowanie w czasie rzeczywistym parametrów istotnych dla jakości produkowanych elementów i wczesne ostrzeganie.
- Wsparcie procesów PDCA (Plan Do Check Act) poprzez:
- diagnostykę drganiową,
- analizę procesu skręceń,
- analizę dźwięków,
- analizę stanu instalacji sprężonego powietrza,
- analiza sieci elektrycznej, efektywności - ISO50001

2. Total Productive Maintenance w administracji

- Zarządzając procesami w oparciu o Total Productive Maintenance (TPM), dzięki szerokiemu dostępowi do przetworzonych i zwizualizowanych danych (Raporty generowane w NAZCA 4.0 na poziomie EDGE i CLOUD są dostosowane do wymagań konkretnego odbiorcy – personalizacja.
- Dostęp do danych poprzez www, smartfon, smartwatch) włącza wszystkich pracowników firmy w utrzymanie ciągłości produkcji poprzez zespołowe eliminowanie strat, ukierunkowując na wypracowanie zysku. TPM wykorzystując platformę Nazca łączy w całość usprawniając działania podejmowane przez różne działy przedsiębiorstw realizując cele osiągnięcia „ZERO usterek maszyn, ZERO wad produkcji oraz ZERO wypadków przy pracy”.

3. Platforma Nazca wpływa na poprawę efektywności energetycznej i korzystnie wpływa na poprawę ochrony środowiska, co wspomaga firmy w uzyskiwaniu białych certyfikatów, poprzez:

- monitorowanie zużycia i wycieków sprężonego powietrza lub innych mediów,
- analizę efektywności energetycznej zgodnie z ISO50001,
- monitorowanie zużycia energii elektrycznej i kompensowanie mocy biernej,
- efektywnym wykorzystywaniu części zamiennych (wymiana wtedy, kiedy istnieje faktycznie taka potrzeba).

4. Platforma Nazca realizuje funkcje predictive maintenance.

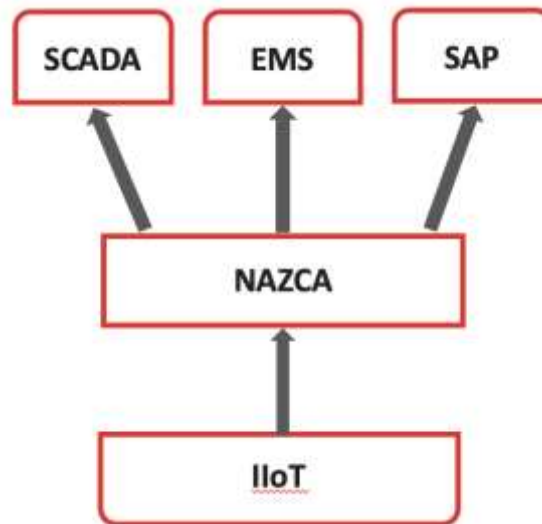
- Dostęp do dużych zbiorów danych historycznych oraz wykorzystanie specjalizowanych narzędzi analizy strumieniowej pozwala na wypracowanie modeli uczenia maszynowego i użycie ich wprost w procesie produkcyjnym

w czasie rzeczywistym. Na poniższych przykładach pokazano możliwości zastosowania analizy danych do przewidywania stanu maszyn i urządzeń.

5. Rozwój organizacji w kierunku Data driven organization

- Analiza danych w ujęciu technicznym i biznesowym, zwiększa jakość podejmowanych decyzji w związku z pozyskaną wiedzą, polepsza procesy zarządcze. Takie podejście ułatwia rozpoznanie zależności przyczynowo – skutkowych.

Dojrzałe organizacje w gospodarce światowej wykorzystują różnorodne źródła danych w procesie podejmowania decyzji, co określane jest jako Data driven organization. Platforma Nazca 4.0 umożliwia integrację i komunikację z istniejącymi systemami. Dzięki podejściu OPEN DATA i zastosowaniu mechanizmów REST API, platforma udostępnia dowolne dane do zewnętrznych systemów (Rys. 6).



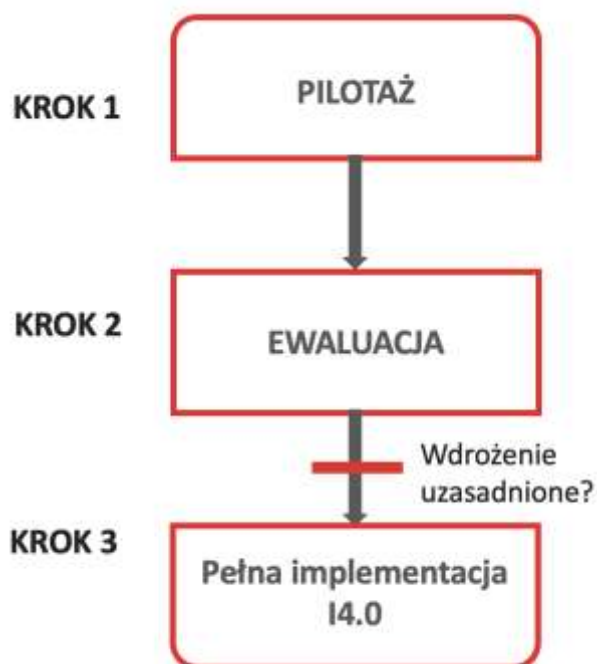
Rysunek 6. Możliwości komunikacji z istniejącymi systemami w przedsiębiorstwie

5.1 Opis koncepcji procesu wdrożenia platformy Nazca w fabrykach

Wdrażanie platformy Nazca (rys 15.) modelowo rozpoczyna się od:

- przeprowadzenia audytu infrastruktury technicznej, wywiadu z docelowymi użytkownikami platformy np. Dział Utrzymania Ruchu (wywiad dotyczący stanu technicznego maszyn i urządzeń, metodyk pracy), Działem Planowania Produkcji, Działem IT, Działem BHP, Działem Ochrony Środowiska.
- wykonania projektu, parametryzacji platformy w warstwie OT i IT,
- wdrożenia pilotażowego,
- ewaluacji projektu,

- omówienia korzyści z odbiorcami i użytkownikami systemu. W przypadku uzyskania potwierdzenia jakościowego i biznesowego uzasadnienia wdrożenia oraz zgody na pełne wdrożenie, planowane jest objęcie jak największej struktury organizacyjnej, celem zbudowania pełnego środowiska, które będzie dostarczało danych na potrzeby budowy struktury Big Data.



Rysunek 7. Schematyczny proces wdrożenia platformy Nazca w fabrykach

Schemat wskazany na Rys. 7. stanowi kanon wdrożenia koncepcji Przemysłu 4.0 i jest jego uniwersalną reprezentacją. Ze względu na wysokie koszty związane z wprowadzeniem zmian w procesach przemysłowych, określono, że pilotaż (Krok 1) będzie dawał odpowiedź na zasadność wprowadzenia zmian (np. wdrożenie platformy IIoT w istniejącej infrastrukturze).

Pilotaż ogranicza koszty i zmniejsza ryzyka związane ze zmianami procesowymi i organizacyjnymi w dużej skali.

Ewaluacja pilotażu daje rekomendacje dotyczące kierunku dalszych działań, które mogą iść w kierunku pełnego wdrożenia i wprowadzenie zmian w całej organizacji lub zaniechania przy stosunkowo niskim, wcześniej znanym koszcie przeprowadzonego pilotażu.

Pełna implementacja I4.0 pozwala na objęcie całej organizacji zmianą przetestowaną i ewaluacji w trakcie pilotażu.

Na Rys. 8 schematycznie wskazano sekwencje kroków składających się na proces wdrożenia pilotażu (Krok1) z Rys. 7.

Proces pilotażu składa się z:

- analizy procesu i wyborze zmiennych do obserwacji
- konfiguracji platformy (możliwa praca lokalnie, chmurowo lub hybrydowo),
- wybór algorytmów do opracowania informacji,
- wizualizacja procesów,
- wybór sposobu raportowania wyników.

Proces analizy i uruchomienia rozwiązania pokazano na rys.8.



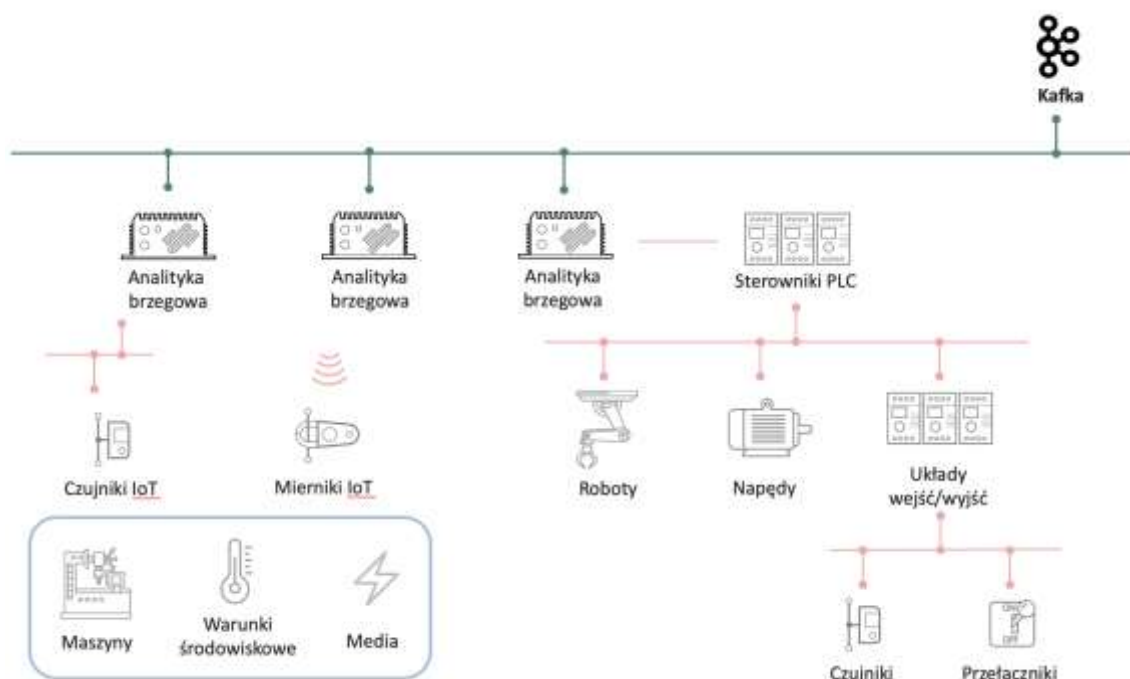
Rysunek 8. Proces analizy i uruchomienia rozwiązania

W procesie pilotażu ważnym elementem jest ustalenie możliwości pracy platformy Nazca w obrębie akwizycji danych. Platforma może pracować lokalnie (Edge) lub chmurowo (Cloud). Możliwe jest także podejście hybrydowe, czyli uruchomienie części funkcjonalności lokalnie, a części w chmurze. Na poniższym rysunku pokazano możliwość połączenia platformy Nazca 4.0 z dowolną platformą chmurową (Rys. 9). Architektura platformy umożliwia korzystanie z dowolnych rozwiązań chmurowych dostępnych na rynku komercyjnym lub rozwiązań tzw. private cloud. Powyżej wskazane rozwiązania gwarantują funkcje cyberbezpieczeństwa, a ostatnie wymienione wymaga zaangażowania służb IT w indywidualne zabezpieczenie rozwiązania.



Rysunek 9. Możliwość współpracy z platformami chmurowymi

Kolejnym krokiem jest określenie istotnych parametrów procesowych, które będą podlegały obserwacji, a informacje z nich pochodzące będą przetwarzane w sposób cyfrowy. Podstawowe informacje zbierane są z systemu lub procesu za pomocą czujników. Dane z czujników na maszynach pobierane są przez serwery brzegowe, które można ze sobą łączyć. Schemat przekazywania danych z maszyn do urządzeń brzegowych przedstawiono na Rys. 10.



Rysunek 10. Schemat przekazywania danych z maszyn do urządzeń brzegowych

Rozwiązanie platformowe Nazca 4.0 pozwala na:

- Ujednoliconą podstawę czasową pomiarów
- Obsługę w wielu językach,
- Węzły swobodnie programowalne (implementacja własnej logiki w języku C#),
- Strumieniowanie wideo,
- Możliwość implementacji rozwiązań OCR,
- Odczytywanie Barcode i kodów QR.

Przechowywane i przetworzone dane mogą być prezentowane w lokalnej sieci biurowej za pomocą interfejsów takich jak WWW, a także mogą być udostępnione systemom zewnętrznym. Ten sam widok prezentacji stanu linii produkcyjnej lub istotnych danych, może być dostępny zarówno bezpośrednio na linii produkcyjnej, jak i na biurku kadry zarządzającej. Dane stają się szeroko dostępne dzięki podejściu do danych jako struktury przygotowanej do udostępniania innym systemom, tzw. OPEN DATA.

Ważnym elementem platformy Nazca 4.0 są serwery brzegowe, czyli komputery przemysłowe z zainstalowanym oprogramowaniem Nazca Edge.

Pozwala to na przetwarzanie lokalne - filtrowanie, wyrównywanie danych, konwersja, agregacje, obliczenia lokalne. Dodatkowo daje to możliwość wpływania na proces w wyniku działania logiki lokalnej, działania logiki w BigData lub w wyniku interakcji użytkownika poprzez interfejs WWW. Rysunek 11 przedstawia przykładowy ekran, zawierający obraz live przedstawiający rzeczywistą sytuację na stacji zrobotyzowanej wraz z istotnymi dla operatora informacjami pozwalającymi na jednoznaczną ocenę bieżącej sytuacji w postępie cyklu procesu produkcyjnego i informacje dotyczące jego efektywności.



Rysunek 11. Jednostka brzegowa Nazca 4.0

Zastosowanie jednostek brzegowych pozwala na:

- Ujednolicenie podstawy czasowej pomiarów
- Obsługę wielu języków
- Węzły są swobodnie programowalne (implementacja własnej logiki w języku C#)
- Strumieniowanie wideo
- Możliwość implementacji rozwiązań OCR
- Odczytywanie Barcode i kodów QR

Dane oraz wyniki analiz mogą być wizualizowane zgodnie z oczekiwaniem klienta.

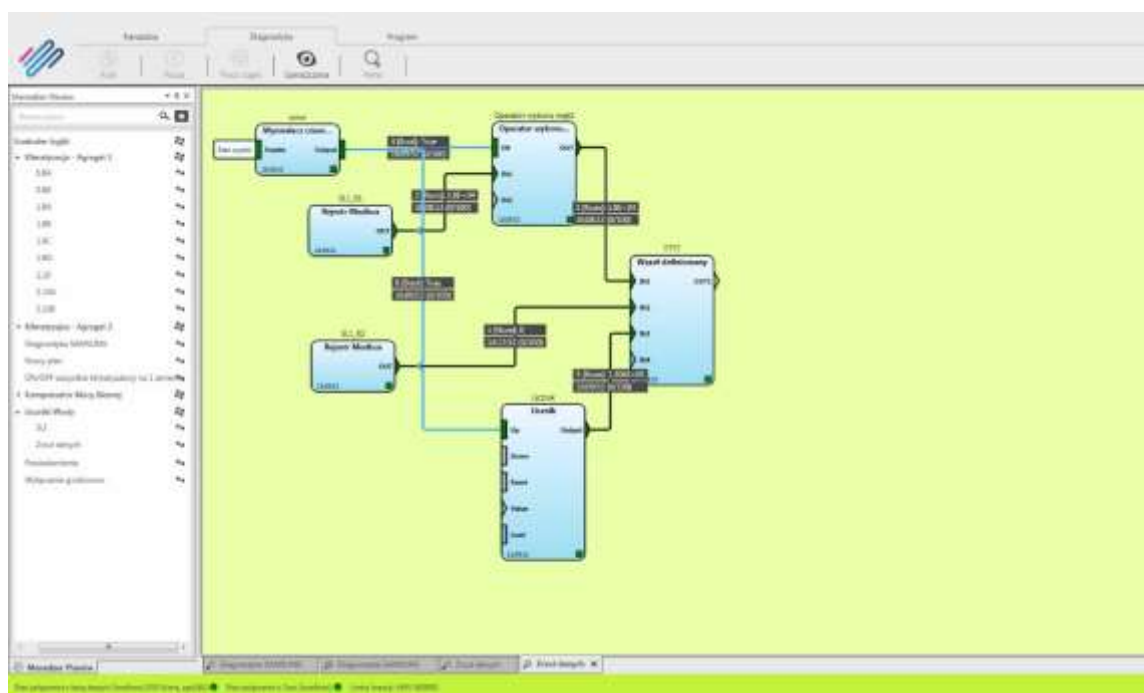
Rys. 12 przedstawia informacje dotyczące stanu technicznego urządzenia, w tym przypadku robota 6-osiowego. Przedstawiono informacje dotyczące numeru

obserwowanej osi, prąd pobierany w procesie, bieżącą temperaturę oraz prędkość osiąganą w trakcie wykonywanej pracy. Na wskaźnikach i wykresach uwzględniono zakresy pracy bezpiecznej i tej wymagającej uwagi operatora.



Rysunek 12. Lokalna wizualizacja procesu – możliwość podłączenia monitora do serwera brzegowego

Klient może zlecić lub samodzielnie dokonać parametryzacji środowiska do wizualizacji wyników. Rys. 13 przedstawia możliwość swobodnej konfiguracji i programowania funkcji przez operatora za pomocą podejścia low-code dla programistów, którzy chcą zaoszczędzić czas i obniżyć koszty realizacji projektu.



Rysunek 13. Możliwość konfiguracji środowiska Nazca 4.0

Logika opiera się na przekazywaniu sygnałów pomiędzy wyjściami, a wejściami bloków reprezentujących urządzenia fizyczne lub funkcje logiczne (Rys. 13). Zmiany w parametryzacji możliwe są do wprowadzania także przez służby utrzymania ruchu. Interfejs użytkownika jest dopasowany do potrzeb przedsiębiorcy i zależności od jego potrzeb może prezentować dowolne dane. Rys. 14 przedstawia graficznie miejsca poddane obserwacji, oznaczono osie robota i warunki związane z pracą napędów w tym pobór prądu i aktualną temperaturę.



Rysunek 14. Interfejs użytkownika dla stacji zrobotyzowanych

Rys. 15 przedstawia panel zawierający istotne dla operatora informacje, pozwala na porównanie aktualnych informacji chwilowych pokazywanych w lewej górnej części z wykresami poboru mocy z poszczególnych faz i histogramu poboru mocy dla wybranej jednostki czasu. Interfejs może być dostępny w sieci biurowej, dzięki czemu z dowolnego miejsca w zakładzie można uzyskać dostęp do dowolnych danych i statusu produkcji. Prezentowany interfejs nie wymaga instalacji, dostęp przez przeglądarkę WWW. Nie wymaga też odrębnego licencjonowania.



Rysunek 15. Przykładowy interfejs użytkownika dla panelu energetycznego

Interfejs może być interaktywny, co oznacza, że może np. służyć do pozyskiwania danych produkcyjnych po wprowadzeniu odpowiedniego kodu zabezpieczającego dostęp.

W zależności od potrzeb klienta raporty z produkcji mogą być generowane automatycznie w zaplanowanych jednostkach czas lub na żądanie. Raporty mogą być dostosowane dla różnych grup w przedsiębiorstwie. Rys. 16 przedstawia przykładowe formy raportu w których uwzględniono wybrane informacje dla kadry menadżerskiej, zawierające informacje dotyczące ilości wyprodukowanych elementów, czas cyklu na obserwowanym odcinku zakładu, wskaźniki kosztowe i wskaźniki efektywności, w tym wskaźnik OEE. Raport może być dostosowany do wybranych odbiorców lub zdefiniowanych grup.

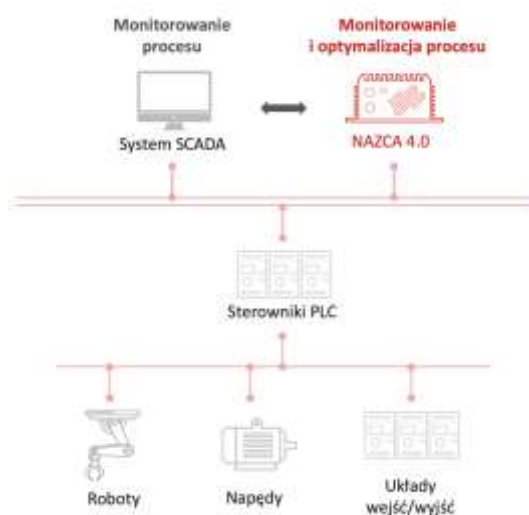


Rysunek 16. Przykładowe raporty generowane dla kadry menadżerskiej

Raporty mogą być generowane automatycznie (np. po każdej zmianie) lub na żądanie z poziomu interfejsu WWW. Raporty zostają wypracowane i przygotowane wraz z użytkownikami systemu, dzięki temu odpowiadają ich potrzebom.

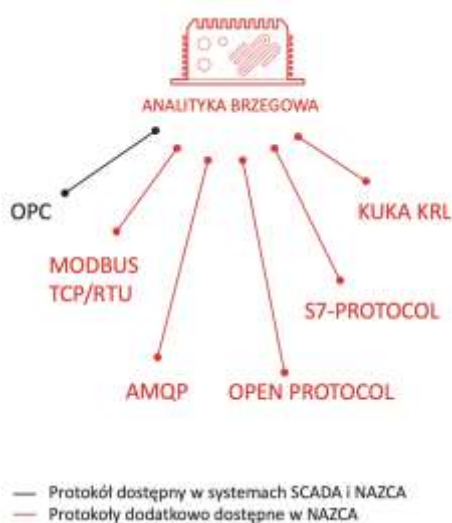
5.2 Możliwość współpracy platformy Nazca z systemami SCADA

W przemyśle powszechnie stosowano systemy SCADA lub panele HMI, dlatego tak istotne jest wykorzystanie już istniejących informacji. Platforma Nazca umożliwia współpracę z systemami SCADA oraz panelami HMI różnych producentów (Rys. 17). System SCADA może być zarówno źródłem jak i odbiorcą danych przetwarzanych w platformie NAZCA.



Rysunek 17. Możliwość współpracy z systemami SCADA

W przypadku przedsiębiorców, którzy posiadają u siebie systemy SCADA istnieje możliwość ich podłączenia z platformą Nazca, dzięki obsłudze zbioru protokołów komunikacyjnych (Rys. 18). W przypadku braku istniejącego systemu SCADA jej zadania przejmują platforma Nazca.



Rysunek 18. Porównanie protokołów komunikacji dla SCADA i Nazca

NAZCA rozszerza funkcjonalność SCADA o dodatkowe serwisy np. bezpośrednie udostępnianie danych do systemów klasy ERP lub MES, co przedstawiono w Tab. 2.

	SCADA	NAZCA
Koszt	* wysoki koszt licencji w stosunku do możliwości, * dodatkowe koszty na kolejne protokoły + OPC HDA + OPC AE	* lepszy stosunek możliwości do ceny * duża uniwersalność w stałej cenie
Protokoły	* zestaw protokołów zależny od producenta serwera OPC, * brak możliwości rozszerzenia o inne, dodatkowe protokoły,	* możliwość podłączenia szeregu urządzeń oraz obsługi różnych protokołów (np. Kafka, Azure EventHub, RabbitMQ, MQTT etc), * możliwość opracowania kolejnych protokołów, jeśli pojawi się potrzeba, * całość pracująca w ramach spójnego systemu, możliwość łączenia logiki oraz danych różnych urządzeń pracujących na różnych protokołach
Funkcjonalność	Transfer danych, konwersja protokołu na OPC, niewielkie możliwości ingerencji w dane	* pozyskiwanie danych, agregacja, filtrowanie, przekazywanie do BigData * uzależnienie transferu od warunków, wartości, czasu, konfiguracji itd, * automatyzacja lokalna, logika pozwalająca na samodzielne działania w ramach stacji, logika awaryjna, automatyzacja zadań, * komunikacja zwrotna z BigData i możliwość zmiany parametrów stacji w zależności od wyników działających tam algorytmów
Sposób pozyskiwania danych	Protokół OPC, system zewnętrzny musi posiadać całą obsługę pozyskiwania danych, po stronie serwera OPC trzeba jednak zdefiniować TAG-i	Nazca przesyła dane do systemów zewnętrznych (np. protokołem Kafka, RabbitMQ, wywołania REST etc). Transfer danych i jego warunki są ustalane po stronie Nazca. Dodatkowo dane składowane w BigData można pozyskiwać np. poprzez protokół SAMBA (pliki csv), bezpośredni dostęp do baz danych (np. MySQL, HBase, HIVE, JDBC), lub poprzez udostępnione w tym celu usługi REST

Przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym	Niewielkie, wbudowane w serwer OPC lub w narzędzia wizualizacji.	* podstawowa analiza danych na stacji, * zaawansowana analiza strumieniowa narzędziami takimi jak Apache Spark Streaming, Apache Storm czy Apache Flink, * możliwość zastosowania algorytmów uczenia maszynowego na strumieniu danych lub oknach agregacyjnych, wykrywanie anomalii, detekcja wyuczonych zdarzeń narzędziami takimi jak np. SparkML
Składowanie danych	OPC HDA, w zależności od producenta, np. Kepware zapisuje w pliku, na dysku który się 'zawija', brak dodatkowych zabezpieczeń, redundancji, tworzenia kopii zapasowych. Pojemność i bezpieczeństwo zależne od dysku lokalnego i konfiguracji.	* dane składowane w serwerze BigData w HDFS (Cold Storage). Pełna redundancja, failover, poziome skalowanie wydajności i pojemności, możliwość składowania terabajtów danych. * Hot Storage w postaci HBase, InfluxDB czy Hive. * RoIUp, czyli zmniejszanie gęstości zapisu danych historycznych - im starsze dane, tym mniejsza dokładność. Dzięki temu można przechowywać duże zbiory nawet wiele lat, zachowując podstawowe informacje służące np. do wyznaczania trendów czy wartości statystycznych, * Centralne repozytorium danych, zarządzane i utrzymywane jako całość a nie rozproszone bazy lokalnie na stacjach.
Przetwarzanie wsadowe danych	Brak danych	Narzędzia analizy danych, takie jak Apache Spark, działające bezpośrednio na plikach HDFS lub tabelach Hive/HBase, język SparkML do uczenia maszynowego. Analiza danych za pomocą języka Python, biblioteki uczenia maszynowego (np. Scikit-Learn), sieci neuronowych (np. Tensor Flow, PyTorch). Wyniki obliczeń składowane z powrotem w bazach danych do dalszego wykorzystania lub prezentacji.
Agregacja danych	Ewentualne powiązanie danych na wspólnych wizualizacjach w systemach SCADA	Centralne repozytorium pozwala na pełny dostęp algorytmów do wszystkich składowanych danych
Wizualizacja danych, Business Intelligence	Systemy SCADA, zwykle prezentujące stan aktualny, wymagające dodatkowych licencji	Możliwa wizualizacja lokalnie na stacji, wizualizacja za pomocą narzędzi OpenSource, np. Grafana, dedykowane rozwiązanie w postaci strony WWW dostępnej w sieci lokalnej VWP (dostępna również z telefonu komórkowego)

Inne funkcjonalności	Brak danych	* ujednolicona podstawa czasowa pomiarów * obsługa wielu języków * węzły swobodnie programowalne (implementacja własnej logiki w języku C#) * strumieniowanie wideo * możliwość implementacji rozwiązań OCR * odczytywanie Barcode i kodów QR
----------------------	-------------	--

Tabela 2. Porównanie systemu SCADA i Nazca

5.3 Innowacyjność platformy Nazca 4.0

Opracowana w trakcie prac badawczo rozwojowych platforma IIoT Nazca 4.0 jest produktem innowacyjnym, co potwierdza opracowany niezależny raport [51]. W Tab. 3 zestawiono innowacje oraz cechy innowacyjne platformy Nazca 4.0. Platformę Nazca 4.0 można uznać za innowację o następującym charakterze, co również uzasadniono w Tab. 3:

- Produktową,
- Procesową,
- Organizacyjną,
- Marketingową.

Typ innowacji	Cechy	Cechy innowacyjne platformy NAZCA 4.0
Innowacja Produktowa	* dotyczy produktu (towaru lub usługi), * ulepszenie produktu oferowanego przez przedsiębiorstwo (w zakresie parametrów technicznych, komponentów, materiałów i/lub funkcjonalności), * rozszerzenie asortymentu o nowy produkt, * wdrożenie nowych technologii, produkcji, wykorzystanie wiedzy, łączenie istniejących technologii	* skalowalność dostosowana pod względem sposobu uruchomienia platformy (lokalnie lub hybrydowo) - skalowanie w dwóch wariantach (pionowe - scale-up i poziome - scale-out) zapewniające zachowanie odporności i wydajności przy zwiększającym się obciążeniu, * działanie na dowolnej platformie chmurowej, * akwizycja danych z urządzeń różnych producentów (brak ukierunkowania na konkretną grupę producencką) oraz systemów informatycznych różnych producentów, * możliwość zastosowania ustandaryzowanych protokołów komunikacyjnych przy zachowaniu możliwości opracowania protokołów własnych (w tym opracowanych jako rozwiązania branżowe).
Innowacja procesowa (technologiczna)	* dotyczy metod wytwarzania lub świadczenia usług, docierania z produktem do odbiorców,	* możliwość utworzenia jednego źródła prawdy SSoT w zakresie danych produkcyjnych,

	* zmiany w urządzeniach lub organizacji produkcji (także połączenia), wykorzystania nowej wiedzy, * celem może być produkcja, dostarczenie nowych i udoskonalonych produktów, zwiększenie efektywności produkcji,	* wypracowanie usługi zdalnego wspomagania (nie tylko w zakresie serwisu samej platformy NAZCA 4.0, ale również nadzorowanych procesów lub maszyn) - tworzenie nowej usługi poprzez dyfuzję wiedzy specjalistów obsługujących nadzór, diagnostykę w sposób zdalny * wpływ na projektowanie procesów produkcyjnych w celu pełnego wykorzystania potencjału, przyjaznej dla użytkownika zautomatyzowanej inteligentnej i elastycznej interakcji człowiek-maszyna, począwszy od maszyn połączonych cyfrowo, a skończywszy na wykorzystaniu połączonych nośników informacji, cobotów (ang. Collaborative robot, czyli robot współpracujący) i innych rodzajów robotów, * wpływ na projektowanie samodzielnych systemów zarządzania danymi z kontroli jakości i planowanie rozwoju produkcji, co ma pozwolić na szybkie dostosowywanie się do zmiennych zamówień i żądań klientów bez konieczności podejmowania nagłych interwencji,
Innowacja Organizacyjna	* dotyczy metod organizacji w biznesowych praktykach przedsiębiorstwa, organizacji miejsca pracy lub też w relacjach zewnętrznych, * do tej grupy należą: zmiany w praktykach biznesu, organizacji miejsca, pracy albo zewnętrznych relacjach, które są oparte na metodach już stosowanych przez przedsiębiorstwo, zmian w strategii zarządzania, połączenia i nabywania innych przedsiębiorstw,	* możliwość włączenia zespołu APA Sp. z o.o. do celów monitoringu, diagnozy oraz predykcji stanu eksploatacyjnego obiektów technicznych z których pozyskiwane są dane, * włączenie funkcji bezpieczeństwa poprzez integrację i włączenie funkcjonalności systemów SMS do monitoringu i nadzoru przedsiębiorstwa,
Innowacja Organizacyjna	* dotyczy metod organizacji w biznesowych praktykach przedsiębiorstwa organizacji miejsca pracy lub też w relacjach zewnętrznych, * do tej grupy należą: zmiany w praktykach biznesu, organizacji miejsca pracy albo zewnętrznych relacjach, które są oparte na metodach już powszechnie stosowanych	* możliwość włączenia zespołu APA Sp. z o.o. do celów monitoringu, diagnozy oraz predykcji stanu eksploatacyjnego obiektów technicznych z których pozyskiwane są dane, * włączenie funkcji bezpieczeństwa poprzez integrację i włączenie funkcjonalności systemów SMS do monitoringu i nadzoru przedsiębiorstwa,

Tabela 3. Uzasadnienie innowacyjności platformy Nazca 4.0 [51]

6. Prace badawczo rozwojowe w zakresie implementacji algorytmów w platformie Nazca 4.0

Kolejnym krokiem w procesie walidacji platformy Nazca 4.0 było sprawdzenie poprawności działania platformy z zaimplementowanymi algorytmami służącymi do wyznaczania różnych zmiennych z płynących w czasie rzeczywistym sygnałów. Prace testowe prowadzone były min. w warunkach laboratoryjnych na stanowiskach udostępnianych przez Politechnikę Śląską, oraz w warunkach przemysłowych na zamkniętych fragmentach linii produkcyjnych. Poniżej pokazano przykłady zastosowania algorytmów do wyznaczania parametrów jakościowych i ilościowych z procesów zbieranych w czasie rzeczywistym z sygnałów pochodzących z maszyn i urządzeń oraz procesów produkcyjnych na platformie Nazca 4.0. Wyniki pac zostały min. opisane w publikacjach naukowych [7,9,10].

6.1 Wyznaczanie wybranych parametrów statystyki opisowej

Głównym założeniem inteligentnej platformy w obszarach produkcyjnych jest wyciąganie wiedzy o procesie produkcyjnym na podstawie danych zebranych z sensorów rozmieszczonych przy maszynach, urządzeniach i fragmentach newralgicznych procesu produkcyjnego. Analiza danych jest możliwa dzięki odpowiedniemu połączeniu warstwy OT odpowiadającej za agregację danych oraz nadanie odpowiedniego stempla czasu i warstwy IT, która służy do archiwizacji i późniejszej obróbki zebranych pomiarów.

Jednym z najczęściej wykorzystywanych wskaźników dostępnych w platformach analizy danych są parametry statystyki opisowej, tj. wartość średnia przebiegu za okres (1), wartość minimalna (2), maksymalna (3), odchylenie standardowe (4), itd.

$$x_{mean} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} x(t) dt, \quad (1)$$

gdzie, $x(t)$ jest analizowanym przebiegiem, T jest okresem sygnału, a t_0 aktualnym czasem.

$$x_{min} = \min (x(t)) \quad (2)$$

$$x_{max} = \max (x(t)) \quad (3)$$

$$x_{std} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - x_{mean})^2}{N-1}} \quad (4)$$

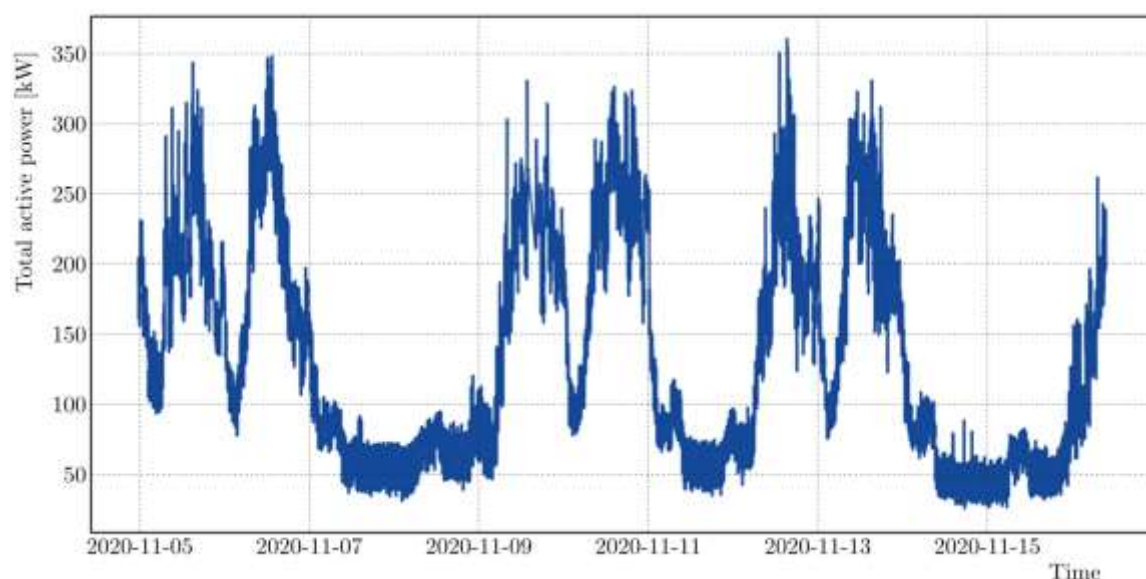
gdzie, N – liczba elementów w próbie, x – obserwacja/pomiar

Wymienione wskaźniki, służą do przedstawienia sygnałów w postaci pojedynczych wartości informujących użytkownika o naturze aktualnie przeprowadzanego pomiaru

w odniesieniu do danych historycznych (np. z określonego okresu). Na podstawie doświadczenia w pracy z analizowaną linią produkcyjną, użytkownik jest w stanie określić aktualną i krótkoterminową predykcję kondycji procesu.

Parametry statystyki opisowej stanowi integralną część platform Nazca 4.0 i IPOE (Inteligentna Platforma Optymalizacji Energii), które posiadają wbudowany moduł analizy sygnałów z wykorzystaniem wybranych parametrów statystycznych, tj. wartości średnich, minimalnych, maksymalnych, mediany i odchylenia standardowego.

W pracy [10] przedstawiono analizę przebiegu całkowitej mocy czynnej w przedsiębiorstwie z wykorzystaniem platformy IPOE dla okresu od 05-11-2020 do 16-11-2020 (Rys. 19).



Rysunek 19. Całkowita moc czynna w założonym okresie [10]

Dla przebiegu całkowitej mocy czynnej analizowanego obiektu wyznaczono parametry statystyczne:

Wyznaczone wartości parametrów statystycznych dla całkowitej mocy czynnej

x_{mean} 131,70 kW

x_{min} 24,85 kW

x_{max} 360,10 kW

x_{std} 76,64

Na podstawie wyznaczonych wartości statystycznych wraz z dostępnym przebiegiem czasowym sygnału, możliwe jest wyciągnięcie wniosku co do wartości osiągniętych przez badany układ, tj. minimalnego, średniego i maksymalnego zużycia mocy, charakteru pracy układu, tj. widoczna krótkookresowa sezonowość obciążenia, z uwzględnieniem dni wolnych od pracy.

6.2 Wyznaczanie współczynników KPI (Key Performance Indicators)

Kluczowe wskaźniki efektywności (KPI - Key Performance Indicators), to jedno z narzędzi pomocnych w zarządzaniu niemal dowolnym obszarem organizacji. KPI stanowią różnego rodzaju mierniki, dzięki którym możliwa jest ocena funkcjonowania firmy, wykrywanie obszarów o zmniejszonej efektywności czy śledzenie zmian procesów w funkcji czasu. W celu weryfikacji poprawności wyznaczania wskaźników produkcyjnych badania zostały przeprowadzone w Centrum Testowania Technologii Przemysłu 4.0 firmy APA Group. Ideą KPI jest szybkie i skuteczne uzyskanie informacji decyzyjnej agregującej wiele pomniejszych składowych w postaci ich agregacji do pojedynczych wartości informatywnych. Inteligentna platforma analiz danych przemysłowych powinna umożliwiać wyznaczenie najczęściej wykorzystywanych wskaźników produkcyjnych, Platforma NAZCA 4.0 została wyposażona w moduł wyznaczający kluczowe wskaźniki efektywności produkcyjnych do których należą: całkowita efektywność wyposażenia, OEE (5), średni czas pomiędzy uszkodzeniami, MTBF (6) (ang. mean time between failures,), średni czas naprawy, MTTR (7) (ang. Mean time to repair) i średni czas do uszkodzenia, MTTF (8) (ang. Mean time to failure). Platforma Nazca 4.0 została zaimplementowana do autorskiej stacji demonstracyjnej przemysłu 4.0, która została zbudowana przez firmę APA Sp. z o.o. w Gliwicach (Rys. 20). Stacja ta pozwoliła na przetestowanie większości algorytmów opracowanych w firmie APA i zaimplementowanych na platformie Nazca 4.0.



Rysunek 20. Zdjęcie Centrum Testowania Technologii Przemysłu 4.0 (CTTP.40)

$$OEE = \text{Dostępność} \bullet \text{Wydajność} \bullet \text{Jakość} \quad (5)$$

gdzie, dostępność oznacza stosunek czasu zaplanowanego na realizację zadania do czasu, który w rzeczywistości można na to zadanie poświęcić. Wydajność oznacza stosunek czasu dostępnego do rzeczywistej pracy, a jakość jest określana jako stosunek liczby dobrych produktów do wszystkich wyprodukowanych.

$$MTBF = MTTR + MTTF \text{ [min]} \quad (6)$$

gdzie, MTTR wyznaczane jest z (7), a MTTF z (8)

$$MTTR = \frac{\text{Czas niezdatności}}{\text{Liczba zdarzeń naprawczych}} \text{ [min]} \quad (7)$$

$$MTTF = \frac{\text{Czas dostępności} - \text{czas niezdatności}}{\text{Liczba zdarzeń}} \text{ [min]} \quad (8)$$

Wskaźniki produkcyjne wyznaczone dla CTPP 4.0 (Centrum Testowania Technologii Przemysłu 4.0) zostały przedstawione na poniższym Rys. 21. Wskaźniki te są szczególnie przydatne dla osób zajmujących się utrzymaniem ruchu i pozwalają na ilościowe i procentowe przedstawienie procesów produkcyjnych.

WSKAŹNIKI DZIENNE		
DOSTĘPNOŚĆ	WYDAJNOŚĆ	PRODUKCJA
94	131	218
%	%	szt.
WSKAŹNIKI TYGODNIOWE		
MTTR	MTTF	MTBF
3,0	2,2	5,3
h	h	h

Rysunek 21. Przykładowe wskaźniki produkcyjne wyznaczone dla CTPP4.0.

6.3 Wykrywanie anomalii w sygnałach

Jedną z możliwości monitorowania anomalii w procesie produkcyjnym jest wprowadzenie progów decyzyjnych, których przekroczenie informuje użytkownika końcowego o wystąpieniu zjawiska niepożądanego, które wymusza wprowadzenie konkretnych działań. Rozwiązanie wykorzystujące progi decyzyjne i jednocześnie informację w postaci wskaźnika jakości zostało wprowadzone w platformie Nazca4 jako algorytm oceny jakości energii. Zaproponowane rozwiązanie wykorzystuje algorytm logiki rozmytej wraz z wnioskowaniem rozmytym, które służą do wyznaczenia procentowego współczynnika jakości energii elektrycznej w odniesieniu do normy PN-EN 50160. Algorytm ten ma na celu w sposób intuicyjny informować użytkownika o jakości aktualnie dostarczanej do obiektu energii elektrycznej.

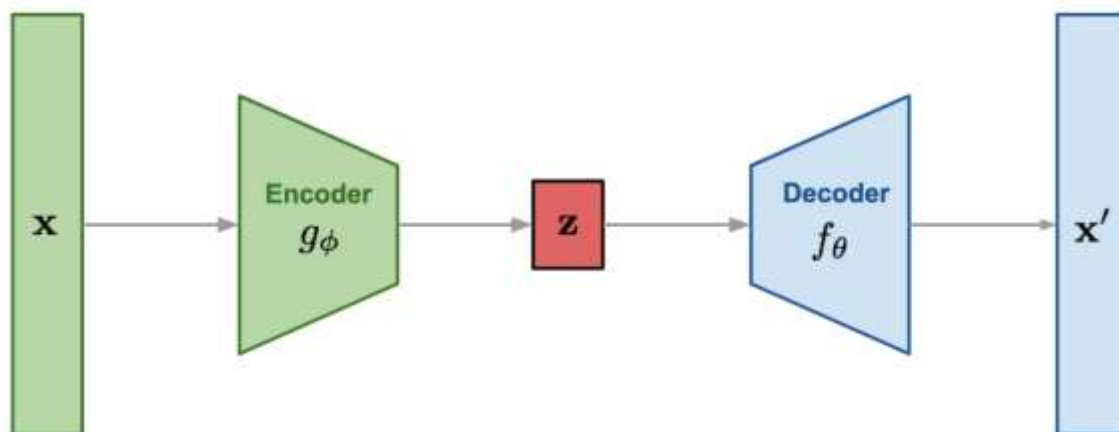
Konstrukcja algorytmu oceny jakości energii opiera się o wartości parametrów napięcia (U), częstotliwości (f) i $\cos(\varphi)$ ustandaryzowanych w normie energetycznej PN-EN50160. Działanie algorytmu opiera się na rozmytym systemie typu Mamdaniego, który na podstawie przesłanek (mierzonych parametrów sygnału elektrycznego) wyznacza jakość sieci energetycznej w skali 0-100% w odniesieniu do parametrów normy. Prosta informacja wyjściowa z systemu agregującego dane elektryczne niesie ogromną zaletę w procesie decyzyjnym z uwagi na łatwość interpretowalności i szybkość przekazu (Rys. 22).



Rysunek 22. Prezentacja działania algorytmu oceny jakości energii w platformie Nazca4 [www.demo.apagroup.pl]

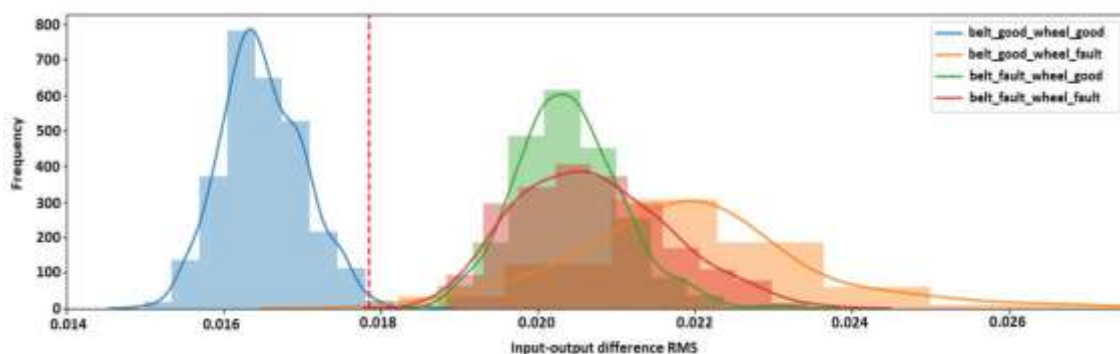
Drugim przykładem wykrywania anomalii w sygnałach pochodzących z maszyn jest zastosowanie sztucznych sieci neuronowych w strukturze autoenkodera do

odwzorowywania poprawnej pracy urządzenia. Autoencoder jest generatywnym nienadzorowanym algorytmem głębokiego uczenia używanym do rekonstrukcji danych wejściowych o dużych wymiarach za pomocą sieci neuronowej (Rys. 23).



Rysunek 23. Struktura wykorzystanej sieci autoenkodera [7]

Wykorzystanie algorytmu o strukturze autoenkodera do wykrywania anomalii w danych produkcyjnych zostało omówione w publikacji [7]. Badania prowadzone w ramach artykułu dotyczyły analizy sygnałów pochodzących z przekładni pasowej, dla której na podstawie mierzonych wibracji algorytm miał na celu wypracowanie informacji o aktualnej kondycji urządzenia poprzez porównanie aktualnie mierzonego sygnału wibracji z sygnałem referencyjnym pochodzącym z urządzenia pracującego w sposób poprawny. Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczono rozkład gęstości błędu odwzorowania wartości nieuszkodzonych. Największa uzyskana wartość błędu wyniosła 1,51% i pozwala na określenie progu nieczułości działania algorytmu. W kolejnym kroku dane z uszkodzonych urządzeń zostały wprowadzone do wyuczonego autoenkodera. Wyznaczono minimalną wartość błędu odwzorowania, która wyniosła 1,75%, oraz rozkład gęstości błędu odwzorowania dla wartości uszkodzonych. Wyznaczenie maksymalnego błędu prawidłowych wartości pozwoliło wyznaczyć krzywą odcięcia (Rys. 24), która stanowi próg decyzyjności ok/nok dla analizowanego układu.



Rysunek 24. Wyznaczenie krzywej decyzyjności pomiędzy wartościami poprawnymi, a niepoprawnymi dla badanego układu z wykorzystaniem algorytmu autoenkodera [7]

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że zaproponowany algorytm uzyskał skuteczność informacyjną wynoszącą ok. 98%, tj. w podanej skuteczności poprawnie zostały zaklasyfikowane badane uszkodzenia w układzie przekładni pasowej. Niewątpliwą zaletą zaproponowanego podejścia jest jego adaptacyjność i możliwość wykorzystania dla innych sygnałów pomiarowych, struktura zaproponowanego algorytmu autoenkodera jest łatwo implementowana dla sygnałów pochodzących z innych urządzeń.

6.4 Predykcja zdarzeń - Predictive Maintenance

Platforma NAZCA 4.0, posiada zbiór narzędzi, pozwalających m.in. na usprawnienie działania sekcji serwisowej, poprzez wykorzystanie innowacyjnych algorytmów i danych z maszyn do przewidywania najbliższej akcji naprawczej i co ważne, wykrycia odchylenia od poprawnej pracy (tzw. anomalii), które są pierwszą oznaką przed awarią, gdzie klasyczne podejścia nie zawsze są w stanie wykryć je we wczesnym etapie. Monitorowanie oraz diagnostyka urządzeń w czasie rzeczywistym, a także przewidywanie najbliższych serwisów na podstawie danych historycznych pozwalają na lepsze zarządzanie produkcją i uniknięcie nieplanowanych przestojów, które mogą być spowodowane uszkodzeniem maszyny, co stanowi podstawę diagnostyki prewencyjnej.

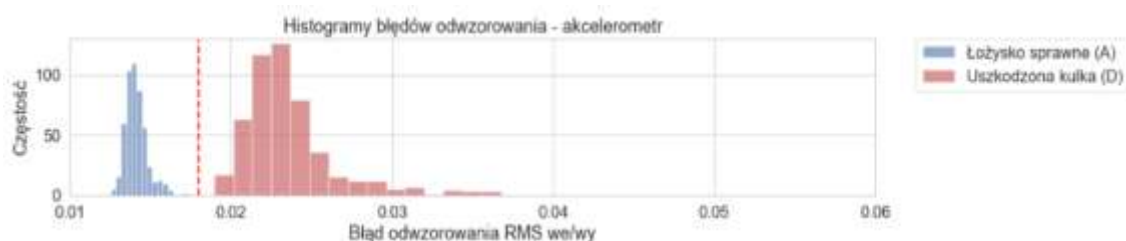
Jedną z fundamentalnych operacji związanych z diagnostyką prewencyjną jest określenie trendu zmian wartości mierzonych parametrów (Rys. 25), np. wskaźników jakościowych. Analiza trendu niesie ze sobą dwie zalety, mianowicie pozwala na określenie charakteru pracy urządzenia lub linii produkcyjnej, tj., jeżeli wybrany parametr jest w trendzie spadkowym oznacza to, że proces produkcyjny ulega pogorszeniu lub jeżeli jest w trendzie wzrostowym co wskazuje na powrót do pełnej mocy produkcyjnej po przeprowadzonej procedurze serwisowej lub oszacowanie po jakim czasie mierzony parametr osiągnie założoną wartość, np. po jakim czasie wskaźnik OEE

spadnie poniżej 60%, lub wskaźnik jakości energii będzie równy 80%, co umożliwia na oszacowanie czasu do wystąpienia awarii zatrzymującej proces produkcyjny.



Rysunek 25. Badanie trendu zmian jakości sygnału elektrycznego w platformie Nazca 4.0 [www.demo.apagroup.pl]

Druga możliwość wprowadzenia zaawansowanej diagnostyki prewencyjnej ofertowanej przez platformę Nazca 4.0 jest wykorzystanie ciągłego monitoringu obszarów najczęściej ulegających uszkodzeniu z wykorzystaniem algorytmów inteligencji obliczeniowej. W pracy [9] wykorzystano sztuczne sieci neuronowe do diagnostyki prewencyjnej układów, które w swojej strukturze zawierają łożyska. Zadaniem opracowanego algorytmu wykorzystującego sztuczną sieć neuronową jest informowanie użytkownika o poziomie degradacji łożyska na podstawie pomiarów pochodzących z czujnika wibracji umieszczonego przy monitorowanym elemencie. W ramach prowadzonych prac, wyznaczono próg decyzyjności na podstawie, którego podejmowania jest decyzja o występowaniu uszkodzenia. Wyjście opracowanego algorytmu informuje o stopniu podobieństwa mierzonego sygnału do referencji pochodzącej z elementu nieuszkodzonego. Na podstawie oceny podobieństwa wyznaczana jest aktualna jakość łożyska, która w przypadku wystąpienia pogorszenia umożliwia oszacowanie czasu do uszkodzenia elementu, czego przykład został zilustrowany na Rys. 26.



Rysunek 26. Monitorowanie pracy urządzenia z wykorzystaniem autoenkodera w diagnostyce prewencyjnej [9]

Zaletą zaproponowanego rozwiązania jest łatwość monitorowania parametrów maszyny zarówno w trybie online, jak i wsadowo. Prezentowane podejście umożliwia wskazanie odstępstw od poprawnej pracy, które zarejestrowano na łożysku kulkowym, co stanowi ważną informację dla sekcji serwisowej mówiącą o potencjalnym wystąpieniu uszkodzenia lub postępującym procesie degradacji elementu. Wczesne wykrycie anomalii pozwala zapobiec nieplanowanym przestojom linii produkcyjnej, do których może dojść przez ignorowanie występujących odstępstw w pracy danego urządzenia.

7. Wdrożenia platformy Nazca 4.0 w przemyśle

Początek implementacji platformy Nazca 4.0 sięga roku 2018, gdzie platforma stanowiła naturalne uzupełnienie procesu przeładunku samochodu z transportu powieszanego (EHB) na transport platformowy (PLATTENDBAND) realizowanego przez cztery roboty TYTAN pracujące w trybie synchronicznym, które stanowiły najbardziej złożony system zrobotyzowany w Europie, a ryzyko awarii lub przestoju musiało zostać zminimalizowane. Osiągnięto to dzięki wdrożeniu platformy Nazca 4.0, przed którą postawiono zadanie akwizycji i analizy strumieniowej danych płynących z systemów zrobotyzowanych. Poniżej opisano wdrożenia platformy Nazca 4.0 w trzech różnych sektorach przemysłowych:

- motoryzacyjnym - Fabryka Volkswagena w Poznaniu
- laboratoryjno – medycznym – European HealthTech Innovation Center (EHTIC)
- robotyzacji przemysłu – Kuka College Center w Tychach

Ze względu na poufność informacji dotyczących wdrożeń w zakładach przemysłowych niemożliwe jest wskazanie konkretnych algorytmów i rozwiązań systemowych wdrożonych w opisywanych zakładach. W załączniku znajdują się potwierdzenia opisywanych wdrożeń. Rolą Autora pracy było wdrożenie platformy wraz z algorytmami. Prace wdrożeniowe zostały przeprowadzone pod kierownictwem Doktoranta.

7.1 Fabryka Volkswagena w Poznaniu

W zakładzie produkującym samochody użytkowe Volkswagen Poznań, zaprojektowano i wdrożono platformę Nazca 4.0. Projekt obejmuje 3 grupy sterowania PLC oparte o sterowniki firmy Siemens. Każda grupa sterowania wyposażona została w komputer realizujący funkcje przetwarzania brzegowego (EDGE) oraz w urządzenia IoT (analizatory sieciowe, pomiar jakości energii).

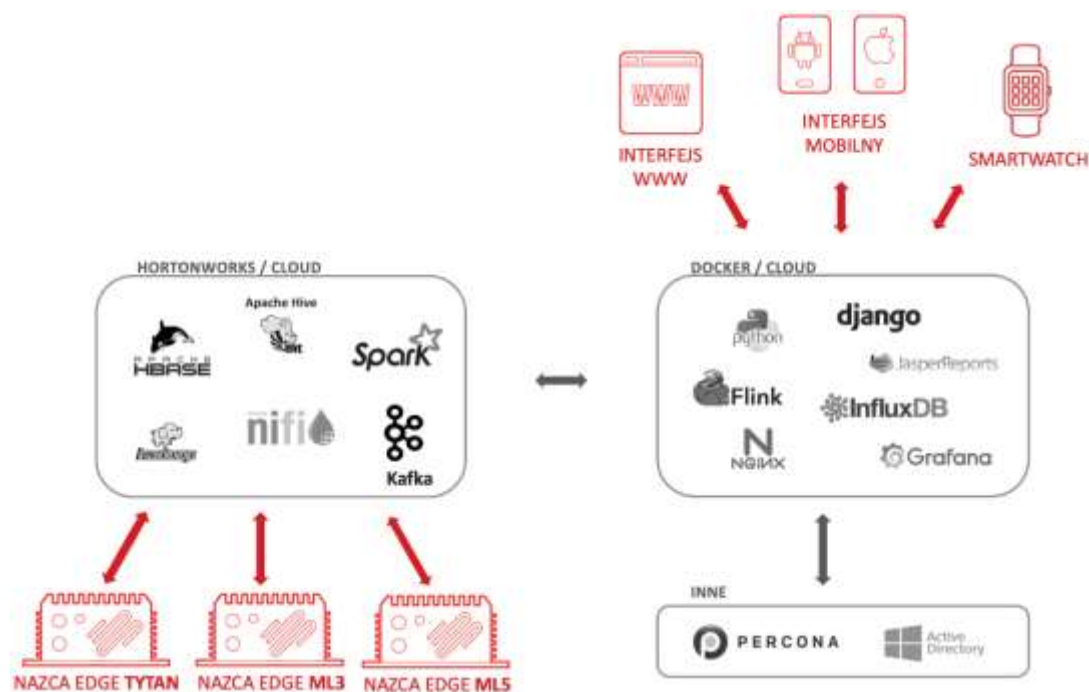
W fabryce Volkswagen Poznań zostały wykonane trzy wdrożenia platformy Nazca 4.0, które zostały opisane poniżej:

- Stacja przeładunku samochodów - TYTAN,

- autonomiczna linia transportu podwieszanego ML3,
- autonomiczna linia transportu podwieszanego ML5.

W załączniku przedstawiono potwierdzenie opisanych wdrożeń w fabryce Volkswagen Poznań.

W trakcie wdrożenia uwzględniono wymagania klienta dotyczące bezpieczeństwa przetwarzania i przechowywania danych, polegające na zbudowaniu rozwiązania wykorzystującego prywatną chmurę zbudowaną w oparciu o rozwiązanie Hortonworks, wykorzystaniu istniejącej technologii w warstwie sterowania PLC, systemów sterowania robotami przemysłowymi, systemu SCADA. Budowa rozwiązania spełniła założenia dotyczące budowy systemów informatycznych. Rys. 27 przedstawia schemat rozwiązania z podziałem na zintegrowane/zaimplementowane technologie, których celem jest połączenie struktury OT z IT.



Rysunek 27. Schemat opracowanego rozwiązania dla fabryki VW w Poznaniu

Podłączenie infrastruktury automatyzacji do NAZCA EDGE pozwoliło na:

- Synchronizację danych,
- Filtrowanie danych,
- Preprocessing (wstępne przetwarzanie danych),
- Lokalną wizualizację procesu,
- Transfer uporządkowanych danych do Hortonworks,
- Przetwarzanie danych w Hortonworks,
- Konteneryzację usług zewnętrznych,
- Prezentację przetworzonych danych w sieci biurowej www,

- Raporty opracowane na potrzeby klienta.

Nazca umożliwia dostęp do danych zgromadzonych w komputerach brzegowych (Nazca Edge lub po stronie Nazca Cloud). Możliwość zdalnego dostępu do bieżących statystyk, wskaźników jakości czy alarmów z procesu produkcyjnego ma na celu analizę poprawności procesu produkcyjnego. Wszystkie dane są dostępne w sieci produkcyjnej, a wybrane także w sieci. Dla większej przejrzystości, wszelkiego rodzaju komunikaty prezentowane są na podkładzie graficznym stacji, ułatwiając tym samym lokalizowanie źródła informacji.

W przypadku wdrożenia klient wskazał potrzebę zastosowania następujących elementów:

1. Predictive Maintenance

Metoda ma za zadanie zapobieganie awariom maszyn poprzez analizę ich parametrów (np. pobór prądu, temperatura, prędkość pracy, pozycjonowanie) w celu identyfikacji wzorców i przewidywania problemów, zanim wystąpią. Narzędzia analityczne pozwalają monitorować stan urządzeń, optymalizować okresy serwisowe oraz informować o nieprawidłowościach w czasie rzeczywistym.

2. Wyznaczanie KPI

System pozwala na wyświetlanie współczynnika efektywności stacji i poszczególnych urządzeń, obliczonego na podstawie zleceń produkcyjnych i rzeczywistego czasu realizacji zlecenia. Uwzględnione zostają postoje planowane i nieplanowane, a także towarzyszące temu parametry i nieprawidłowości w instalacji. Bez potrzeby analizowania parametrów technicznych, manager widzi procentowy wskaźnik OEE produkcji. Jest on automatycznie porównywany dla różnych zakresów czasu.

3. Monitorowanie dodatkowych sygnałów

Po analizie warunków środowiskowych (temperatura, wilgotność), parametrów zasilania stacji czy np. wibracji napędów, określony zostaje ich wpływ na proces, co pozwala w dalszym ciągu optymalizować jakość i czas cyklu.

7.1.1 Wdrożenie 1 - stacja przeładunku samochodów – TYTAN

Opis wdrożenia:

Stacja przeładunku samochodów z zawieszki na platformę (rys. 28), która:

- Jest pierwszą na świecie instalacją do tego typu zadania,
- Ma na celu zwiększenie wydajności cyklu przeładunku o 40%
- Ma zapewnić elastyczność dopasowania rozstawów kół dla różnych modeli aut

Przyjęte założenia projektowe:

- zbudować system realizujący funkcję Predictive Maintenance z wykorzystaniem platformy Nazca 4.0, badający stan degradacji maszyn i urządzeń. Opracowane wyniki zostaną wykorzystane do planowania przeglądów i czynności serwisowych.

Proces technologiczny: przeładunek samochodu za pomocą 4 robotów pracujących w trybie synchronicznym TYTAN Kuka KR1000 pracują jako RoboTeam, wraz z systemem transportu podwieszanego i systemem transportu rolkowego.

Po zapoznaniu się z procesem technologicznym zaproponowano technologie potrzebne do realizacji zadania:

- Dane dostarczane do procesu przetwarzania w Big Data, pozyskiwane są ze sterownika PLC (informacje o stanie czujników, sekwencji sterowania), czterech kontrolerów robotów (informacje o prądach pobieranych przez każdą oś i temperaturach każdego z sześciu napędów na każdym z robotów, falowników sterującymi napędami systemem transportu.

Rys. 28 przedstawia rzeczywisty obraz procesu przeładunku samochodu z systemu transportu podwieszanego (EHB), z wysokości 6m za pomocą 4 robotów KUKA Tytan, na transport z użyciem platform na poziomie hali.



Rysunek 28. Roboty TYTAN. Stacja rozładunku samochodów z zawieszki na platformę

Infrastruktura techniczna została uzupełniona o elementy IoT (analizatory sieciowe, badające jakość energii) w celu zwiększenia ilości i jakości informacji w procesie analizy. Dane pochodzące z analizatora sieciowego (100 parametrów zawierających informację o ilości i jakości przepływającego prądu) dostarczają informacji o jakości energii zasilania, występujących zakłóceniach, generowanych zakłóceniach przez urządzenia (moc bierna, analiza harmoniczných).

W celu polepszenia zdalnej diagnostyki stacji przeładunkowej, do układu dołączono monitoring wizyjny, dający możliwość zestawienia danych pomiarowych z obrazem wideo.

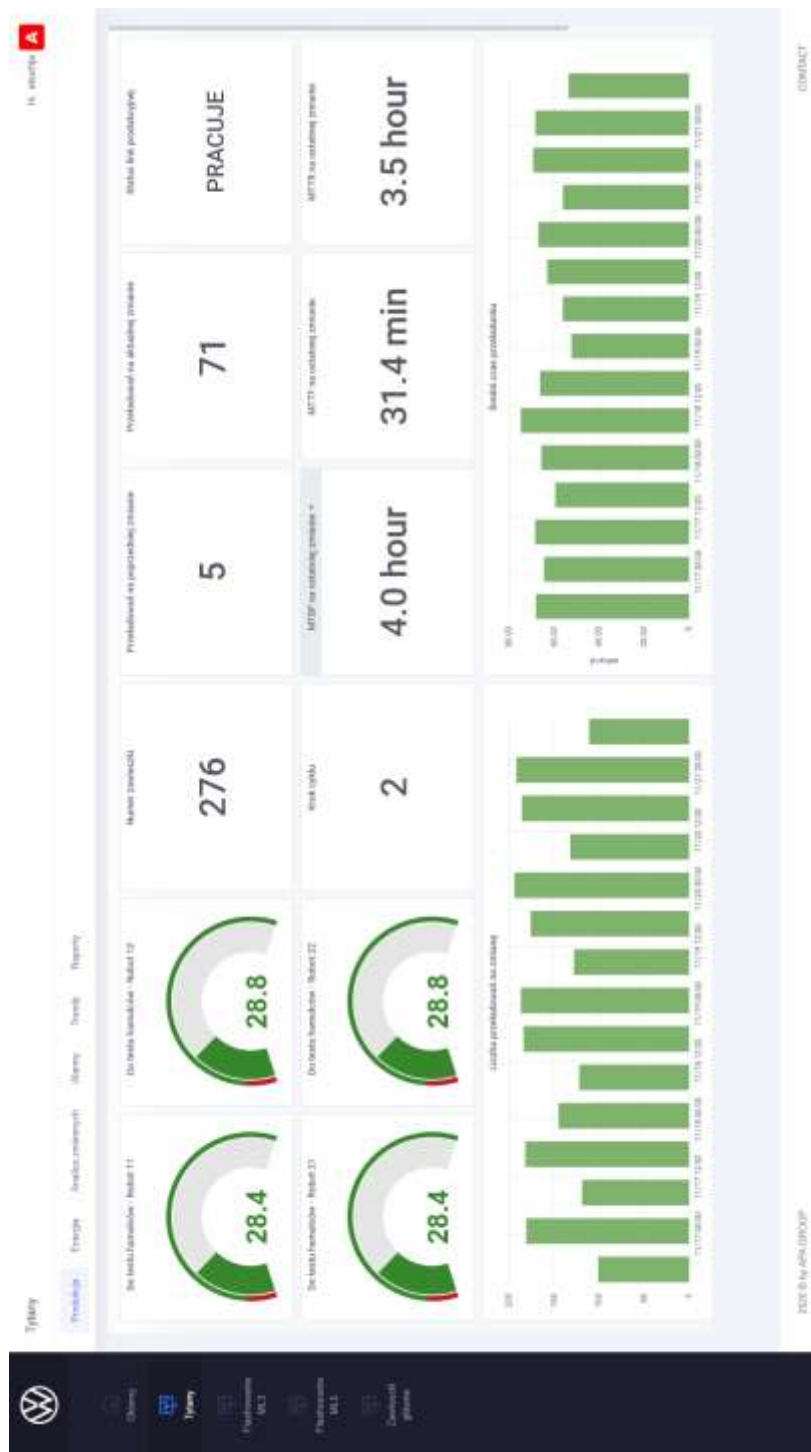


Rysunek 29. Panel wizualizacji lokalnej, monitor podłączony do komputera brzegowego (EDGE)

Monitorowanie najważniejszych parametrów produkcji, dziennika alarmów czy np. obrazu z kamer możliwe jest także z poziomu aplikacji mobilnej. W przypadku wykrycia awarii, Nazca Edge generuje stosowne powiadomienia.

Rys. 29 przedstawia obraz wyświetlany dla Służb Utrzymania Ruchu, na którym uwzględniono obraz z kamer pokazujący istotne fragmenty procesu przeładunku i informacje statusowe, dające możliwość szybkiego wyciągnięcia wniosków dotyczących ewentualnych przyczyn przestojów lub awarii. Ekran operatorski znacząco poprawia parametry bezpieczeństwa pracowników, dzięki ograniczeniu konieczności wchodzenia do niebezpiecznej strefy w celach diagnostycznych.

Rys. 30 przedstawia zestawienie istotnych dla operatora informacji pozwalających zaplanować działania związane z rutynowymi czynnościami wykonywanymi cyklicznie (itp. test hamulców robotów), które poddane są obserwacji. Celem budowy wskaźników jest określenie parametrów degradacji układów automatyki i mechaniki oraz zestawienie wskaźnika produktywności w podziale na zmiany produkcyjne.



Rysunek 30. Zdefiniowane wskaźniki efektywności procesu (KPI)

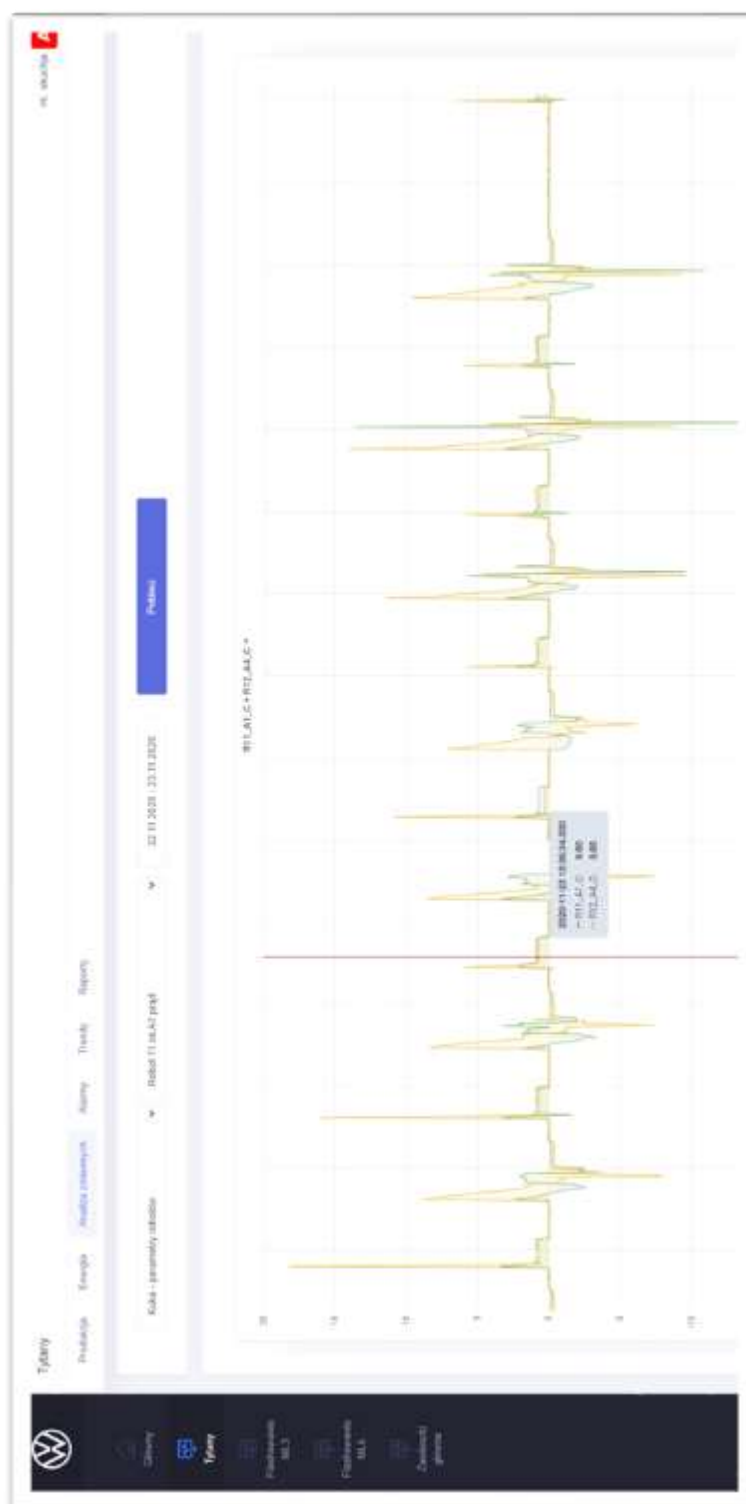
Ekran przedstawia informacje istotne dla managera produkcji. Prezentowane informacje ogólne o stacji, takie jak czas do testu hamulców robotów, liczba cykli na aktualnej i poprzedniej zmianie, historia liczby cykli na zmianę, a także statystyki produkcyjne, takie jak MTBF, MTTF, MTTR itp.

Rys. 31 przedstawia panel przygotowany do przeglądu istotnych dla procesu produkcji i utrzymania ciągłości produkcji, zawiera wskaźniki związane z efektywnością energetyczną procesu i jego jakością.



Rysunek 31. Wskaźniki zużycia prądu pobieranego przez roboty

Ekran wizualizujący istotne informacje o parametrach elektrycznych zasilania robotów Tytan, takich jak aktualne wartości napięć, prądów czy pobranej energii wraz z przebiegami z ostatniej godziny mocy i prądów na każdej z faz (Rys. 32).

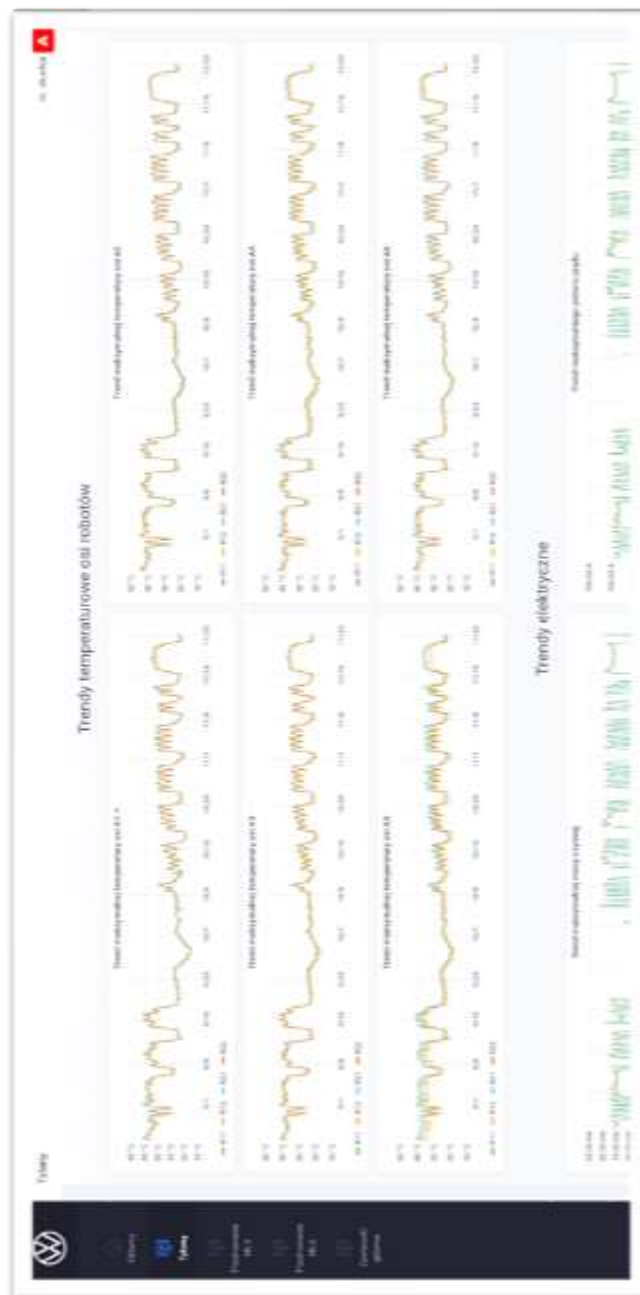


Rysunek 32. Ekran analizy wybranych zmiennych

Możliwa jest obserwacja i wizualizacja przebiegu dowolnej wybranej zmiennej w wybranym zakresie czasowym.

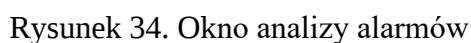
W procesie analizy dostępne są wszystkie informacje – wartości odczytanych zmiennych, pochodzące z monitorowanej stacji – elektryczne, informacje z robotów oraz statusowe stacji, łącznie 156 zmiennych. Zmienne mogą zostać wyeksportowane do zewnętrznych systemów.

Rys. 33 przedstawia panel przygotowany do przeglądu informacji istotnych dla procesu produkcji i ciągłości utrzymania produkcji. Na panelu przedstawiono wskaźniki umożliwiające analizę stanu temperatury mierzonej na wszystkich osiach robotów.

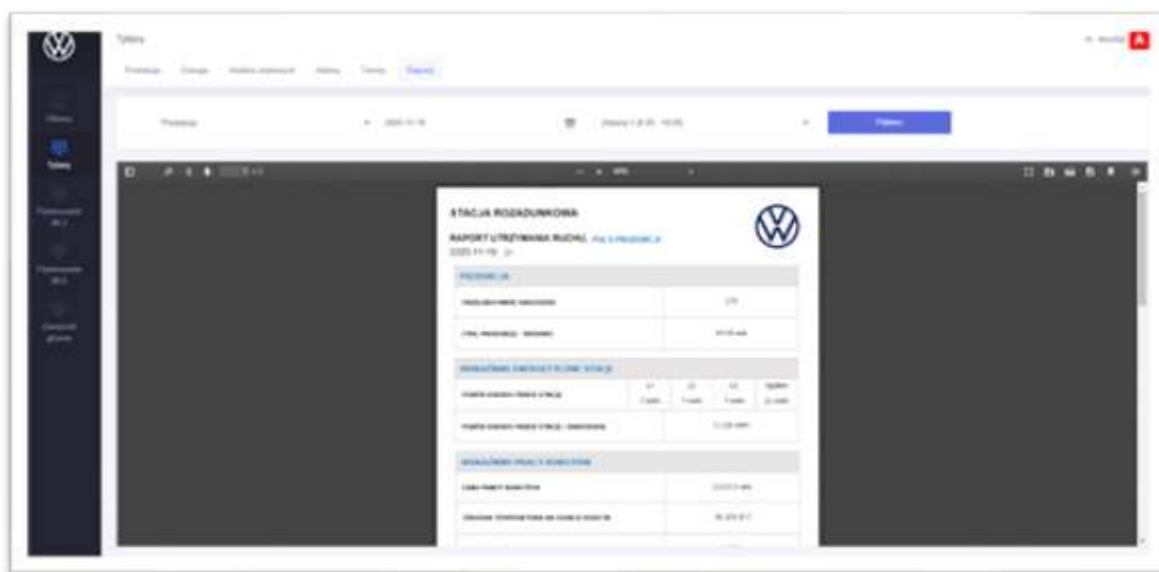


Rysunek 33. Okno analizy trendów

Rys. 34 przedstawia zestawienie alarmów i zestawienie zdarzeń mających wpływ na produktywność stacji przeładunkowej. Dzięki zastosowaniu apletu graficznego i mobilnej wersji zgłaszania awarii, możliwe jest szybkie przekazanie raportu do działu utrzymania ruchu.



Okno analizy alarmów – prezentacja TOP 10 alarmów z ostatnich 7 dni a także czas trwania alarmów na każdej ze zmian w ciągu ostatnich 14 dni.

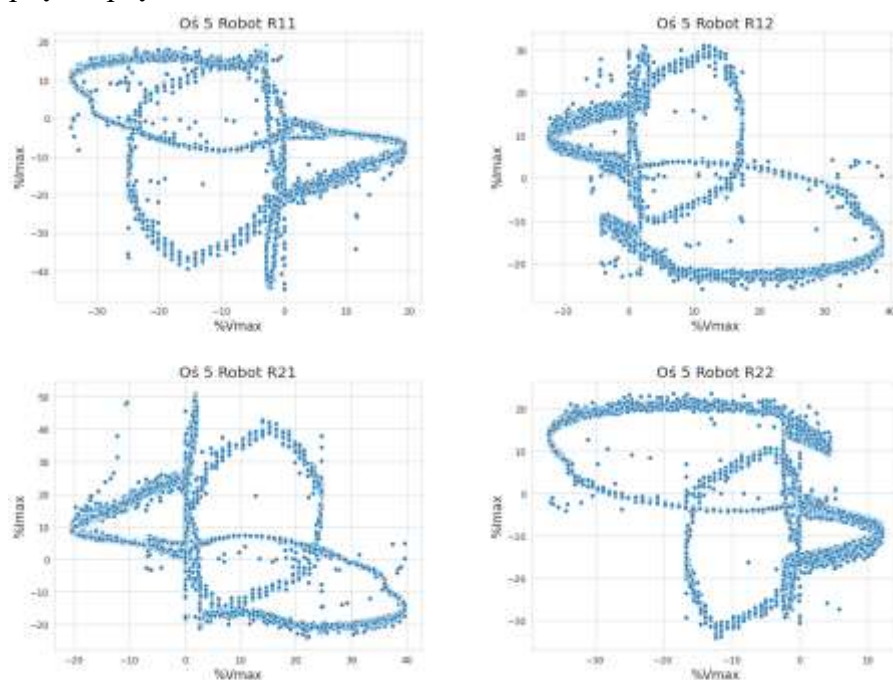


Rysunek 35. Okno raportów

Okno raportu – umożliwia wygenerowanie wcześniej opracowanego raportu z dowolnej zmiany, a następnie pobranie go jako PDF lub do wydruku. Istnieje możliwość pełnej personalizacji.

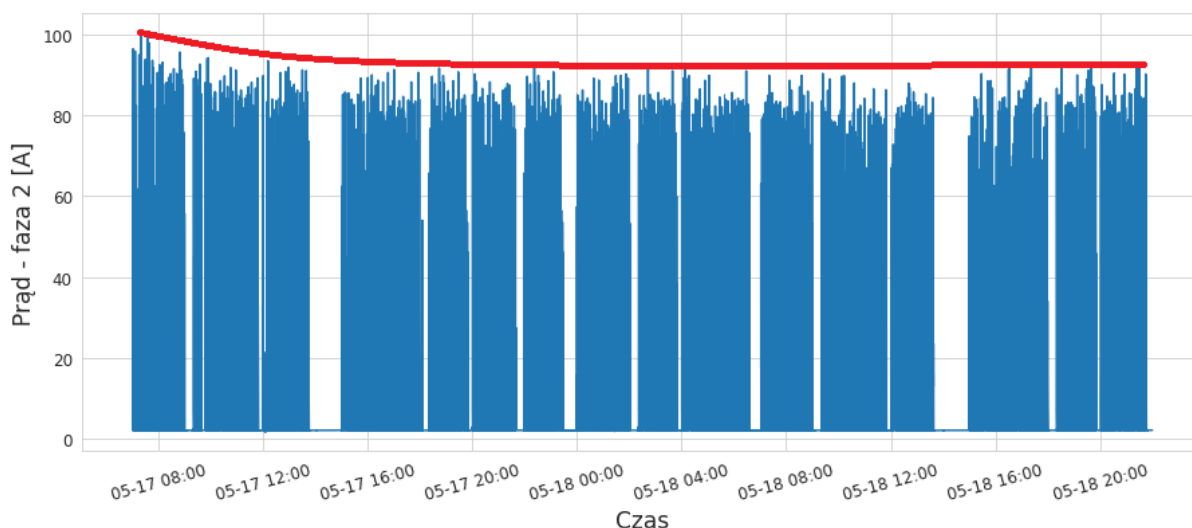
Rys. 35 przedstawia wygląd raportu, który cyklicznie lub na żądanie tworzony jest zgodnie z zapotrzebowaniem kadry menadżerskiej lub służb utrzymania ruchu.

Platforma Nazca 4.0 pozwoliła na analizę danych. Poniżej przedstawiono wyniki analizy korelacji prądu i prędkości osi robotów TYTAN KUKA.



Rysunek 36. Okno analizy poprawności pracy robotów

Powyższy rysunek (Rys. 36) pokazuje korelację prędkości i prądu osi piątej robotów, wizualizacja postaci charakterystycznych kształtów. W pionie umieszczone są wykresy robotów pracujących na jednej osi karoserii, dlatego kształty są odbiciem lustrzanym w pionie. Dzięki zastosowaniu sieci neuronowych możliwa jest weryfikacja dowolnego kształtu korelacji. Co więcej, możliwa jest korelacja większej ilości zmiennych, co daje wielowymiarowy kształt.



Rysunek 37. Okno analizy poprawności pracy robotów w funkcji zużycia prądu

Po weekendowym przestoju produkcyjnym roboty pobierają więcej energii elektrycznej. Prawdopodobnie jest to związane z ich wychłodzeniem i potrzebą ponownego rozgrzania. Po kilku godzinach pracy pobór prądu stabilizuje się na stałym poziomie.

Rys. 37 przedstawia analizę rozkładu zużycia prądu w zależności od czasu, co pozwala na wyciągnięcie wniosku, że praca robota i jego napędów w temperaturze zbliżonej do 30° C, jest optymalna pod względem zużycia energii elektrycznej.

Wnioski do wdrożenia:

Wdrożenie platformy Nazca 4.0. znacząco polepszyło bieżącą obsługę stacji zrobotyzowanej. Proces planowania przeglądów zrobotyzowanej stacji przeładunkowej bazuje na analizie danych. Analiza trendów średnio i długookresowych pozwoliła wyeliminować elementy generujące zakłócenia, wcześniej nie identyfikowane jako krytyczne.

7.1.2 Wdrożenie 2 i 3 - dwie autonomiczne linie transportu podwieszanego ML3 i ML5

Opis wdrożenia:

Zbudowanie spójnej struktury danych w warstwie brzegowej (Nazca Edge)

- Gromadzenie danych w jednym miejscu, dodawanie znacznika czasowego,
- przetwarzanie brzegowe na potrzeby lokalnych wizualizacji,
- Dane przygotowane do analizy w dowolnych systemach, transfer danych do struktury Big Data z Machine Learning i Artificial Intelligence.

Przyjęte założenia projektowe:

zbudować system realizujący funkcję Predictive Maintenance z wykorzystaniem platformy Nazca, badający stan degradacji maszyn i urządzeń. Opracowane wyniki zostaną wykorzystane do planowania przeglądów i czynności serwisowych.

Wdrożenia dotyczą dwóch różnych linii transportu podwieszanego ML3 i ML5. Zadaniem systemów transportowych ML3 i ML5 jest elastyczne dopasowanie prędkości transportu podwieszanego do dolnego transportu rolkowego. Wózek transportowy wyposażony jest w układ napędowy sterowny przez falownik. Pozycjonowanie wózka kontrolowane jest dzięki czynnikiowi optycznemu, a sterowanie odbywa się bezprzewodowo.

Po zapoznaniu się z procesem technologicznym zaproponowano technologie potrzebne do realizacji zadania:

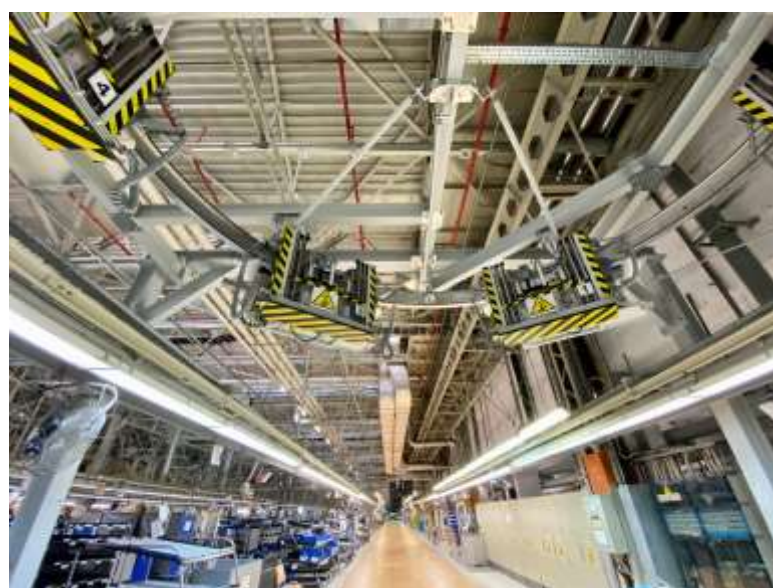
Dane dostarczane do procesu przetwarzania w Big Data, pozyskiwane są ze sterownika PLC (informacje o stanie czujników, sekwencji sterowania), i komputerów brzegowych (EDGE), informacje o prądach pobieranych przez każdą z zawieszek transportowych, prędkości przejazdu, informacji statusowych pochodzących z falowników sterującymi napędami wózków transportowych.

Infrastruktura techniczna została uzupełniona o elementy IoT (analizatory sieciowe, badające jakość energii) w celu zwiększenia ilości i jakości informacji w procesie analizy. Dane pochodzące z analizatora sieciowego (100 parametrów zawierających informację o ilości i jakości przepływającego prądu) dostarczają informacji o jakości energii zasilania, występujących zakłóceniach, generowanych zakłóceniach przez urządzenia (moc bierna, analiza harmoniczných).



Rysunek 38. Linia transportu podwieszanego ML3

Rys. 38 przedstawia fragment linii transportu podwieszanego, na którym przenoszone są ładowarki elektryczne do sterowników samochodowych, a proces jest zsynchronizowany z prędkością linii głównej transportu podwieszanego samochodu (EHB).



Rysunek 39. Linia transportu podwieszanego ML5

Rys. 39 przedstawia fragment linii transportu podwieszanego, na którym przenoszone są ładowarki elektryczne do sterowników samochodowych, a proces jest zsynchronizowany z prędkością linii głównej transportu platformowego samochodu (Plattenband).

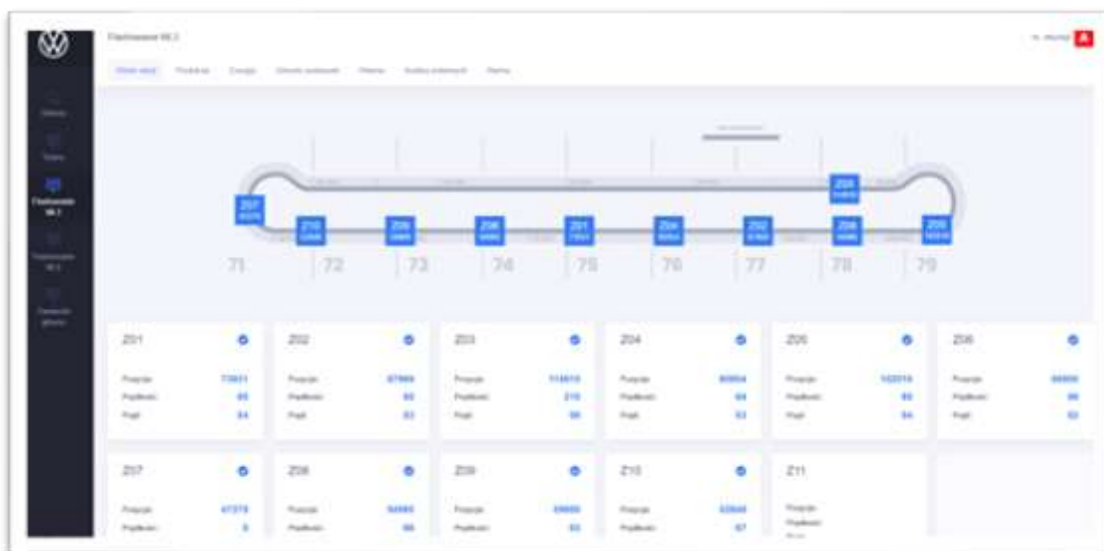


Rysunek 40. Wózek transportowy przenoszący system komputerowy

Rys. 40 przedstawia widok wózka systemu transportu podwieszanego, przenoszącego prostownik, komputer i system łączności bezprzewodowej. Kompletnie rozwiązanie umożliwia ładowanie akumulatora z jednoczesną parametryzacją sterowników samochodowych.

Bieżąca analiza prądów zawieszek pozwala na wykrycie niepoprawnie pracujących napędów lub fragmentów linii, w których pobór mocy jest zwiększony. Może to sugerować np. niewłaściwe wypoziomowanie lub zwichrowanie fragmentu szyny lub zużycie/ślizganie rolek napędowych.

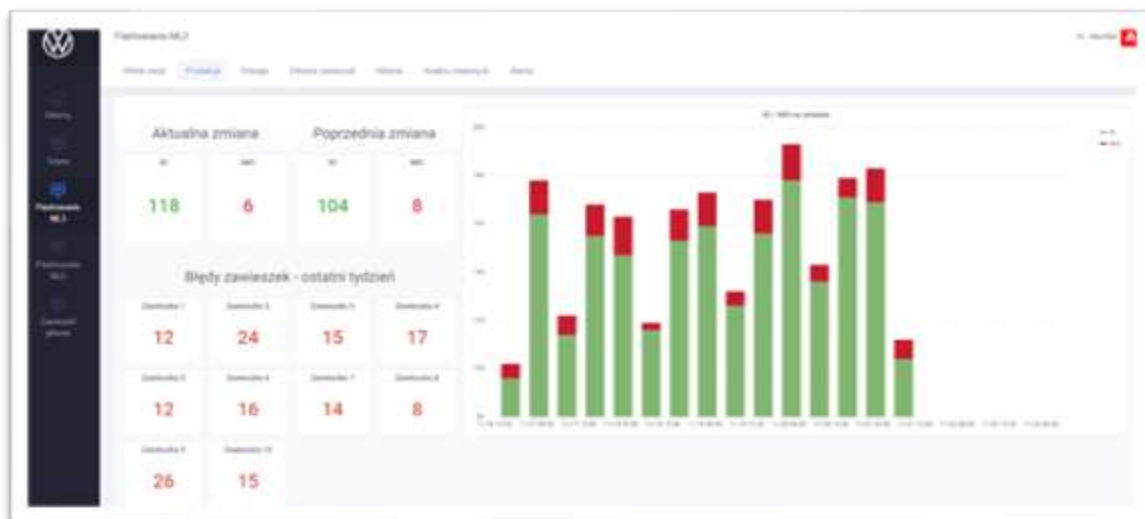
Rys. 41 przedstawia odwzorowanie linii transportowej z podziałem na takty produkcyjne (montażowe), wskazując indywidualne pozycje zawieszek transportowych oraz prędkość z jaką się poruszają.



Rysunek 41. Wizualizacja linii transportu podwieszanego

Każda ze stacji może posiadać dedykowaną wizualizację w oparciu o dane przetwarzane brzegowo lub pochodzące ze struktury Big Data. Wizualizacja obrazuje pozycje zawieszek transportowych wraz z ich parametrami takimi jak pozycja, prędkość czy aktualnie pobierany prąd.

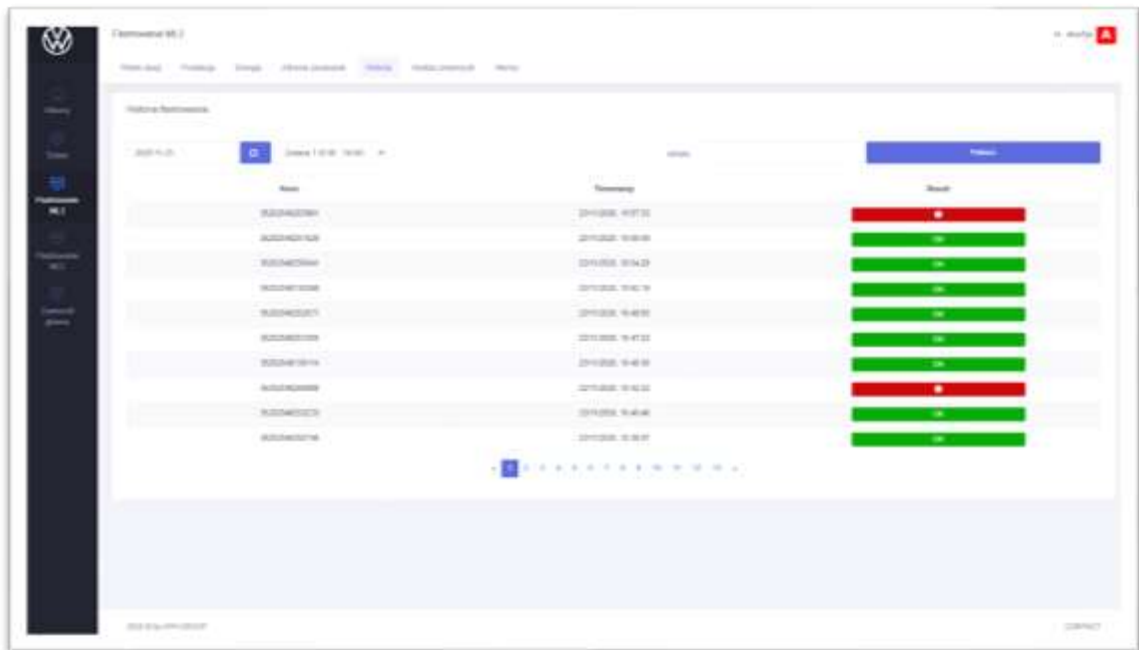
Rys. 42 przedstawia zestawienie informacji dotyczących kompletu zawieszek transportowych i ich poprawności działania na poszczególnych zmianach produkcyjnych.



Rysunek 42. Wizualizacja produktywności linii flashowania ML3

Opracowane i wdrożone algorytmy pozwoliły na analizę wydajności linii produkcyjnej. Informacje produkcyjne stacji flashowania – liczba wykonanych procesów z podziałem na zakończone pozytywnie lub negatywnie. Dodatkowo prezentowana jest historia ilości błędów flashowania każdej z zawieszek oraz historia w postaci wykresu słupkowego.

Rys. 43 przedstawia zestawienie danych związanych z procesem parametryzacji sterowników samochodowych, umożliwiające jednoznaczne rozpoznanie, który samochód wymagał dodatkowych czynności serwisowych i umożliwia dokonanie analizy przyczyny zaistnienia zidentyfikowanych błędów.



Rysunek 43. Wizualizacja danych historycznych

Opracowana i wdrożona platforma pozwala na dostęp do danych historycznych. Zakładka pozwala na przegląd wyników procesu flashowania. Dostępna jest cała historia procesu, umożliwia wyszukiwanie po czasie lub numerze zawieszki transportowej lub numerze flashowanego sterownika.

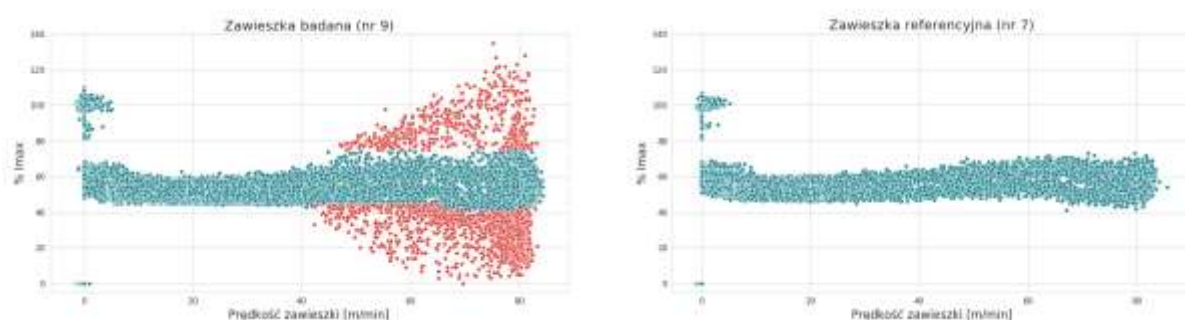


Rysunek 44. Wizualizacja pulpitu ze wskaźnikami KPI

Rys. 44 przedstawia zestawienie sumaryczne wskaźników KPI dla poszczególnych zawieszek transportowych, a interpretacja ich sumy określana jest wskaźnikiem degradacji „zdrowia” urządzeń. Jednoznaczna interpretacja stanu technicznego pomaga w szybszym podjęciu działań serwisowych, we wskazanym przez system obszarze.

Analiza historii pracy zawieszek pozwoliła na opracowanie sieci neuronowych weryfikujących stopień degradacji zawieszek.

Analiza pracy jest wykonywana po każdej zmianie, strona prezentuje aktualne wartości zdefiniowanego KPI, jak i historię, co pozwala na analizę trendów.



Rysunek 45. Wizualizacja procesu analizy degradacji technicznej urządzeń

Rys. 45 przedstawia analizę porównawczą parametrów prędkości i pobieranego przez napęd prądu w trakcie normalnej pracy zawieszki transportowej.

Wnioski do wdrożenia:

Wdrożenie platformy Nazca znacząco polepszyło bieżącą obsługę stacji transportu podwieszanego. Proces planowania przeglądów systemów transportowych bazuje na analizie danych.

Analiza trendów średnio i długookresowych pozwoliła wyeliminować elementy generujące zakłócenia, wcześniej nie identyfikowane jako krytyczne.

7.2 European HealthTech Innovation Center (EHTIC) – Laboratorium Philipsa w Zabrze

Realizacja projektu polegała na dostawie i parametryzacji platformy Nazca 4.0 pod wymagania stawiane przez instytucję badawczą, która w ramach prowadzonych codziennych czynności przeprowadza badania komercyjne i naukowe. Platforma, wspiera prowadzenia badań wykorzystujące złożone źródła danych. Dzięki budowie kontenerowej, umożliwia przenoszenie warstwy IT z chmury prywatnej do rozwiązań komercyjnych dostępnych na rynku. Warstwa OT (Nazca Edge) umożliwia skalowanie rozwiązania w przypadku podłączania nowych laboratoriów, maszyn lub urządzeń.

Ze względu na poufny rodzaj prowadzonych badań, szczególna uwaga została skierowana w kierunku zapewnienia bezpieczeństwa i poufności danych, realizowana przez funkcje nadzoru dzięki wbudowanym prawom dostępu.

Platforma umożliwia budowanie dedykowanych poszczególnym badaniom mikroservisów.

W trakcie wdrożenia szczególną uwagę poświęcono wdrożeniu elementów Przemysłu 4.0 poprzez wprowadzenie obsługi elementów przetwarzania brzegowego (Edge Computing) z obsługą dużych zbiorów danych (Big Data), którego celem jest stosowanie podejścia związanego z przewidywaniem sytuacji awaryjnych (Predictive). Jednym z celów jest polepszenie dostępu do danych pochodzących z infrastruktury laboratoryjnej dając możliwość tworzenia dowolnych wskaźników na potrzeby analizy procesów i w konsekwencji zmniejszenia kosztów operacyjnych związanych z obsługą techniczną laboratoriów i infrastruktury badawczej.

Kadra badawcza może w przypadku zapotrzebowania samodzielnie dozbrajać infrastrukturę w rozwiązania IoT (np. analizatory sieciowe badające jakość energii) lub zbieranie danych z systemów sterowania np. sterowników PLC, sterowników robotów, agregując dane również pochodzące z zewnętrznych źródeł.

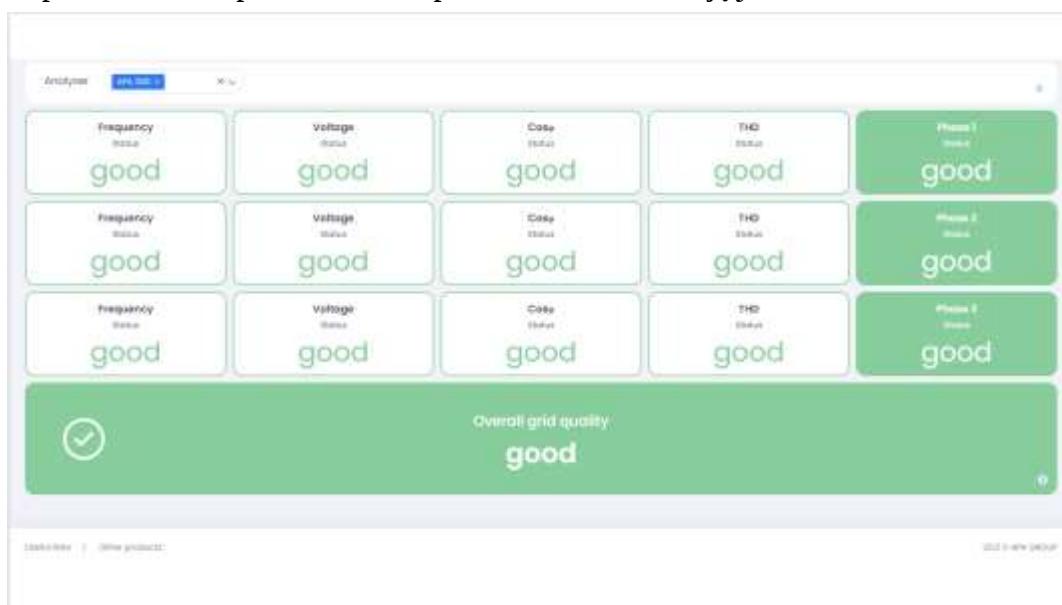
Kontrola mocy biernej



Rysunek 46. Wizualizacja przebiegu czasowego mocy biernej

Rys. 46 przedstawia wizualizację przebiegów mocy biernej na 3 fazach w układzie zasilania, co umożliwia analizę poprawności pracy urządzeń oraz układu zasilania.

Zaimplementowana platforma IIoT pozwala na obserwację jakości zasilania.



Rysunek 47. Wizualizacja jakości energii zasilania

Rys. 47 przedstawia zbiorczą informację dotyczącą jakości badanej energii elektrycznej w układzie zasilania zgodnej z normą PN-EN 50160

Ważnym elementem dla klienta jest obserwacja zużycia prądu, która możliwa jest do wizualizacji za pomocą strony www lub w aplikacji mobilnej. Pozwala to na badanie poboru prądu i wykorzystania urządzeń.

Rys. 48 przedstawia zbiorczą informację dotyczącą poboru prądu przez urządzenia w układzie 3- fazowym.



Rysunek 48. Wizualizacja przebiegu zużycia prądu

Wnioski do wdrożenia:

Wdrożenie w European HealthTech Innovation Center, Laboratorium Philipsa w Zabrzu platformy Nazca 4.0 ma za zadanie poprawę procesów w warunkach badań laboratoryjnych. Ze względu na dużą ilość aparatury badawczej konieczne jest sprawdzanie jakości prądu dzięki badaniu stanu zużycia prądu, co można wykonać dzięki analizie stumieniowej danych o zużyciu prądu z podłączonej aparatury. Ze względu na krótki czas od wdrożenia aparatura badawcza nie została jeszcze w pełni podłączona do platformy Nazca 4.0. Planowana jest wielowymiarowa analiza zachowania się aparatury poprzez czujniki np. temperatury, wibracji, przepływu i ciśnienia. Platforma pozwoli na dodawanie do obserwacji aparatury w sposób ciągły.

7.3 KUKA College Centre w Tychach

Założeniem projektu było wdrożenie platformy Nazca 4.0 (IIoT), umożliwiającej aktywną prezentację koncepcji Przemysłu 4.0 (Industry 4.0) w centrum szkoleniowym. Wdrożono elementy przetwarzania brzegowego (Edge computing) z obsługą dużych zbiorów danych (Big Data), z wykorzystaniem rozwiązań chmurowych (Cloud Computing, Private Cloud).

Podstawowym celem wdrożenia Nazca 4.0 jest pokazanie efektywności stosowania podejścia związanego z przewidywaniem sytuacji awaryjnych (Predictive Maintenance) w przeciwieństwie do reakcji na zdarzenie (Reactive), którego jednym z celów jest polepszenie działania m.in. Służb Utrzymania Ruchu lub Planowania Procesów.

Platforma w warstwie OT i IT (struktura Big Data), daje możliwość budowania dowolnie zdefiniowanych wskaźników na potrzeby analizy procesów a w konsekwencji polepszenia jakości świadczonych usług i zmniejszenia kosztów operacyjnych związanych z obsługą techniczną robotów firmy KUKA i współpracującej infrastruktury.

Platforma Nazca 4.0 została wdrożona z wykorzystaniem istniejącej infrastruktury, systemu sterowania (sterownik PLC) procesami przemysłowymi. Środowisko zostało uzupełnione o elementy IoT, czujniki wibracji, analizatory sieciowe, przetwarzając dane brzegowo na potrzeby Służb Utrzymania Ruchu i Działu Planowania.

W strukturze Big Data wykorzystano mechanizmy uczenia maszynowego ML (Machine Learning) z elementami sztucznej inteligencji AI (Artificial Intelligence) dającymi możliwości przewidywania awarii (degradacja środowiska technicznego), zbudowano łatwe do interpretacji wskaźniki tzw. KPI – „wskaźnik degradacji robota”. Platforma swoim działaniem objęła trzy grupy sterowania obejmując swoim zasięgiem sześć robotów, łącząc warstwy operacyjne – sterowanie (OT- Operational Technology) z warstwą informatyczną (IT).



Rysunek 49. Wizualizacja infrastruktury centrum szkoleniowego i stanu urządzeń

Rys. 49 przedstawia zestawienie 10 robotów działających w KUKA College Center, na którym jednoznacznie można określić stan techniczny i tryby działania wszystkich i wybranych do analizy robotów szkoleniowych.

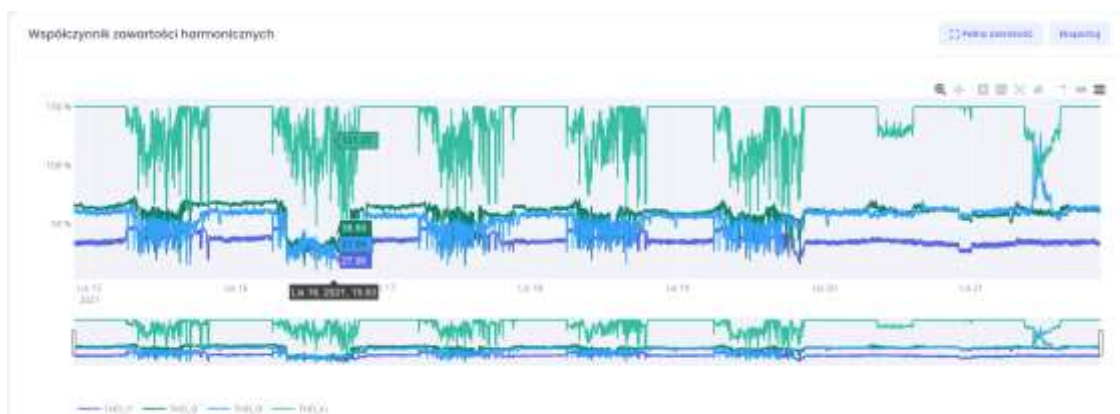
Widok stanu aktualnego robota dostępny jest online www.kuka.apagroup.pl



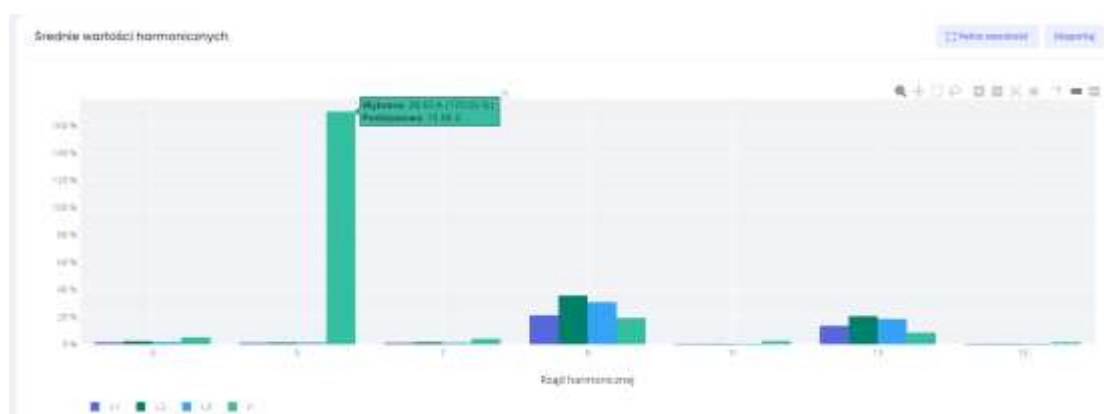
Rysunek 50. Wizualizacja stanu technicznego robota

Rys. 50 przedstawia wizualizację pojedynczego robota przemysłowego, stan pracy, aktualne parametrów działania wraz z charakterystyką przebiegu zużycia prądu na dowolnej osi w wybranej jednostce czasu.

Analiza jakości prądu (Rys 51 i 52) pozwala na ocenę jakościową prądu w układzie zasilania. Dzięki analizie i eliminacji harmonicznym w parametrach prądu i napięcia, można znacząco poprawić jakość działania maszyn i urządzeń oraz zapobiec niepoprawnemu działaniu układów elektronicznych.



Rysunek 51. Wizualizacja współczynnika zawartości harmonicznym



Rysunek 52. Wizualizacja średnich wartości harmonicznym w prądzie

Wnioski do wdrożenia:

Opracowana i zaimplementowana w firmie Kuka w Tychach platforma IIoT Nazca 4.0 pozwala na bieżącą kontrolę parametrów procesów pracy robotów, analizowanie strumieni danych i wyszukiwanie anomalii. Dzięki przygotowanemu apletowi graficznemu umieszczonemu na serwerach www możliwe jest logowanie się do platformy z dowolnego miejsca na świecie i kontrolowanie pracy robotów. Pozwala to na pełną kontrolę procesów, w tym określenie stanu serwisowego i zużycia robotów.

8. Innowacyjność platformy Nazca 4.0 według niezależnych ekspertów

Opis innowacyjności platformy Nazca 4.0 wykonano na podstawie przeprowadzonej niezależnej opinii o innowacyjności produktu Nazca 4.0 [51] opracowanej przez pracowników Katedry Automatyzacji Procesów technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania, Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej.

Opinia została wykonana przez 2 niezależnych ekspertów:

- dr hab. inż. Mariusz Hetmańczyka, prof. PŚ (kierownik projektu) - specjalista ds. układów mechatronicznych, napędów elektrycznych, systemów pneumatyki i elektropneumatyki oraz Przemysłu 4.0, certyfikowany audytor i trener ADMA,
- dr hab. inż. Aleksander Gwiazdę, prof. PŚ (wykonawca) - specjalista ds. zarządzania modeli biznesowych.

Usługa oferowana z implementacją platformy NAZCA 4.0 jako rozwiązania rynkowe oferuje kompleksową obsługę w postaci [51]:

-
- analizy i określenia punktów pomiarowych,
 - uzbrojenia obiektu w niezbędne urządzenia,
 - akwizycję i archiwizację danych,
 - prezentację danych on-line,
 - alerty on-line,
 - analizę danych przez specjalistę,
 - opracowania wniosków i zaleceń.

Wdrożenie platformy NAZCA 4.0 związane jest z usprawnieniem poszczególnych obszarów przedsiębiorstw, szczególnie w zakresie [51]:

-
- ograniczenia przestojów produkcyjnych,
 - optymalizacji procesów na podstawie wiedzy z danych z systemu, historii i korelacji wielu obszarów,
 - wzrostu efektywności i niezawodności,
 - minimalizacji zużycia energii,
 - wdrożenia kompleksowego utrzymania ruchu TPM - oparte na rzeczywistym zużyciu komponentów maszyn, a nie na planie remontów i przeglądów,
 - zmniejszenia awaryjności maszyn i urządzeń przy jednoczesnej poprawie bezpieczeństwa operatorów, SUR oraz pozostałych pracowników,
 - zredukowanie emisji CO₂ oraz zwiększenie całkowitej efektywności energetycznej.

Opracowana i wdrożona do przemysłu platforma Nazca 4.0 pozwala na zmiany organizacyjne w przedsiębiorstwie poprzez zmiany w zarządzaniu procesami i produkcją. Zmiany te są możliwe dzięki agregacji danych, ich analizie i możliwość wyciągania wniosków np. o anomaliach w procesach produkcyjnych.

Wdrożenie platformy Nazca 4.0 istotnie oddziałuje na procesy w przedsiębiorstwie poprzez [51]:

-
- akwizycję danych z urzędów różnych producentów z założeniem różnych protokołów komunikacyjnych (brak ukierunkowania na konkretną grupę producencką) oraz systemów informatycznych różnych producentów,
 - wypracowanie usługi zdalnego wspomaganie (nie tylko w zakresie serwisu samej platformy NAZCA 4.0, ale również nadzorowanych procesów lub maszyn) – tworzenie nowej usługi poprzez dyfuzję wiedzy specjalistów obsługujących nadzór, diagnostykę w sposób zdalny,
 - wpływ na projektowanie procesów produkcyjnych w celu pełnego wykorzystania potencjału, przyjaznej dla użytkownika, zautomatyzowanej, inteligentnej i elastycznej interakcji człowiek-maszyna, począwszy od maszyn połączonych cyfrowo, a skończywszy na wykorzystaniu podłączonych nośników informacji, cobotów (ang. collaborative robot, czyli robot współpracujący) i innych rodzajów robotów,
 - wpływ na projektowanie samodzielnych systemów zarządzania danymi z kontroli jakości i planowanie rozwoju produkcji, co ma pozwolić na szybkie dostosowywanie się do zmiennych zamówień i żądań klientów bez konieczności podejmowania nagłych interwencji,
 - możliwość pracy lokalnie lub chmurowo niezależnie od rodzaju wykupionej chmury u przedsiębiorcy.

Wdrożenie platformy Nazca 4.0 istotnie oddziałuje na zmiany organizacyjne w przedsiębiorstwie poprzez [51]:

-
- możliwość włączenia zespołu APA Sp. z o.o. do celów monitoringu, diagnozy oraz predykcji stanu eksploatacyjnego obiektów technicznych, z których pozyskiwane są dane,
 - włączenie funkcji bezpieczeństwa poprzez integrację i włączenie funkcjonalności systemów SMS do monitoringu i nadzoru przedsiębiorstwa.

Platforma Nazca 4.0 spełnia szereg wytycznych i wymagań w zakresie [51]:
Długookresowej Strategii Rozwoju Kraju „Polska 2030”:

Platforma NAZCA 4.0 spełnia szereg wymagań oraz perspektyw rozwojowych zawartych w Długookresowej Strategii Rozwoju Kraju „Polska 2030”. W związku z bezpośrednim przeznaczeniem platformy skupiono się głównie na aspektach związanych z zagadnieniami o charakterze przemysłowym, zwłaszcza w zakresie:

- konkurencyjności i innowacyjności gospodarki (modernizacji) – pośredni wpływ poprzez zaoferowanie narzędzia dla przedsiębiorców ze wskazaniem na wzrost produktywności, efektywności, polepszenia konkurencyjności, zwiększenia niezawodności produkcji, budowania przewag konkurencyjnych poprzez wzmacnianie innowacyjności przemysłu; warto podkreślić, że APA sp. z o.o. aktywnie promuje wiedzę o Przemśle 4.0 (w tym Platformę NAZCA 4.0), poprzez zastosowanie wielu działań na różnych polach, w tym:
 - strona www - treści dotyczące zagadnień Przemysłu 4.0 w formie materiałów eksperckich oraz promocyjnych (w tym w zakładkach: TECH OPINIE, CYTATY EKSPERTÓW, NA BLOGU, WYDARZENIA),
 - wydanie publikacji pt. Przedsiębiorstwo 4.0, 360°. Rekomendacje dobrych praktyk (pod redakcją Artura Pollaka, prezesa zarządu APA Group), w której zawarto: praktyczną wiedzę niezbędną do prowadzenia nowoczesnej firmy, rzeczywiste przykłady zastosowań, symulacje wdrożeń, interaktywne strony z narzędziami i multimediami, opinie oraz rekomendacje ekspertów z wielu dziedzin,
 - dyfuzja wiedzy poprzez zwiększanie umiejętności - udostępnianie licencji platformy NAZCA 4.0 uczelniom wyższym w celu wykonania testów, opracowania prac magisterskich oraz rozszerzenia oferty laboratoriów i zmniejszenia poziomu niewiedzy,
 - opracowanie i udostępnianie demonstratora automatyzacji prac produkcyjnych wspieranym platformą NAZCA 4.0 - demonstrator ma na celu wspomagać firmy stać się bardziej konkurencyjnymi w odniesieniu do ich procesów biznesowych/produkcyjnych, produktów lub usług wykorzystujących technologie cyfrowe, poprzez zapewnienie dostępu do wiedzy technicznej i eksperymentów, tak aby firmy mogły przetestować rozwiązanie przed inwestycją; jest to unikatowe rozwiązanie zgodne z ideą test-before-invest sfinansowane ze środków własnych,
- wspierania wykorzystania impetu cyfrowego – zwłaszcza w zakresie dyfuzji technologii o wysokim stopniu innowacji – technologicznych i organizacyjnych; wdrożenie platformy NAZCA 4.0 wpływa również pośrednio na zmianę podejścia do sposobu organizacji produkcji (optymalizację),

- zwiększenie udziału polskiej myśli w zakresie innowacyjnych rozwiązań cyfrowych,
- dostosowania oferty licencjonowania platformy NAZCA 4.0 dla mikro, małych i średnich przedsiębiorstw (bez jednoczesnego ograniczenia sektora przemysłowego) - co stanowi czynnik obniżający próg wejścia w opisywane rozwiązanie (pośrednio występuje tutaj czynnik związany z równoważeniem potencjału rozwojowego różnych regionów Polski).

Platforma Nazca 4.0 spełnia szereg wytycznych i wymagań w zakresie [51]:

Planu na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju:

Ze względu na charakterystykę oraz funkcjonalność, platforma NAZCA 4.0 spełnia założenia planu w zakresie wizji:

- reindustrializacji – poprzez wdrożenie w pełni polskiego produktu w celu wzmocnienia potencjału polskich przedsiębiorstw (nie tylko w zakresie jakości, ale również wydajności, optymalizacji produkcji oraz tworzenia nowych łańcuchów wartości); platforma NAZCA 4.0 umożliwia pełny wgląd w dane z możliwością personalizacji pulpitu, bez ograniczenia w zakresie branży produkcyjnej,
- rozwoju innowacyjnych firm – szczególnie w zakresie powstawania nowych rozwiązań technologicznych i organizacyjnych opartych na zasobach własnych przedsiębiorstw (wdrożenie platformy NAZCA w istniejących systemach produkcyjnych),
- rozwoju małych i średnich przedsiębiorstw – przyjęty model licencjonowania jest dostępny dla wszystkich podmiotów rynkowych, bez wglądu na wielkość przedsiębiorstwa; dodatkowo wprowadzono demonstrator, który jest elementem pozwalającym na sprawdzenie działania i ocenę korzyści z wdrożenia przed zakupem; dodatkowo możliwe jest zastosowanie systemu w rozwiązaniach przemysłowych, budynkach wielkopowierzchniowych i magazynowych oraz obiektach komercyjnych, przy jednoczesnej agregacji danych w jednym systemie (w architekturze systemu scentralizowanego lub rozproszonego).

Optymalizacja produkcji systemów opartych na danych niesie ze sobą wiele korzyści oraz wzmacnia przewagę konkurencyjną przedsiębiorstw. Platforma NAZCA 4.0 posiada również możliwość rozszerzenia o:

- Inteligentną Platformę Optymalizacji Energii (zgodną z normą ISO 50001) – systemy zarządzania energią EMS (ang. Energy Management System) na obecnym rozwoju gospodarki stanowią element niezbędny do obniżenia

kosztów produkcji, sprostania wymaganiom polityk ekologicznych oraz spełnienia celów Zrównoważonego Rozwoju ONZ, zwłaszcza w zakresie celu:

- 8 celu Zrównoważonego Rozwoju ONZ, tj. wzrost gospodarczy i godna praca (Cel 8: Promować stabilny, zrównoważony i inkluzywny wzrost gospodarczy, pełne i produktywne zatrudnienie oraz godną pracę dla wszystkich ludzi) - w zakresie wytycznych celu zdefiniowano m.in.: osiągnięcie wyższego poziomu wydajności gospodarczej poprzez dywersyfikację, modernizację technologiczną i innowacje, a także poprzez skupienie się na sektorach o wysokiej wartości dodanej oraz o wysokim wskaźniku pracochłonności; promowanie polityki rozwojowej wspierających działalność produkcyjną; do 2030 roku stopniowo zwiększać efektywność wykorzystania bogactw naturalnych w globalnej konsumpcji i produkcji oraz dążyć do zerwania z zależnością między wzrostem gospodarczym i degradacją środowiska,
- 9 celu Zrównoważonego Rozwoju ONZ, tj. innowacyjność, przemysł, infrastruktura (Cel 9: Budować stabilną infrastrukturę, promować zrównoważone uprzemysłowienie oraz wspierać innowacyjność) - w zakresie wytycznych celu zdefiniowano m.in.: potrzebę podwyższenia jakości infrastruktury i wprowadzenie zrównoważonego rozwoju przemysłu przez zwiększenie efektywności wykorzystania zasobów oraz stosowanie czystych i przyjaznych dla środowiska technologii i procesów produkcyjnych, przy udziale wszystkich krajów, zgodnie z ich możliwościami; zwiększenie udziału przemysłu w zatrudnieniu i wytwarzaniu PKB (w wielu przypadkach cel jest możliwy jedynie poprzez cyfryzację i monitorowanie parametrów procesów technologicznych); wspieranie rozwoju technologicznego, badań i innowacyjności w krajach rozwijających się,
- 12 celów Zrównoważonego Rozwoju ONZ, tj. odpowiedzialna konsumpcja i produkcja (Cel 12: Zapewnić wzorce zrównoważonej konsumpcji i produkcji) - w zakresie wytycznych celu zdefiniowano m.in.: zapewnienie stabilnego i ekologicznego zarządzania chemikaliami i wszystkimi odpadami podczas ich całego cyklu życia, w zgodzie z ustaleniami międzynarodowymi. Znacząco zmniejszyć poziom tych substancji w powietrzu, wodzie i glebie, tym samym minimalizując ich negatywny wpływ na zdrowie człowieka i środowisko; do 2030 roku istotnie obniżyć poziom generowania odpadów poprzez prewencję, redukcję, recykling i ponowne użycie.; zachęcanie przedsiębiorstw, w szczególności dużych i międzynarodowych, do

wdrażania praktyk w zakresie zrównoważonego rozwoju i uwzględniania informacji na ten temat w swoich cyklicznych raportach.

- rozszerzenie o możliwość monitorowania infrastruktury (hal, budynków) w oparciu o systemy BMS (ang. Building Management System); w przypadku zastosowania kompleksowego podejścia do monitorowania parametrów infrastruktury możliwe jest uzyskanie wielu przewag konkurencyjnych oraz korzyści m.in. kontrolę, monitoring oraz diagnozę wszystkich instalacji budynkowych (w tym nieprodukcyjnych), optymalizację poprzez analizę danych, zwiększenie bezpieczeństwa i komfortu pracy w budynku, obniżenie kosztów eksploatacji budynku oraz zmniejszenie niekorzystnego wpływu na środowisko.
- wsparcia obszarów Przemysłu 4.0 wspieranych przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii.

Podsumowanie spełnienia wymagań w kontekście założeń wsparcia oraz obszarów Przemysłu 4.0 wspieranych przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii – jako koordynatora działań rozwojowych Przemysłu 4.0 w Polsce - na tle cech i funkcjonalności platformy NAZCA 4.0 [51]

Podległa Ministrowi Przedsiębiorczości i Technologii Fundacja Platforma Przemysłu Przyszłości propaguje metodologię do oceny dojrzałości cyfrowej ADMA (Advanced manufacturing - projekt finansowany z utworzonej przez Komisję Europejską Agencji Wykonawczej dla Małych i Średnich Firm w ramach kontraktu GRO-SME-17-C-063, akredytowaną przez Europejskie Centrum Wspierania Zaawansowanej Produkcji.

W zakresie oceny dojrzałości cyfrowej fabryk używana jest ustandaryzowana metodologia ADMA³ w zakresie siedmiu obszarów transformacji, pt.:

- Zaawansowane Technologie Produkcyjne,
- Fabryka Cyfrowa,
- Fabryka Ekologiczna,
- Inżynieria End-to-End skupiona na kliencie,
- Organizacja skupiona na ludziach,
- Inteligentne wytwarzanie,
- Otwarta fabryka jako część łańcucha wartości.

W tabeli 4 przedstawiono obszary transformacji z uwzględnieniem cech platformy NAZCA 4.0. Kontekst analizy stanowi wpływ implementacji platformy NAZCA 4.0 na wzrost wskaźnika dojrzałości cyfrowej. Zestawieniu poddano dwa typy wpływów (wynikających z zastosowania przemysłowego platformy NAZCA 4.0):

- bezpośredni – uzyskiwany poprzez samo wdrożenie platformy NAZCA 4.0, bez konieczności wprowadzenia dodatkowych działań,

- pośredni – wzmacniający stopień cyfryzacji (oraz innowacyjności przedsiębiorstw)
w zakresie dalszych możliwości rozwoju (zależnych od wprowadzenia dodatkowych akcji podmiotu wdrażającego).

Obecnie najważniejszy impulsem w zakresie innowacji jest dojrzałość cyfrowa rozumiana jako miara zdolności organizacji do tworzenia wartości poprzez technologię cyfrową - jest kluczowym predyktorem rozwoju i innowacyjności firm rozpoczynających transformację cyfrową.

Kluczowa cecha	Cele osiągnięte poprzez wdrożenie platformy NAZCA 4.0
Zaawansowane technologie produkcyjne	• pośredni wpływ (wspomaganie oraz ułatwienie) na wdrażaną technologię w celu zdobycia przewagi konkurencyjnej oraz opracowanie strategii działania - agregacja danych, sterowanie i monitorowanie parametrów eksploatacyjnych maszyn i linii technologicznych w jednym systemie; analityka danych, algorytmy wnioskowania i prognostyczne; analiza nieefektywnych maszyn i linii produkcyjnych, wąskich gardeł, • pośredni wpływ na zdolność do wprowadzania i operacjonalizacji zaawansowanych technologii produkcyjnych - możliwość opracowania wskaźników KPI połączonych z długoterminowym rozwojem technologii (szczególnie w kontekście prognozowanej wydajności), • pośredni (w przypadku wielu technologii bezpośredni) wpływ na spełnienie, a nawet ustanowienie standardów jakości - monitorowanie jakości oraz zastosowanie KPI do procesu ciągłej poprawy jakości, • pośredni wpływ na zarządzanie technologiami produkcyjnymi w profesjonalny sposób - możliwość monitorowania oraz optymalizacji, planowanie rozwoju całego obszaru produkcyjnego.
Fabryka cyfrowa	• pośredni wpływ na zapewnienie elastycznej i bezpiecznej infrastruktury informatycznej ICT, umożliwiającej cyfrową transformację - zastosowanie elementów ochrony przed cyberatakami w platformie NAZCA 4.0 oraz dostawców rozwiązań chmurowych (z wyłączeniem infrastruktury samego podmiotu wdrażającego rozwiązanie), • pośredni wpływ poprzez zwiększenie cyfrowych możliwości optymalizacji produkcji z włączeniem danych procesowych, a następnie możliwość przełożenia analiz na wyraźną wizję digitalizacji, plan działania lub plan strategiczny - zastosowanie analityki danych w zakresie planowania produkcji, stopnia wykorzystania maszyn, wskaźników OEE, MTBF, MITR, KPI; minimalizacja liczby awarii, wprowadzenie predykcyjnego utrzymania ruchu PdM, • bezpośredni wpływ na integrację aplikacji ICT - jedna spójna platforma do agregacji danych,

Fabryka ekologiczna	• pośredni wpływ na systematyczne zmniejszanie zależności od nieodnawialnych źródeł energii, surowców i materiałów pomocniczych, a także wody - monitorowanie parametrów zużycia, optymalizacja, pomiar wskaźników środowiskowych (np. śladu węglowego), • pośredni wpływ na włączenie w projektowanie produktów, procesach przemysłowych i/lub logistyce innowacyjnych technik i metod ekologicznych - analityka danych w kontekście minimalizacji odpadów, zużycia energii oraz optymalizacji (obiektów produkcyjnych oraz obiektów niezbędnych w działalności przedsiębiorstwa - przestrzenie biurowe, socjalne itp.),
Kompleksowa inżynieria zorientowana na klienta	• pośredni wpływ na maksymalizację kreowania wartości dla klienta z zarządzaniem obejmującym koszty i ryzyko - możliwość oparcia na pozyskanych danych analiz w zakresie zdolności produkcyjnych, kosztów wytwarzania, harmonogramów wykonania produkcji oraz symulacji zdolności produkcyjnych na bazie rzeczywistych wskaźników, • bezpośredni wpływ na zasady i politykę ciągłego doskonalenia stosowanych w procesach wytwarzania i zarządzania - analityka danych procesowych,
Organizacja skoncentrowana na człowieku	• bezpośredni wpływ na zespołowe wyjaśnianie ogólnych celów firmy, dając członkom możliwość ich kształtowania, monitorowania, raportowania i ulepszania za sprawą własnych pomysłów - jeden spójny system z dedykowanymi pulpitami, • bezpośredni wpływ na ciągłe doskonalenie zespołów roboczych - jw., • bezpośredni wpływ na rozwój filozofii otwartej komunikacji pomiędzy wszystkimi poziomami hierarchii - jw.,
Inteligentna produkcja	• bezpośredni wpływ na projektowanie procesów produkcyjnych w celu pełnego wykorzystania potencjału, przyjaznej dla użytkownika, zautomatyzowanej, inteligentnej i elastycznej interakcji człowiek-maszyna, począwszy od maszyn połączonych cyfrowo, a skończywszy na wykorzystaniu podłączonych nośników informacji, cobotów (ang. collaborative robot - robot współpracujący) i innych rodzajów robotów, • bezpośredni wpływ na projektowanie samodzielnych systemów zarządzania danymi z kontroli jakości i planowanie rozwoju produkcji, co ma pozwolić na • szybkie dostosowywanie się do zmiennych zamówień i żądań klientów bez konieczności podejmowania nagłych interwencji,

Tabela 4. Zestawienie cech platformy NAZCA 4.0 w aspekcie wzmacniania potencjału przedsiębiorców procesie osiągnięcia dojrzałości cyfrowej [51]

Podległa Ministrowi Przedsiębiorczości i Technologii Fundacja Platforma Przemysłu Przyszłości propaguje metodologię do oceny dojrzałości cyfrowej ADMA (Advanced Manufacturing - projekt finansowany z utworzonej przez Komisję Europejską Agencji Wykonawczej dla Małych i Średnich Firm w ramach kontraktu GRO-SME-17-C-063.), akredytowaną przez Europejskie Centrum Wspierania Zaawansowanej Produkcji [51].

W zakresie oceny dojrzałości cyfrowej fabryk używana jest ustandaryzowana metodologia ADMA w zakresie siedmiu obszarów transformacji, pt.:

- Zaawansowane Technologie Produkcyjne:

- pośredni wpływ na zdolność do wprowadzania i operacjonalizacji zaawansowanych technologii produkcyjnych – możliwość opracowania wskaźników KPI połączonych z długoterminowym rozwojem technologii (szczególnie w kontekście prognozowanej wydajności),
- pośredni (w przypadku wielu technologii bezpośredni) wpływ na spełnienie, a nawet ustanowienia standardów jakości – monitorowanie jakości oraz zastosowanie KPI do procesu ciągłej poprawy jakości,
- pośredni wpływ na zarządzanie technologiami produkcyjnymi w profesjonalny sposób – możliwość monitorowania oraz optymalizacji, planowanie rozwoju całego obszaru produkcyjnego,

- Fabryka Cyfrowa:

- pośredni wpływ na zapewnienie elastycznej i bezpiecznej infrastruktury informatycznej ICT, umożliwiającej cyfrową transformację – zastosowanie elementów ochrony przed cyberatakami w platformie NAZCA 4.0 oraz dostawców rozwiązań chmurowych (z wyłączeniem infrastruktury samego podmiotu wdrażającego rozwiązanie),
- pośredni wpływ poprzez zwiększenie cyfrowych możliwości optymalizacji produkcji z włączeniem danych procesowych, a następnie możliwość przełożenia analiz na wyraźną wizję digitalizacji, plan działania lub plan strategiczny – zastosowanie analityki danych w zakresie planowania produkcji, stopnia wykorzystania maszyn, wskaźników OEE, MTBF, MTTR, KPI; minimalizacja liczby awarii, wprowadzenie predykcyjnego utrzymania ruchu PdM,
- bezpośredni wpływ na integrację aplikacji ICT – jedna spójna platforma do agregacji danych,

- Fabryka Ekologiczna:

- pośredni wpływ na systematyczne zmniejszanie zależności od nieodnawialnych źródeł energii, surowców i materiałów pomocniczych, a także wody

- monitorowanie parametrów zużycia, optymalizacja, pomiar wskaźników środowiskowych (np. śladu węglowego),
- pośredni wpływ na włączenie w projektowanie produktów, procesach przemysłowych i/lub logistyce innowacyjnych technik i metod ekologicznych
- analityka danych w kontekście minimalizacji odpadów, zużycia energii oraz optymalizacji (obiektów produkcyjnych oraz obiektów niezbędnych w działalności przedsiębiorstwa – przestrzenie biurowe, socjalne itp.),
- Inżynieria End-to-End skupiona na kliencie:
 - pośredni wpływ na maksymalizację kreowanie wartości dla klienta z zarządzaniem ujmującym koszty i ryzyko – możliwość oparcia na pozyskanych danych analiz w zakresie zdolności produkcyjnych, kosztów wytwarzania, harmonogramów wykonania produkcji oraz symulacji zdolności produkcyjnych na bazie rzeczywistych wskaźników,
 - bezpośredni wpływ na zasady i politykę ciągłego doskonalenia stosowanych w procesach wytwarzania i zarządzania – analityka danych procesowych,
- Organizacja skupiona na ludziach,
 - bezpośredni wpływ na zespołowe wyjaśnianie ogólnych celów firmy, dając członkom możliwość ich kształtowania, monitorowania, raportowania i ulepszania za sprawą własnych pomysłów – jeden spójny system z dedykowanymi pulpitami,
 - bezpośredni wpływ na ciągłe doskonalenie zespołów roboczych – jw.,
 - bezpośredni wpływ na rozwój filozofii otwartej komunikacji pomiędzy wszystkimi poziomami hierarchii – jw.,
- Inteligentne wytwarzanie:
 - bezpośredni wpływ na projektowanie procesów produkcyjnych w celu pełnego wykorzystania potencjału, przyjaznej dla użytkownika, zautomatyzowanej, inteligentnej i elastycznej interakcji człowiek-maszyna, począwszy od maszyn połączonych cyfrowo, a skończywszy na wykorzystaniu podłączonych nośników informacji, robot współpracujących i innych rodzajów robotów,
 - bezpośredni wpływ na projektowanie samodzielnych systemów zarządzania danymi z kontroli jakości i planowanie rozwoju produkcji, co ma pozwolić na szybkie dostosowywanie się do zmiennych zamówień i żądań klientów bez konieczności podejmowania nagłych interwencji,
- Otwarta fabryka jako część łańcucha wartości:
 - pośredni wpływ poprzez wykorzystanie danych oraz analizy w celu wyciągania wniosków (przy założeniu opracowania polityki otwartej fabryki skoncentrowanej na łańcuchu wartości).

9. Wnioski do pracy

Na podstawie zrealizowanych prac badawczo-rozwojowych oraz wdrożeń platformy Nazca 4.0 w przemyśle można wyciągnąć następujące wnioski:

- Opracowano autorską platformę IIoT Nazca 4.0, która łączy warstwę OT (automatyka) i IT (infrastruktura informatyczna), oraz pozwala na implementację dowolnych algorytmów i wizualizację wyników ich działania co przedstawiono w rozdziale 5.
- Platforma umożliwia realizację założeń przemysłu 4.0 (cyfryzacji procesów, integrację i wykorzystanie istniejącej infrastruktury).
- W przypadku działania platformy IIoT możliwe jest wprowadzenie do platformy Nazca 4.0 algorytmów opartych o uczenie maszynowe i opracowanie Predictive Maintenance dla wybranych parametrów przemysłowych, co przedstawiono w pracy w rozdziale 5.
- Wdrożenie platformy Nazca w firmie VW w Poznaniu znacząco polepszyło bieżącą obsługę stacji zrobotyzowanej oraz obsługę stacji transportu podwieszanego poprzez wprowadzenie procesu planowania przeglądów zrobotyzowanej stacji przeładunkowej oraz systemów transportowych. Analiza trendów średnio i długookresowych pozwoliło wyeliminować elementy generujące zakłócenia, które wcześniej nie były identyfikowane.
- Wdrożenie platformy Nazca 4.0 w European HealthTech Innovation Center, Laboratorium Philipsa w Zabrzu ma służyć poprawie procesów w warunkach badań laboratoryjnych. Ze względu na dużą ilość wykorzystywanej aparatury badawczej pożądane jest sprawdzanie jakości zasilania poprzez badanie jego parametrów, co można realizować dzięki analizie strumieniowej danych o zużyciu prądu z podłączonej aparatury. Ze względu na krótki czas od uruchomienia Centrum aparatura badawcza nie została jeszcze w pełni podłączona do platformy Nazca 4.0. Planowana jest wielowymiarowa analiza działania aparatury dzięki informacjom z czujników tj. temperatury, wibracji, przepływu i ciśnienia. Platforma pozwala na dodawanie do obserwacji kolejnych urządzeń i aparatury w sposób ciągły.
- Opracowana i zaimplementowana w firmie Kuka w Tychach platforma IIoT Nazca 4.0 pozwala na bieżącą kontrolę parametrów procesów pracy robotów, analizowanie strumieni danych i wyszukiwanie anomalii. Dzięki przygotowanemu apletowi graficznemu umieszczonemu na serwerach www możliwe jest logowanie się do platformy z dowolnego miejsca na świecie i kontrolowanie pracy robotów. Pozwala to na pełną kontrolę procesów, w tym określenie stanu serwisowego i zużycia robotów.

- W przypadku różnych sektorów przemysłu zastosowanie platform IIoT wymaga zaimplementowania różnych algorytmów dostosowanych do potrzeb.
- Implementacja platformy IoT Nazca 4.0 pozwala na akwizycję i analizę danych. Narzędzia, które można dodatkowo zaimplementować w konkretnym rozwiązaniu u przedsiębiorcy np. analiza trendów, wyszukiwanie anomalii mogą znacząco wesprzeć dział Utrzymania Ruchu w zakładzie poprzez wysyłanie informacji o stanie parku maszyn i urządzeń, jak również przypominać o konieczności wykonania czynności serwisowych.
- Uniwersalność rozwiązania platformy Nazca 4.0 pozwala na dowolne rozszerzenie działania i funkcjonalności samej platformy wraz z możliwością wykorzystania różnorodnych narzędzi do wizualizacji danych.
- Możliwe jest opracowanie raportów o stanie i jakości procesów produkcyjnych dla różnych grup w przedsiębiorstwie (np. dla służb utrzymania ruchu, produkcji, planowania, kadry menadżerskiej itp.).

Platforma IIoT Nazca 4.0 łączy świat OT (automatyki) i IT (informatyki) i pozwala na:

- zbieranie danych (agregacja danych) z czujników, maszyn i urządzeń lokalnie oraz chmurowo, co pozwala na pracę w dowolnych warunkach,
- przetwarzanie danych gromadzonych lokalnie lub w chmurze,
- wykonywanie analizy na podstawie opracowanych algorytmów,
- sterowanie urządzeniami i maszynami poprzez możliwość transferu danych dwukierunkowo, co wyróżnia ją w stosunku do systemów SCADA,
- integrację zróżnicowanych komponentów środowiska automatyki i robotyki,
- poziomą i pionową integrację softwarową zróżnicowanych formatów danych,
- wizualizowanie danych,
- generowanie raportów w zależności od potrzeb klienta.

Zastosowanie nowoczesnych platform IIoT pozwala na pełną kontrolę procesów produkcyjnych i kontrolę maszyn dzięki zastosowaniu w platformach uczenia maszynowego. Platforma Nazca 4.0 zaprezentowana w pracy jako wdrożenie wskazuje, że zastosowane algorytmy i uczenie maszynowe działają poprawnie i mogą być używane w wielu różnych sektorach przemysłu [7,9,10]. Przykładem są implementacje platformy Nazca 4.0 w sektorze automotive w fabryce VW w Poznaniu, sektorze robotyzacji przemysłu w Centrum Szkoleniowym Kuka w Tychach oraz w sektorze medycznym w laboratoriach EHTIC - European HealthTech Innovation Center w Zabrze. Ze względu na know how zastosowanych rozwiązań u poszczególnych przedsiębiorców i konieczność ochrony informacji niemożliwe było pokazanie konkretnych algorytmów zastosowanych w ich implementacji Nazca 4.0.

10. Dalsze prace rozwojowe platformy Nazca 4.0

Autor przewiduje dalsze prace mające na celu zwiększenie funkcjonalności platformy IIoT Nazca 4.0, poprzez:

- implementację i testy platformy w różnych gałęziach przemysłu i sprawdzenie poprawności działania algorytmów wyszukujących zaburzenia i anomalie w procesach,
- opracowanie tzw. blackboxów, które będą zawierały „wytrenowane” modele sieci neuronowych w celu optymalizacji procesów produkcyjnych oraz przewidywania sytuacji awaryjnych,
- integrację z cyfrowym bliźniakiem,
- wirtualizację dającą możliwość nieograniczonej skalowalności i uniezależnienia od sprzętu IT,
- spełnienie postulatu cyberbezpieczeństwa dla platformy.

Literatura

- 1) Yáñez F.: The Goal is Industry 4.0: Technologies and Trends of the Fourth Industrial Revolution. Independently published, 2018.
- 2) Polska 2030. Trzecia fala nowoczesności. Długookresowa Strategia Rozwoju Kraju. Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji, Warszawa, 11 stycznia 2013.
- 3) Yáñez F.: The 20 Key Technologies of Industry 4.0 and Smart Factories The Road to the Digital Factory of the Future: The Road to the Digital Factory of the Future. Independently published, 2017.
- 4) Schwab K.: The Fourth Industrial Revolution. Currency, 2017.
- 5) Ustundag A., Cevikcan E.: Industry 4.0: Managing The Digital Transformation. Springer International Publishing, 2018.
- 6) Popkova E.G., Ragulina Y.V., Bogoviz A.V. (Eds.): Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century. Springer International Publishing, 2019.
- 7) Pollak A, Temich S, Ptasiński W, Kucharczyk J, Gąsiorek D. Prediction of Belt Drive Faults in Case of Predictive Maintenance in Industry 4.0 Platform. Applied Sciences. 2021; 11(21):10307. <https://doi.org/10.3390/app112110307>
- 8) Pollak, A., Hilarowicz, A., Walczak, M., Gąsiorek, D. (2020). A Framework of Action for Implementation of Industry 4.0. an Empirically Based Research. Sustainability, 12(14), 1-16.
- 9) Ptasiński W., Pollak A., Temich S., Gąsiorek D. (2021). Wpływ kondycji łożysk na utrzymanie procesów produkcyjnych. Management and Quality – Zarządzanie I Jakość, Vol 3, No , s. 60-73.
- 10) Temich, S., Pollak, A., Kucharczyk, J., Ptasiński, W., Mężyk, A., Gąsiorek, D. (2021). Prediction of energy consumption in the industry 4.0 platform–solutions overview. Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 59(3), 455-468.
- 11) Kagermann H., Wahlster W., aHelbig J.: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Forschungsunion, Acatech, 2013.
- 12) Hernabb M., Pentek T., Otto B.: Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Working Paper, 2015.
- 13) Sosinsky B.: Cloud Computing Bible. Wiley Publishing, 2011.
- 14) Furht B., Escalante A.: Handbook of Cloud Computing. Springer Publishing Company Incorporated, 2010.
- 15) Chowdhury M., Apon A., Dey K.: Data Analytics for Intelligent Transportation Systems. Elsevier Inc., Switzerland, 2017.
- 16) Radovan M. (Ed.): Connected Vehicles. Intelligent Transportation Systems. Springer International Publishing, Switzerland, 2019.
- 17) Blokdyk G.: Digital twin A Complete Guide - 2019 Edition. 5STARCooks, 2019.

- 18) Corea F.: Applied Artificial Intelligence: Where AI Can Be Used In Business. Springer International Publishing, 2019.
- 19) Calisir F., Camgoz A.H. (Eds.): Industrial Engineering in the Industry 4.0 Era. Springer International Publishing, 2018.
- 20) [http://przemysl-40.pl/index.php/2018/05/10/jaka-jest-innowacyjnosc-polskich-msp-
raport-smart-industry-polska-2018/](http://przemysl-40.pl/index.php/2018/05/10/jaka-jest-innowacyjnosc-polskich-msp-raport-smart-industry-polska-2018/)
- 21) [https://przemyslprzyszlosci.gov.pl/7-krokow-do-zaawansowanej-produkcji-w-fabryce-
przyszlosci/](https://przemyslprzyszlosci.gov.pl/7-krokow-do-zaawansowanej-produkcji-w-fabryce-przyszlosci/)
- 22) Pollak. A., Redaktor merytoryczny i współautor treści: Przedsiębiorstwo 4.0, 360°- rekomendacja dobrych praktyk. Polsko-Niemiecka Izba Przemysłowo-Handlowa (Deutsch-Polnische Industrie und Handelskammer), Warszawa, ISBN 978-83-906240-7-5
- 23) Pollak A., Ciężka droga innowatora – czyli dlaczego w Polsce tak trudno wprowadzać innowacje. Gliwice, 19/11/2019 [https://apagroup.pl/apalab/ciezka-droga-innowatora-
czyli-dlaczego-w-polsce-tak-trudno-wprowadzac-innowacje/](https://apagroup.pl/apalab/ciezka-droga-innowatora-czyli-dlaczego-w-polsce-tak-trudno-wprowadzac-innowacje/),
- 24) Pollak A., 5 trendów smart cities na 2019 rok – czy mają się szansę upowszechnić?, Gliwice, 17/01/2019; [https://apagroup.pl/apalab/5-trendow-smart-cities-na-2019-rok-
czy-maja-sie-szanse-upowszechnic/](https://apagroup.pl/apalab/5-trendow-smart-cities-na-2019-rok-czy-maja-sie-szanse-upowszechnic/)
- 25) Pollak. A., Jak i po co mierzyć „puls miasta”?, Gliwice, 17/10/2017; <https://apagroup.pl/apalab/jak-i-po-co-mierzyc-puls-miasta/>
- 26) Andruszkiewicz K.; Betcher T., Indywidualizacja oferty dla konsumentów dzięki zastosowaniu big data. International Business Nd Global Economy, 34, pp. 90-100, 2015.
- 27) Barto, D.; Court D., Jak wykorzystywać zaawansowane narzędzia analityczne. Harvard Business Review Polska, nr 4 (122), s. 62-70, 2013.
- 28) Brynjolfsson, Erik; McAfee, Andrew. Big data, czyli przełom w zarządzaniu firmą. Harvard Business Review Polska, nr 4 (122),
- 29) Busłowska E.; Wiktorzak A., Przetwarzanie i analizowanie dużych ilości danych. Logistyka, nr 6, s. 2490-2496, 2014.
- 30) Kachniewska M., Big data analysis jako źródło przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstw i regionów turystycznych. Folia Turistica, nr 32, s. 35-55, 2014.
- 31) Mach-Król M., Analiza i strategia big data w organizacjach. Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management, nr 74, s. 41-53, 2015.
- 32) Mayer-Schönberger V.; Cukier K. Big data: rewolucja, która zmieni nasze myślenie, pracę i życie. Warszawa: MT Biznes, 2014.
- 33) McKinsey Global Institute; Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition, and Productivity, 2011, http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/big_data_the_next_frontier_for_innovation (odczyt 6.01.2016)
- 34) Pindelski M.; Mrówka R., Wizualizacje Big Data w identyfikacji problemów zarządzania. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 363, s. 18-

- 28.,2014,doi:10.15611/pn.2014.363.02.
http://www.dbc.wroc.pl/Content/28895/Pindelski_Wizualizacje_Big_Data_w_Identyfikacji_Problemow_2014.pdf (odczyt 22.01.2016)
- 35) Tabakow M.; Korczak J.; Franczyk B., Big Data – definicje, wyzwania i technologie informatyczne. Informatyka Ekonomiczna, nr 1 (31), s.138-153, 2014.
 - 36) Wieczorkowski J., Big data – aspekt technologiczny i ekonomiczny vs. aspekt społeczny. W: Jacek Buko red. Ekonomiczno-społeczne i techniczne wartości w gospodarce opartej na wiedzy t.2, Szczecin: Wydaw. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, s. 399-408, 2014.
 - 37) Schneider Electric odpowiada na wyzwania edge computing - TECHNOWINKI 24: <https://technowinki24.pl/schneider-electric-odpowiada-na-wyzwania-edge-computing/> (08.2021)
 - 38) Giridhar, P., Amin, M.T., Abdelzaher, T.F., Kaplan, L.M., George, J., Ganti, R.K. ClariSense: Wyjaśnienie anomalii czujników za pomocą kanałów sieci społecznościowych. 2014 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication Workshops (PERCOM WORKSHOPS), 395-400, 2014.
 - 39) Casey J., Gold Fields zamawia zintegrowany system zasilania i automatyki ABB dla chilijskich projektów | Globalny przegląd górnictwa (globalminingreview.com) (27.09.2021) <https://www.globalminingreview.com/technology-digitalisation/27092021/gold-fields-orders-abb-integrated-power-and-automation-system-for-chilean-project/>
 - 40) Rayes A., Salem S., Internet rzeczy od hype do reality: droga do cyfryzacji, Springer, 2016.
 - 41) Wiodący producenci używają Seebo do przewidywania i zapobiegania jakości, wydajności i stratom odpadów. (07.2021) <https://www.seebo.com/about-us/>
 - 42) Astor, jak skutecznie analizować i wizualizować dane produkcyjne w chmurze – na przykładzie wersji demo aveva insight (07.2021) <https://iautomatyka.pl/jak-skutecznie-analizowac-i-wizualizowac-dane-produkcyjne-w-chmurze-na-przykladzie-wersji-demo-aveva-insight/>
 - 43) Thingworx, Podłączanie i monitorowanie wyposażenia zakładów przemysłowych, (03.2021) <https://developer.thingworx.com/en/resources/learning-paths/connect-and-monitor-plant-equipment>
 - 44) Siemens, MindSphere - Przemysłowe rozwiązanie IoT jako usługa, na których można budować, (10.2021) <https://siemens.mindsphere.io/en/industrial-iot/mindsphere>
 - 45) Nie ma przemysłu bez chmury - rozmowa ze Steffenem Leidelem (19.06.2019) <https://automatykab2b.pl/wywiady/51255-nie-ma-przemyslu-bez-chmury-rozmowa-ze-steffenem-leidelem>
 - 46) 10 najlepszych platform IIoT (10.2021) <https://www.iiotworldtoday.com/2019/08/07/top-10-iiot-platforms/>

- 47) Koarber B., Freund H., Kasah T., Bolz L., Leveraging industrial software stack advancement for digital transformation, Digital McKinsey, 2018
- 48) Fras B., 7 korzyści dla automatyzacji z przetwarzania w chmurze, o których musicie wiedzieć (28.04.2021), <https://pl.linkedin.com/pulse/7-korzy%C5%9Bci-dla-automatyzacji-z-przetwarzania-w-chmurze-o-bartosz-fras>
- 49) Transformacja produkcji dzięki IOT, (10.2021) <https://www.anegis.com/artykuly/transformatcja-produkcji-dzieki-iot#pg-content>
- 50) Jak dbać o urządzenia z rodziny Przemysłowego Internetu Rzeczy, Inżynieria & Utrzymanie Ruchu (15.04.2021) <https://www.utrzymanieruchu.pl/jak-dbac-o-urzadzenia-z-rodziny-przemyslowego-internetu-rzeczy/>
- 51) Hetmańczyk M., Gwiazda A., Opinia dotycząca oceny innowacyjności platformy NAZCA 4.0 z porównaniem z platformami dostępnymi na rynku, Politechnika Śląska, 2021 (materiał własny APA sp z o.o.)
- 52) <https://przemyslprzyszlosci.gov.pl/wielki-wybuch-danych/> (10.2021)
- 53) Vuksanović Herceg, I.; Kuč, V.; Mijušković, V.M.; Herceg, T. Challenges and Driving Forces for Industry 4.0 Implementation. Sustainability 2020, 12, 4208.
- 54) Lasi, H.; Fettke, P.; Kemper, H.; Feld, T.; Hoffmann, M. Industry 4.0. Bus. Inf. Syst. Eng. 2014, 6, 239–242.
- 55) Stock, T.; Obernau, M.; Kunz, S.; Khol, H. Industry 4.0 as an enabler for sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential. Process Saf. Environ. Prot. 2018, 118, 254–267.
- 56) Piccarozzi M.; Aquilani B.; Gatti C. Industry 4.0 in management Studies: A Systematic Literature Review. Sustainability, 10, 3821, 2018. <https://www.mdpi.com/journal/sustainability> [accessed January 2020] doi:103390/su10103821.
- 57) Davies R.; Coole T.; Smith A. Review of socio-technical considerations to ensure successful implementation of Industry 4.0, Procedia Manufacturing 11 (2017) 1288 - 1295.
- 58) Gerbert P.; Lorenz M.; Rüßmann M.; Waldner M.; Justus J.; Engel P.; Harnisch M. The future of productivity and growth in manufacturing industries. https://www.bcg.com/pl-pl/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx [accessed April 2020].
- 59) Vermeulen F.; Industry 4.0: The Ultimate Guide <https://industryeurope.com/industry-4-0-the-ultimate-guide/>
- 60) Santos C.; Mehraei A.; Barros A.C.; Araújo M.; Ares E.; Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps, Procedia Manufacturing 13 (2017) 972–979.
- 61) Marr, B.; The 4th Industrial Revolution Is Here – Are You Ready. Forbs, <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/08/13/the-4th-industrial-revolution-is-here-are-you-ready/#ea01d4d628b2>. [accessed March 2020]

- 62) Kalinowska, P. (2021). Zarządzanie kompetencjami służb utrzymania ruchu w dobie Industry 4.0. In Walaszczyk A.(red.), Koszewska M.(red.), Zarządzanie przedsiębiorstwem wobec współczesnych wyzwań technologicznych, społecznych i środowiskowych, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2021, ISBN 978-83-66287-82-2.. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej.
- 63) Broszkiewicz, W., Research&Consulting, E. INDUSTRY 4.0. Immanentny wielostopniowy model przygotowania polskich MŚP na wejście w 4-tą rewolucję przemysłową.
- 64) Harasimowicz, P. N. (2021). Analysis of production management systems in the context of Industry 4.0 requirements (Doctoral dissertation, Instytut Technik Wytwarzania).
- 65) Stolarczyk, A. (2017). Kapitał ludzki–szanse i wyzwania w kontekście rozwoju koncepcji Industrie 4.0. Nierówności społeczne a wzrost gospodarczy, (51), 73-81.
- 66) Saniuk, S., Saniuk, A. (2017). Analiza sytuacji polskich przedsiębiorstw w sieciach przemysłowych w dobie Industry 4.0. Nauki o Zarządzaniu, 2, 12-17. 50.
- 67) Sądadek, M., Basl, J. (2018). Świadomość i poziom wdrożenia koncepcji Przemysł 4.0 w wybranych polskich i czeskich przedsiębiorstwach. In R. Knosala (Ed.), Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji (pp. 189-198). Opole: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją.
- 68) Stadnicka, D., et al. (2017). Koncepcja Przemysł 4.0 – ocena możliwości wdrożenia na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa. In R. Knosala (Ed.), Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji (pp. 472-483), Opole: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją.
- 69) Stańczyk-Hugiet, E. (2015). Strategicznie o ekosystemie biznesu. Zarządzanie strategiczne: strategie sieci i przedsiębiorstw w sieci, 32, 395-409.
- 70) Szulewski, P. (2018). Efektywne łączenie systemów podstawą inteligentnej produkcji. Mechanik, 1, 7-11.
- 71) Szum, K., Magruk, A. (2019). Analiza uwarunkowań rozwoju Przemysłu 4.0 w województwie podlaskim. Akademia Zarządzania, 3, 73-91. 56. Walicki, A. (2018). Transformację czas zacząć – Polski Przemysł 4.0. Podlaski Manager, 186, 10-11.
- 72) Magruk, A. (2017). Minimalizacja niepewności w systemie Przemysłu 4.0. Organizacja i Zarządzanie, 108, 243-254.
- 73) Mazurek, G. (2018). Internet Rzeczy a cyfrowa transformacja – implikacje dla marketingu B2C. In L. Sułkowski, D. Kaczorowska-Spychalska (Eds.), Nowy paradygmat rynku (pp. 33-57), Warsaw: Difin.
- 74) <https://www.ptc.com/en/case-studies/woodward> (09.2021)
- 75) Petrik D., Herzwurm G., . (2019). IIoT ecosystem development through boundary resources: a Siemens MindSphere case study. In Proceedings of the 2nd ACM SIGSOFT International Workshop on Software-Intensive Business: Start-ups, Platforms, and

- Ecosystems (IWSiB 2019). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–6. DOI:<https://doi.org/10.1145/3340481.3342730>
- 76) <https://www.seebo.com/steel-manufacturing/> (09.2021)
- 77) <https://przemyslprzyszlosci.gov.pl/7-krokov-do-zaawansowanej-produkcji-w-fabryce-przyszlosci/> (09.2021)
- 78) <https://en.acatech.de/publications/> (09.2021)
- 79) Kobosko, M. (2021). Ginące zawody jako konsekwencja zmian technologicznych na polskim rynku pracy. *Studia Z Polityki Publicznej*, 8(4(32), 75-95.
- 80) Brynjolfsson, E., McAfee, A., Manyika, J. (2014). Will your job disappear? *New Perspectives Quarterly*, 31(2), 74-77.
- 81) Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological forecasting and social change*, 114, 254-280.
- 82) Acemoglu D. & Restrepo P., Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. *Journal of Political Economy*, 2020. 128(6): p. 2188–2244.
- 83) Raport o stanie sektora małych i średnich przedsiębiorstw w Polsce, PARP, 2021, dostępne ze strony w dniu 04.04.2022: https://www.parp.gov.pl/storage/publications/pdf/PARP-26_Raport-2021-07-22_WCAG_210726.pdf
- 84) Jasiewicz, J., Filiciak, M., Mierzecka, A., Śliwowski, K., Klimczuk, A., Kisilowska, M., Tarkowski, A. Zadrożny, J. (2015). Ramowy katalog kompetencji cyfrowych. Dostępne ze strony w dniu 04.02.2022: <https://philarchive.org/archive/JASRKK>
- 85) <https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf> (dostęp 21.06.2022)
- 86) <https://www.acatech.de/allgemein/industrie-4-0-blick-zurueck-und-nach-vorn/>, dostęp 21.06.2022
- 87) Kawalec, P. (2021). Transformacja cyfrowa: szanse i wyzwania dla przedsiębiorstw. *Nowe Tendencje w Zarządzaniu*, 1(1), 45-69.

Streszczenie w języku polskim

W pracy zaprezentowano zmiany w procesach produkcyjnych po zastosowaniu platformy IIoT Nazca 4.0¹. W pierwszej kolejności przedstawiono historię powstania autorskiej platformy IIoT oraz założenia, jakie przyjęto do jej tworzenia. Na schematach zilustrowano zasadnicze części platformy z opisem koncepcji jej działania. W związku z tym, że światowi liderzy z zakresu automatyki w swojej ofercie posiadają własne platformy IIoT zebrano informacje o możliwościach oferowanych przez nich rozwiązań. Przedstawiono porównanie platform producentów, takich jak Siemens, ABB, Schneider Electric, Mitsubishi, Seebo oraz zestawiono ich funkcjonalności. Pozwoliło to na wskazanie potencjalnych innowacji platformy Nazca, co również zostało przedstawione w pracy.

Najważniejszą część pracy stanowi opis działania autorskiej platformy IIoT Nazca 4.0. Przedstawiono w nim schemat budowy i sposób działania, a następnie wskazano trzy wdrożenia w różnych gałęziach przemysłu. W pracy zaprezentowano wdrożenie w sektorze automotive - w fabryce VW w Poznaniu, w sektorze robotyzacji przemysłu - Centrum Szkoleniowe firmy Kuka w Tychach oraz w sektorze medycznym - laboratorium European HealthTech Innovation Center (EHTIC) w Zabrze. Każde z zaprezentowanych wdrożeń ma odmienny charakter i wymagało indywidualnego podejścia do procesu wdrożenia.

W podsumowaniu pracy zestawiono wnioski z uwzględnieniem krajowych programów wspierających wdrażanie idei „Przemysłu 4.0”:

- wsparcia obszarów Przemysłu 4.0 wspieranych przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii,
- Planu na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju,
- Długookresowej Strategii Rozwoju Kraju „Polska 2030”.

W trakcie prowadzonych wdrożeń przemysłowych uwzględniono procesy transformacji cyfrowej organizacji. Wskazano, gdzie platforma NAZCA 4.0 może usprawnić poszczególne obszary przedsiębiorstw oraz jak oddziałuje na procesy w przedsiębiorstwie. Praca zakończona jest opisem dalszych prac, jakie planowane są do realizacji w celu zwiększenia funkcjonalności platformy IIoT Nazca 4.0.

¹ W niniejszej pracy dla zniwelowania efektu powtórzeń zamiennie używa się określeń NAZCA 4.0 i NAZCA.

Summary

The paper presents changes in production processes after the application of the IIoT Nazca 4.0 platform. First, the history of the creation of the proprietary IIoT platform and the assumptions adopted for its creation are presented.

The diagrams show the main parts of the platform with a description of the concept of its operation. The leaders in the field of automation in the world have their own IIoT platforms in their offer. The capabilities of platforms from manufacturers such as Siemens, ABB, Schneider Electric, Mitsubishi, Seebo, and their functionalities were compared.

This allowed for the identification of possible innovations of the Nazca platform, which was also presented in the paper.

The most important part of the work is the description of the work of the proprietary IIoT Nazca 4.0 platform.

It presents a construction scheme and method of operation, and then identifies three implementations in various industries.

The work presents the implementation in the automotive sector at the VW plant in Poznań, the industry robotization sector at the Kuka Training Center in Tychy and in the medical sector at the EHTIC laboratories - European HealthTech Innovation Center in Zabrze. Each of the presented implementations is of a different nature and required an individual approach to the implementation process.

At the end of the work, the conclusions were summarized, considering national programs supporting the implementation of the idea of "Industry 4.0":

- support for Industry 4.0 areas by the Ministry of Development and Technology,
- Responsible Development Plan,
- Long-term National Development Strategy "Poland 2030".

In terms of assessing the digital maturity of factories, the Nazca 4.0 platform was summarized in accordance with the standardized ADMA methodology in the seven areas of transformation.

It was indicated where the NAZCA 4.0 platform can improve individual areas of enterprises and how it affects processes in the enterprise.

The work ends with a description of further works that are planned to be performed to increase the functionality of the IIoT Nazca 4.0 platform.

During industrial implementations, processes of digital transformation of the organization were taken into account. It was indicated where the NAZCA 4.0 platform can improve individual areas of enterprises and how it affects processes in the enterprise. The work ends with the description of further work planned to be performed in order to increase the functionality of the IIoT Nazca 4.0 platform.



1 z 1

APA Sp. z o.o.
Ul. Tarnogórska 251,
44-105 Gliwice
+48 (32) 231 64 43
www.apagroup.pl
info@apagroup.pl

Gliwice, dn. 10/11/2021

Oświadczenie o udziale procentowym w opracowaniu platformy Nazca 4.0

Procentowy wkład w opracowanie platformy Nazca 4.0	
Artur Pollak	60%
Jacek Kucharczyk	20%
Maciej Walczak	20%

Artur Pollak /podpis odręczny/
Ja,, oświadczam, że mój udział w opracowaniu
platformy Nazca 4.0 wynosi **60%**

Artur Pollak
/podpis odręczny/

Jacek Kucharczyk
Ja, /podpis odręczny/, oświadczam, że mój udział w opracowaniu
platformy Nazca 4.0 wynosi **20%**

Jacek Kucharczyk
/podpis odręczny/

Maciej Walczak
Ja, /podpis odręczny/, oświadczam, że mój udział w opracowaniu
platformy Nazca 4.0 wynosi **20%**

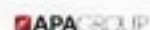
Maciej Walczak
/podpis odręczny/

WWW.APAGROUP.PL

APA sp. z o.o.
ul. Tarnogórska 251
44-105 GLIWICE

Tel.: +48(32) 231 64 43
Fax: +48(32) 231 64 43
info@apagroup.pl

NIP: 631-251-34-80
REGON: 240566402
KRS: 0000274779



KARTA APLIKACJI PRODUKTU	
będącego wynikiem badań naukowych lub prac rozwojowych zrealizowanych przez APA Sp. z o.o., Ul. Tarnogórska 251, 44-105 Gliwice NIP : 6312513480 (nazwa jednostki)	
Lp.	Wyszczególnienie
1.	Nazwa zadania badawczego, w wyniku realizacji którego powstał produkt i lata realizacji (bez względu na źródło finansowania) Platforma Nazca 4.0 (IIoT), umożliwia wdrożenie koncepcji Przemysł 4.0 (Industry 4.0), zawiera elementy przetwarzania brzegowego (Edge computing) z obsługą dużych zbiorów danych (Big Data), bazuje na rozwiązaniach chmurowych (Cloud computing), którego celem jest stosowanie podejścia związanego z przewidywaniem sytuacji awaryjnych (Predictive maintenance) vs reakcji na zdarzenie (Reactive), którego jednym z celów jest polepszenie działania np. Służb Utrzymania Ruchu lub Planowania Procesów. Platforma działa od roku 2018, agregując dane procesowe w warstwie chmurowej(chmura prywatna), dając możliwość tworzenia dowolnych wskaźników na potrzeby analizy procesów i w konsekwencji polepszenia jakości świadczonych usług i zmniejszenia kosztów operacyjnych związanych z obsługą techniczną maszyn i urządzeń.
2.	Nazwa produktu NAZCA 4.0
3.	Opis (do 100 wyrazów) aplikacji produktu, z odniesieniem do takich elementów, jak oryginalność, twórcza zmiana w funkcjonowaniu podmiotu korzystającego z aplikacji i powtarzalność lub okres tego wykorzystania: Platforma Nazca 4.0 została wdrożona z uwzględnieniem istniejącej infrastruktury sterującej procesami przemysłowymi wraz z uzupełnieniem o elementy Przemysłowego Internetu Rzeczy (IIoT), przetwarzając dane brzegowo na potrzeby Służb Utrzymania Ruchu i Działu Planowania wraz ze strukturami rozwiązań chmurowych (Private Cloud), dającymi możliwości przewidywania awarii (degradacja środowiska technicznego), zbudowano tzw. wskaźnik utraty zdrowia. Platforma swoim działaniem objęła trzy grupy sterowania. Rozwiązanie łączy warstwy operacyjne – sterowanie (OT- operational technology) z warstwą informatyczną (IT)
4.	Nazwa i adres podmiotu potwierdzającego aplikację produktu oraz odpowiednio jego następujące dane: numer identyfikacji skarbowej (w Polsce NIP), numer identyfikacyjny producenta rolnego lub gospodarstwa rolnego (w Polsce nadawany przez Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa) albo numer identyfikacji statystycznej (w Polsce REGON) VOLKSWAGEN POZNAN SP. Z O.O. UL. WARSZAWSKA 349 61-060 POZNAN, POLSKA NIP 782-00-32-965, REGON : 630173572
5.	Forma prawna przekazania produktu: Licencja

6.	Zasięg oddziaływania produktu w latach 2018 - 2021	we właściwym polu należy wpisać znak X
	mały/lokalny (zasięg nieprzekraczający jednego województwa lub liczba podmiotów, które zastosowały produkt nie mniejsza niż 3)	X
	średni/krajowy (zasięg nie mniejszy niż 3 województwa lub liczba podmiotów, które zastosowały produkt nie mniejsza niż 10)	
	duży - międzynarodowy (aplikacja produktu na terenie więcej niż jednego państwa)	
7.	Potwierdzenie aplikacji przez podmiot, który zastosował produkt	
 VOLKSWAGEN Poznań Sp. z o.o. 61-050 Poznań, ul. Warszawska 349 tel. (061) 8761 914, fax (061) 8761 581 NIP 782-00-32-965 (data i podpis osoby upoważnionej do reprezentowania podmiotu potwierdzającego) (pieczęć podmiotu potwierdzającego) Jankowski Radomir /podpis odręczny/ 2021-11-19 Potwierdzenie aplikacji przez właściwy organ/organizację*  VOLKSWAGEN Poznań Sp. z o.o. 61-050 Poznań, ul. Warszawska 349 tel. (061) 8761 914, fax (061) 8761 581 NIP 782-00-32-965 (data i podpis osoby upoważnionej do reprezentowania podmiotu potwierdzającego) (pieczęć podmiotu potwierdzającego) Jankowski Radomir /podpis odręczny/		

* w przypadku gdy nie można wskazać podmiotu, który zastosował aplikację.

KARTA APLIKACJI PRODUKTU	
będącego wynikiem badań naukowych lub prac rozwojowych zrealizowanych przez	
APA Sp. z o.o. Ul. Tarnogórska 251 44-105 Gliwice NIP : 6312513480 (nazwa jednostki)	
Lp.	Wyszczególnienie
1.	Nazwa zadania badawczego, w wyniku realizacji którego powstał produkt i lata realizacji (bez względu na źródło finansowania) Platforma Nazca4.0 wspiera wykorzystanie impetu cyfrowego – zwłaszcza w zakresie dyfuzji technologii o wysokim stopniu innowacji – technologicznych i organizacyjnych; wdrożenie platformy NAZCA 4.0 wpływa również pośrednio na zmianę podejścia do sposobu organizacji badań i ich optymalizacji. Platforma Nazca 4.0 (IIoT), umożliwia wdrożenie koncepcji Przemysł 4.0 (Industry 4.0) w przestrzeni laboratoriów EHTIC, zawiera elementy przetwarzania brzegowego (Edge computing) z obsługą dużych zbiorów danych (Big Data), bazuje na rozwiązaniach chmurowych (Cloud computing), którego celem jest stosowanie podejścia związanego z przewidywaniem sytuacji awaryjnych (Predictive) vs reakcji na zdarzenie (Reactive), którego jednym z celów jest polepszenie dostępu do danych pochodzących z infrastruktury laboratoryjnej. Platforma działa od września 2021 roku, agregując dane procesowe w warstwie chmurowej(chmura prywatna), dając możliwość tworzenia dowolnych wskaźników na potrzeby analizy procesów i w konsekwencji zmniejszenia kosztów operacyjnych związanych z obsługą techniczną laboratoriów i infrastruktury badawczej.
2.	Nazwa produktu NAZCA 4.0
3.	Opis (do 100 wyrazów) aplikacji produktu, z odniesieniem do takich elementów, jak oryginalność, twórcza zmiana w funkcjonowaniu podmiotu korzystającego z aplikacji i powtarzalność lub okres tego wykorzystania: Platforma Nazca 4.0 została wdrożona z uwzględnieniem istniejącej infrastruktury laboratoryjnej wraz z uzupełnieniem o elementy Przemysłowego Internetu Rzeczy (IIoT), przetwarzając dane brzegowo na potrzeby prowadzonych prac badawczych wraz ze strukturami rozwiązań chmurowych (Private Cloud), dającymi możliwości przewidywania awarii (degradacja środowiska technicznego), zbudowano tzw. wskaźnik utraty zdrowia. Rozwiązanie łączy warstwy operacyjne – sterowanie (OT- operational technology) z warstwą informatyczną (IT)

4.	Nazwa i adres podmiotu potwierdzającego aplikację produktu oraz odpowiednio jego następujące dane: numer identyfikacji skarbowej (w Polsce NIP), numer identyfikacyjny producenta rolnego lub gospodarstwa rolnego (w Polsce nadawany przez Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa) albo numer identyfikacji statystycznej (w Polsce REGON) PoliTechnika Śląska Wydział Inżynierii Biomedycznej European Health Tech Innovation Center ul. Roosevelta 40, Zabrze REGON : 000001637 NIP : 631-020-07-36							
5.	Forma prawna przekazania produktu: Licencja							
6.	Zasięg oddziaływania produktu w latach 2018 - 2021 <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="435 763 1110 819">mały/lokalny (zasięg nieprzekraczający jednego województwa lub liczba podmiotów, które zastosowały produkt nie mniejsza niż 3)</td> <td data-bbox="1110 763 1318 819" style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td data-bbox="435 819 1110 875">średni/krajowy (zasięg nie mniejszy niż 3 województwa lub liczba podmiotów, które zastosowały produkt nie mniejsza niż 10)</td> <td data-bbox="1110 819 1318 875"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="435 875 1110 927">duży - międzynarodowy (aplikacja produktu na terenie więcej niż jednego państwa)</td> <td data-bbox="1110 875 1318 927"></td> </tr> </table>	mały/lokalny (zasięg nieprzekraczający jednego województwa lub liczba podmiotów, które zastosowały produkt nie mniejsza niż 3)	X	średni/krajowy (zasięg nie mniejszy niż 3 województwa lub liczba podmiotów, które zastosowały produkt nie mniejsza niż 10)		duży - międzynarodowy (aplikacja produktu na terenie więcej niż jednego państwa)		we właściwym polu należy wpisać znak X
mały/lokalny (zasięg nieprzekraczający jednego województwa lub liczba podmiotów, które zastosowały produkt nie mniejsza niż 3)	X							
średni/krajowy (zasięg nie mniejszy niż 3 województwa lub liczba podmiotów, które zastosowały produkt nie mniejsza niż 10)								
duży - międzynarodowy (aplikacja produktu na terenie więcej niż jednego państwa)								
7.	Potwierdzenie aplikacji przez podmiot, który zastosował produkt  (pieczęć podmiotu potwierdzającego) Dyrektor Europejskiego Centrum Innowacyjnych Technologii dla Zdrowia prof. dr hab. inż. Marek Gaik /podpis odręczny/ (data i podpis osoby upoważnionej do reprezentowania podmiotu potwierdzającego) Potwierdzenie aplikacji przez właściwy organ/organizację* (pieczęć podmiotu potwierdzającego) (data i podpis osoby upoważnionej do reprezentowania podmiotu potwierdzającego)							

* w przypadku gdy nie można wskazać podmiotu, który zastosował aplikację.

KARTA APLIKACJI PRODUKTU		
będącego wynikiem badań naukowych lub prac rozwojowych zrealizowanych przez		
APA Sp. z o.o. Ul. Tarnogórska 251 44-105 Gliwice NIP : 6312513480		
Lp.	Wyszczególnienie	
1.	Nazwa zadania badawczego, w wyniku realizacji którego powstał produkt i lata realizacji (bez względu na źródło finansowania) Platforma Nazca 4.0 (IIoT), umożliwia wdrożenie koncepcji Przemysł 4.0 (Industry 4.0), zawiera elementy przetwarzania brzegowego (Edge computing) z obsługą dużych zbiorów danych (Big Data), bazuje na rozwiązaniach chmurowych (Cloud computing), którego celem jest stosowanie podejścia związanego z przewidywaniem sytuacji awaryjnych (Predictive maintenance) vs reakcji na zdarzenie (Reactive), którego jednym z celów jest polepszenie działania np. Służb Utrzymania Ruchu lub Planowania Procesów. Platforma działa od roku 2021, agregując dane procesowe w warstwie chmurowej(chmura prywatna), dając możliwość tworzenia dowolnych wskaźników na potrzeby analizy procesów i w konsekwencji polepszenia jakości świadczonych usług i zmniejszenia kosztów operacyjnych związanych z obsługą techniczną robotów firmy KUKA i infrastruktury.	
2.	Nazwa produktu NAZCA 4.0	
3.	Opis (do 100 wyrazów) aplikacji produktu, z odniesieniem do takich elementów, jak oryginalność, twórcza zmiana w funkcjonowaniu podmiotu korzystającego z aplikacji i powtarzalność lub okres tego wykorzystania: Platforma Nazca 4.0 została wdrożona z uwzględnieniem istniejącej infrastruktury sterującą procesami przemysłowymi wraz z uzupełnieniem o elementy Przemysłowego Internetu Rzeczy (IIoT), przetwarzając dane brzegowo na potrzeby Służb Utrzymania Ruchu i Działu Planowania wraz ze strukturami rozwiązań chmurowych (Private Cloud), dającymi możliwości przewidywania awarii (degradacja środowiska technicznego), zbudowano tzw. wskaźnik utraty zdrowia. Platforma swoim działaniem objęła trzy grupy sterowania. Rozwiązanie łączy warstwy operacyjne – sterowanie (OT- operational technology) z warstwą informatyczną (IT)	
4.	Nazwa i adres podmiotu potwierdzającego aplikację produktu oraz odpowiednio jego następujące dane: numer identyfikacji skarbowej (w Polsce NIP), numer identyfikacyjny producenta rolnego lub gospodarstwa rolnego (w Polsce nadawany przez Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa) albo numer identyfikacji statystycznej (w Polsce REGON) KUKA CEE GMBH SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ ODDZIAŁ W POLSCE KRS 0000296997, NIP 2050001333, REGON 240822443 Mysłowicka 1, 43-100 Tychy, Polska	
5.	Forma prawna przekazania produktu: Licencja	
6.	Zasięg oddziaływania produktu w latach 2018 - 2021	X

	mały/lokalny (zasięg nieprzekraczający jednego województwa lub liczba podmiotów, które zastosowały produkt nie mniejsza niż 3)	X
	średni/krajowy (zasięg nie mniejszy niż 3 województwa lub liczba podmiotów, które zastosowały produkt nie mniejsza niż 10)	
	duży - międzynarodowy (aplikacja produktu na terenie więcej niż jednego państwa)	
7.	Potwierdzenie aplikacji przez podmiot, który zastosował produkt KUKA KUKA CEE GmbH spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Oddział w Polsce 43-100 Tychy, ul. Mysłowicka 1 NIP: 2050001133 Regon: 240822442 tel.: 32 730 32 14 biuroPL@kuka.com (pieczęć podmiotu potwierdzającego) Tomasz Nowak /podpis odręczny/ (data i podpis osoby upoważnionej do reprezentowania podmiotu potwierdzającego) Potwierdzenie aplikacji przez właściwy organ/organizację* (pieczęć podmiotu potwierdzającego) (data i podpis osoby upoważnionej do reprezentowania podmiotu potwierdzającego)	

* w przypadku gdy nie można wskazać podmiotu, który zastosował aplikację.

OŚWIADCZENIE

o wkładzie poszczególnych autorów w powstanie publikacji

(oświadczenie składane w celu zapobieżenia występowaniu zjawisk „ghostwriting” i „guest authorship”*)

Autorzy:

Pollak, A., Hilarowicz, A., Walczak, M., Gąsiorek, D.

Tytuł artykułu:

A Framework of Action for Implementation of Industry 4.0. an Empirically Based Research. Sustainability, 2020, 12(14), 1-16. - Impact Factor: 3.478

Imię i nazwisko autora	Miejsce pracy autora	Wkład w % w powstanie publikacji	Zakres merytoryczny wkładu	Podpis Autora
Pollak Artur	APA sp. Z o.o.	55	koncepcja i projekt, zebranie danych i ich analiza i interpretacja wyników	Artur Pollak /podpis odręczny/
Hilarowicz Agata	Uniwersytet Śląski	30	analiza i interpretacja wyników, napisanie artykułu	Agata Hilarowicz /podpis odręczny/
Walczak Maciej	APA sp. Z o.o.	5	Opracowanie dokumentacji graficznej, analiza wyników	Walczak /podpis odręczny/
Gąsiorek Damian	Politechnika Śląska	10	krytyczne zrecenzowane pod kątem istotnej zawartości intelektualnej, ostatecznej akceptacji wersji do druku	Gąsiorek /podpis odręczny/

Artur Pollak

Podpis autora zgłaszającego pracę

/podpis odręczny/

*Definicje „ghostwriting” i „guest authorship” według Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (źródło: <http://www.mn.gov.pl/>):

Z „ghostwriting” mamy do czynienia wówczas, gdy ktoś wniósł istotny wkład w powstanie publikacji, bez ujawnienia swojego udziału jako jeden z autorów lub bez wymienienia jego roli w podziękowaniach zamieszczonych w publikacji.

Z „guest authorship” („honorary authorship”) mamy do czynienia wówczas, gdy udział autora jest znikomy lub w ogóle nie miał miejsca, a pomimo to jest autorem/współautorem publikacji.

OŚWIADCZENIE

o wkładzie poszczególnych autorów w powstanie publikacji

(oświadczenie składane w celu zapobieżenia występowaniu zjawisk „ghostwriting” i „guest authorship”*)

Autorzy:

Temich, S., Pollak, A., Kucharczyk, J., Ptasieński, W., Mężyk, A., Gąsiorek, D.

Tytuł artykułu:

Prediction of energy consumption in the Industry4.0 platform - solutions overview. Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 2021, 59(3), 455-468 - Impact Factor: 1,04

Imię i nazwisko autora	Miejsce pracy autora	Wkład w % w powstanie publikacji	Zakres merytoryczny wkładu	Podpis Autora
Pollak Artur	APA sp. Z o.o.	30	konceptcja i projekt, zebranie danych i ich analiza interpretacja wyników	Artur Pollak /podpis odręczny/
Ptasieński Wojciech	APA sp. Z o.o.	25	Agregacja danych ze stanowiska testowego, analiza, napisanie artykułu	Wojciech Ptasieński /podpis odręczny/
Temich Sebastian	APA sp. Z o.o.	15	Opracowanie dokumentacji graficznej, analiza wyników, korekta tekstu, odpowiedzi na recenzje	Temich /podpis odręczny/
Gąsiorek Damian	Politechnika Śląska	10	Korekta tekstu, ostateczna akceptacja wersji do druku, odpowiedzi na recenzje	Gąsiorek /podpis odręczny/
Mężyk Arkadiusz	Politechnika Śląska	10	krytyczne zrecenzowanie tekstu pod kątem istotnej zawartości intelektualnej, korekta tekstu	Mężyk /podpis odręczny/
Jacek Kucharczyk	APA sp. Z o.o.	10	Opracowanie stanowiska badawczego i agregacja danych testowych, sprawdzenie poprawności agregacji danych	Kucharczyk /podpis odręczny/

Artur Pollak

Podpis autora zgłaszającego pracę
/podpis odręczny/

*Definicje „ghostwriting” i „guest authorship” według Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (źródło: <http://www.nauka.gov.pl/>):

Z „ghostwriting” mamy do czynienia wówczas, gdy ktoś wniósł istotny wkład w powstanie publikacji, bez ujawnienia swojego udziału jako jeden z autorów lub bez wymienienia jego roli w podziękowaniach zamieszczonych w publikacji.

Z „guest authorship” („honorary authorship”) mamy do czynienia wówczas, gdy udział autora jest znikomy lub w ogóle nie miał miejsca, a pomimo to jest autorem/współautorem publikacji.

OŚWIADCZENIE

o wkładzie poszczególnych autorów w powstanie publikacji

(oświadczenie składane w celu zapobieżenia występowaniu zjawisk „ghostwriting” i „guest authorship”*)

Autorzy:

Ptasiński, W., Pollak, A., Temich, S., Gąsiorek, D.

Tytuł artykułu:

Wpływ kondycji łożysk na utrzymanie procesów produkcyjnych. Management and Quality – Zarządzanie i Jakość, 2021, Vol 3, No 1, s. 60-73.

Imię i nazwisko autora	Miejsce pracy autora	Wkład w % w powstanie publikacji	Zakres merytoryczny wkładu	Podpis Autora
Pollak Artur	APA sp. Z o.o.	35	konceptcja i projekt, zebranie danych i ich analiza interpretacja wyników	Artur Pollak /podpis odręczny/
Ptasiński Wojciech	APA sp. Z o.o.	40	Agregacja danych ze stanowiska testowego, analiza i interpretacja wyników, napisanie artykułu	Wojciech Ptasiński /podpis odręczny/
Temich Sebastian	APA sp. Z o.o.	15	Opracowanie dokumentacji graficznej, analiza wyników, korekta tekstu	Temich /podpis odręczny/
Gąsiorek Damian	Politechnika Śląska	10	krytyczne zrecenzowane pod kątem istotnej zawartości intelektualnej, ostatecznej akceptacji wersji do druku	Gąsiorek /podpis odręczny/

Artur Pollak

Podpis autora zgłaszającego pracę
/podpis odręczny/

*Definicje „ghostwriting” i „guest authorship” według Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wzrznego (źródło: <http://www.nauka.gov.pl/>):

Z „ghostwriting” mamy do czynienia wówczas, gdy ktoś wniósł istotny wkład w powstanie publikacji, bez ujawnienia swojego udziału jako jeden z autorów lub bez wymienienia jego roli w podziękowaniach zamieszczonych w publikacji.

Z „guest authorship” („honorary authorship”) mamy do czynienia wówczas, gdy udział autora jest znikomy lub w ogóle nie miał miejsca, a pomimo to jest autorem/współautorem publikacji.

OŚWIADCZENIE

o wkładzie poszczególnych autorów w powstanie publikacji

(oświadczenie składane w celu zapobieżenia występowaniu zjawisk „ghostwriting” i „guest authorship”*)

Autorzy:

Pollak, A., Temich, S., Ptasieński, W., Kucharczyk, J., Gąsiorek, D.

Tytuł artykułu:

Prediction of Belt Drive Faults in Case of Predictive Maintenance in Industry 4.0 Platform. Applied Sciences. 2021; 11(21):10307. <https://doi.org/10.3390/app112110307> - Impact Factor: 3.02

Imię i nazwisko autora	Miejsce pracy autora	Wkład w % w powstanie publikacji	Zakres merytoryczny wkładu	Podpis Autora
Pollak Artur	APA sp. Z o.o.	50	konceptcja i projekt, zebranie danych i ich analiza, interpretacja wyników, napisanie artykułu, korekty językowe, odpowiedzi na pytania recenzentów	Artur Pollak /podpis odręczny/
Ptasieński Wojciech	APA sp. Z o.o.	15	Agregacja danych ze stanowiska testowego, analiza,	Wojciech Ptasieński /podpis odręczny/
Temich Sebastian	APA sp. Z o.o.	15	Opracowanie dokumentacji graficznej, analiza wyników, napisanie artykułu, korekta tekstu, odpowiedzi na recenzje	Temich /podpis odręczny/
Gąsiorek Damian	Politechnika Śląska	10	Korekta tekstu, ostateczna akceptacja wersji do druku, odpowiedzi na recenzje	Gąsiorek /podpis odręczny/
Jacek Kucharczyk	APA sp. Z o.o.	10	Opracowanie stanowiska badawczego i agregacja danych testowych, sprawdzenie poprawności agregacji danych	Kucharczyk /podpis odręczny/

Artur Pollak

Podpis autora zgłaszającego pracę
/podpis odręczny/

*Definicje „ghostwriting” i „guest authorship” według Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (źródło: <http://www.nauka.gov.pl>):

Z „ghostwriting” mamy do czynienia wówczas, gdy ktoś wniósł istotny wkład w powstanie publikacji, bez ujawnienia swojego udziału jako jeden z autorów lub bez wymienienia jego roli w podziękowaniach zamieszczonych w publikacji.

Z „guest authorship” („honorary authorship”) mamy do czynienia wówczas, gdy udział autora jest znikomy lub w ogóle nie miał miejsca, a pomimo to jest autorem/współautorem publikacji.