

Damian KOLNY<sup>1</sup>, Robert DROBINA<sup>2</sup>

Opiekun naukowy: Robert DROBINA

## **TRANSFORMACJA IDEI REWOLUCJI PRZEMYSŁOWEJ W KONTEKŚCIE INDUSTRY 4.0**

**Streszczenie:** Współcześnie w przemyśle postępuje przemiana, mająca za zadanie szeroką integrację wielu obszarów zarządzania produkcją, określana jako Przemysł 4.0. Zachodzące zmiany w znaczący sposób wspierane są poprzez wszechobecną transformację cyfrową, która nadaje rewolucji szybszego biegu. W artykule przedstawiono historię przełomowych przemian w przemyśle oraz podstawowe postulaty idei Przemysłu 4.0 w kontekście rewolucji, jaką ze sobą niesie. Rozważania w referacie mają za cel również analizę możliwości oraz barier dla wdrażania rozwiązań Przemysłu 4.0 dla przedsiębiorstw z sektora MŚP. W części badawczej zaprezentowano możliwości wykorzystania zjawiska Big Data w ramach Industry 4.0.

**Słowa kluczowe:** Przemysł 4.0, transformacja cyfrowa, Big Data, Business Intelligence, MŚP

## **TRANSFORMATION OF THE INDUSTRIAL REVOLUTION IDEA IN THE INDUSTRY 4.0 CONTEXT**

**Summary:** Nowadays, the transformation is progressing in industry, which is designed to integrate many production management areas, called industry 4.0. The changes taking place in a significant way are supported by the ubiquitous digital transformation, which gives a faster gear revolution. The article presents the history of groundbreaking changes in industry and the basic demands of the idea of industry 4.0 in the context of the revolution it brings. Considerations in the paper are also aimed at analyzing the possibilities and barriers to implementing industry 4.0 solutions for enterprises from the SME sector. The research part presents the possibilities of using Big Data within Industry 4.0.

**Keywords:** Industry 4.0, digital transformation, Big Data, Business Intelligence, SME sector

### **1. Wprowadzenie**

Nieustanny rozwój przemysłu w ostatnich stuleciach niejednokrotnie prowadził do przełomowych osiągnięć technologicznych, które powodowały skokowy rozwój zarówno gospodarczy jak i społeczny. Klienci zawsze wymagają produktów o niskiej

---

<sup>1</sup> Mgr inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, Katedra Inżynierii Produkcji, [dkolny@ath.bielsko.pl](mailto:dkolny@ath.bielsko.pl)

<sup>2</sup> Dr hab. inż., prof. ATH, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, Katedra Inżynierii Produkcji, [rdrobina@ath.bielsko.pl](mailto:rdrobina@ath.bielsko.pl)

cenie i wysokiej jakości, co z biegiem czasu się zmienia i staje coraz bardziej rygorystyczne [9]. Producenci chcąc zachować konkurencyjność na własnym rynku muszą dynamicznie reagować i skutecznie działać wobec globalnego postępu i rozwoju technologicznego. Obecny postęp, który dokonał się w zakresie transformacji cyfrowej, ustanowił nowe wyzwanie dla wielu przedsiębiorstw w różnych branżach, tworząc nową rzeczywistość prowadzenia działalności w ramach koncepcji nazywanej Przemysłem 4.0 [2]. W ramach nowego nurtu technologicznego spodziewany jest ogólny wzrost wydajności dzięki integracji cyfrowych systemów produkcji oraz efektywną analizą generowanych danych w inteligentnych środowiskach. Transformacja cyfrowa wspierała rozwój nowoczesnych technologii informatycznych, takich jak: systemy cyber-fizyczne, Internet Rzeczy, Internet Usług, Big Data, inteligentna fabryka, co z kolei pozwala odróżnić kolejną rewolucję przemysłową od tej poprzedniej (automatyzacji i robotyzacji produkcji) [2, 6]. Wdrażanie oraz integracja nowoczesnych technologii cyfrowych są kluczem do przekształcenia tradycyjnych systemów wytwarzania w systemy wytwarzania przyszłości [9]. Idea czwartej rewolucji przemysłowej w znacznym stopniu skupia się na wykorzystywaniu w przemyśle zaawansowanych systemów informatycznych w taki sposób, aby wszystkie zależne od siebie maszyny, urządzenia lub inne systemy sterowania i komunikacji sprawnie ze sobą współpracowały oraz wymieniały dane z właściwymi sterownikami lub komputerem odpowiedzialnym podejmowaniem decyzji logicznej. Ta podstawowa funkcjonalność, przy wielu innych aspektach takich jak: logistyka zakładu, elastyczność produkcji, oszczędność energii, bezpośrednia komunikacja między fabrykami, stanowi fundament dla Inteligentnej Fabryki 4.0 [13].





Efekt ubocznym dokonujących się przemian w przemyśle w ramach kolejnej rewolucji przemysłowej jest wzrost znaczenia ilości produkowanych i przetwarzanych danych w obiegu informacyjnym przedsiębiorstwa [13, 4]. Niezależnie od poziomu zaawansowania automatyzacji i robotyzacji w przedsiębiorstwach, każdorazowo istnieje potrzeba bieżącego monitorowania kondycji poszczególnych obszarów funkcjonowania produkcji i podejmowania decyzji biznesowych w oparciu o właściwie opracowane dane.

Celem artykułu jest przegląd literatury z zakresu tematyki związanej z postępującymi przemianami w idei Przemysłu 4.0 oraz analiza możliwości zastosowania narzędzi do obróbki danych (Big Data) na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa.

## 2. Historia ewolucji rewolucji przemysłowych

W publicystyce naukowej jak i w środowiskach przemysłowych przyjęło się numerowanie etapów charakteryzujących się przełomowymi osiągnięciami technologicznymi w zakresie organizacji i rozwoju produkcji przemysłowej [7]. Obecnie postęp technologiczny można podzielić na cztery takie etapy w historii, które charakteryzują się fundamentalnymi rozwiązaniami w danym okresie czasu – od Przemysłu 1.0 do Przemysłu 4.0. Pierwsza rewolucja przemysłowa (Przemysł 1.0) cechuje się rozwojem mechanizacji oraz energii wodnej i parowej [9]. Do głównych osiągnięć zaliczyć można opracowanie w 1769 r. przez Jamesa Watta modelu silnika parowego, który z czasem zaczął być powszechnie stosowany w przemyśle włókienniczym. To z kolei spowodowało postęp mechanizacji produkcji,

a zastosowanie maszyny parowej rozszerzyło się na kolejne, rozwijające się gałęzie przemysłu – maszynowego, żelaznego, górnictwa oraz komunikacji [10, 17]. Pierwsza rewolucja przemysłowa przyczyniła się również do rozwoju kolei żelaznej. Druga rewolucja przemysłowa (Przemysł 2.0) charakteryzuje się przede wszystkim rozwojem elektryczności, ale także przemysłu chemicznego, ciężkiego i maszynowego. Do głównych wynalazków zaliczyć można między innymi syntezę chemikaliów, silnik spalinowy, telegraf i telefon, ale symbolem drugiej rewolucji stała się linia produkcyjna umożliwiająca produkcję w skali masowej [10, 17]. Zastosowanie technologii informatycznych oraz systemów elektronicznych przyczyniło się w latach 70-tych XX wieku do rozwoju trzeciej rewolucji przemysłowej (Przemysł 3.0), która określana jest również mianem rewolucji naukowo-technologicznej. Jednymi z ważniejszych osiągnięć było wynalezienie mikroprocesora w 1971 r. oraz mikrokomputera w 1975 r. Koniec lat 90-tych XXI wieku przyniósł szeroką informatyzację, spowodowaną stworzeniem globalnej sieci zwanej Internetem. W ramach Przemysłu 3.0 nastąpiła obok komputeryzacji, również automatyzacja procesów produkcji oraz rozwój środków komunikacji oraz transportu [10, 17]. Tempo rozwoju technologii i innowacji przemysłowych oraz zakres wprowadzanych wskutek tego zmian jest coraz większe [17]. Pojawienie się systemów cyberfizycznych oraz zastosowanie technologii w czasie rzeczywistym doprowadziło do rozpoczęcia definiowania tych zmian jako czwartej rewolucji przemysłowej (Przemysł 4.0), która trwa do dziś. [9] Na rys. 1 przedstawiono charakter opisanych rewolucji pod kątem procesu produkcyjnego.

Etap	Początek	Nazwa	Główne cechy
I 	Po 1770 r.	Przemysł 1.0 (pierwsza rewolucja przemysłowa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rozwój mechanizacji, energii parowej i wodnej</li> <li>Produkcja jednostkowa, rzemieślnicza unikalnych, różnorodnych wyrobów, duże zaangażowanie klienta w produkcję</li> <li>Prosty rynek napędzany popytem</li> </ul>
II 	Po 1926 r.	Przemysł 2.0 (druga rewolucja przemysłowa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rozwój elektryczności</li> <li>Produkcja masowa, w której klient ma niski wpływ na wyrób, niska różnorodność wyrobów,</li> <li>Rynek stabilny</li> </ul>
III 	Po latach 80-tych XX w.	Przemysł 3.0 (trzecia rewolucja przemysłowa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rozwój komputeryzacji</li> <li>Masowa personalizacja produktów, średnie zaangażowanie klienta wyrób</li> <li>Rynek niestabilny</li> </ul>
IV 	Po 2011 r.	Przemysł 4.0 (czwarta rewolucja przemysłowa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rozwój systemów cyberfizycznych i technologii w czasie rzeczywistych</li> <li>Wysoka personalizacja produktów, bardzo duży wpływ klienta na wyrób, bardzo duża różnorodność wyrobów</li> <li>Rynek nieznanymi i niepewny</li> </ul>

Rysunek 1. Zestawienie rewolucji przemysłowych [9]

Przemysł 4.0 stanowi wdrożenie i integrację różnych nowoczesnych technologii, zwłaszcza robotyzacji i informatyki, dla większej automatyzacji i kontroli procesu produkcyjnego [9, 17]. Symbolem czwartej rewolucji przemysłowej stał się projekt inteligentnej fabryki, w której zastosowano autonomiczny proces decyzyjny, zautomatyzowane linie produkcyjne, gdzie ludzka praca zastąpiona została robotami [10].



Definicja terminu Przemysłu 4.0 najczęściej w oparciu o kluczowe filary technologiczne, które zostały przedstawione na rysunku 2.

Według analizy literatury Autora [1] Przemysł 4.0 opiera się na 4 wiodących technologiach wraz z ich pochodnymi:

- Internet Rzeczy (ang. Internet of Things, IOT),
- Transformacja cyfrowa (ang. Digital Transformation),
- Chmura obliczeniowa (ang. Cloud Computing),
- Wirtualna Rzeczywistość (ang. Virtual Reality, VR).

Z kolei Autorzy [5] jako podstawowe elementy tworzące i wspierające implementację rozwiązań Przemysłu 4.0 interpretują [7, 5, 3]:

- Systemy Cyber-Fizyczne (CPS, ang. Cyber-Physical Systems) – połączenie świata fizycznego ze światem wirtualnym, integracja obliczeń i procesów fizycznych,
- Internet Rzeczy – osiąganie wspólnych celów poprzez współpracę oraz współdziałanie różnych „inteligentnych” komponentów w oparciu o czujniki, rzeczy i obiektów za pomocą unikalnego schematu adresowania,
- Internet Usług (ang. Internet of Services) – wykorzystanie możliwości oferowania własnych usług za pośrednictwem sieci Internetowej,
- Inteligentna Fabryka (ang. Smart Factory) – jako kluczowy element Przemysłu 4.0, świadomość współpracy ludzi i maszyn w celu realizacji określonych zadań, z wykorzystaniem danych pochodzących ze świata fizycznego oraz wirtualnego,
- Big Data – przetwarzanie dużych zbiorów danych o wysokim stopniu złożoności, że tradycyjne aplikacje służące do przetwarzania danych okazują się niewystarczające do przeprowadzenia ich analizy, która może pomóc w podejmowaniu prawidłowych decyzji biznesowych,
- chmura obliczeniowa – jako technika służąca do zdalnego składowania oraz obróbki danych, gwarantująca uproszczony dostęp do przechowywanych danych w każdym miejscu na świecie.

W swojej publikacji Autorzy [3] przytoczyli aż 60 pojęć charakteryzujących obecnie realizującą się transformację przemysłową. Świadomość tych zjawisk jest dziś kluczowa dla decydentów chcących funkcjonować i współpracować z cyberfizycznymi systemami produkcji w ramach Przemysłu 4.0. Oprócz zmian technologicznych w sferze wytwarzania znaczącą rolę odgrywa również gospodarka informacyjna. Jest ona nieodzownym elementem dla Rewolucji 4.0 praktycznie na każdym jej etapie, gdyż wszystkie urządzenia funkcjonujące w układzie Przemysłu 4.0 opierają się na przetwarzaniu danych (Big Data). W obecnych uwarunkowaniach funkcjonowania przemysłu, sama informacja staje się produktem procesu wytwarzania, co oznacza, iż na znaczeniu zyskują technologie służące do przetwarzania informacji w trafne decyzje biznesowe [10, 14]. Współcześnie budowanie baz danych a także wykorzystanie zaawansowanych technik numerycznych powodują, że klasyczne podejście do pojęcia Industry 4.0 wymaga poszerzenia definicji o rozwiązania BI (Business Intelligence).

#### **4. Big Data w transformacji cyfrowej – Industry 4.0**

Działalność przedsiębiorstwa niezależnie od jego wielkości czy sektora przemysłowego obejmuje zarządzanie dużymi ilościami informacji, które

generowane są w wewnętrznych jak i zewnętrznych środowiskach biznesowych. Przemysł wytwórczy często charakteryzuje się znaczną automatyzacją i robotyzacją procesów technologicznych, wobec czego problematyka wielkości gromadzonych informacji płynących z operacji produkcyjnych dodatkowo potęguje to zjawisko. Ogromna skala tego precedensu spowodowała, iż doczekał się on swojej własnej nazwy (tj. Big Data), stanowiąc tym samym jeden z elementów Przemysłu 4.0 [15, 18]. Obecnie złożoność procesów produkcyjnych stale rośnie i dlatego też zapotrzebowanie na nowe metody komunikacji informacyjnej jest coraz większe. Szeroko rozumiane systemy informatyczne spójne z maszynami gromadzą każdą informację o procesie, przez co zarządcy produkcji na bieżąco mogą podejmować szereg decyzji w oparciu o konkretne fakty. Tworzenie nowoczesnych modeli zbierania danych wraz z nowymi technologiami pozwala na większą kontrolę i obszerniejszą analizę pod wieloma kątami. Ponadto, dzięki Big Data, nowatorskie technologie pozwalają symulować prawdopodobne sytuacje i warunki, których normalnie nie dałoby się przewidzieć [16, 18].

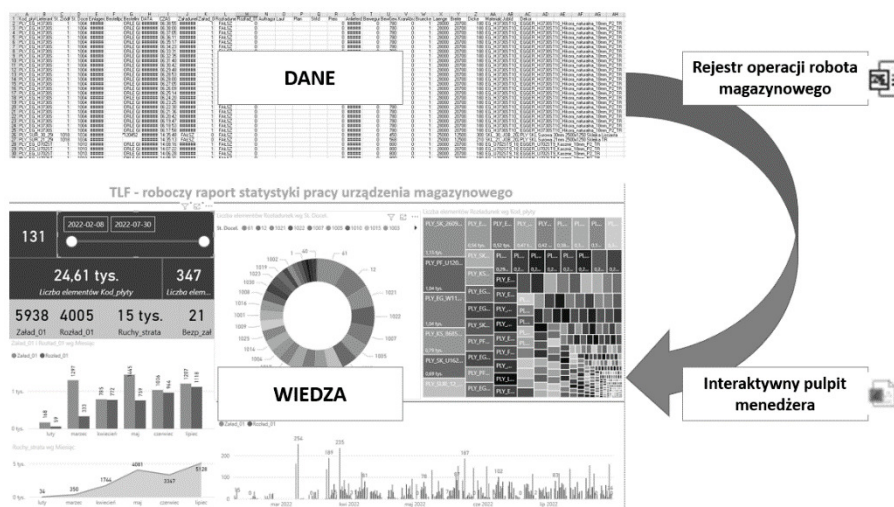
Jedną z możliwości skutecznego i efektywnego zarządzania danymi w celu podejmowania decyzji biznesowych są pulpity menadżerskie tworzone w środowisku Business Intelligence. Pojęcie BI jako ogólny termin definiuje koncepcje i metody usprawniające podejmowanie decyzji biznesowych przy użyciu wsparcia opartego na faktach. Innymi słowy jest to system informatyczny zdolny do dostarczania przydatnych informacji za pośrednictwem repozytorium danych, przekształcając go w istotne informacje za pomocą narzędzi analitycznych w wiedzę biznesową [8, 11, 18]. Ogólna idea wykorzystania narzędzi BI sprowadza się do tworzenia zorientowanych na końcowego użytkownika dynamicznych raportów. Dzięki temu osiągnięta jest możliwość dostępu do bardzo niestandardowych informacji, które choć bardzo potrzebne, to często nie są dostępne w standardowych rozwiązaniach systemów wspierających zarządzanie przedsiębiorstwem, np. systemy ERP (ang. Enterprise Resource Planning). Zapewnienie menadżerom łatwego i szybkiego dostępu do informacji zarządczej, tj. takiej, która stanowi podstawę podejmowania decyzji biznesowych, ma dziś kluczowe znaczenie dla sukcesu przedsiębiorstwa [18].

## **5. Propozycja zastosowania elementów Big Data w przedsiębiorstwie branży meblarskiej – raport**

Nadzorowanie funkcjonowania procesów biznesowych oraz produkcyjnych w przestrzeni całego przedsiębiorstwa jest dużym wyzwaniem wobec ilości danych, które generowane są każdego dnia do obiegu informacyjnego. Wsparciem w efektywnym zarządzaniu dużymi zbiorami danych pochodzących z różnych źródeł i przekształcanie ich na wartościową wiedzę decyzyjną jest możliwe m.in. dzięki systemom klasy BI (Business Intelligence). Wspierają one kierownictwo firmy w tworzeniu dedykowanych interaktywnych pulpity zarządzania, które mogą być dowolnie konfigurowane na indywidualne potrzeby decydenta.

W dalszej części artykułu przedstawiony i omówiony zostanie przykładowy kokpit decyzyjny utworzony w komercyjnym oprogramowaniu Power BI firmy Microsoft na potrzeby przedsiębiorstwa produkcyjnego z branży meblarskiej. Część prezentowanych materiałów stanowi przedmiot badań Autora w ramach stażu naukowego i realizacji rozprawy doktorskiej. Idea proponowanego rozwiązania została przedstawiona na rysunku 3.





Rysunek 3. Idea zastosowania narzędzia BI dla potrzeb przedsiębiorstwa z branży meblarskiej (opracowanie własne)

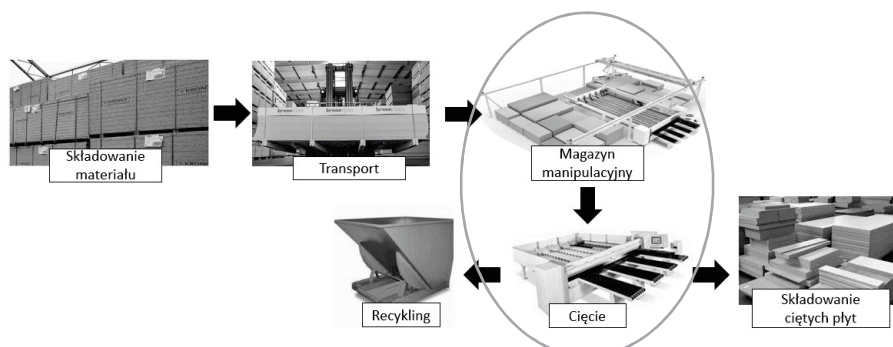
Na rysunku 3 przedstawiono wybrane surowe dane numeryczne pozyskane bezpośrednio ze środowiska maszynowego, a także wybrane statystyki procesowe służące do dalszej oceny funkcjonowania analizowanego obszaru produkcyjnego. Na podstawie wyodrębnionych danych można dokonać szczegółowej analizy danego procesu produkcyjnego w oparciu konkretne zapytania dotyczące przebiegu produkcji, poszczególnych czasów produkcyjnych itp. Po akwizycji danych niezbędnych jest dobór kryteriów, które umożliwią kompleksową analizę i ocenę wydajności procesu magazynowego.

### 5.1 Źródło danych

Na potrzeby zbudowania modelu wizualizacyjnego pobrano rejestr operacji manipulacyjnych robota paletyzującego płyty wiórowe i wykorzystano podstawowe bloki funkcjonalne środowiska Power BI Desktop. Akwizycje przeprowadzono w warunkach produkcyjnych wybranego przedsiębiorstwa z branży meblarskiej. Wstępne założenia obejmują proces całościowego magazynowania przed cięciem płyt na zadany wymiar.

Wynikiem tego działania jest charakterystyka zachodzących zjawisk w wybranym procesie produkcyjnym. Jedną z możliwości analizy przepływu procesu produkcyjnego w oparciu o funkcjonalność oprogramowania jest ocena wykorzystania stanowisk pracy oraz spiętrzeń materiałów w przestrzeni produkcyjnej.

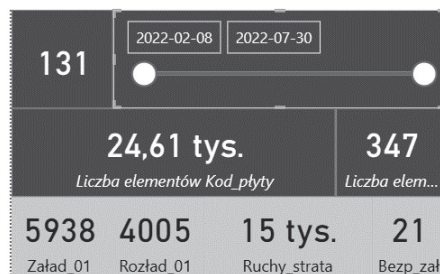
W ramach badań posłużono się wybranym fragmentem procesu produkcyjnego cięcia płyt wiórowych (rys 4).



Rysunek 4. Przebieg realizacji procesu cięcia płyty wiórowej[18]

### 5.2 Fragmentator i podstawowe statystyki zbiorcze

W ramach prowadzonych prac na rysunku 5 przedstawiono wybrane statystyki procesu magazynowania z wykorzystaniem centrum portalowo-ramowe służące do przenoszenia i podnoszenia zgrubnych płyt wiórowych. Z danych zawartych można odczytać, iż pomiar dokonano z przedziału czasowego 131 dni pracy urządzenia. Analizując dane można stwierdzić, że robot paletyzujący wykonał 24,61 tys. ruchów roboczych (manipulacja materiałem) na 347 indeksach materiałowych z pośród wprowadzonych do przestrzeni magazynowej 5938 płyt wiórowych wyciętych zostało 4005 sztuk. Jedną z ważniejszych statystyk, jaką można wprowadzić, a także poddać głębszej analizie jest parametr odnoszący się do jałowych ruchów ramienia robota. Ta informacja z punktu widzenia marnotrawstwa może być istotna w dalszym harmonogramowaniu produkcji. Istnieje również możliwość bezpośredniego załadunku płyty wiórowej na kolejne stanowisko, z ominięciem tworzenia bufora, jednakże wymaga to manualnej ingerencji operatora.



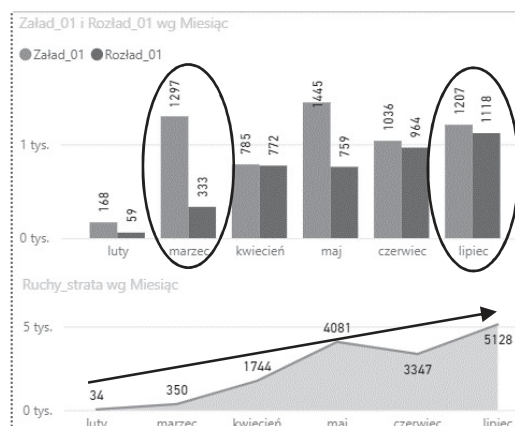
Rysunek 5. Wybrany raport statystyk produkcyjnych (opracowanie własne)

Środowisko Power BI Desktop daje możliwość płynnej zmiany przedziału czasowego, co umożliwi (za pomocą bloku fragmentatora) bardzo szczegółową analizę wybranych dni, a także identyfikację zakłóceń produkcyjnych.

### 5.3 Wykresy analizy ruchów In/Out na wybranym procesie

Na rysunku 6 przedstawiono graficzny obraz zestawienia procesów załadunkowych i rozładunkowych płyt wiórowych z podziałem na miesiące. Uwzględniono również na kolejnym wykresie analizę ruchów jałowych.



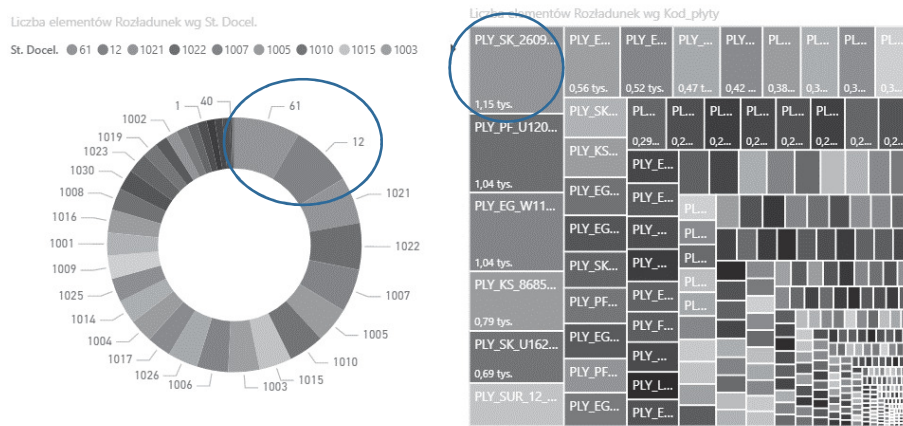


Rysunek 6. Wybrany raport statystyk produkcyjnych (opracowanie własne)

Analizując dane na rysunku 6 można stwierdzić, że w rozpatrywanym przedziale czasowym występowały miesiące charakteryzujące się nadmiernym załadunkiem bufora magazynowego robota manipulacyjnego, względem jego rozładunku i przekazaniem materiału do dalszego procesu produkcyjnego. W efekcie tych działań następowało spiętrzenie materiału w buforze, które skutkowało narastaniem ruchów jałowych w kolejnych miesiącach (rys. 5). W miesiącu lipcu można było odnotować 1207 wprowadzonych płyt wprowadzonych do przestrzeni magazynowej oraz 1118 płyt wprowadzonych do dalszego procesu produkcyjnego. Dzięki graficznej prezentacji i odpowiednio opracowanych danych numerycznych można dokonać szybkiej identyfikacji zakłóceń produkcyjnych. Z dalszych informacji przedstawionych na rysunku 6 odnotować można poprawę procesu produkcyjnego (zwiększenie wydajności na kolejnych stanowiskach) na przestrzeni 5 miesięcy. Kompleksowa ocena procesu produkcyjnego w oparciu o dane statystyczne zawarte na rysunku 6 wskazuje również na wzrost ruchów jałowych ramienia zrobotyzowanego. Prezentacja statystyk w sposób graficzny umożliwia uwypuklenie różnic dotyczących realnej poprawy wydajności jak również zdiagnozowania tych elementów procesu produkcyjnego, które wymagają poprawy.

#### 5.4 Wykresy analizy relacji obciążeń pól buforowych materiałem

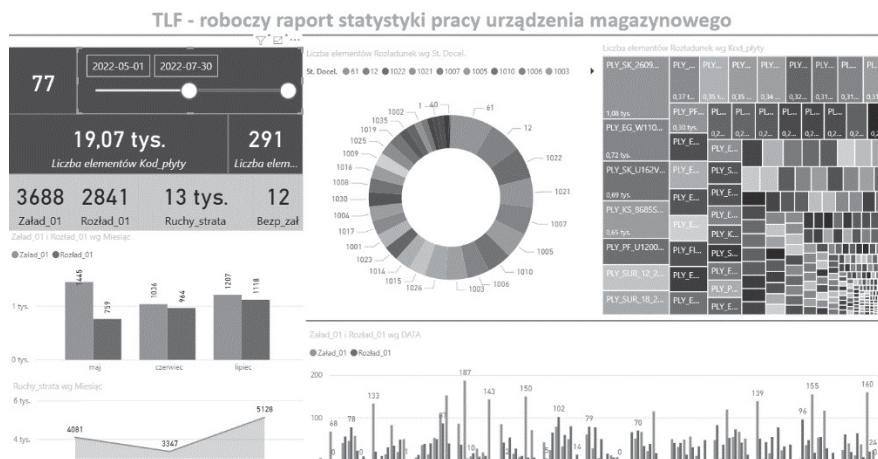
Na rysunku 7 przedstawiono graficzny obraz przestrzeni magazynowej. Każdy fragment wykresu przedstawia realny rozkład płyt wiórowych. Dla przykładu z wykresu typu drzewo można odczytać, że w analizowanym przedziale czasu zostało wydanych na produkcję 1,15 tys. płyt wiórowych o kodzie *PLY\_SK\_2609*, stanowiąc tym samym materiał o największym rozchodzie. Z wykresu kołowego odczytać można, że buforowe pola obciążone w ramach ramienia robota manipulacyjnego były stosunkowo równomiernie obłożone, a najczęściej odwiedzanymi polami były te, o numerach 12 i 61. Pola 12 i 61 to pola rozładunkowe do kolejnych stanowisk produkcyjnych (rys.4).



Rysunek 7. Wybrany raport obciążeń pól buforowych (opracowanie własne)

### 5.5 Kompleksowy interaktywny kokpit decyzyjny

Na rysunku 8 przedstawiono kompleksowy, dedykowany oraz interaktywny kokpit decyzyjny, który umożliwia pogrupowanie oraz przegląd najistotniejszych statystyk odnoszących się do analizowanego obszaru produkcyjnego. Zastosowanie tego modułu w interaktywny sposób umożliwia kompleksową prezentację istotnych danych produkcyjnych. Z wcześniejszej analizy można wnioskować, że istotnej korekcie poddać się pracę ramienia zrobotyzowanego w taki sposób, by w maksymalny sposób wykorzystać ruchy elementarne z pełnym obciążeniem.



Rysunek 8. Interaktywny raport statystyk pracy urządzenia magazynowego (opracowanie własne)

Posiadając tego typu pulpit menadżerski możliwe jest spersonalizowanie badanego przedziału czasowego w zależności od potrzeb decydenta. Zmieniając dowolny interaktywny blok funkcjonalny (np. przedział czasowy) otrzymujemy graficzny obraz statystyk. Dla przykładu uwypuklono okres od 1 maja 2022 roku do 30 lipca

2022 roku. Takie zobrazowanie danych pozwala na bardziej szczegółową analizę wybranych przedziałów czasowych, celem wydobycia możliwych do wydobycia zakłóceń produkcyjnych. W świetle otrzymanych statystyk można stwierdzić, że praca jałowa ramienia zrobotyzowanego jest bardziej dostrzegalna, natomiast pełna identyfikacja przyczyn tego typu zakłócenia wymaga szerszej perspektywy czasowej oraz głębszej analizy innych danych produkcyjnych.

## 6. Podsumowanie

Czwarta rewolucja przemysłowa oraz dynamicznie zmieniające się uwarunkowania rynkowe wymuszają od przedsiębiorstw produkcyjnych zmianę sposobu ich funkcjonowania w zakresie zarówno produktowym, jak i procesowym. Wynika to m.in. z zaawansowanej transformacji technologicznej, która stanowiona jest poprzez połączenie nowoczesnych technologii informatycznych i interakcji cyberfizycznych. W warunkach współczesnego przemysłu, który doświadcza 4 rewolucji przemysłowej, zapewnienie decydom dostęp do wartościowej informacji zarządczej, tj. takiej, która stanowi podstawę podejmowania decyzji produkcyjnych, ma dziś kluczowe znaczenie dla sukcesu przedsiębiorstwa i może decydować o przewadze konkurencyjnej na rynku. Zastosowanie narzędzi klasy Business Intelligence umożliwia graficzną prezentację danych numerycznych pochodzących bezpośrednio w maszyny. Stwarza to możliwość szybkiej identyfikacji ewentualnych zakłóceń produkcyjnych. W przytoczonym w artykule przykładzie jedną z ważniejszych statystyk, jaką można odnotować, a także poddać głębszej analizie jest parametr odnoszący się do jałowych ruchów ramienia robota.

## LITERATURA

1. COTRINO A., SEBASTIÁN M. A., & GONZÁLEZ-GAYA C.: Industry 4.0 Roadmap: Implementation for small and medium-sized enterprises. *Applied Sciences*, 10(2020)23, 8566.
2. DŹWIAREK M.: Cyber Bezpieczeństwo maszyn w Przemśle 4.0, *Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe*, 2(2021).
3. GAJDIK B., GRABOWSKA S.: Leksykon pojęć stosowanych w przemyśle 4.0, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Organizacja i Zarządzanie z. 132*, 2018, s. 221-238.
4. GWÓŹDZIEWICZ S., PROKOPOWICZ D., GRZEGOREK J.: Zastosowanie zaawansowanych narzędzi przetwarzania danych w dobie cyfryzacji. In: *Cyfryzacja w zarządzaniu*, pp. 93-128, 2020.
5. HERMANN M., PENTEK T., OTTO B.: Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review, Working Paper No. 01, Technische Universität Dortmund, s. 3., 2015.
6. IWAŃSKI T.: Przemysł 4.0 i wszystko jasne, *Napędy i sterowanie*, 2017, 19.
7. KOLNY D., KACZMAR E., WIĘCEK D.: Koncepcja realizacji idei Przemysłu 4.0 w procesach zarządzania gospodarką narzędziową, *Systemy logistyczne w gospodarowaniu – nowe trendy i kierunki zmian*, Wydawnictwo Społeczna Akademia Nauk, 2019, s. 65-76.

8. KULKARNI U., POWER D. J., SHARDA R. (editors): Decision Support for Global Enterprises, *Annals of Information Systems*, 2(2007), Springer 2007.
9. KUMAR S., MOHD. S., MOHAMMAD A.: Industry 4.0: Complex, disruptive, but inevitable, *Management and Production Engineering Review*, volume 11(2020)1, 43-51.
10. MICHALSKI M.: Od I do IV rewolucji przemysłowej, *Człowiek w Cyberprzestrzeni*, 1(2017), 4-10
11. NEGASH, S., GRAY, P.: Business Intelligence, in Burstein, F., Holsapple, W. Clyde (Editors), *Handbook on Decision Support Systems 2*, Springer, pp. 175-193, 2008.
12. OLSZEWSKI M.: Mechatronizacja produktu i produkcji – przemysł 4.0, *Pomiary Automatyka Robotyka*, 2016, nr 3, s.13-28.
13. SAKOWICZ M.: Znaczenie obiegu danych w produkcji, czyli Przemysł 4.0.
14. TRZOP A.: Przegląd rozwiązań z zakresu Przemysłu 4.0 stosowanych w obszarze logistyki, *Zeszyty naukowe Politechniki Poznańskiej, Organizacja i Zarządzanie* 81/2020.
15. WEINERT A.: Wykorzystanie rozwiązań Big Data w zarządzaniu przedsiębiorstwem, *Acta Universitatis Nicolai Copernici. Zarządzanie*, T. 43, 3, p.91-100, 2016.
16. WIECZORKOWSKI J., JURCZYK-BUNKOWSKA M.: Big Data jako źródło innowacji w zarządzaniu i inżynierii produkcji, *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji T.1*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2017, s.134-144.
17. ZAMORSKA K.: Pięć rewolucji przemysłowych – przyczyny, przebieg i skutki (ujęcie historyczno-analityczne), *Studia BAS*, 2020, 3(64), s. 7-23.
18. Materiały niepublikowane Damian Kolny, rozprawa doktorska, 2022.
19. IFR presents World Robotics 2021 reports, <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-sales-rise-again>, dostęp 15.10.2022.
20. Robotyzacja w Polsce w 2020 roku, <https://nowoczesny-przemysl.pl/robotyzacja-w-polsce-w-2020-roku-perspektywy/>, dostęp 15.10.2022.