

Imię i nazwisko autora rozprawy: Paweł Magulski

Dyscyplina naukowa: Inżynieria Mechaniczna

ROZPRAWA DOKTORSKA

Tytuł rozprawy w języku polskim: Opracowanie i wprowadzenie nowoczesnego systemu utrzymania ruchu urządzeń opartego na strategii planowo – zapobiegawczej na obiekcie offshore.

Tytuł rozprawy w języku angielskim: Development and implementation of a modern equipment maintenance system based on a planned and preventive strategy at the offshore facility.

Promotor <i>podpis</i>	Drugi promotor ----- <i>podpis</i>
dr hab. inż. Stefan Dzionk, profesor uczelni	----- <i>podpis</i>
Promotor pomocniczy ----- <i>podpis</i>	Kopromotor ----- <i>podpis</i>
----- <i>podpis</i>	----- <i>podpis</i>

OŚWIADCZENIE

Autor rozprawy doktorskiej: Paweł Magulski

Ja, niżej podpisany(a), oświadczam, iż jestem świadomy(a), że zgodnie z przepisem art. 27 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (t.j. Dz.U. z 2021 poz. 1062), uczelnia może korzystać z mojej rozprawy doktorskiej zatytułowanej:

Opracowanie i wprowadzenie nowoczesnego systemu utrzymania ruchu urządzeń opartego na strategii planowo – zapobiegawczej na obiekcie offshore do prowadzenia badań naukowych lub w celach dydaktycznych.¹

Świadomy(a) odpowiedzialności karnej z tytułu naruszenia przepisów ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych i konsekwencji dyscyplinarnych określonych w ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2021.478 t.j.), a także odpowiedzialności cywilnoprawnej oświadczam, że przedkładana rozprawa doktorska została napisana przeze mnie samodzielnie.

Oświadczam, że treść rozprawy opracowana została na podstawie wyników badań prowadzonych pod kierunkiem i w ścisłej współpracy z promotorem dr hab. inż. Stefanem Dzionk, profesorem uczelni.

Niniejsza rozprawa doktorska nie była wcześniej podstawą żadnej innej urzędowej procedury związanej z nadaniem stopnia doktora.

Wszystkie informacje umieszczone w ww. rozprawie uzyskane ze źródeł pisanych i elektronicznych, zostały udokumentowane w wykazie literatury odpowiednimi odnośnikami, zgodnie z przepisem art. 34 ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych.

Potwierdzam zgodność niniejszej wersji pracy doktorskiej z załączoną wersją elektroniczną.

Gdańsk, dnia

.....

podpis doktoranta

Ja, niżej podpisany(a), wyrażam zgodę/~~nie wyrażam zgody*~~ na umieszczenie ww. rozprawy doktorskiej w wersji elektronicznej w otwartym, cyfrowym repozytorium instytucjonalnym Politechniki Gdańskiej.

Gdańsk, dnia

.....

podpis doktoranta

*) niepotrzebne skreślić

¹ Art. 27. 1. Instytucje oświatowe oraz podmioty, o których mowa w art. 7 ust. 1 pkt 1, 2 i 4–8 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, mogą na potrzeby zilustrowania treści przekazywanych w celach dydaktycznych lub w celu prowadzenia działalności naukowej korzystać z rozpowszechnionych utworów w oryginale i w tłumaczeniu oraz zwielokrotnić w tym celu rozpowszechnione drobne utwory lub fragmenty większych utworów.

2. W przypadku publicznego udostępniania utworów w taki sposób, aby każdy mógł mieć do nich dostęp w miejscu i czasie przez siebie wybranym korzystanie, o którym mowa w ust. 1, jest dozwolone wyłącznie dla ograniczonego kręgu osób uczących się, nauczających lub prowadzących badania naukowe, zidentyfikowanych przez podmioty wymienione w ust. 1.

OPIS ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Autor rozprawy doktorskiej: Paweł Magulski

Tytuł rozprawy doktorskiej w języku polskim: Opracowanie i wprowadzenie nowoczesnego systemu utrzymania ruchu urządzeń opartego na strategii planowo – zapobiegawczej na obiekcie offshore.

Tytuł rozprawy w języku angielskim: Development and implementation of a modern equipment maintenance system based on a planned and preventive strategy at the offshore facility.

Język rozprawy doktorskiej: polski

Promotor rozprawy doktorskiej: dr hab. inż. Stefan Dzionk, profesor uczelni

~~**Drugi promotor rozprawy doktorskiej*:** ---~~

~~**Promotor pomocniczy rozprawy doktorskiej*:** ---~~

~~**Kopromotor rozprawy doktorskiej*:** ---~~

Data obrony:

Słowa kluczowe rozprawy doktorskiej w języku polskim: utrzymanie ruchu, platforma wydobywcza, platforma wiertnicza, strategie utrzymania ruchu, reaktywne utrzymanie ruchu, prewencyjne utrzymanie ruchu, prognostyczne / proaktywne utrzymanie ruchu, KPI, lokalizacje funkcjonalne, krytyczność urządzeń, zadania przeglądowe, plany obsługowe, zawiadomienia przeglądowe, zawiadomienia awaryjne / usterkowe, zawiadomienia remontowe, zawiadomienia z wykonanych prac, zarządzanie dokumentacją techniczną, prewencyjne badania nieniszczące, system ERP.

Słowa kluczowe rozprawy doktorskiej w języku angielskim: maintenance, offshore, mining rig, oil rig, maintenance strategies, reactive maintenance, preventive maintenance, predictive/proactive maintenance, KPIs, functional locations, equipment criticality, maintenance tasks, maintenance plans, maintenance notices, emergency/fault notifications, repair notifications, notifications of completed works, technical documentation management, preventive non-destructive testing, ERP system.

Streszczenie rozprawy w języku polskim: W pracy przedstawiono metodykę utrzymania ruchu maszyn i urządzeń na obiekcie offshore. Opracowany autorski system utrzymania ruchu, który został wdrożony na morskiej platformie wydobywczej „Petrobaltic” gdzie do przesyłu i przetwarzania

danych wykorzystano dostępną infrastrukturę informatyczną. Założenia realizowano z wykorzystaniem metod naukowych takich jak analiza case study, metody eksperckie i inne. Pracę zrealizowano w ośmiu etapach, w ramach których stworzono bazy danych systemów i urządzeń z podziałem na lokalizacje funkcjonalne; opracowano i wdrożono do istniejących systemów ERP listy zadań przeglądowych wynikających z eksploatacji urządzeń, wzbogaconych o kalendarze upływu ważności certyfikatów, atestów, przeglądów poszczególnych urządzeń; opracowano i wdrożono do istniejących systemów ERP zadania remontowe dla urządzeń w myśl metodologii „Planned Maintenance”; przypisano do poszczególnych lokalizacji funkcjonalnych pełną dokumentację urządzeń wchodzących w jej skład; określono i wdrożono podstawowe wymogi dokumentacyjne pozwalających na tworzenie baz danych prowadzonych remontów; w oparciu o stworzone lokalizacje funkcjonalne określono krytyczności urządzeń oraz wprowadzono efektywne zarządzania magazynami części zamiennych i środkami eksploatacyjnymi w oparciu o analizę ryzyka. Praca zawiera prezentację wdrożenia na bazie systemu SAP PM, w której przedstawiono funkcjonujący schemat utrzymania ruchu wraz z wzorcami przetwarzania informacji i realizacji zawiadomień przeglądowych uwzględniającą dalsze postępowania w przypadku konieczności realizacji zawiadomienia awaryjnego, remontowego lub protokołu z dodatkowych prac. Badania nad funkcjonowaniem wdrożonego systemu w przedsiębiorstwie LOTOS Petrobaltic potwierdziły właściwe działanie systemu. Wdrożony system poprawił stan techniczny platformy Petrobaltic należącego do przedsiębiorstwa LOTOS Petrobaltic, zwiększając bezpieczeństwo oraz zapewniając lepszą dostępność techniczną instalacji, maszyn i urządzeń, zgodnie z istniejącymi ograniczeniami organizacyjnymi, założeniami technicznymi, ekonomicznymi co zostało potwierdzone wskaźnikami skuteczności procesu utrzymania ruchu. System funkcjonuje zgodnie z oczekiwaniami nieprzerwanie od 2021, a wszystkie założenia wdrożenia zostały zrealizowane.

Streszczenie rozprawy w języku angielskim: The dissertation presents the methodology for maintaining the machines and devices on an offshore facility. The developed proprietary maintenance system, which was successfully implemented on the "Petrobaltic" offshore mining platform, where the available IT infrastructure was used for data transmission and processing. The assumptions were implemented using scientific methods such as case study analysis, expert methods, and others. The work was carried out in eight stages, during which databases of systems and devices were created, divided into functional locations; lists of inspection tasks resulting from the operation of devices were developed and implemented in the existing ERP systems, enriched with calendars of expiry of certificates, attestations, inspections of individual devices; repair tasks for devices were developed and implemented in the existing ERP systems in accordance with the "Planned Maintenance" methodology; full documentation of the devices included in it was assigned to individual functional locations; basic documentation requirements were defined and implemented,

allowing for the creation of databases of performed repairs; based on the created functional locations, the criticality of devices was determined and effective management of spare parts warehouses and consumables was introduced based on risk analysis. The work contains a presentation of the implementation based on the SAP PM system, which presents a functioning maintenance scheme along with patterns of information processing and implementation of review notifications, taking into account further actions in the event of the need to implement an emergency or repair notification or a protocol of additional works. The tests on the functioning of the implemented system at LOTOS Petrobaltic confirmed the correct operation of the system. The implemented system improved the technical condition of the Petrobaltic platform owned by LOTOS Petrobaltic, increasing safety and ensuring better technical availability of installations, machinery and equipment, in accordance with the existing organizational constraints, technical and economic assumptions, which was confirmed by indicators of the effectiveness of the maintenance process. The system has been operating as expected continuously since 2021, and all implementation assumptions have been implemented.

Streszczenie rozprawy w języku, w którym została napisana:** ---

Słowa kluczowe rozprawy doktorskiej w języku, w którym została napisana:** ---

*) niepotrzebne skreślić.

**) dotyczy rozpraw doktorskich napisanych w innych językach, niż polski lub angielski.

SPIS TREŚCI

I.	WPROWADZENIE	8
II.	PRZEGLĄD LITERATURY	10
1.	System ERP	10
2.	Historia systemu ERP	11
3.	Charakterystyka systemów ERP	12
4.	Korzyści z wdrożenia systemu ERP	13
5.	Utrzymanie Ruchu	15
6.	Strategie utrzymania ruchu	16
7.	Wskaźniki wydajności	24
8.	Dotychczasowe rozwiązania w zakresie utrzymania ruchu stosowane dla pl. „Petrobaltic” 24	
a.	Obsługa awarii	25
b.	Obsługa remontów planowych	26
c.	Obsługa przeglądów	27
9.	Wnioski z analizy literatury	28
III.	CEL, ZAKRES PRACY, TEZA PRACY	30
1.	Cel i zakres pracy	30
2.	Teza pracy	31
IV.	OBIEKT BADAWCZY I PRZYJĘTE METODY NAUKOWE	32
1.	Lokalizacja pola naftowego i platformy	32
2.	Układ platformy	32
3.	Przyjęte metody naukowe	36
V.	AUTORSKI SYSTEM UTRZYMANIA RUCHU	37
1.	Mapa podziału odpowiedzialności dla złoża B8	39
2.	Lokalizacje funkcjonalne	41
3.	Krytyczność urządzeń	42
4.	Plany obsługi	45
5.	Prewencyjne badania rurociągów	47
6.	Prewencyjne badania konstrukcji	52
7.	Liczniki	53

8. Zlecenia remontowe PM.....	55
9. Lista części zamiennych.....	57
10. Dokumentacja techniczna	59
11. Zmiany w dokumentacji.....	62
VI. DEMONSTRACJA WDROŻENIA	70
1. Zadania przeglądowe – zawiadomienia Z1	70
2. Zawiadomienia awaryjne Z2 / remontowe Z3 / wykonanych prac Z4	74
3. Przebieg procedury związanej z zawiadomieniami.....	93
4. Miernik procesu (KPI) dla dostępności technicznej urządzeń.....	97
5. Analiza zawiadomień.....	98
VII. DYSKUSJA I WNIOSKI	101
1. Odniesienie do tezy.....	101
2. Podsumowanie zrealizowanego wdrożenia	101
3. Wnioski poznawcze.....	103
4. Wnioski utylitarne	105
5. Propozycje dalszych udoskonaleń systemu.....	106
BIBLIOGRAFIA	109
WYKAZ TABEL	115
WYKAZ RYSUNKÓW	116

I. WPROWADZENIE

Branża offshore stoi przed dwoma głównymi wyzwaniami: maksymalizacją produkcji oraz minimalizacją kosztów operacyjnych przy zachowaniu bezpieczeństwa platformy. W każdym przypadku do osiągnięcia tych celów wymagana jest specjalistyczna wiedza inżynierska i wdrażanie innowacji. Ponadto nakłady inwestycyjne na poprawę niezawodności są najczęściej znacznie przewyższane przez koszty poniesione przez nieoczekiwaną awarię i wynikające z niej koszty utraconej produkcji. Przyjmując proaktywne podejście do prac konserwacyjnych, operatorzy platform mogą zapewnić firmie znaczące korzyści w dłuższej perspektywie. Proaktywny system konserwacji ma kluczowe znaczenie dla identyfikacji potencjalnych problemów, zanim przekształcą się w problemy. Wymaga to jednak kompetentnego i doświadczonego personelu do przeprowadzenia konserwacji platformy na miejscu, a doskonalenie tych umiejętności wymaga czasu. Czas potrzebny na ten proces można znacznie skrócić, uruchamiając program szkoleniowy przygotowany przez ekspertów w zakresie konserwacji sprzętu, którzy mogą przekazać swoją zbiorową wiedzę w uporządkowany i skuteczny sposób. Jeśli chodzi o koszty utrzymania przez cały okres eksploatacji, działania zapobiegawcze są zazwyczaj mniej kosztowne niż działania naprawcze. Dwa najczęściej występujące symptomy przed awarią sprzętu mechanicznego i elektrycznego to wzrost wibracji i wzrost temperatury roboczej. Regularne wyznaczanie trendów i analiza sygnałów drgań promieniowych i osiowych oraz termograficzne/wizualne inspekcje łożysk, cewek i połączeń elektrycznych mogą okazać się nieocenione. Najnowsze osiągnięcia w zakresie monitorowania operacyjnego można zastosować do istniejących aktywów, a następnie wykorzystać do określenia optymalnego punktu, w którym należy przeprowadzić planowaną konserwację.

Aby utrzymanie ruchu było prawidłowo zorganizowane, konieczne jest ustrukturyzowanie istniejących systemów technicznych w oparciu o obiekty techniczne. Zaletami strukturyzowania jest m.in.:

- zmniejszenie czasu potrzebnego na zarządzanie obiektami technicznymi,
- uproszczony proces konserwacji,
- skrócenie czasu poświęconego na wprowadzanie danych podczas przetwarzania konserwacji,
- bardziej szczegółowa, dokładna i szybsza ocena danych dotyczących konserwacji.

Należy przeznaczyć wystarczającą ilość czasu na zaplanowanie struktury oraz analizę wszystkich przypadków (za i przeciw) jakie przynosi każde podejście do strukturyzowania. Należy zauważyć, że późniejsza restrukturyzacja obiektów zajęłaby więcej czasu niż ich ustrukturyzowanie w pierwszej kolejności. Grupy planistów konserwacji pracują w zakładzie planowania konserwacji, aby planować i przygotowywać zadania konserwacji dla zakładów, które są przypisane do zakładu planowania konserwacji. W zakładzie planowania konserwacji wykonywane są następujące czynności:

- definicja list zadań,
- planowanie materiałowe na podstawie zestawień materiałowych w listach zadań i zleceniach,

- zarządzanie i planowanie planów konserwacji,
- tworzenie powiadomień o konserwacji,
- wykonywanie zleceń serwisowych.

Konserwacja zapobiegawcza powinna utrzymywać w długim okresie wysoką dostępność systemów technicznych. W przypadku konserwacji zapobiegawczej opartej na wydajności należy również określić punkty pomiarowe i liczniki. Należy zdefiniować zakres konserwacji zapobiegawczej i prac inspekcyjnych oraz kiedy należy je wykonać na elementach wyposażenia i lokalizacjach funkcjonalnych. Definiowanie częstotliwości powtarzających się zadań konserwacyjnych i serwisowych powinny być:

- oparte na czasie lub na liczniku,
- oparte na czasie i na liczniku.

W tradycyjnym podejściu do utrzymania ruchu główne rodzaje konserwacji ograniczałyby się do reaktywności i proaktywności. Należy jednak zastosować więcej niż jedną strategię konserwacji, aby objąć całą gamę urządzeń. Ważne jest, aby te wybory dotyczące konserwacji przyczyniały się do realizacji ogólnych celów przedsiębiorstwa. Konserwacja zorientowana na niezawodność daje swobodę przydzielania rodzaju strategii konserwacji w celu maksymalizacji niezawodności przy jednoczesnej optymalizacji zasobów. Przypisywanie zasobów do różnych rodzajów konserwacji staje się rozwiązaniem opartym na danych. Co więcej, konserwacja zorientowana na niezawodność stara się znaleźć najbardziej odpowiedni rodzaj proaktywnej konserwacji, jednocześnie planując potencjalne korekty reaktywne.

II. PRZEGLĄD LITERATURY

1. System ERP

Planowanie zasobów przedsiębiorstwa (ang. enterprise resource planning – ERP) jest to metoda efektywnego planowania zarządzania całością zasobów przedsiębiorstwa [1]. Jest to także określenie systemów informatycznych służących wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwem np. zasobami materiałowymi, zespołem pracowników, czy też finansami lub współdziałania grupy współpracujących ze sobą przedsiębiorstw, poprzez gromadzenie danych oraz umożliwienie wykonywania operacji na zebranych danych [2]. Wspomaganie to może obejmować wszystkie lub część poziomów zarządzania i ułatwia optymalizację wykorzystania zasobów przedsiębiorstwa, a także zachodzących w nim procesów [3]. Środowisko biznesowe staje się coraz bardziej złożone i wymaga jednostek funkcjonalnych, coraz więcej międzyfunkcyjnych przepływów danych do podejmowania decyzji, terminowych i wydajnych zakupów części produktów, zarządzania zapasami, księgowości, zasobami ludzkimi i dystrybucją towarów i usług [5]. Aby sprostać tym wyzwaniom powstało planowanie zasobów przedsiębiorstwa. ERP to zintegrowany zestaw podsystemów, które integrują wszystkie aspekty działalności, w tym planowania, produkcji i logistyki, sprzedaży i marketing. Systemy ERP powstały w celu zaspokojenia potrzeb informacyjnych produkcji firmy. Z biegiem czasu systemy rozwinęły się, aby służyć innym branżom, takim jak: usługi finansowe, sektor dobra klienta, zarządzanie łańcuchem dostaw i zasobami ludzkimi. Systemy te zapewniały integrację i optymalizację różnych procesów biznesowych i tego właśnie szukały firmy [6] wraz z rzeczami materialnymi i niematerialnymi, które stanowią korzyści biznesowe dla organizacji [7]. Nie jest błędem stwierdzenie, że systemy ERP zyskały znaczenie, ponieważ dotarły do czasu, w którym usprawnienie procesu i dokładność informacji stały się krytycznymi kwestiami strategicznymi [8]. Wraz z tym wzrostem, systemy ERP, które jako pierwsze działały na komputerach mainframe przed migracją do systemów klient-serwer, teraz migrują do sieci i zawierają wiele aplikacji. ERP to produkt, który pomaga zautomatyzować działania firmy procesu biznesowego poprzez zastosowanie zintegrowanego interfejsu użytkownika, zintegrowanego zestawu danych oraz zintegrowanego zestawu kodów. Systemy ERP są złożone i wdrożenie jednego z nich może być trudnym, czasochłonnym i kosztownym projektem dla każdej firmy [9]. Motwani i in. [10] podkreślił, że przyjęcie ERP wiąże się z inicjowaniem odpowiednich zmian w procesach biznesowych, jak również zmian technologii informacyjnej w celu znacznej poprawy wydajności, jakości, kosztów, elastyczność i responsywność. Systemy ERP są szeroko stosowane w różnych dziedzinach organizacji i określają model biznesowy, na którym działają [11]. Wdrożenie systemu ERP może trwać wiele lat i kosztować dziesiątki milionów dolarów w średniej wielkości firmie i ponad 100 milionów dolarów dla dużych organizacji [12]. Realizowanie systemu ERP to duże przedsięwzięcie. Około 90% wdrożeń systemów ERP opóźnia się lub przekracza budżet [13], a wskaźnik sukcesu wdrożenia systemów ERP wynosi tylko ok. 33% [14, 15]. Względna „niewidoczność” procesu wdrażania ERP jest również zidentyfikowana jako główna przyczyna niepowodzeń wdrożenia ERP [16]. Taka „niewidoczność” przypisuje się do nieprzewidywalnie

złożonej interakcji społecznej IT i organizacji [17]. Volkoff [18] przedstawia, że kluczowym wyzwaniem związanym z wdrożeniem ERP jest wzajemna adaptacja środowiska IT i użytkownika. Czas zakończenia wdrożenia systemu ERP oraz kontekst strategiczny projektu może ulec zmianie [11]. Mabert i in. [6] postulują, że studium przypadków i wywiady ułatwiają uzyskanie rzetelnych i szczegółowych informacji na temat aktualnego stanu praktyki i wdrożeń ERP. Większość projektów wdrożeniowych jest wyjątkowa pod wieloma względami, pomimo wielu wspólnych leżących u jego podstaw problemów, działań i strategii. Aby osiągnąć cele w założonym czasie i budżecie, projekty ERP powinny być planowane bardzo ostrożnie i zarządzane bardzo sprawnie [6]. Przeprowadzono ograniczone badania dotyczące zagadnień związanych z wdrażaniem ERP i głównie w formie studium przypadku poszczególnych organizacji. Niepowodzenia wdrożeniowe, wyzwania i problemy wciąż nie są wystarczająco udokumentowane w literaturze [19].

Dotychczas brak jest oficjalnego standardu ERP. Przyjęto, że powinien on spełniać funkcje systemów MRP z rozszerzeniem o rachunkowość zarządczą, przepływy finansowe, rachunek kosztów, zaawansowane moduły prognostyczne i analityczne, zarządzanie relacjami z klientami, zarządzanie łańcuchem dostaw, rozwiązania e-commerce [4].

Ważne jest, aby zrozumieć szczegółowe realizacje, problemy i związane z nimi możliwe scenariusze. Po analizie literatury niewiele rzeczywistych wdrożeń ERP w branży „oil and gas” zostało udokumentowane w literaturze.

2. Historia systemu ERP

Pierwsze aplikacje wspierające zarządzanie przedsiębiorstwem pojawiły się w latach 50. XX wieku. Programy IC (ang. Inventory Control – kontrola zapasów), których głównym zadaniem było wspomaganie decyzji w obszarze gospodarki magazynowej przedsiębiorstw. Rozwój informatyzacji oraz rosnące możliwości zastosowania zintegrowanych baz danych doprowadziły do powstania standardu MRP (ang. Material Requirements Planning – planowanie zapotrzebowania materiałowego), ukierunkowanego na procesy przedprodukcyjne związane z planowaniem potrzeb materiałowych. Rozbudowane wersje tych systemów, określane są mianem MRP II (ang. Manufacturing Resource Planning – planowanie zasobów produkcyjnych), które w latach 80. stały się standardem w przemyśle, wspierały już nie tylko samo planowanie, ale także cały proces produkcji, a nawet dystrybucję towarów. Kolejnym ważnym krokiem w cyfryzacji procesów zarządzania było rozszerzenie systemów MRP II o kolejne funkcjonalności, takie jak księgowość, finanse, kadry oraz płace, co przyczyniło się do powstania nowego standardu – ERP (ang. Enterprise Resource Planning – planowanie zasobów przedsiębiorstwa) [20].

Punktem zwrotnym w rozwoju oprogramowania ERP było wprowadzenie funkcji umożliwiających efektywne zarządzanie relacjami z klientami (ang. Customer Relationship Management, CRM) oraz dodanie modułów ułatwiających zaawansowane raportowanie i analizę danych biznesowych. Następnie nastąpiła integracja środowiska informatycznego firmy z siecią www, umożliwiająca stałą i bezpośrednią komunikację z wszystkimi



grupami interesariuszy przedsiębiorstwa, której następstwem było powstanie nowego standardu oprogramowania wspierającego zarządzanie organizacją – Extended ERP lub ERP II.

W chwili obecnej światowej klasy systemy ERP mają swoje platformy rozwoju aplikacji i logiki biznesowej. Odstąpiono od struktury modułowej w kierunku spójnego systemu ze zbiorem funkcjonalności. Innymi słowy system ERP to całość, która nie ma modułów. Jest to zbiór funkcjonalności połączonych ze sobą. Zaletą takiej struktury jest m.in. wydajność, szybkość działania, pełne współdzielenie informacji oraz danych w czasie rzeczywistym, dzięki temu najnowsze wersje systemów ERP mają również wbudowane narzędzia analityczne typu Business Intelligence.

Jest to również zgodne z procesowym podejściem do działania przedsiębiorstwa, gdzie dział zakupów korzysta z wiedzy (informacji) o zapasach (kartoteki magazynowe, stany magazynowe, powierzchnia magazynowa), często również z działu sprzedaży (rotacja towarów, zapotrzebowanie, zamówienia klientów) i działu produkcji (zapotrzebowanie materiałowe MRP). Zarządzanie zapasami uwzględnia wiedzę dotyczącą zakupów (daty dostawy, ilości i warunki dostaw), w tym również dział sprzedaży korzysta z wiedzy działu księgowego (rozliczenia, kredyty kupieckie, rentowność) itp.

3. Charakterystyka systemów ERP

Można wyróżnić kilka rodzajów systemów ERP, które są zaliczane do klasy zintegrowanych systemów informatycznych, takich jak:

- systemy modułowe, które składają się z niezależnych od siebie choć współpracujących ze sobą aplikacji;
- systemy zintegrowane, które składają się z jednej bazy danych oraz jednej platformy biznesowej, gdzie nie występuje żadna wymiana danych pomiędzy modułami, ponieważ wszystkie funkcjonalności korzystają z tych samych danych w czasie rzeczywistym [21].

Systemy ERP są rozwinięciem systemów MRP II. Podstawowym elementem systemów ERP jest baza danych, która jest zazwyczaj wspólna dla wszystkich pozostałych modułów. Moduły te zwykle obejmują następujące obszary [2]:

- magazynowania i zarządzania zapasami,
- śledzenia realizowanych dostaw,
- planowania produkcji,
- obsługi produkcji,
- zaopatrzenia,
- sprzedaży,
- zarządzania relacjami z klientami,
- księgowości,
- finansów,
- zarządzania zasobami ludzkimi (płace, kadry),
- logistyki.

W skład systemów ERP mogą wchodzić także inne moduły, jak np. zarządzanie projektami, controlling czy moduł zarządzania transportem. Systemy ERP umożliwiają dopasowanie ich do specyfiki poszczególnych firm, m.in. dlatego, że poszczególne moduły mogą być wzajemnie niezależne od siebie (tzn. mogą pracować bez obecności innych modułów).

Systemy te umożliwiają także ustalenie uprawnień dostępu dla poszczególnych użytkowników. Inną cechą charakterystyczną systemów jest umożliwienie użytkownikom wykonania procesu planowania „z dołu do góry” (ang. bottom-up replanning), czyli możliwości wprowadzania zmian (nanoszenia poprawek, rozpatrywania alternatywnych rozwiązań) w rozwiązaniach zaproponowanych przez system (np. zmiana wielkości partii dostawczej) [2].

4. Korzyści z wdrożenia systemu ERP

Stosowanie w działalności operacyjnej systemów należących do grupy ERP przynosi wiele korzyści [22]. Wiele obszarów funkcjonalnych przedsiębiorstw ulega znacznemu usprawnieniu. Efektywne zarządzanie finansami, logistyką, produkcją, zasobami ludzkimi czy obsługą klienta staje się wówczas o wiele prostsze. Można dzięki temu osiągnąć atrakcyjny wzrost efektywności procesów gospodarczych, które dane przedsiębiorstwo współtworzy. Obniżenie ilości zapasów przy jednoczesnym lepszym wykorzystaniu dostępnych zasobów prowadzi do usprawnienia zarządzania, a korelacja zasobów informacyjnych łączących wszystkie obszary działania umożliwia szybsze ich przetwarzanie. Konsekwencją w sensie pozytywnym jest ponadto podniesienie poziomu wiarygodności przekazywanej informacji oraz udoskonalenie produkcyjnych i logistycznych procesów.

Wśród kluczowych korzyści z wdrożenia systemu ERP [23] należy wymienić:

- ujednolicony sposób przeglądania danych,
- wspólna firmowa baza danych,
- sprawne procesy biznesowe,
- optymalizacja procesów zarządzania zapasami,
- szybka realizacja zamówień i zleceń,
- utrzymany wysoki poziom obsługi klienta oraz wzrost poziomu sprzedaży,
- większa kontrola w zakresie księgowości,
- wysoki poziom zarządzania zasobami ludzkimi.

Systemy ERP, podobnie jak inne systemy informacji zarządczej, często postrzegane są jako tzw. bardzo złożone i trudne do wdrożenia [24, 25]. Sukces wdrożenia systemu zależy od wielu czynników. Ocena systemu ERP, wybór dostawcy, konsultant ERP, plan wdrożenia i jego wykonanie są kluczowe dla powodzenia wdrożenia systemu ERP [26]. Niezdolność niektórych firm do pomyślnego wdrożenia i wykorzystania systemów korporacyjnych w celu zwiększenia wyników organizacyjnych była źródłem niepokoju zarówno praktyków, jak i środowisk akademickich [27]. Dowody na nieskuteczne wdrożenia w przedsiębiorstwach systemów ERP sięgają końca lat 90. [28, 29]. Dla wielu organizacji systemy ERP są największymi systemami z którymi pracowali pod względem zainwestowanych środków finansowych, liczby zaangażowanych osób i skali realizacji. Kilka przypadków wdrożenia systemu ERP napotkały

znaczne trudności [30 - 32]. Wskaźnik niepowodzenia we wdrożeniu ERP jest bardzo wysoki [33]. Wśród przeszkód wymienianych jako główne bariery wymienia się problemy techniczne i przeszkody związane z czynnikiem ludzkim [31, 34]. Rodzaje problemów i zagadnień do rozwiązania jakie pojawiają się przy wdrażaniu systemów ERP można podzielić na: konkretne problemy techniczne, problemy, które mogą pojawić się podczas instalacji ERP oraz problemy polegające na zmianach behawioralnych, proceduralnych, politycznych, organizacyjnych itp. W przypadku ERP sukcesem jest właściwe, szybkie i skuteczne wdrożenie, ponieważ koszty i ryzyko tych inwestycji jest ogromne [35]. Niepowodzenie projektów wdrożeniowych systemu ERP może także doprowadzić do bankructwa [9, 36 - 38]. Badanie 100 projektów przeprowadzone przez Sirkina i Dikela [39] wykazało, że ich sponsorzy uznali je za skuteczne tylko w jednej trzeciej przypadków, a namacalny wpływ finansowy osiągnięto jedynie w 37% przypadków. Markus i inni [40] podkreślają, że systemy ERP są elastyczne, co oznacza możliwość wpływania na kształt technologii na etapie wdrażania, rozwoju, a także użytkowania systemu [40]. Wiele problemów związanych z wdrażaniem ERP jest związanych z niedopasowaniem systemu do charakterystyki organizacji. W literaturze można znaleźć na to wiele potwierdzeń m.in. w opracowaniu Davenport'a [9]. „ERP ma tendencję do narzucania własnej logiki, strategii, kultury i organizacji firmy które mogą, ale nie muszą pasować do istniejących rozwiązań organizacyjnych”. Pomimo, że systemy ERP są bogactwem funkcjonalnym, standaryzacja procesów organizacyjnych przy ich pomocy jest często trudna [41]. Wdrożenie systemu ERP wymagało niekiedy od firm kompleksowego przeprojektowania procesów organizacyjnych i struktury całego przedsiębiorstwa [42]. W przypadku wdrażania systemu ERP powinno się włożyć więcej wysiłku w dostosowanie modułów ERP, skompilowanie z istniejącym przepływem pracy, formatami raportów i potrzebami w zakresie danych. Jak najwcześniejsze zaangażowanie użytkowników w proces wdrażania systemu jest na ogół dobrą strategią [43]. Jako system korporacyjny, powodzenie wdrożenia ERP wymaga ścisłego cross-funkcjonalnego współdziałania [10]. Dalsze dane z literatury wskazują, że chociaż wiele organizacji używa niektórych modułów systemu ERP, to nie widzą potrzeby korzystania z kompleksowych rozwiązań systemu ERP [44 - 46]. W szczególności integratorzy IT specjalizujący się w energetyce widzą więcej możliwości w tak zwanym segmencie „upstream”, czyli sektorze naftowym i gazowym. Upstream obejmuje poszukiwanie ropy i gazu oraz wiercenie i eksploatacja odwiertów. Firmy wiertnicze zajmują się dużymi aktywami i załogami roboczymi, które przemieszczają się po kraju lub różnych lokalizacjach oceanicznych. Te firmy używają ERP, aby mieć pewność, że ich zasoby są efektywnie wykorzystywane. Rozwiązania ERP pomagają również firmom śledzić etapy konserwacji sprzętu i kontrolować pracowników pod kątem certyfikacji i szkoleń. Personel wiertniczy może potrzebować certyfikacji do obsługi niektórych rodzajów sprzętu [47]. Fuzje i przejęcia są powszechne w przestrzeni upstream, a integratorzy znajdują szansę w konsolidacji. Trend trwał kilka lat temu i trwa nadal. Konsolidacja generuje złożoność i stwarza zainteresowanie ERP. Moore [47] sugeruje ponadto, że firmy z sektora naftowego i gazowego wchłaniają inne, operacje te mogą obejmować kilka krajów, z których każdy ma własną sprawozdawczość ustawową i wymagania. Ogólnie rzecz biorąc, połączone

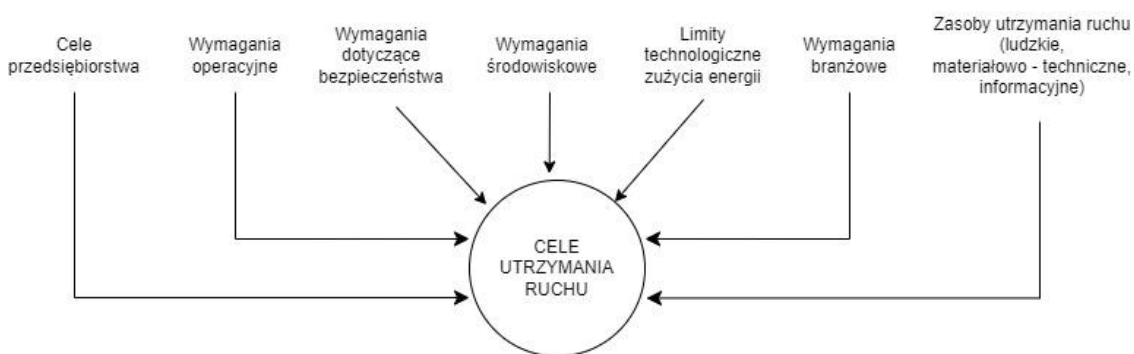


organizacje stoją w obliczu racjonalizacji finansowej i systemów księgowych wymagających wdrożenia ERP. System ERP jest coraz bardziej popularnym narzędziem do zarządzania przedsiębiorstwem lub organizacją. Wdrożenie systemu ERP w przedsiębiorstwie powinno być oparte o metody naukowe. Przyjęcie takiego postępowania gwarantuje sukces wdrożenia. W tym przypadku metoda studium przypadku jest preferowaną strategią, gdy są stawiane pytania „jak” i „dlaczego” [48]. Ponadto ta metoda sprawdza się w sytuacjach, gdy konieczne jest ujęcie dogłębne i całościowe zagadnienia [49]. Uważa się, że metoda studium przypadku jest użytecznym narzędziem w badaniu problemów wdrożenia ERP [50 - 52].

5. Utrzymanie Ruchu

Według normy EN 13306 (2018) utrzymanie ruchu to „kombinacja wszelkich działań technicznych, administracyjnych i kierowniczych podczas cyklu życia obiektu, mających na celu utrzymanie lub przywrócenie stanu, w którym obiekt może wykonywać obowiązujące funkcje”. Definicja ta podkreśla zarówno aspekty techniczne odnoszące się do przedmiotu działań (maszyny i urządzenia) jak i pozatechniczne aspekty odnoszące się do wszystkich uczestników i zasobów procesów utrzymania ruchu. Zarządzanie utrzymaniem ruchu to „wszelkie działania w sferze zarządzania, które określają cele, strategie obsługi, odpowiedzialność oraz wdrażają je poprzez planowanie, kontrolę i nadzór nad obsługiwaniem, poprawę metod w sferze organizacyjnej, łącznie z aspektami ekonomicznymi” [53]. Główne zadania utrzymania ruchu przedstawiono na rysunku 1. Należą do nich przede wszystkim [54]:

- zapewnienie wysokiej jakości wyrobów,
- maksymalizacja ekonomicznego okresu użytkowania parku maszynowego,
- maksymalizacja zdolności produkcyjnych,
- minimalizacja kosztów utrzymania urządzeń w sprawności eksploatacyjnej,
- zapewnienie bezpiecznych warunków eksploatacji parku maszynowego.

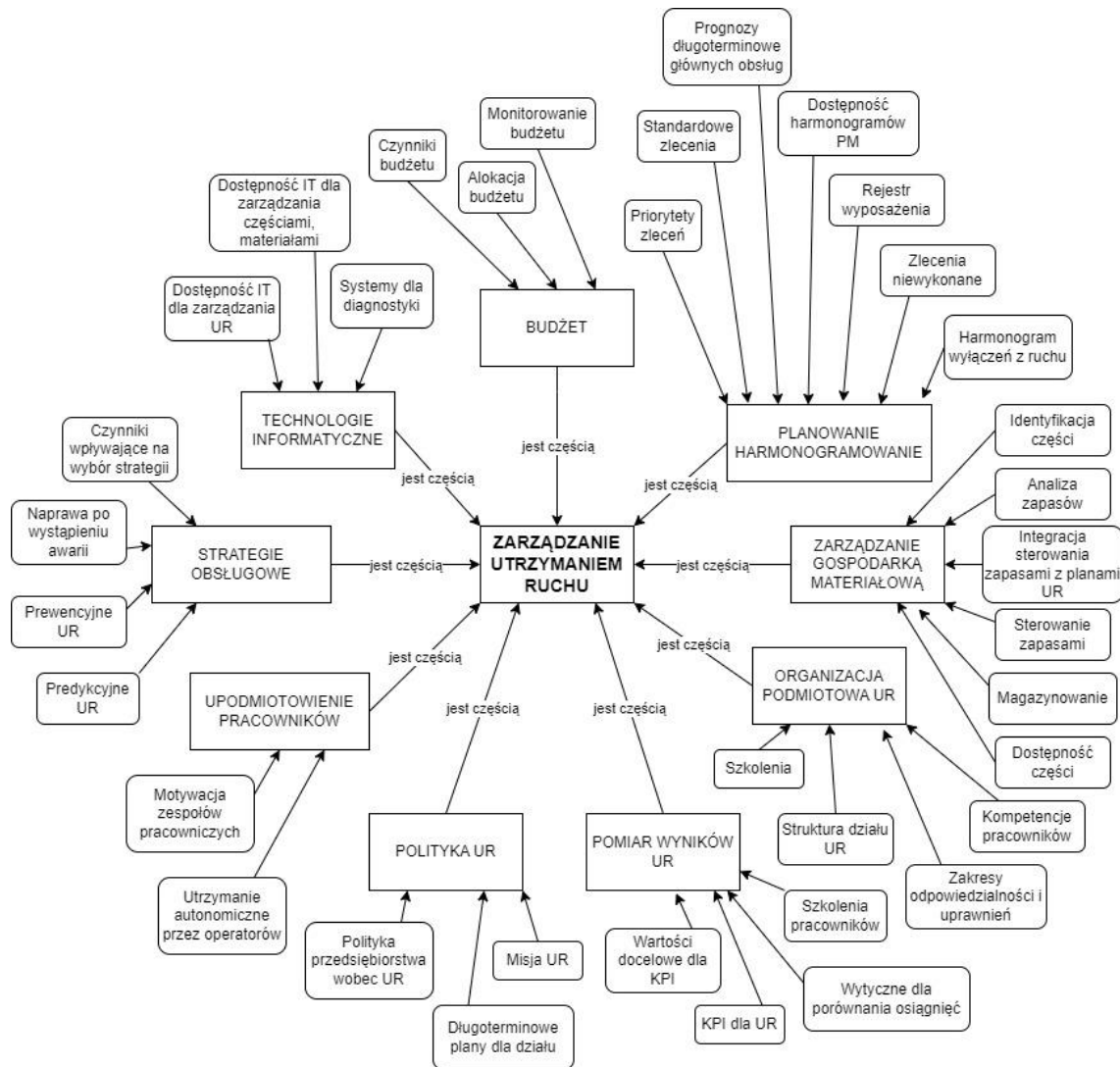


Rysunek 1. Czynniki wpływające na ustanawianie celów utrzymania ruchu [53]

W ciągu ostatnich dekad zmieniło się podejście do utrzymania ruchu i roli utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie. Nie jest już postrzegane jako „działanie niepotrzebne”, ale jako integralna część procesu biznesowego, który tworzy „wartość” dla przedsiębiorstwa [55]. W przedsiębiorstwach produkcyjnych koszty utrzymania ruchu są szacowane na ok. 25 % całkowitych kosztów operacyjnych. Wiele organizacji redefiniowało rolę, a także znaczenie



utrzymania ruchu w osiągnięciu sukcesu przedsiębiorstwa, uznając konsekwencje biznesowe niewłaściwego zarządzania utrzymaniem ruchu. Zakres działań składający się na proces zarządzania utrzymaniem ruchu przedstawiono graficznie na rysunku 2. Są to „wszelkie działania w sferze zarządzania, które określają cele, strategię obsługi i odpowiedzialność oraz wdrażają je poprzez planowanie, kontrolę i nadzór nad obsługiwaniem, poprawę metod w sferze organizacyjnej, łącznie z aspektami ekonomicznymi” [53].



Rysunek 2. Elementy zarządzania utrzymaniem ruchu w przedsiębiorstwie [56]

6. Strategie utrzymania ruchu

Sposób podejścia do zagadnień związanych z utrzymaniem ruchu urządzeń na przestrzeni lat dynamicznie się zmienia. Literatura przedmiotu [53] szeroko opisuje i dokonuje analizy sposobów rozwoju systemów utrzymania ruchu. W publikacji [53] pt. „Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń i maszyn” Legutko wyróżnia trzy okresy związane z utrzymaniem ruchu infrastruktury technicznej:

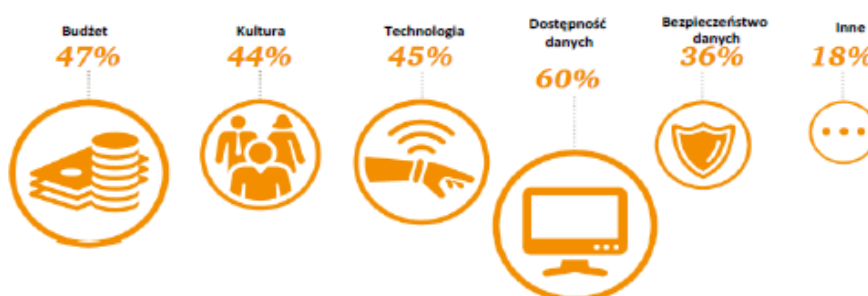
1. Okres reaktywnego utrzymania ruchu – podejmowanie działań przez służby utrzymania ruchu w momencie wystąpienia anomalii i awarii. W literaturze najczęściej charakteryzowana sloganem: „Naprawiaj, gdy się zepsuje”.
2. Okres prewencyjnego utrzymania ruchu – podejmowanie działań służb utrzymania ruchu o charakterze planowo – zapobiegawczym.
3. Okres prognostycznego utrzymania ruchu – proaktywne poszukiwanie rozwiązań, które ograniczają potrzebę działań w zakresie utrzymania ruchu infrastruktury technicznej. Wyróżniamy tutaj strategie według stanu, ang. Condition Based Maintenance, według niezawodności, ang. Reliability Centered Maintenance, Total Productive Maintenance, TPM, predykcyjne utrzymanie ruchu, ang. Predictive Maintenance. [57].

Wg. U. S. Department of Energy prawidłowo wdrożone działania prewencyjne umożliwiają: zmniejszenie zużycia energii i kosztów utrzymania ruchu o ok. 30%, zmniejszenie liczby awarii od 35% do 45% i redukcję przestoju do 75% [58].

Utrzymanie ruchu jest postrzegane jako element wartości operacyjnych, jego zadaniem jest zapewnienie niezawodności infrastruktury technicznej. Aby sprostać wymaganiom stawianym służbom utrzymania ruchu, przedsiębiorstwa decydują się implementować w swoje struktury organizacyjne metody i narzędzia takie jak:

- totalne utrzymanie maszyn (TPM),
- utrzymanie ruchu zorientowane na niezawodność (RCM),
- 5S,
- Kaizen.

Mulders i Haarman [59] w przeprowadzonych badaniach wskazują, że pozyskanie danych jest kluczowym czynnikiem sukcesu podczas wdrażania strategii prognostycznej (60%). Pozostałe czynniki wpływające na pomyślne wdrożenie prognostycznego (proaktywnego) utrzymania ruchu przedstawiono na rysunku 3.



Rysunek 3. Czynniki wpływające na pomyślne wdrożenie prognostycznego (proaktywnego) utrzymania ruchu [59]

Analiza dużych zbiorów danych pomaga przedsiębiorstwom użytkującym maszyny i ich producentom zidentyfikować dane, które są najważniejsze dla potrzeb podejmowania przyszłych

decyzji. Przydatna w tym zakresie jest koncepcja Maintenance Analytics (MA), która opiera się na czterech połączonych w czasie fazach [60]:

1. Analiza opisowa (Maintenance Descriptive Analytics) koncentruje się na identyfikowaniu i opisaniu tego, co wydarzyło się w przeszłości; podsumowuje zebrane dane z różnych źródeł utrzymania ruchu, dostarcza statystyki zbiorcze np. dotyczące liczby awarii oraz umożliwia ich wizualizację (np. wykres wskaźnika awarii) [61].
2. Analiza diagnostyczna (Maintenance Diagnostic Analytics) koncentruje się na zrozumieniu, dlaczego coś się stało; można ją zasadniczo podzielić na: wykrywanie awarii (tj. wskazywanie awarii), izolację awarii (tj. określanie przyczyny i powiązanego komponentu) oraz identyfikację awarii (tj. określenie rodzaju i charakteru) [62, 63].
3. Analiza predykcyjna (Maintenance Predictive Analytics) koncentruje się na oszacowaniu, co stanie się w przyszłości; uwzględnia bieżące warunki pracy maszyny i profile przeszłych operacji i albo przewiduje prawdopodobieństwo, że maszyna będzie działać bez awarii do pewnego czasu w przyszłości (tj. oszacowanie stanu sprawności systemu), albo obliczy pozostały okres użytkowania (RUL) jako pozostały czas przed wystąpieniem awarii [64 - 68].
4. Analiza preskryptywna (Maintenance Prescriptive Analytics), która dotyczy tego, co należy zrobić dalej; opiera się na wynikach wcześniej opisanych rodzajów zdarzeń awaryjnych, integruje dodatkowe dane (np. informacje o kosztach i źródłach) i przekształca je w zalecenia dotyczące konserwacji, które można wdrożyć w celu określenia optymalnych działań i/lub optymalnego czasu działania [69].

Wynikiem powyższych analiz powinien być wybór właściwej strategii utrzymania ruchu dla danego przedsiębiorstwa.

Właściwa strategia jest ściśle związana z trzema okresami utrzymania infrastruktury technicznej wymienionymi na początku tego rozdziału. Charakterystyczną cechą pierwszego okresu (Reactive Maintenance) było podejmowanie napraw lub wymiana maszyn i urządzeń technicznych dopiero po wystąpieniu uszkodzenia (strategia według uszkodzeń – ang. Corrective Maintenance – CM). Powszechność tej strategii wiązała się z tym, że ówczesne wyposażenie produkcyjne było proste i w niewielkim stopniu zmechanizowane, co czyniło je łatwym do naprawy. Sprawiało to, że czas przestoju był nieistotnym problemem dla kierowników, zatem działania obsługowe wyposażenia produkcyjnego były prowadzone po wystąpieniu awarii. Na tym etapie utrzymanie ruchu (UR) było reakcją na zdarzenie awaryjne. Kierownictwo przedsiębiorstwa zorientowane było przede wszystkim na produkt i produkcję, uznając utrzymanie ruchu tylko, jako działania pomocnicze, których nie można zaplanować i których koszt jest trudny do przewidzenia. Pogląd ten był konsekwencją przekonania, że intensywność uszkodzeń obiektów technicznych zależy od wieku obiektu technicznego i związana jest z jego wyeksploatowaniem. Działania obsługowe były wykonywane często pod presją oczekujących zadań produkcyjnych, w możliwie



krótkim czasie, często w godzinach nadliczbowych. Negatywnymi konsekwencjami wynikającymi z funkcjonowania w przedsiębiorstwie tego typu strategii są m.in.[70]:

1. duża częstotliwość występowania awarii,
2. wzrost kosztów napraw w wyniku bardziej skomplikowanych awarii,
3. całkowite lub częściowe uszkodzenie obiektu technicznego bądź niedopuszczalna zmiana istniejących właściwości obiektu w określonych warunkach eksploatacji [71],
2. wydłużony czas przywracania sprawności maszyn i urządzeń,
3. brak możliwości planowania i harmonogramowania działań realizowanych przez służby utrzymania ruchu,
4. brak możliwości opracowania budżetu przeznaczanego na działania służby utrzymania ruchu.

Wykonawcy prac naprawczych dzięki swoim umiejętnościom technicznym, a także doświadczeniu, zajmowali w przedsiębiorstwie znaczącą pozycję, niemniej jednak w strukturach organizacyjnych przedsiębiorstwach nie było jednoznacznie wskazanej i powołanej komórki organizacyjnej utrzymania ruchu.

Ze względu na liczne wady reakcyjnego utrzymania ruchu generalnie odstępuje się od takiego podejścia, aczkolwiek nadal można spotkać przedsiębiorstwa podejmujące działania doraźne tzw. „gaszenia pożarów”. Ma to miejsce zazwyczaj w przedsiębiorstwach zajmujących się produkcją jednostkową i małoseryjną, w których wystąpienie awarii nie powoduje znaczących trudności w przebiegu procesu produkcyjnego ani nie generuje znaczących kosztów przestojów.

Lata 50-te wymusiły w podejściu do utrzymania ruchu procesy industrializacji. Niedobór siły roboczej w przemyśle i wzrost popytu na produkty, doprowadziły między innymi do wzrostu automatyzacji. Dostępność, trwałość i koszty operacyjne zostały uznane za ważne czynniki dla osiągnięcia celów biznesowych. Charakterystycznymi cechami tego okresu było m.in.:

1. Zwiększenie zależności procesów wytwarzania od maszyn i urządzeń oraz ze zmianą poglądów na intensywność ich uszkodzeń [72].
2. Wzrost kosztów utrzymania w porównaniu do innych kosztów operacyjnych.
3. Zainteresowanie zarządzających organizacjami wydłużeniem czasu eksploatacji obiektów technicznych, spowodowane wzrostem wartości kapitału zaangażowanego w maszyny i urządzenia.

Powyższe cechy zapoczątkowały aktualną do dnia dzisiejszego i najbardziej rozpowszechnioną praktykę utrzymania ruchu, a mianowicie systemy planowania działań obsługowo-naprawczych (ang. Preventive Maintenance – PM). Pierwsze naukowe podejście do zarządzania wyposażeniem produkcyjnym według Peng [64] wskazuje na lata 50-te. Wówczas PM ograniczone było praktycznie do planowania działań prewencyjnych na podstawie czasu pracy (Time Based Maintenance – TBM) lub wykonanej pracy (Usage Based Maintenance – UBM) co nazywano konserwacją okresową [73]. Dla każdego obiektu technicznego można wyznaczyć okres, wyrażony np. liczbą godzin pracy, po której wymaga się określonego rodzaju obsługi technicznej lub wymiany obiektu na nowy. W koncepcji PM istotne jest ustalenie czasookresów między obsługowymi wraz z wskazaniem zakresu prac do przeprowadzenia

[74, 75]. Zadania realizowane w ramach prewencyjnego utrzymania ruchu można podzielić na [76, 77]:

1. działania konserwacyjne i przeglądy,
2. remonty bieżące i średnie,
3. remonty główne.

Wymienione rodzaje czynności obsługowych różnią się między sobą zakresem zadań szczegółowych, o którym decyduje m.in. [70]:

1. miejsce dokonywania czynności,
2. wielkość stosowanych nakładów rzeczowych (części zamienne i materiały pomocnicze),
3. liczba i rodzaj narzędzi, urządzeń potrzebnych do wykonywania czynności (w tym wysoko specjalizowanych),
4. rodzaj i zakres robocizny, w tym zadań wymagających specjalnych kwalifikacji i uprawnień.

Dla poszczególnych czynności przewidziane są określone normatywy czasowe, szczegółowo opisane w wielu publikacjach np. [74]. Ogólny proces wdrażania TBM obejmuje analizę danych awarii i proces decyzyjny utrzymania ruchu [78].

W wielu przedsiębiorstwach harmonogramy zadań prewencyjnych obejmujące przeglądy tygodniowe, miesięczne, kwartalne, itd. opracowane zostały dla wszystkich ważnych urządzeń. We wczesnych fazach rozwoju PM czynności konserwacyjne były zazwyczaj wykonywane w ustalonych odstępach czasu i bazowały na wiedzy doświadczonej kadry technicznej [79, 80]. W tym czasie nie było standardowych procedur, które należałoby realizować. Wiedza i doświadczenie kadry technicznej, była podstawą podejmowania decyzji dotyczących działań PM. Na bazie tej kadry technicznej przedsiębiorstwa zaczęły ustanawiać wyspecjalizowane służby techniczne (wydzielone komórki organizacyjne) do realizacji zadań obsługowo-naprawczych, natomiast operatorzy maszyn i urządzeń w praktyce nie uczestniczyli w tych czynnościach, nie mieli również wpływu na ich zakres – byli jedynie źródłem informacji o niesprawnościach urządzeń.

Opieranie działań obsługowych w ramach strategii PM na doświadczeniu wykonujących je pracowników było problemem dla wielu przedsiębiorstw, szczególnie w sytuacji, gdy taka osoba opuszczała firmę. Na problem ten zwrócili uwagę producenci maszyn i włączyli się w jego rozwiązywanie, zakładając, że prawidłowa realizacja działań zapobiegawczych zmniejszy ich koszty posprzedażowe, szczególnie w okresie gwarancji. Zapoczątkowano wówczas dostarczanie maszyn z rekomendowanymi listami zawierającymi planowaną częstotliwość i zakres prac obsługowych. Podobnie jak stosowanie strategii PM budowanej na podstawie doświadczenia, stosowanie strategii PM na podstawie rekomendacji producentów odbywa się również w ustalonych odstępach czasu, np. co 1000 godzin lub co dziesięć dni. Przedsiębiorstwa kupując maszynę zarazem otrzymywały szczegółowy harmonogram obsługi prewencyjnych.

Jednak praktyka realizacji prac obsługowo-naprawczych TBM i UBM zazwyczaj nie ma zastosowania w sytuacji, kiedy celem jest minimalizacja kosztów operacyjnych i maksymalizacja wydajności maszyny. Składają się na to trzy aspekty [81]:

- Każda maszyna pracuje w innym środowisku i dlatego wymagałaby innego podejścia do PM.
- Projektanci maszyn nie mają takiego samego doświadczenia w zakresie awarii maszyn i środków zapobiegania, jak ci, którzy je obsługują i konserwują.
- Producenci mogą ze względów ekonomicznych zmniejszać interwały przeglądów.

Koncepcja realizacji usług na podstawie harmonogramów dostarczonych przez producenta jest nadal stosowana i jest jedną z najpopularniejszych praktyk zarządzania wyposażeniem produkcyjnym, szczególnie w sytuacji, gdy przedsiębiorstwo nie ma doświadczenia w użytkowaniu maszyn tego samego typu lub podobnych.

Zwraca się także uwagę na praktyczne niedoskonałości strategii TBM. Po pierwsze, TBM zakłada, że zachowanie awaryjne (charakterystyczne) sprzętu jest przewidywalne (na podstawie teorii krzywej intensywności zużycia sprzętu). To założenie w odniesieniu do cyklu życia większości typów urządzeń nie zawsze jest prawdziwe. Po drugie, TBM zakłada wykorzystanie danych o czasie awarii w procesie modelowania strategii obsługowej. W praktyce dane dotyczące czasu awarii są bardzo wrażliwe na nieprawidłowości zapisu, nie zawsze są dostępne, a ich gromadzenie jest czasochłonne (w szczególności, gdy wykonywane jest bez wsparcia informatycznego), co oznacza, że na uzyskanie pełnych danych o czasie awarii w procesie modelowania potrzebny będzie czas kilku lat. Po trzecie, TBM stosuje metody optymalizacji i modele matematyczne w celu określenia optymalnego czasu przeprowadzenia działań obsługowo-naprawczych. W tym przypadku nie zawsze założenia teoretycznie sprawdzają się w praktyce. Uważa się, że skomplikowane modele matematyczne stosowane przez naukowców do optymalizacji czasookresu przeprowadzania usług technicznych są rzadko stosowane, a opracowane modele decyzyjne są trudne do zrozumienia i interpretacji przez praktyków. W związku z tym kadra techniczna może mieć trudności z przyjęciem tego podejścia w warunkach rzeczywistych [82].

Prewencyjne utrzymanie ruchu nie daje gwarancji braku występowania awarii, natomiast wymaga dużego zaangażowania personelu, a dodatkowo należy prowadzić czynności obsługowo-naprawcze nie zawsze związane z rzeczywistym stanem urządzeń. Natomiast należy podkreślić, że przedsiębiorstwa dzięki wdrożeniu tej strategii odnoszą liczne korzyści, a należą do nich między innymi [70]:

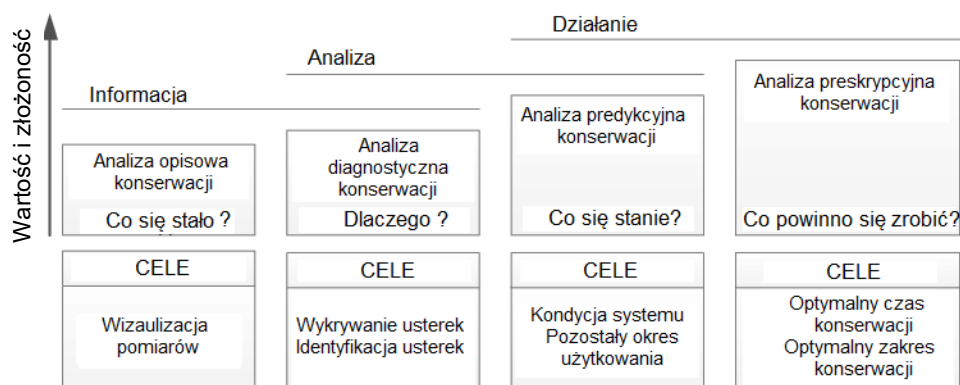
1. wydłużenie czasu eksploatacji podzespołów maszyn i urządzeń,
2. hierarchizacja rodzaju usług i napraw (obsługa lub naprawa wyższego rzędu obejmuje czynności obsługi lub napraw niższego rzędu),
3. możliwości opracowania planów i harmonogramów działań wykonywanych przez służby utrzymania ruchu,
4. planowania budżetu przeznaczonego na działania realizowane przez służby utrzymania ruchu.



Właściwe wdrożenie prognostycznego (proaktywnego) utrzymania ruchu powoduje, że działania obsługowe wykonywane są na maszynach tylko wtedy, gdy jest to wymagane, tzn. tuż przed wystąpieniem awarii [83]. W rezultacie umożliwia to:

- Unikanie nieoczekiwanych katastrofalnych w skutkach usterek, które mogłyby mieć wpływ na środowisko i bezpieczeństwo ludzi.
- Zmniejszenie do minimum liczby działań obsługowych urządzeń, zmniejszając w ten sposób koszty utrzymania ruchu.
- Wyeliminowanie niepotrzebnych interwencji w strukturę maszyn, co pociąga za sobą niebezpieczeństwo wprowadzenia usterek w płynnie działających maszynach.
- Ograniczenie zapasów części zamiennych, co przekłada się na zmniejszenie kosztów utrzymywania zapasów.
- Skrócenie czasu wykonania usług, minimalizując w ten sposób straty produkcyjne, ponieważ konkretne zdarzenia awaryjne, są znane wcześniej, umożliwiając w ten sposób zaplanowanie działań obsługowych w najbardziej dogodnym momencie [84].

Analiza dużych zbiorów danych zastosowana w utrzymaniu ruchu jest czwartym poziomem dojrzałości w predykcyjnym UR określany w literaturze, jako Maintenance 4.0. Analitykę utrzymania ruchu na osi czasu przedstawiono na rysunku 4.



Rysunek 4. Analityka utrzymania ruchu na osi czasu [56]

W tabeli 1 zestawiono trzy główne strategie obsługowe w odniesieniu do stosowanych kryteriów w celu zobrazowania różnic w podejściu do utrzymania ruchu.

Ze względów bezpieczeństwa oraz charakterystyki obiektu offshore przyjęto podejście hybrydowe, łączące aspekty podejścia prewencyjnego a proaktywnego do utrzymania ruchu. Połączono obsługę okresową wynikającą z dokumentacji techniczno ruchowej (DTR) z obsługą opartą o prognozowanie.

Tabela 1. Porównanie strategii obsługowych [opracowanie własne na podstawie źródeł: 85 - 88]

Kryterium	Strategie eksploatacyjne		
podejście do utrzymania ruchu	reaktywne utrzymanie ruchu	prewencyjne utrzymanie ruchu	prognostyczne (proaktywne) utrzymania ruchu
rodzaj obsługi	naprawa po awarii	obsługa okresowa	obsługa oparta na prognozowaniu
harmonogramowanie obsługi	nie jest stosowane	harmonogram opracowywany na podstawie stosowanych standardów, trwałości części i komponentów lub historii awarii	harmonogram opracowywany na podstawie RUL (ang. Remaining Useful Life) – pozostały okres życia
poziom przestojów	wysoki	średni	niski
poziom awarii	wysoki	średni	niski
koszty wspomaganie komputerowego	niskie	średnie	bardzo wysokie
działania	kontrola, naprawa lub wymiana po awarii	kontrola, naprawa lub wymiana w określonym przedziale czasu, oparta na wytycznych producenta i doświadczeniu przedsiębiorstwa	prognozowanie na podstawie RUL (ang. Remaining Useful Life), okresu zdatności i obciążenia maszyn
dane pokazywane w czasie rzeczywistym	brak	brak	tak
typ predykcji	brak	brak	analiza trendu w czasie rzeczywistym
zalety	niskie koszty oraz małe zapotrzebowanie na personel w okresie bezawaryjnej pracy urządzeń i maszyn	wydłużenie czasu eksploatacji zespołów, elastyczność w dostosowaniu okresów przeglądów i remontów do planu produkcyjnego, kontrola wydatków i budżetu, mniejsza częstość występowania awarii w porównaniu z CM	wydłużenie czasu eksploatacji części i zespołów, mniejsze koszty (części zamiennie, robocizna) niż w CBM, poprawa bezpieczeństwa pracy, mniejsza częstość występowania awarii niż w CBM
wady	duża częstotliwość występowania awarii, nieefektywne wykorzystanie zasobów ludzkich, wzrost kosztów UR	kosztowne planowanie; nie zapobiega przypadkowym awariom; pracochłonne, wymaga dużego zaangażowania personelu	wysokie inwestycje w wyposażenie do monitorowania i prognozowania, wzrost nakładów na szkolenia, potencjalne oszczędności są trudno dostrzegalne przez kadrę

7. Wskaźniki wydajności

Do pomiaru efektywności wdrażanych w przedsiębiorstwie procesów i działań wykorzystywane są tzw. kluczowe wskaźników wydajności (ang. Key Performance Indicators KPI). Wskaźnik wydajności jest zdefiniowany przez normę europejską EN 15341 [89] jako mierzona cecha (lub zestaw cech) zjawiska, zgodnie z określonym wzorem, który ocenia jego ewolucję. W normie EN 15341 [89] podano trzy kategorie i trzy poziomy wskaźników wydajności utrzymania w celu oceny i poprawy wydajności oraz skuteczności w celu osiągnięcia doskonałości w utrzymaniu środków technicznych. W normie EN 15341 [89] mówi się, że w celu doboru odpowiednich KPI pierwszym krokiem jest zdefiniowanie celów do osiągnięcia na każdym poziomie przedsiębiorstwa, których wymogiem jest określenie właściwego modelu zarządzania utrzymaniem ruchu w celu poprawy globalnej wydajności. W tej normie mówi się, że w poszukiwaniu odpowiednich KPI można zastosować pierwsze podejście, wybierając spośród listy istniejących wskaźników, te które po analizie spełniają wymagania. Co więcej, KPI można opracować zawsze wtedy, gdy istnieje potrzeba określenia wartości parametru, jego analizy i umożliwienia jego optymalizacji. Odpowiedni wskaźnik powinien być kluczowym elementem w podejmowaniu decyzji, co oznacza, że jego ocena i dane powinny być powiązane z parametrem wydajności, który ma być określony wraz z wyznaczonym celem. Niektórzy autorzy, m.in. Kumar J, Soni V, Agnihotri G, Muchiri P, Pintelon L [90, 91] podają wytyczne dotyczące wyboru KPI utrzymania ruchu, które mają na celu zrównoważenie celów utrzymania ruchu z celami produkcji, których relacja jest ważnym czynnikiem sukcesu pomiaru wydajności utrzymania ruchu [92]. Liczba wskaźników stosowanych dla każdego działu w organizacji powinna być ograniczona poprzez identyfikację kluczowych cech lub kluczowych czynników [93]. Duża liczba wskaźników do pomiaru każdego aspektu konserwacji utrudnia ich zrozumienie i komplikuje działania mitygujące. Różne kategorie KPI i różne ramy zostały obszernie omówione i zaproponowane w literaturze w celu monitorowania i kontrolowania działań konserwacyjnych. Zaobserwowano jednak, że niewiele publikacji proponuje metodologię doboru odpowiednich KPI, zwłaszcza w obszarze utrzymania ruchu.

8. Dotychczasowe rozwiązania w zakresie utrzymania ruchu stosowane dla pl. „Petrobaltic”

Głównymi zadaniami służb utrzymania ruchu dla platformy „Petrobaltic” jest:

- prowadzenie analiz stanu technicznego maszyn, urządzeń i konstrukcji,
- opracowywanie specyfikacji technicznych remontów i inwestycji,
- planowanie, budżetowanie i nadzorowanie realizacji remontów i inwestycji na platformach,
- opiniowanie i nadzór nad aktualnością dokumentacji technicznej,
- udział w pracach komisji awaryjnych,
- wsparcie załogi platform przy zapewnieniu sprawności technicznej maszyn i urządzeń,
- budowanie systemu działań i planów zapobiegającym awariom,

- współpraca z Klasyfikatorami ABS, PRS, DNV w ramach prowadzonych prac.

Strategia eksploatacji maszyn to świadomie dobrany i zaplanowany proces obsługi i zbiór zasad postępowania w odniesieniu do poszczególnych elementów wyposażenia platformy. Jest to relacja między sposobami prowadzenia użytkowania i obsługi maszyn w odniesieniu do przyjętych kryteriów np. koszt, jakość, elastyczność, szybkość działania, niezawodność, aspekty bezpieczeństwa ludzi i środowiskowe, a jej celem jest osiągnięcie pożądanego stanu w systemie eksploatacji [94, 95].

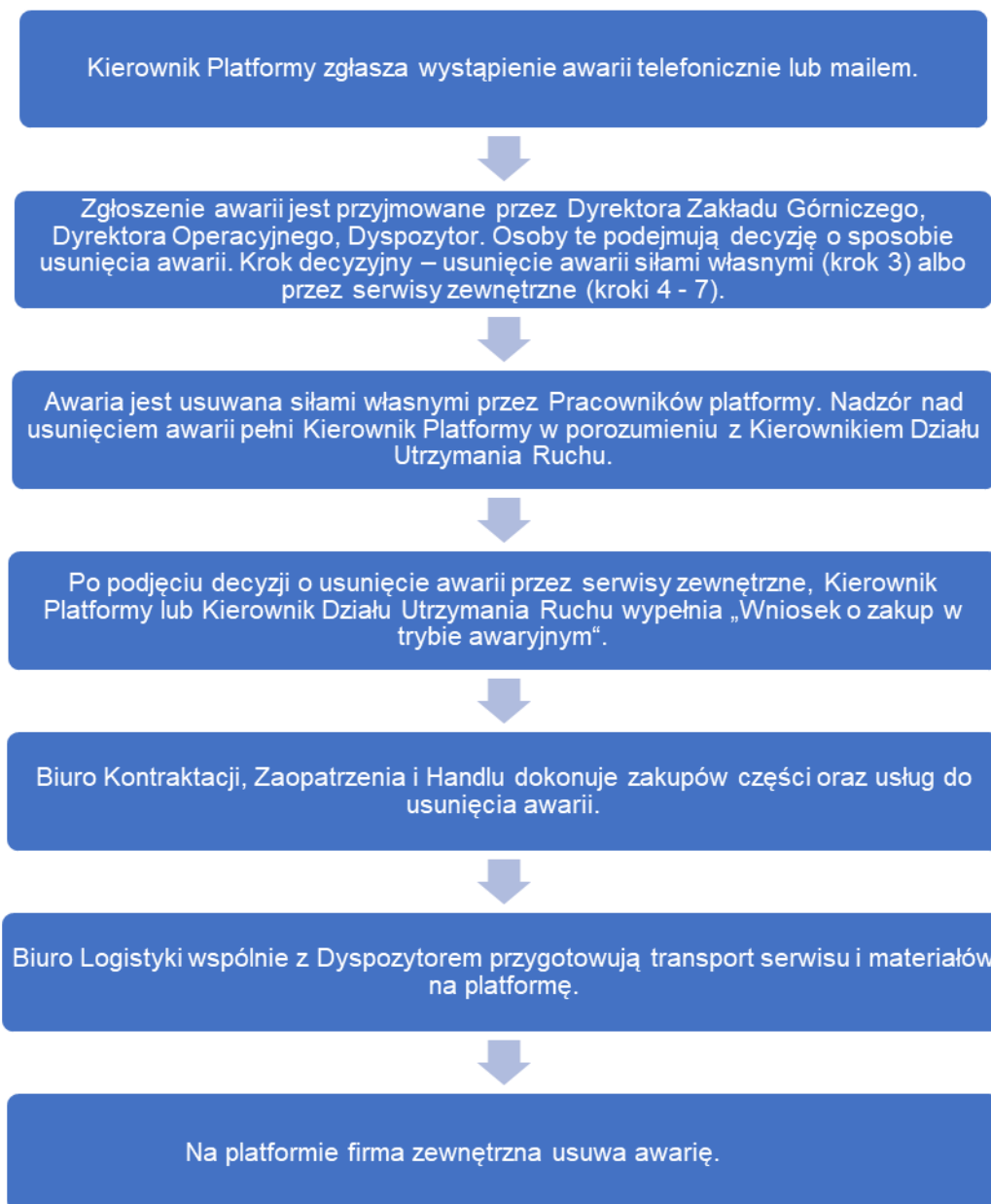
W okresie przed wdrożeniem nowoczesnego systemu utrzymania ruchu dokumentowanie bieżącej obsługi urządzeń było prowadzone z wykorzystaniem programów MS Office. Tabele zawierające listę urządzeń wraz z zakresem przeglądów były opisane w programie Excel. W tym też programie były odnotowywane prace zrealizowane oraz odłożone m.in. na najbliższy zaplanowany przestój urządzenia. Zaletą tego rozwiązania była prostota w obsłudze. Do minusów należy jednak zaliczyć:

- brak automatycznej archiwizacji danych z podglądem historii zmian oraz osób je wprowadzających,
- brak możliwości generowania raportów z zadań przeglądowych oraz prowadzenia statystyk,
- możliwa utrata danych, w przypadku pracy na nieaktualnym pliku lub uszkodzeniu pliku,
- tylko lokalny dostęp do pliku.

Zgłaszanie awarii oraz potrzeb remontowych odbywało się drogą mailową i/lub telefoniczną. Niewątpliwą zaletą takiego rozwiązania była szybka reakcja. Przy małej liczbie obiektów, a co za tym idzie zgłoszeń skuteczność tego rozwiązania była na wysokim poziomie. Jednak w miarę wzrostu ilości urządzeń oraz potrzeb/zgłoszeń remontowych łatwo o błąd dotyczący np. zakresu planowanego remontu lub przeoczenia jego istotnych kwestii. Ponadto brak możliwości archiwizowania danych oraz przedstawienia ich w formie zestawienia bądź raportu. Obsługa awarii, planowanych remontów oraz przeglądów była realizowana zgodnie ze schematami przedstawionymi na rysunkach 5 – 7. Szczegółowy opis przedstawiono w poniższych punktach.

a. Obsługa awarii

W razie powstania zagrożenia życia, zdrowia ludzkiego, nadzwyczajnego zagrożenia środowiska lub bezpieczeństwa ruchu zakładu górniczego oraz w przypadku potrzeby usunięcia skutków wystąpienia awarii bądź zapobieżenia zagrożeniu jej wystąpienia Wnioskujący (Kierownik Platformy) może usunąć awarię siłami własnymi. Niezbędne części zamienne do usuwania takowej awarii można pozyskać poprzez złożenie zamówienia za pośrednictwem: telefonu, poczty elektronicznej lub faksu bezpośrednio u wybranego wykonawcy, pod warunkiem uzyskania uprzedniej (przynajmniej ustnej) zgody szefa pionu na zastosowanie takiego trybu. Podobna procedura występuje w przypadku konieczności zlecenia usług zewnętrznych. Opis kroków w procesie przedstawiono na rysunku 5.



Rysunek 5. Opis kroków w procesie obsługi awarii [opracowanie własne]

b. Obsługa remontów planowych

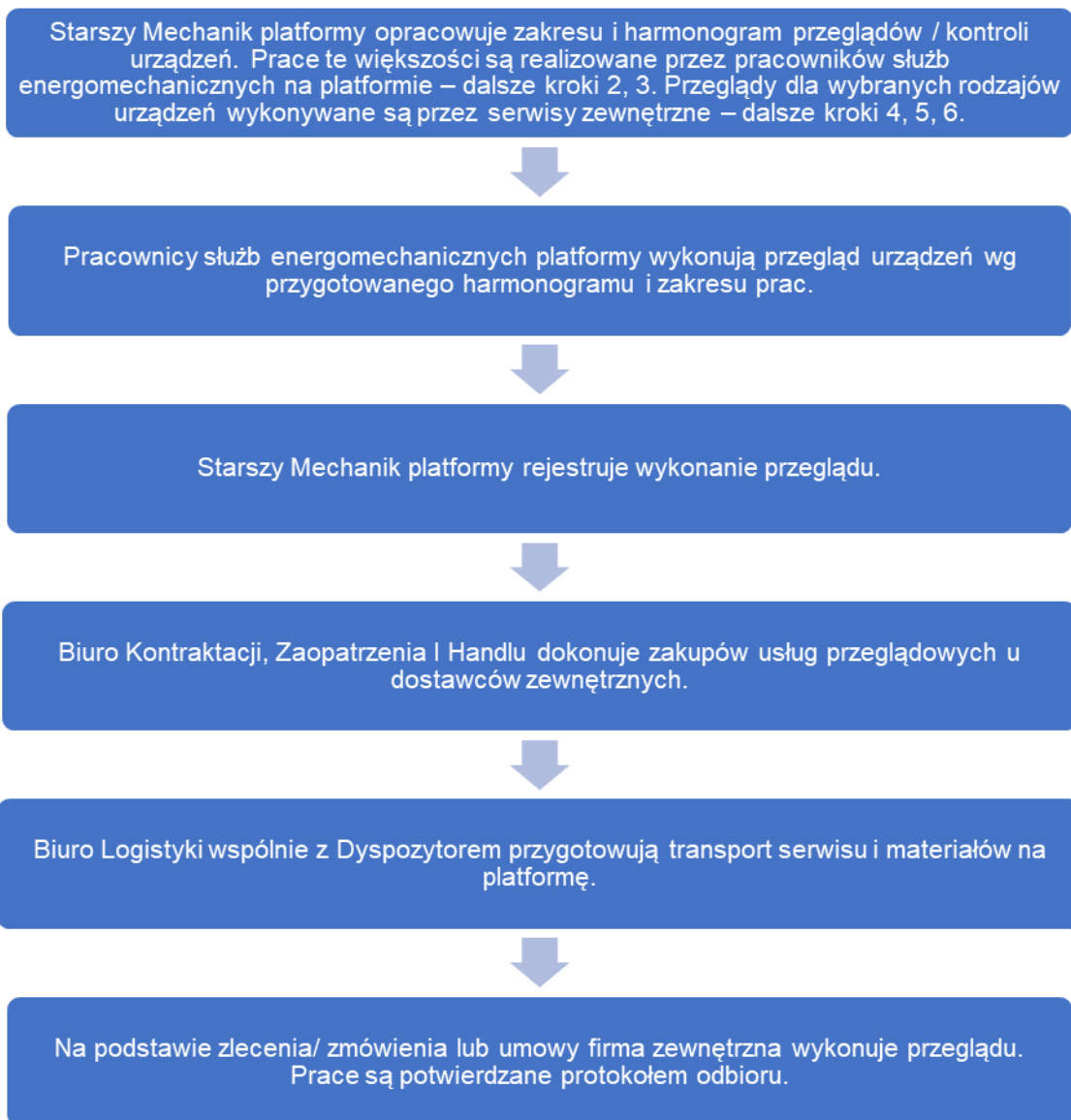
Obsługa remontów planowych wynikająca z bieżącej eksploatacji urządzeń, a także remonty o szerszym zakresie. W karcie „Equipment Record Card” przechowywane są informacje archiwalne o wykonywanych remontach, awariach, pracach realizowanych dla danej maszyny nieujętych w pracach prewencyjnych. Na podstawie przepisów morskich i górniczych prowadzony jest Dziennik Maszynowy. W dzienniku tym zapisywane są wszelkie prace w obrębie maszynowym. Opis kroków w tym procesie przedstawiono na rysunku 6.



Rysunek 6. Opis kroków w procesie obsługi remontów planowych [opracowanie własne]

c. Obsługa przeglądów

Prace prewencyjne wykonywane są na podstawie czasookresu lub roboczogodzin na podstawie DTR urządzenia. Kontrola występuje na podstawie wymogów PRS i Urzędu Górniczego. Prace prewencyjne to oględziny, proste wymiany. W zależności od zakresu przeglądu prace jedno-, dwu-, cztero-tygodniowe lub oparte na licznikach wykonywane są przez pracowników platform. Stany liczników są wprowadzane ręcznie w dzienniku maszynowym platformy i w raporcie mechanika wachtowego. Wykonanie prac potwierdza Starszy Mechanik w książce przeglądów mechanicznych, natomiast w książce przeglądów elektrycznych Starszy Elektryk. Opis kroków w procesie przedstawiono na rysunku 7.



Rysunek 7. Opis kroków w procesie obsługi profilaktyki [opracowanie własne]

9. Wnioski z analizy literatury

Podsumowując przeprowadzony przegląd literatury, można stwierdzić, że:

- Czynnikiem wpływającym na efektywność zarządzania utrzymaniem ruchu w przedsiębiorstwie jest ocena ryzyka wystąpienia zdarzeń awaryjnych, wybór odpowiedniej strategii eksploatacyjnej oraz określenie czasu-okresu realizacji zadań wynikających z przyjętej strategii.
- Wybór strategii utrzymania ruchu jest złożonym zadaniem techniczno-ekonomiczno-organizacyjnym i wymaga równowagi całkowitych kosztów, jak i zysków oraz technicznych możliwości eksploatowanych urządzeń.
- Istnieją różne modele i podejścia do planowania działań prewencyjnych utrzymania ruchu. Jednak większość prezentowanych w literaturze przykładów i prowadzonych badań ukierunkowana jest na pojedynczy obiekt lub w sposób ogólny przedstawia działania jakie wynikają z poszczególnych podejść do utrzymania ruchu. Brak

informacji naukowych o przebadanych i sprawdzających się w praktyce rozwiązaniach może być wynikiem poufności informacji, które mogą stanowić tajemnicę spółek np. offshorowych.

- Istnieje konieczność opracowania i wdrożenia systemu w obszarze utrzymania ruchu, który usprawni przepływ informacji między służbami utrzymania ruchu na platformie i na lądzie, zwiększy efektywność służb utrzymania ruchu, oraz wprowadzi monitoring kosztów utrzymania ruchu. Ponadto system musi być dostosowany do realiów przedsiębiorstwa oraz inkorporujący wiedzę ekspercką.

III. CEL, ZAKRES PRACY, TEZA PRACY

1. Cel i zakres pracy

Celem pracy jest opracowanie metodyki i wdrożenie nowoczesnego systemu utrzymania ruchu na pracującej platformie wydobywczej. Ponadto wdrażany system utrzymania ruchu musi być oparty o szkieletowy program SAP PM (SAP Plant Maintenance), który jest stosowany w analizowanym przedsiębiorstwie. System ten jest jedynie szkieletem który należy dostosować do wykorzystania na obiekcie offshore.

Procedurę dostosowawczą zaplanowano głównie w oparciu o badania naukowe metodą analizy przypadku oraz metody eksperckie. Z definicji system SAP PM może stać się informatycznym systemem utrzymania ruchu wykorzystywany na różnych poziomach w procesie decyzyjnym jako narzędzie monitorowania, kontrolowania i planowania działań. Po odpowiednim dostosowaniu może stać się elastycznym narzędziem do zbierania, agregowania i oceny danych z utrzymania ruchu. Wdrażany system informatyczny ma umożliwić przeglądanie wszystkich informacji w aplikacji operacyjnej z wielu różnych perspektyw. Pozwolić także określać poziom szczegółowości, w jakim mają być wyświetlane informacje. Korzystanie z komponentu aplikacji Plant Maintenance jest warunkiem wstępnym dla komponentu „System Informacji o Utrzymaniu Zakładu”. Możliwe musi być także uwzględnienie danych zewnętrznych (na przykład z systemów innych niż SAP). System informacji o utrzymaniu zakładu ma umożliwić ocenę przebiegu awarii lub zadań konserwacyjnych systemu technicznego lub maszyny. Umożliwić również analizę poniesionych kosztów lub podmiotu odpowiedzialnego za zadania serwisowe oraz dokładnych czynności, które zostały wykonane. Do analizy procesów funkcjonalnych dostępna musi być szeroka gama kluczowych danych liczbowych, a kryteria docelowe mogą być stale kontrolowane i przenoszone do zadań na wczesnym etapie. Powinna być możliwość przeprowadzenia naprawy z wykorzystaniem wielu etapów planowania, takich jak wstępne kosztorysowanie, harmonogramowanie prac, zaopatrzenie w materiały, planowanie zasobów i pozwolenia. Ponadto możliwe powinno być również natychmiastowe reagowanie na zdarzenia szkodowe powodujące zatrzymanie produkcji oraz produkowanie wymaganych zamówień i dokumentów sklepowych przy minimalnej liczbie wpisów w możliwie najkrótszym czasie. Najważniejszym elementem w tym obszarze jest zgłoszenie serwisowe. Służy ono do opisanego stanu obiektu technicznego lub zgłoszenia usterki obiektu technicznego i wezwania do usunięcia usterki. Najważniejszym elementem w tym obszarze jest polecenie konserwacji. Służy ono do szczegółowego planowania wykonania czynności utrzymaniowych, monitorowania postępu prac oraz rozliczania kosztów zadań utrzymaniowych. Najważniejszym elementem w tym obszarze jest możliwość archiwizacji działań konserwacyjnych. Służy ona do długoterminowego zapisywania najważniejszych danych serwisowych. Dane te można w każdej chwili pobrać, zestawić, dokonać analizy i ocenić.

Wdrażanie tak dostosowanego systemu ERP oparto m.in. o analizy case study oraz metody eksperckie i rozłożono na osiem etapów:

1. W oparciu o analizę dokumentacji technicznej opracowanie bazy danych systemów i urządzeń z podziałem na lokalizacje funkcjonalne.

2. Opracowanie i wprowadzenie do istniejących systemów IT listy zadań przeglądowych wynikających z eksploatacji urządzeń.
3. Opracowanie listy ważności certyfikatów dla poszczególnych urządzeń, wzbogacenie listy zadań przeglądowych o kalendarze upływu ważności tych certyfikatów, atestów, przeglądów.
4. Opracowanie i wprowadzenie do istniejących systemów IT zadań remontowych urządzeń w myśl metodyki „Planned Maintenance”.
5. Przypisanie do poszczególnych lokalizacji funkcjonalnych pełnej dokumentacji urządzeń wchodzących w jej skład.
6. Określenie i wprowadzenie podstawowych wymogów dokumentacyjnych pozwalających na tworzenie bazy danych prowadzonych remontów.
7. W oparciu o stworzone lokalizacje funkcjonalne i po analizie danych, określenie krytyczności urządzeń oraz wprowadzenie efektywnego zarządzania magazynami części zamiennych i środków eksploatacyjnych w oparciu o analizę ryzyka.
8. Testy wprowadzonego rozwiązania, analiza pod kątem kolejnych udoskonaleń, wykonanie raportu podsumowującego.

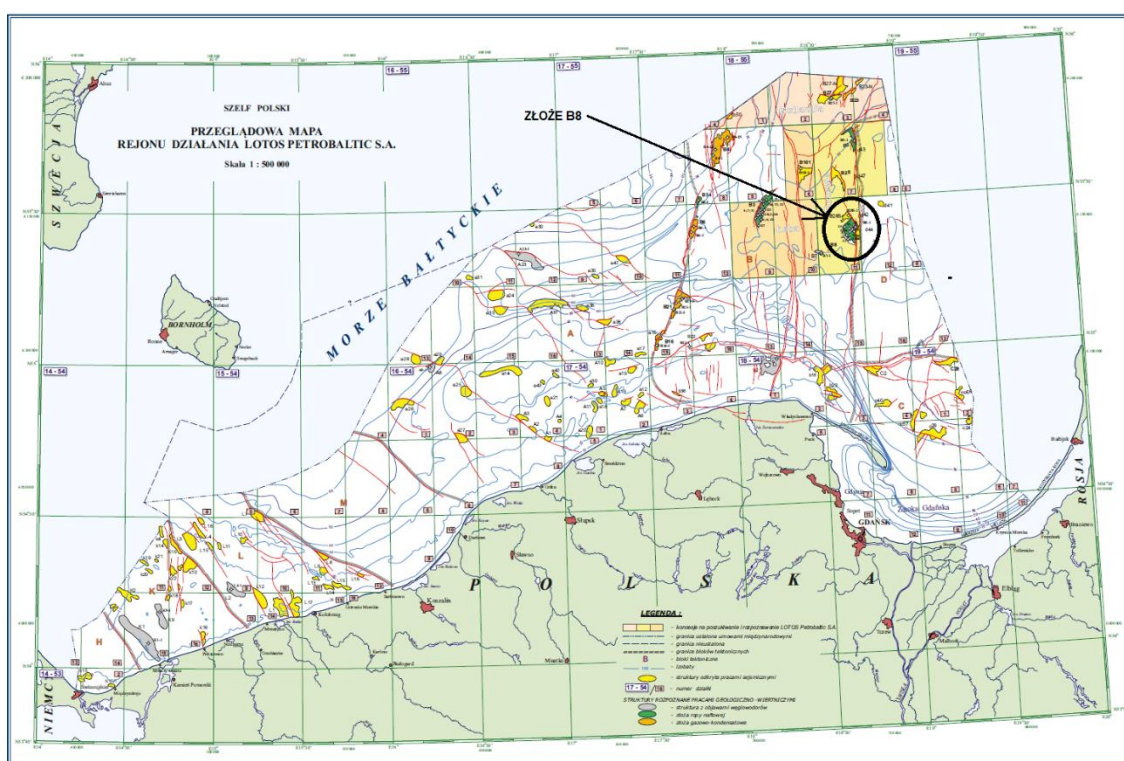
2. Teza pracy

Sformułowano tezę pracy następująco: możliwe jest stworzenie i wdrożenie nowoczesnego systemu utrzymania ruchu poprawiającego stan techniczny morskich platform wydobywczych i wiertniczych oraz morskich obiektów stacjonarnych, zwiększającego bezpieczeństwo oraz zapewniającego lepszą dostępność techniczną instalacji, maszyni urządzeń, zgodnie z istniejącymi ograniczeniami organizacyjnymi, założeniami technicznymi, ekonomicznymi oraz oparte o dostępne technologie informatyczne.

IV. OBIEKT BADAWCZY I PRZYJĘTE METODY NAUKOWE

1. Lokalizacja pola naftowego i platformy

LOTOS Petrobaltic to jedyne polskie przedsiębiorstwo górnicze zajmujące się poszukiwaniem i eksploatacją złóż ropy i gazu na polskim szelfie Morza Bałtyckiego. Obiekt badawczy to platforma „Petrobaltic”. Złoże ropy naftowej B8, na którym operuje jednostka znajduje się na Morzu Bałtyckim, w granicach wód terytorialnych Rzeczypospolitej Polskiej co przedstawiono na rysunku 8. Jego południowa granica znajduje się w odległości około 33,9 mil morskich na północ - północny-wschód od latarni Rozewie i około 39,1 mil morskich od latarni Jastarnia. Głębokość dna morskiego wynosi od 81 m przy północnej granicy złoża, przez 84,5 m w centralnej jego części, do 85,5 m w południowej części złoża. Dno morskie jest nachylone w kierunku południowo-wschodnim, ze spadkiem rzędu 1 m na odległości 1000-1500 m.



Rysunek. 8. Mapa lokalizacji złoża B8 [źródło: mapa koncesji i złóż firmy LOTOS Petrobaltic]

2. Układ platformy

Ze względu na ograniczoną ilość miejsca na pokładzie platformy, nowe instalacje zostały zaprojektowane w formie „bloków”, które zostały ustawione jeden na drugim, by pomieścić wszystkie wymagane systemy. Platforma Petrobaltic jest mobilną morską jednostką samopodnośną o długości 63,36 m, szerokości 54,22 m i głębokości konstrukcji 6,70 m, osadzoną na trzech nogach, której widok przedstawiono na rysunku 9.



Rysunek 9. Zdjęcie platformy (widok boczny) na Morzu Bałtyckim [źródło: własne]

Nowe morskie centrum wydobywania ropy uzyskano w drodze konwersji platformy samo-podnośnej Petrobaltic, z założeniem ponownego wykorzystania istniejących nóg i redukcji wagi elementów nadwodnej części platformy.

Platforma samo-podnośna jest podłączona do boi CALM przy pomocy rurociągu morskiego. Boja znajduje się w odległości 2,8 km od platformy. Do boi CALM podłącza się następnie transporter FSO przeznaczony do magazynowania oczyszczonej ropy i jej transportu na ląd. Natomiast gaz towarzyszący wydobywaniu jest eksportowany w rurociągu podmorskim do zakładu lądowego znajdującego się w miejscowości Władysławowo, oddalonego o 80 km od platformy.

Celem utrzymania odpowiedniego ciśnienia złoża odpowiedniego do produkcji ropy i gazu w okresie wielu lat, przewiduje się zatłaczanie wody morskiej i wody wydobytej (złożowej). System zatłaczania wody składa się z pomp sprężających, pomp zatłaczających i układu kolektorów (manifold) dystrybucyjnych kierujących przepływ wody w stronę odległych odwiertów.

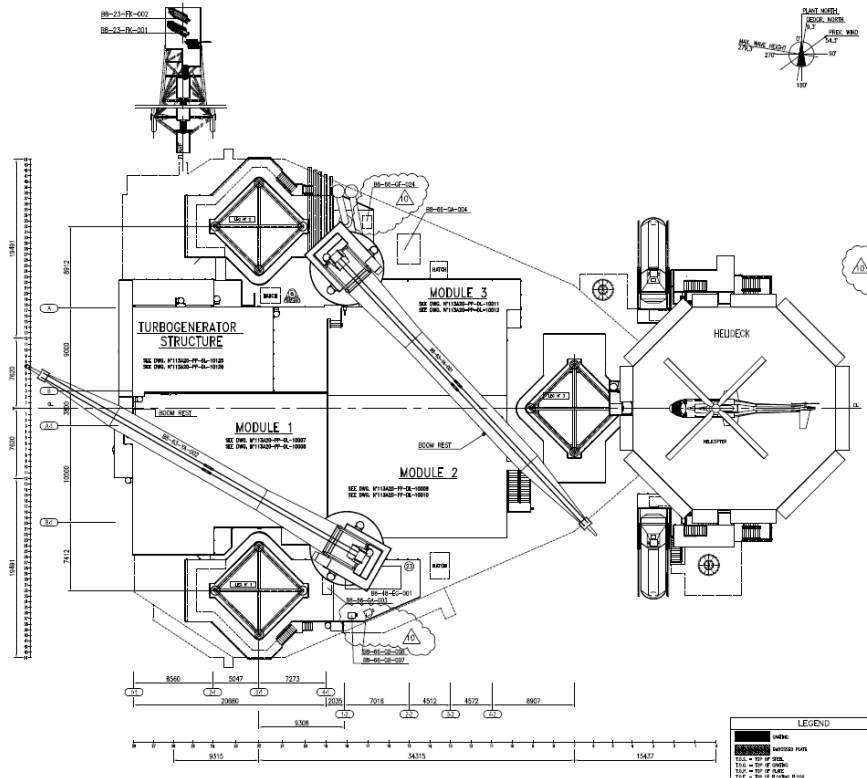
Układ Platformy przedstawiony na rysunkach 10 i 11 ma następującą konfigurację:

- pokład głowicowy odwiertów,
- kadłub z istniejącym wyposażeniem i nowymi instalacjami,
- moduł 1 (system sprężania gazu),
- moduł 2 (system zatłaczania wody),
- moduł 3 (system obróbki ropy),
- moduł 4 (konstrukcja turbogeneratora),
- część mieszkalna z lądowiskiem dla helikoptera,
- urządzenia transportu pionowego (dwa żurawie),
- spalarka gazu odpadowego,
- zasoby ewakuacji (dwie łodzie ratunkowe, pięć tratw ratunkowych),

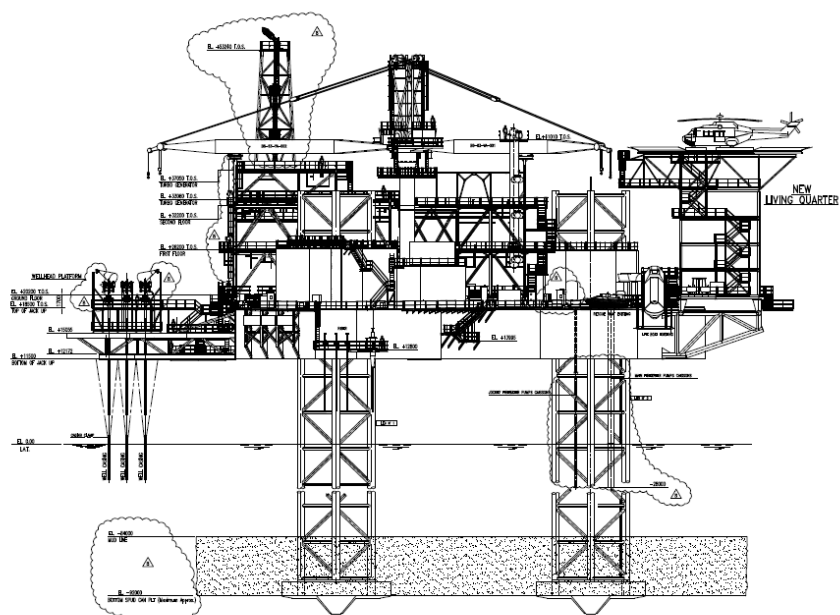
- pomieszczenia techniczne znajdujące się w kadłubie i na pokładzie głównym.

Instalacje technologiczne nadwodnej części platformy przedstawione na rysunku 12 można podzielić na:

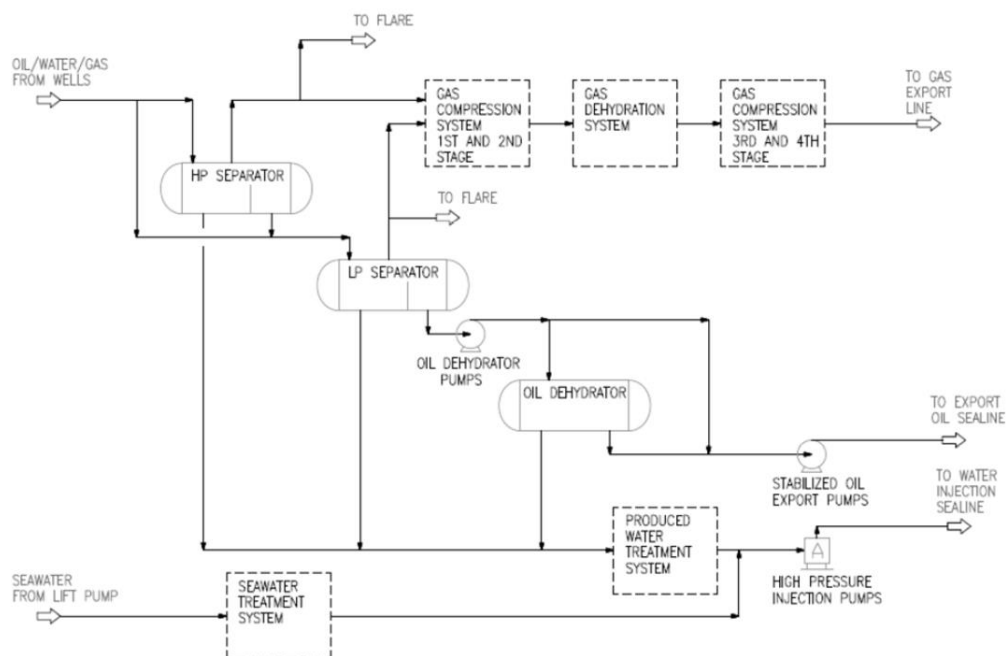
- instalacje przetwarzania ropy,
- instalacje obróbki gazu,
- systemy obróbki wody.



Rysunek 10. Widok platformy (z góry) [źródło: dokumentacja platformy]



Rysunek 11. Widok platformy (z boku) [źródło: dokumentacja platformy]



Rysunek 12. Ogólny schemat technologiczny platformy Petrobaltic [źródło: dokumentacja platformy]

3. Przyjęte metody naukowe

Do osiągnięcia celu pracy, przyjęto dwie główne metody naukowe. Pierwszą z nich była metoda studium przypadku (ang. case study), rozumiane jako dogłębne studium procesu utrzymania ruchu dla platformy. W studium przypadku przeanalizowano praktycznie każdy aspekt pracy instalacji platformy oraz procesu utrzymania ruchu w celu wyznaczenia obszarów do modernizacji i wdrożenia nowoczesnego utrzymania ruchu. Studia przypadków zostały wykorzystane m.in. przy:

- opracowywaniu schematu blokowego realizacji przeglądów,
- opracowywaniu mapy podziału odpowiedzialności dla złoza B8,
- tworzeniu lokalizacji funkcjonalnych,
- wyznaczaniu krytyczność urządzeń w oparciu o matryce kryteriów,
- określaniu prewencyjnego planu badania rurociągów,
- określaniu prewencyjnego planu badania konstrukcji,
- katalogowaniu dokumentacji technicznej i określeniu sposobów jej modyfikacji / aktualizacji.

Drugą zastosowaną metodą była metoda ekspercka, która opierała się o celowy dobór osób zaangażowany w proces utrzymania ruchu. Określono kluczowe kompetencje i wyznaczono ekspertów spośród kierowników obszarów na platformie. W skład ekspertów weszli m.in. Kierownik Platformy, Starszy / Główny Mechanik, Zastępca Platformy ds. Morskich, Starszy Elektryk, Kierownik Eksploatacji, kierownik Utrzymania Ruchu, Administrator SAP PM, Specjaliści Techniczny z zakresu Utrzymania Ruchu. Eksperti początkowo udzielali wsparcia w procesie tworzenia systemu bez kontaktowania się między sobą poprzez bezpośrednie wywiady z kreatorem systemu. Dzięki temu możliwe było przygotowanie zbioru danych uwzględniające indywidualne wymagania poszczególnych ekspertów z zakresu:

- planów obsługi dla poszczególnych urządzeń,
- zadań przeglądowych realizowanych bezpośrednio na obiekcie,
- określaniu i wyznaczaniu urządzeń, dla których kluczowe są liczniki,
- określania rodzaju i zakresu informacji dla zawiadomień awaryjnych Z2 / remontowych Z3 / z wykonanych prac Z4,
- podziału, rodzaju i wymaganej ilości części zamiennych.

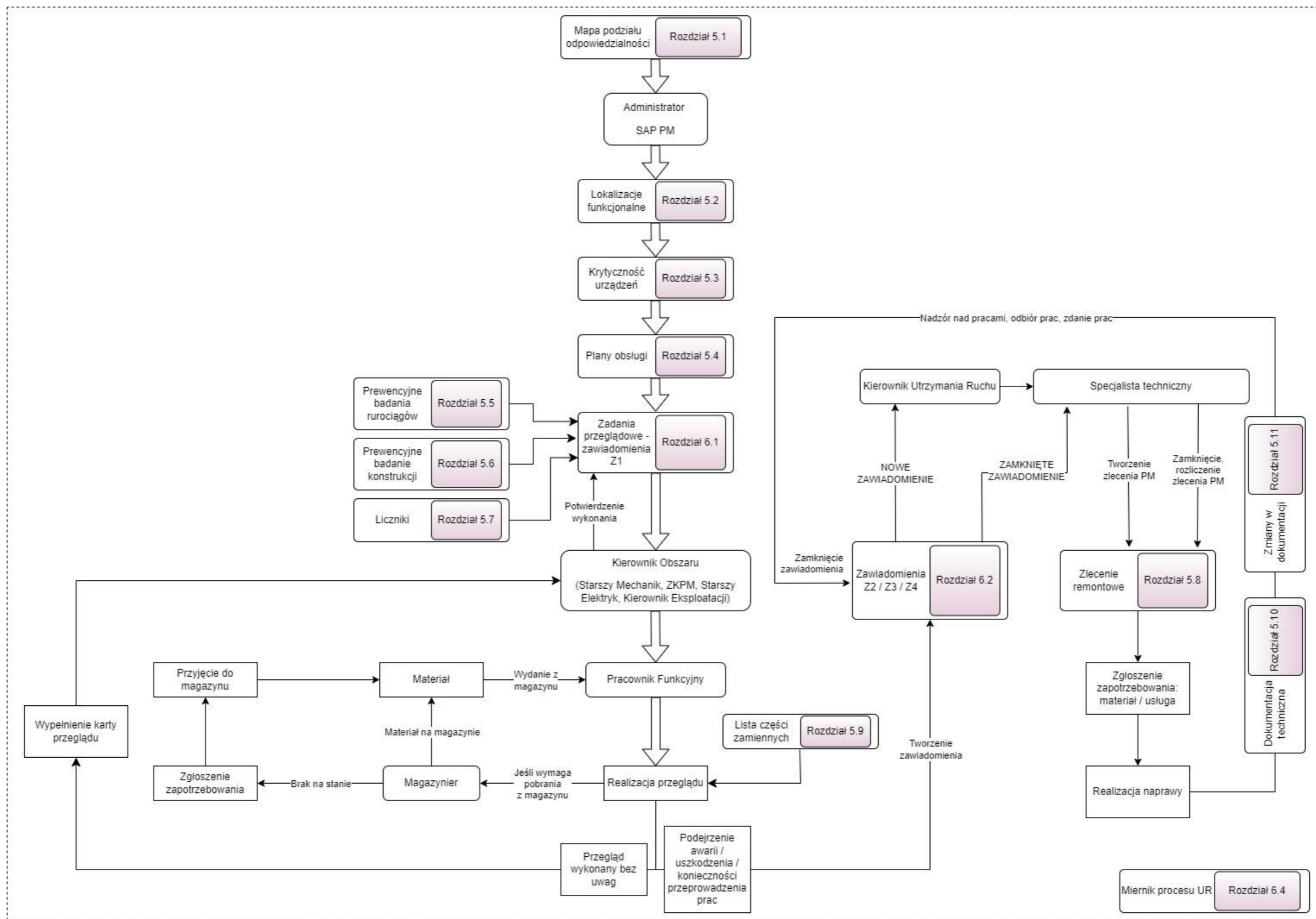
Przed wdrożeniem systemu przeprowadzono liczne spotkania z ekspertami, które pozwoliły na dopracowanie zbioru danych gdzie każdy z ekspertów mógł uzasadnić swoje zdanie i/lub przedstawić spojrzenie na wdrażany system i wizję jego rozwoju.

V. AUTORSKI SYSTEM UTRZYMANIA RUCHU

Schemat utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie LOTOS Petrobaltic wraz ze ścieżką realizacji zawiadomień przeglądowych uwzględniającą dalsze postępowania w przypadku konieczności realizacji zawiadomienia awaryjnego, remontowego lub protokołu z dodatkowych prac przedstawiono na rysunku 13. Bazą do opracowanego schematu były stosowane w przedsiębiorstwie wcześniej metody działania, które po wnikliwej analizie metodami naukowymi oraz analizie dostępnej literatury pozwoliły wypracować schemat pozbawiony nieprawidłowości mogących mieć przełożenie na przepływ informacji, a tym samym zapewnienie maksymalnej dostępności maszyn i urządzeń. Ideą jest, że administrator SAP PM w uzgodnieniu z Kierownikiem Obszaru oraz Specjalistą Technicznym tworzy/przypisuje lokalizację funkcjonalną, a następnie wprowadza dane techniczne i przeglądowe z dokumentacji DTR do systemu SAP PM. Na podstawie wprowadzonych danych z systemu SAP PM dla każdego urządzenia generowane są Karty Przeglądu/Zawiadomienia przeglądowe Z1. Na podstawie Kart Przeglądu odpowiedzialny za stanowisko robocze Kierownik Obszaru minimum raz w tygodniu generuje w systemie SAP PM Karty Przeglądu przypisane do swojego obszaru do wykonania w następnym tygodniu i przydziela prace przeglądowe poszczególnym Pracownikom Funkcyjnym. W przypadku realizacji prac przez załogę na podstawie zawiadomień przeglądowych Z1, awaryjnych Z2 oraz wykonanych prac Z4, do których wymagane jest użycie materiałów z magazynu przy pobraniu materiału podaje magazynierowi nr głównej lokalizacji funkcjonalnej obsługiwanego urządzenia. Magazynier przy wydaniu/zgłoszeniu zapotrzebowania na wymagany materiał do realizacji zawiadomień przeglądowych (Z1) i/lub awaryjnych (Z2) i/lub wykonanych prac Z4 przypisuje numer zlecenia remontowego dla danej lokalizacji funkcjonalnej. Jeśli podczas przeglądu została stwierdzona niesprawność urządzenia lub wymaga ono podjęcia czynności serwisowych, Kierownik Obszaru generuje w systemie SAP PM odpowiednie zawiadomienie Z2, Z3 lub Z4. W gestii Kierownika Obszaru jest określenie czy dana czynność serwisowa dla zawiadomienia Z2, Z3, Z4 będzie realizowana przez zasoby zewnętrzne czy wewnętrzne (siły własne). W przypadku zaangażowania zasobów zewnętrznych Specjalista Techniczny po przydzieleniu zawiadomienia Z2 lub Z3 sprawdza możliwość jego przydzielenia do istniejącego zlecenia remontowego PM lub zakłada nowe zlecenie remontowe PM. Specjalista Techniczny generując zlecenie remontowe określa rodzaje usług oraz materiałów wymaganych do zakontraktowania wraz z przewidywanymi kosztami.

W kolejnych rozdziałach zostaną przedstawione zagadnienia m.in. sposób opracowywania kart zawiadomień oraz przebiegi procedur z nimi związane, będące następstwem opracowanego schematu. Treści zawiadomień oraz procedura postępowania jest jednym z etapów opracowanego wdrożenia. Należało zaprojektować okna systemowe w sposób dostosowany do przyjętego schematu postępowania.





Rysunek 13. Schemat blokowy utrzymania ruchu [opracowanie własne]

1. Mapa podziału odpowiedzialności dla złoża B8

Mapę podziału odpowiedzialności dla złoża B8 przedstawiono na rysunku 14. Mapa jest efektem analizy przypadku i ilustruje podział odpowiedzialności dla poszczególnych obszarów utrzymania ruchu, które dzielą się na:

- dział utrzymania ruchu platform,
- dział energomechaniczny na platformie,
- dział eksploatacji na platformie,
- dział pokładowy i obsługi hotelowej na platformie,
- dział operacji morskich.

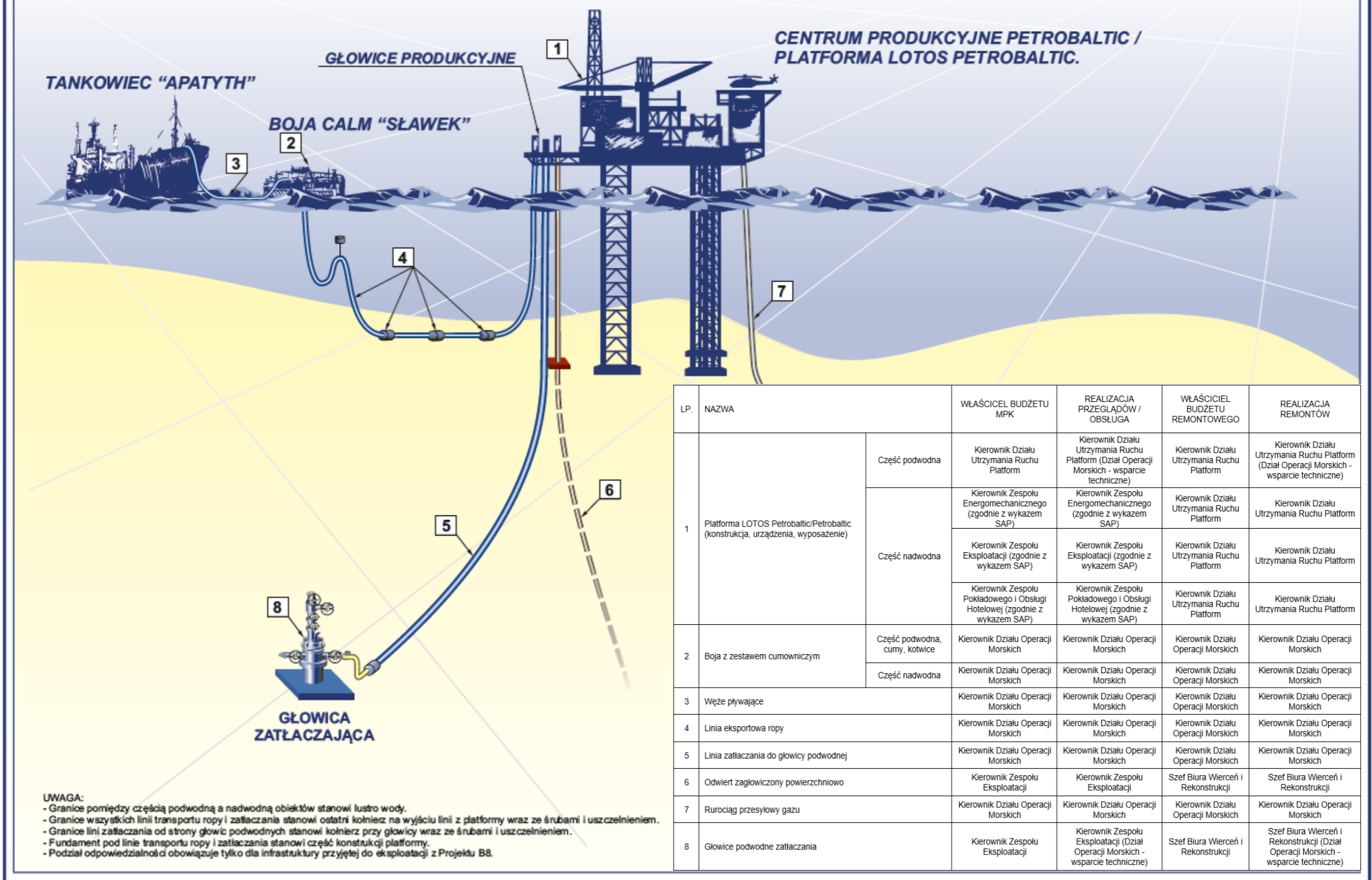
Ponadto mapa wyznacza konkretne granice podziału odpowiedzialności poszczególnych obszarów wydzielając część nadwodną oraz podwodną.

Istnieją obszary, które się przenikają tzn. ich infrastruktura częściowo znajduje się w części nawodnej oraz podwodnej lub odpowiedzialność jest złożona, a utrzymanie danej infrastruktury technicznej wymaga zaangażowania kilku działów. Należą do nich niżej wymienione elementy:

- węże pływające,
- linia eksportowa ropy,
- linia zatłaczania do głowicy podwodnej,
- odwiert zagłowiczony powierzchniowo,
- rurociąg przesyłowy gazu,
- podwodne głowice systemu zatłaczania.

Ze względu na złożoną budowę platformy ustalono, że granice pomiędzy częścią podwodną, a nadwodną obiektów stanowi lustro wody. Granicą wszystkich linii transportu ropy i zatłaczania stanowi ostatni kołnierz na wyjściu linii z platformy wraz ze śrubami i uszczelnieniem. Granicą linii zatłaczania od strony głowic podwodnych stanowi kołnierz przy głowicy wraz ze śrubami i uszczelnieniem. Fundament pod linie transportu ropy i zatłaczania stanowi część konstrukcji platformy.

MAPA ODPOWIEDZIALNOŚCI ZA ZADANIA BUDŻETOWE, PRZEGLĄDOWE I REMONTOWE Morska Kopalnia Ropy B8



LP.	NAZWA	WŁAŚCICIEL BUDŻETU MPK	REALIZACJA PRZEGLĄDÓW / OBSŁUGA	WŁAŚCICIEL BUDŻETU REMONTOWEGO	REALIZACJA REMONTÓW
1	Platforma LOTOS Petrobaltic/Petrobaltic (konstrukcja, urządzenie, wyposażenie)	Część podwodna	Kierownik Działu Utrzymania Ruchu Platform (Dział Operacji Morskich - wsparcie techniczne)	Kierownik Działu Utrzymania Ruchu Platform	Kierownik Działu Utrzymania Ruchu Platform (Dział Operacji Morskich - wsparcie techniczne)
		Część nadwodna	Kierownik Zespołu Energomechanicznego (zgodnie z wykazem SAP)	Kierownik Działu Utrzymania Ruchu Platform	Kierownik Działu Utrzymania Ruchu Platform
			Kierownik Zespołu Eksploatacji (zgodnie z wykazem SAP)	Kierownik Działu Utrzymania Ruchu Platform	Kierownik Działu Utrzymania Ruchu Platform
			Kierownik Zespołu Pokładowego i Obsługi Hotelowej (zgodnie z wykazem SAP)	Kierownik Działu Utrzymania Ruchu Platform	Kierownik Działu Utrzymania Ruchu Platform
2	Boja z zestawem cumowniczym	Część podwodna, cumy, kotwice	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich
		Część nadwodna	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich
3	Węże pływające	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich
4	Linia eksportowa ropy	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich
5	Linia zatłaczania do głowicy podwodnej	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich
6	Odwierć zagłębiony powierzchniowo	Kierownik Zespołu Eksploatacji	Kierownik Zespołu Eksploatacji	Szef Biura Wierceń i Rekonstrukcji	Szef Biura Wierceń i Rekonstrukcji
7	Rurociąg przesyłowy gazu	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich	Kierownik Działu Operacji Morskich
8	Głowice podwodne zatłaczania	Kierownik Zespołu Eksploatacji	Kierownik Zespołu Eksploatacji (Dział Operacji Morskich - wsparcie techniczne)	Szef Biura Wierceń i Rekonstrukcji	Szef Biura Wierceń i Rekonstrukcji (Dział Operacji Morskich - wsparcie techniczne)

UWAGA:
 - Granice pomiędzy częścią podwodną a nadwodną obiektów stanowi lustro wody.
 - Granice wszystkich linii transportu ropy i zatłaczania stanowi ostatni kołnierz na wyjściu linii z platformy wraz ze śrubami i uszczelnieniem.
 - Granice linii zatłaczania od strony głowic podwodnych stanowi kołnierz przy głowicy wraz ze śrubami i uszczelnieniem.
 - Fundament pod linie transportu ropy i zatłaczania stanowi część konstrukcji platformy.
 - Podział odpowiedzialności obowiązuje tylko dla infrastruktury przyjętej do eksploatacji z Projektu B8.

Rysunek 14. Mapa podziału odpowiedzialności [opracowane na podstawie funkcjonujących procedur w przedsiębiorstwie]

2. Lokalizacje funkcjonalne

Platforma Petrobaltic po analizie dostępnych danych została podzielona na 51 głównych systemów pokazanych w tabeli nr 2. Angielska nomenklatura została tutaj celowo zastosowana, gdyż są to pojęcia branżowe, których ewentualne tłumaczenie na język polski mogłoby wprowadzać niejasności w przekazie. Podział ten jest ściśle związany z systemami, w które wyposażono platformę po przebudowie. Dalej znajdują się podsystemy, które z kolei podzielono na kategorie branżowe. Ostatecznie każde z 23 738 urządzeń otrzymało numer SAP i zostało przypisane do drzewa lokalizacji funkcjonalnych. Celem sprawniejszego poruszania się po drzewie lokalizacji funkcjonalnych dopisano do numerów urządzeń także numer inwentarzowy, jest to tzw. TAG Number przywołany w dokumentacji przebudowywanej platformy. Z uwagi na konstrukcję programu SAP numer urządzenia ma postać 00000000, natomiast TAG Number zaplanowano w postaci: B8-00-XX(X)-000.

W trakcie prowadzenia prac okazało się, że określenie krytyczności urządzeń jest niezbędne do zaimplementowania danych drzewa lokalizacji funkcjonalnych stworzonych w pliku migracyjnym do programu SAP PM. Zatem dla każdej z 23 738 pozycji lokalizacji funkcjonalnych określono krytyczność.

Tabela 2. Lokalizacje funkcjonalne

CP	Platforma Petrobaltic - Centrum Produkcyjne
CP-0001	Existing Jacking System
CP-0005	Production Well Downhole System
CP-0010	Wellhead Crude Production System
CP-0012	Chemical Injection System
CP-0013	Manifold System
CP-0015	Oil Export Sea Line
CP-0016	Water Injection Sea Lines
CP-0017	Gas Export Header & Launching Trap
CP-0020	Oil Separation System
CP-0021	Oil Treatment System
CP-0022	Oil Metering and Export System
CP-0023	Flaring and Blow-Down System
CP-0031	Gas Dehydration System
CP-0036	Gas Compression & Metering System
CP-0040	Cooling Water System
CP-0042	Fuel Gas System
CP-0043	Diesel Fuel System
CP-0046	Compressed Air System
CP-0047	Main Electrical Power Supply System
CP-0048	Power Supply Generation
CP-0050	Sea Water System
CP-0051	Water Injection System
CP-0052	Steam Generation System
CP-0053	Potable Water System
CP-0054	Open Drains System
CP-0055	Closed Drains System
CP-0056	Produced Water Treatment System
CP-0057	Sanitary Water Treatment System
CP-0060	Nitrogen Generation System
CP-0063	Handling and Lifting Equipment System

CP-0066	HVAC System
CP-0070	Fire and Gas Detection System
CP-0071	Escape & Personnel Safety System
CP-0072	Aid to Navigation System
CP-0073	Fire Water and Fire Fighting System
CP-0074	Clean Agent Extinguishing System
CP-0075	CO2 Extinguishing System
CP-0076	Dry Chemical Firefighting System
CP-0080	Bilge System
CP-0083	Accommodation Module System
CP-0090	Uninterruptible Power Supply System
CP-0091	Main Electrical Power Distribution
CP-0092	Elec. Power Distrib Switchboard and PMCC
CP-0093	Emergency Electrical Power Distribution
CP-0094	Cathodic Protection System
CP-0096	Telecommunication System
CP-0097	Distribution Control System
CP-0098	ESD / PSD System
CP-0099	Area Completion

3. Krytyczność urządzeń

Miara krytyczności urządzeń na platformach oznacza wpływ poszczególnych urządzeń na utrzymanie ciągłości i parametrów procesów produkcyjnych oraz pomocniczych. Krytyczność urządzeń ma także przełożenie na tworzone plany prewencji oraz gospodarkę magazynową ze szczególnym uwzględnieniem części zamiennych do urządzeń krytycznych.

Każde urządzenie zlokalizowane na platformach, po przeprowadzeniu analizy metodą studium przypadku, zostało zakwalifikowane do jednej z czterech grup:

- a) urządzenie krytyczne (A),
- b) urządzenie ratunkowe (R),
- c) urządzenie ważne (B),
- d) urządzenie pozostałe (C).

Zakwalifikowanie urządzeń do ww. grup ma wpływ na wybór i stosowanie dla danego urządzenia odpowiedniej i optymalnej strategii utrzymania ruchu, a w szczególności na:

- a) optymalne zabezpieczenie części zamienne,
- b) opracowanie zakresów monitorowania parametrów pracy,
- c) opracowanie zakresów okresowej kontroli diagnostycznej,
- d) opracowanie zakresów przeglądów urządzeń,
- e) określenie kolejności wykonywania napraw.

Każde ze zlokalizowanych na platformie urządzeń musi mieć określoną wartość na podstawie matrycy kryteriów przedstawionych w tabeli 3. Przy wyznaczaniu wartości poziomu krytyczności każdego urządzenia uwzględniano następujące kryteria [96]:

- a) bezpieczeństwo,
- b) znaczenie dla platformy,
- c) awaryjność,
- d) remont.

Tabela 3. Matryca kryteriów [opracowanie własne]

Lp.	Kryterium	Waga	Punkty (Y) *		
			5	3	1
1.	bezpieczeństwo	1	bardzo niebezpieczne	niebezpieczne	bezpieczne
2.	znaczenie dla platformy	1	bardzo ważne	istotne	pozostałe
3.	awaryjność	0,75	duże prawdopodobieństwo awarii	średnie prawdopodobieństwo awarii	niskie prawdopodobieństwo awarii
4.	remont	0,5	remont bardzo złożony	remont średnio złożony	remont prosty

*Punkty (Y) - cyfra 5 odpowiada najwyższemu znaczeniu urządzenia, a cyfra 1 wartości o znaczeniu najmniejszym.

Kryterium bezpieczeństwa określa potencjalny wpływ awarii urządzenia na zagrożenie życia i zdrowia, mienia oraz środowiska naturalnego. W celu określenia wartości dla tego kryterium należy wybrać jedną z trzech przypisanych temu kryterium wartości, która najbardziej odpowiada rozpatrywanemu urządzeniu:

- a) bardzo niebezpieczne (wartość 5) które:
 - może spowodować poważne zagrożenie życia lub zdrowia ludzi poprzez:
 - pożar, jako konsekwencję awarii,
 - wybuch, jako konsekwencję awarii,
 - może spowodować straty materialne związane z:
 - pożarem części lub całej platformy, wybuchem,
 - uszkodzeniem innych systemów spowodowane zakłóceniem procesu technologicznego np. nagłego wzrostu temperatury lub ciśnienia,
 - może spowodować:
 - zanieczyszczenie środowiska na dużym obszarze,
 - lokalne zanieczyszczenie wody,
 - lokalne zanieczyszczenie atmosfery,
 - konieczność ewakuacji pracowników,
- b) niebezpieczne (wartość 3) które:
 - może pośrednio spowodować zagrożenie życia lub zdrowia poprzez:
 - wypływ medium pod wysokim ciśnieniem,
 - wypływ gorącego medium (para, woda kotłowa, inne),
 - wyciek oparów utrudniających widoczność i oddychanie,
 - powoduje zagrożenie uszkodzenia lub zniszczenia mienia,
 - może spowodować lokalne zanieczyszczenie środowiska,

- c) bezpieczne (wartość 1) które:
- nie powoduje zagrożenia życia i zdrowia,
 - nie powoduje uszkodzenia mienia,
 - nie powoduje skażenia środowiska.

Kryterium znaczenia systemu z perspektywy platformy określa wpływ awarii urządzenia ze względu na konsekwencje operacyjne platformy takie jak: ograniczenie produkcji, konsekwencje ekonomiczne lub zatrzymanie procesów pomocniczych. W celu określenia wartości dla tego kryterium należy wybrać jedną z trzech przypisanych temu kryterium wartości, która najbardziej odpowiada rozpatrywanemu urządzeniu:

- a) bardzo ważne (wartość 5):
- urządzenie, którego awaria skutkuje zatrzymaniem procesu wydobycia lub wiercenia.

Do urządzeń bardzo ważnych zalicza się przede wszystkim takie, które pełnią podstawową rolę w procesie i niemających alternatywnych urządzeń, które mogą zrealizować jego funkcję.

- b) istotne (wartość 3):
- urządzenie, którego awaria skutkuje:
 - chwilowym przerwaniem procesu technologicznego,
 - zmianą przebiegu procesu technologicznego,
 - zmianą parametrów technologicznych.

Do urządzeń istotnych zaliczamy takie, które pełnią podstawową rolę w procesie technologicznym, ale mogą pracować zamiennie z innym systemami, które spełniają tę samą funkcję i posiadają zbliżone parametry.

- c) pozostałe (wartość 1)

Do urządzeń pozostałych zaliczamy takie, których okresowe zatrzymanie nie powoduje przerwania ciągłości procesu i/lub zmiany jego parametrów.

Kryterium prawdopodobieństwa wystąpienia awarii określa możliwość wystąpienia awarii urządzenia. W celu określenia wartości dla tego kryterium należy na podstawie zgromadzonych danych statystycznych oraz zebranych doświadczeń wybrać jeden z niżej opisanych stopni prawdopodobieństwa:

- a) urządzenie o wysokim prawdopodobieństwie awarii (wartość 5) – do nich zaliczamy takie, których czas pomiędzy dwiema następującymi po sobie awariami wynosi poniżej 1 roku, co odpowiada awariom przynajmniej raz na rok;
- b) urządzenie o średnim prawdopodobieństwie awarii (wartość 3) – do nich zaliczamy takie, których czas pomiędzy dwiema następującymi po sobie awariami wynosi od 1 roku do 3 lat, co odpowiada awariom przynajmniej raz na trzy lata, ale nie częściej niż raz na rok;

- c) urządzenie o niskim prawdopodobieństwie awarii (wartość 1) – do nich zaliczamy takie, których czas pomiędzy dwiema następującymi po sobie awariami wynosi powyżej 3 lat, co odpowiada w przybliżeniu awarii nie częściej, jak co 3 lata.

Kryterium remontowe określa działania remontowe podjęte po awarii ze względu na skomplikowanie remontu, wymagany czas remontu, możliwość wykonania remontu we własnym zakresie, konieczność wykorzystania serwisu zewnętrznego, dostępność części zamiennych. W celu określenia wartości dla tego kryterium należy wybrać jedną z trzech przypisanych temu kryterium wartości, która spełnia co najmniej 1 warunek danego kryterium.

- a) remont bardzo złożony (wartość 5) jeśli:
- czas remontu może przekroczyć 120h,
 - naprawa wymaga udziału serwisu zewnętrznego,
 - czas dostawy części zamiennych przekracza 1m-c,
- b) remont średnio złożony (wartość 3) jeśli:
- czas remontu jest nie dłuższy niż 120h,
 - naprawa nie wymaga udziału serwisu zewnętrznego,
 - czas dostawy części zamiennych poniżej 1m-ca,
- c) remont prosty (wartość 1) jeśli:
- czas remontu jest nie dłuższy niż 48h,
 - naprawa odbywa się siłami własnymi bez specjalnego zaangażowania środków zewnętrznych,
 - czas dostawy części zamiennych od wielu dostawców w terminie nieprzekraczającym 7 dni.

Stoień krytyczności wyznaczany jest w oparciu o poniższy wzór:

$$K = 1 \times Y_1 + 1 \times Y_2 + 0,75 \times Y_3 + 0,5 \times Y_4 \quad (5.3.1)$$

gdzie: Y_1 do Y_4 - wartość punktowa dla każdego z kryteriów.

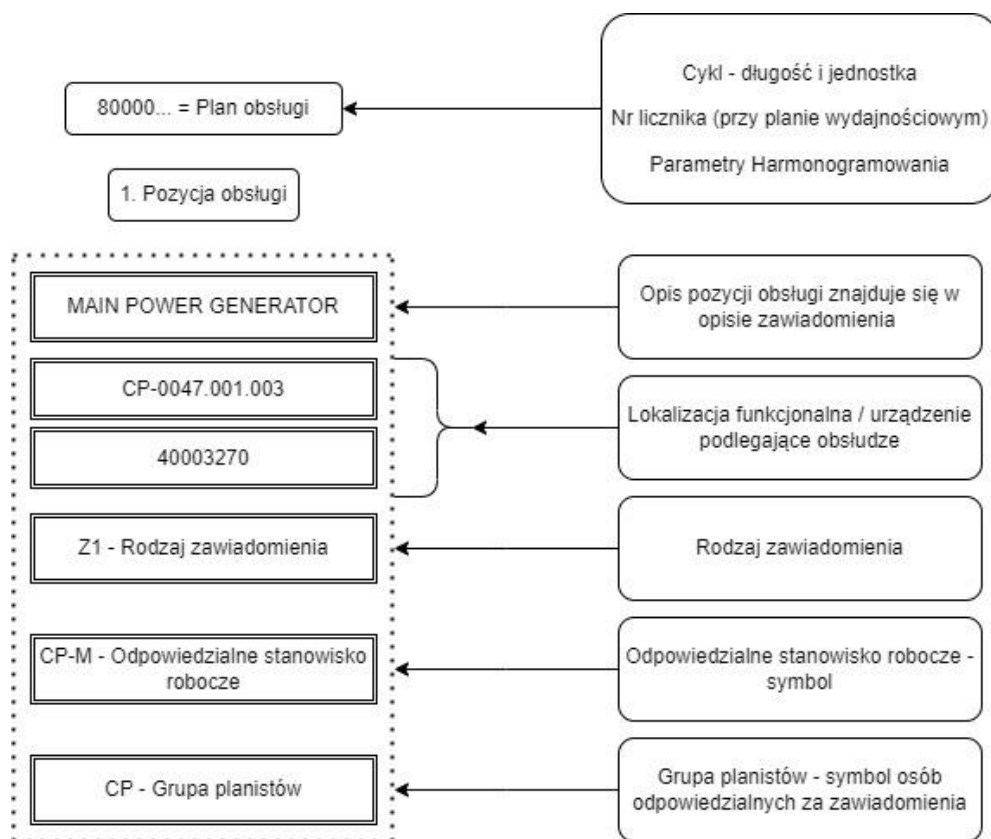
Jeżeli: $K \geq 13,25$ to urządzenie jest z grupy krytyczne (A)

Jeżeli: $13,25 < K \geq 8,25$ to urządzenie jest z grupy ważne (B)

Jeżeli: $K < 8,25$ to urządzenie jest z grupy pozostałe (C)

4. Plany obsługi

Prace przeglądowe przeprowadzone na platformach mają charakter cykliczny. Oparto je na kalendarzu - dni i na wydajności – licznik. Zadaniem planów obsługi tworzonych w module PM jest kontrola tej cykliczności – przypomnienie o konieczności wykonania przeglądów, oględzin, legalizacji, sprawdzania w określonym terminie i przy określonym stanie licznika. W skład planu obsługi wchodzi jedna lub kilka pozycji obsługi co pokazano na rysunku 15. Na podstawie pozycji obsługi, w terminie wyznaczonym przez plan obsługi powstaje jedno zawiadomienie Z1. Informacje w nagłówku zawiadomienia PM są kopiowane z pozycji obsługi.



Rysunek 15. Przykładowa karta planu obsługi urządzenia [opracowanie własne]

Tabela 4. Ustawienie parametrów harmonogramowania w planie obsługi [opracowanie własne]

Rodz. planu	Jedn.	Wsk. oprac. harmon.	Horyzont wywołań	Późne potw. realiz.	Tolerancja (+)	Wczesne potw. realiz.	Tolerancja (-)	Okres harmonogramow.	Obowiązek wykon.
		[C, W]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	ROK	
ZP	H	W	100	100		100		20	V
ZP	DNI	C	100	100		100		20	V

Tabela 4 przedstawia parametry w planie obsługi gdzie:

- Wskaźnik opracowania harmonogramu: C – strategia czasowa (wg kalendarza); W – strategia wydajnościowa (wg licznika).
- Horyzont wywołań [%] ustala datę powstania zawiadomienia Z1 w systemie w procentowym odniesieniu do długości cyklu obsługi np. dla cyklu obsługi 1 miesiąc (30 dni) ustalenie horyzontu wywołań na 90% powoduje, że zlecenie dla następnej planowanej obsługi zostanie utworzone 27 dni po zamknięciu technicznym aktualnego zawiadomienia Z1 (wg referencyjnej daty zamknięcia technicznego zlecenia).

- Tolerancja (+/-) oznacza dopuszczalną tolerancję opóźnionego lub przedwczesnego zamknięcia technicznego zlecenia, której przekroczenie powoduje przesunięcie następnych planowanych terminów obsługi. Podawana jest w % w stosunku do najkrótszego cyklu strategii.
- Późne/wczesne potwierdzenie realizacji oznacza w % jaka część okresu opóźnienia (lub wcześniejszej realizacji) powinna być dodana do długości całego cyklu w przypadku przekroczenia tolerancji potwierdzenia.
- Okres harmonogramowania to okres w jakim będą wywoływane zawiadomienia Z1.
- Obowiązek wykonania, czyli zaznaczenie tego wskaźnika co umożliwi tworzenie nowego zawiadomienia dopiero w momencie potwierdzenia poprzedniego.
- Harmonogramowanie planów obsługi.

Zdefiniowany plan obsługi należy uruchomić - harmonogramować. Dla urzędzeń start harmonogramu polega na wskazaniu daty ostatniej obsługi urządzenia / lokalizacji funkcjonalnej lub wskazaniu stanu licznika.

5. *Prewencyjne badania rurociągów*

Platforma składa się z kilometrów rurociągów transportujących wszelkie media procesowe. W myśl metodologii „planned maintenance” konieczne jest monitorowanie redukcji grubości ścianek rur. Jedną z najmniej wymagających i inwazyjnych metod cyklicznego sprawdzania pocienień grubości ścianek jest ultradźwiękowe badanie grubości z ang. (UTT) [97, 98]. Najistotniejszymi zaletami badań UTT jest szybkość diagnozy z bezpośrednim dostępem do wyników, wysoka precyzja oraz poziom skuteczności, uniwersalność zastosowania, a także precyzyjne określenie miejsca lokalizacji wad. Aparatura o kompaktowych wymiarach i niewielkiej masie jest łatwa w transporcie [97, 98]. Dyrektywa ciśnieniowa PED/2014/68 przewiduje grupowanie rurociągów w czterech kategoriach, zaczynając od najniższego zagrożenia – kategoria I i kończąc na kategorii IV o największym zagrożeniu [99]:

1. kategoria I,
2. kategoria II,
3. kategoria III,
4. kategoria IV.

Czynniki klasyfikujące kategorię to m.in. medium, ciśnienie, temperatura.

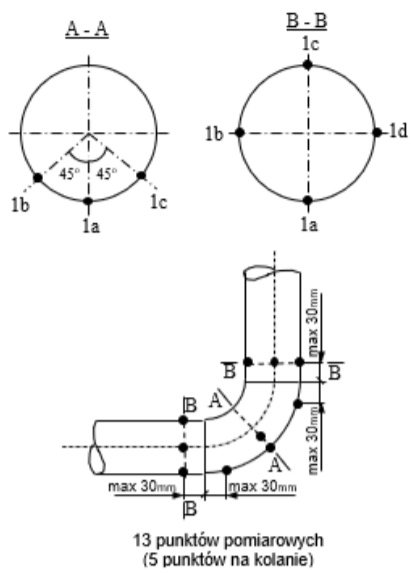
Na potrzeby przebudowywanej platformy stworzono unikalną matrycę planu badań rurociągów i zbiorników. Matrycę opracowano na podstawie wyżej wymienionych publikacji oraz dostosowano do obiektu offshore.

W oparciu o istniejące przepisy oraz analizę statystyczną dotychczasowych uszkodzeń armatury ciśnieniowej opracowano instrukcję do zapewnienia jednolitego standardu wykonywania, nadzorowania i opracowywania wyników pomiarów badań nieniszczących (ang. non-destructive testing – NDT) na potrzeby stworzenia planów badań prewencyjnych rurociągów i zbiorników. Instrukcja przedstawiona na rysunku 16 i 17 wyznacza konkretne punkty na badanym obiekcie i sposób wykonywania pomiarów grubości UTT.

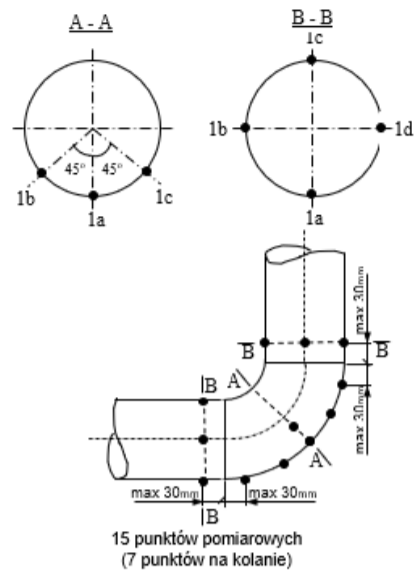
Rurociągi zostały podzielone w zależności od kategorii na:

1. Rurociągi krytyczne, badane co rok, z zakresem badania przedstawionym na rysunku 16.
2. Rurociągi technologiczne i międzyobiektove, badane co 3 lata lub co 5 lat, z zakresem badania przedstawionym na rysunku 17.

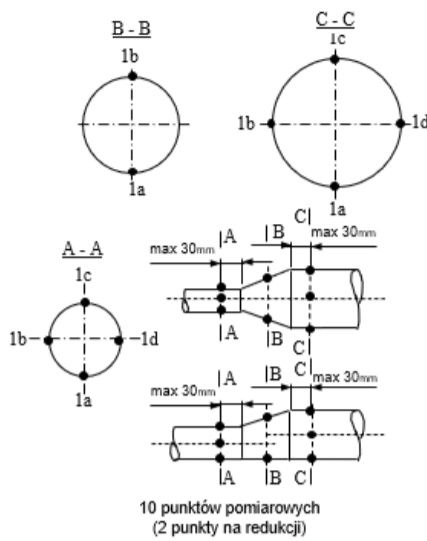
Podział ten wynika z optymalizacji nakładów finansowych wymaganych na realizację badań i jest wynikiem analizy ryzyka wystąpienia ubytku grubości materiału. Do analizy tego ryzyka wykorzystano kryteria zamieszczone w tabeli 6 oraz posłużono się wzorem 5.5.1.



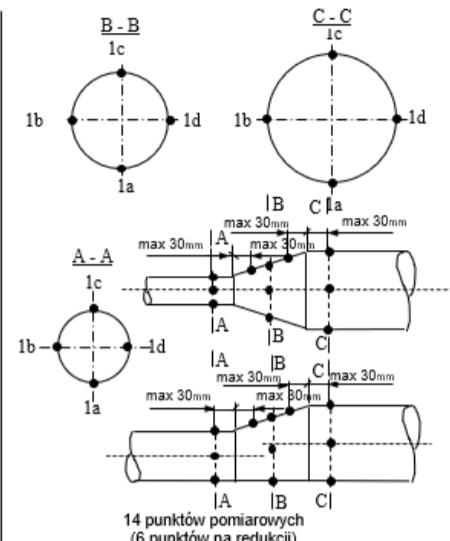
Rys 1. Zespół kolana 90°, DN ≤ 4"



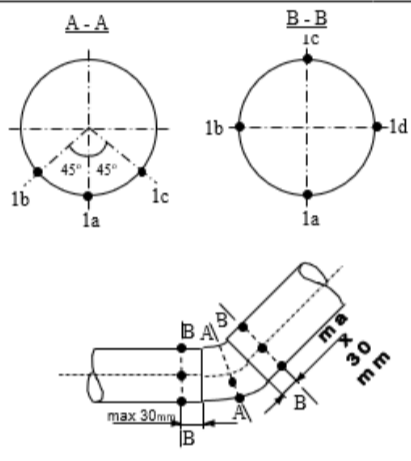
Rys 2. Zespół kolana 90°, DN > 4"



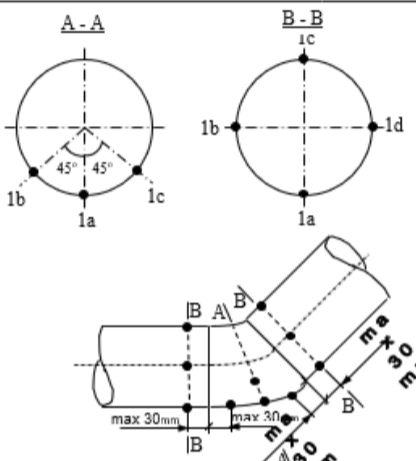
Rys 5. Zespół redukcji, DN ≤ 4"



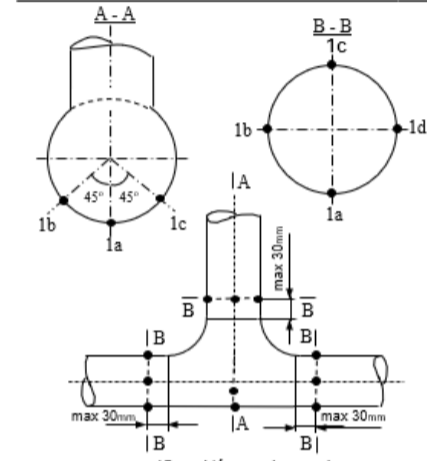
Rys 6. Zespół redukcji, DN > 4"



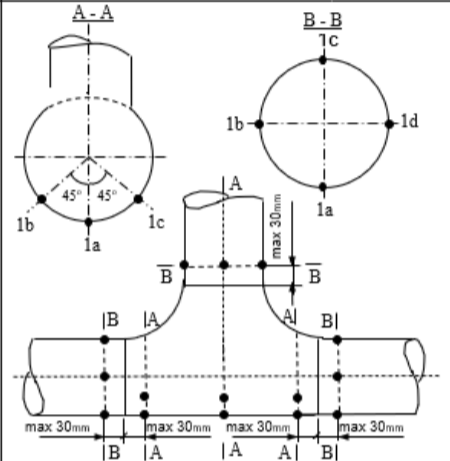
Rys 3. Zespół kolana 45°, DN ≤ 4"



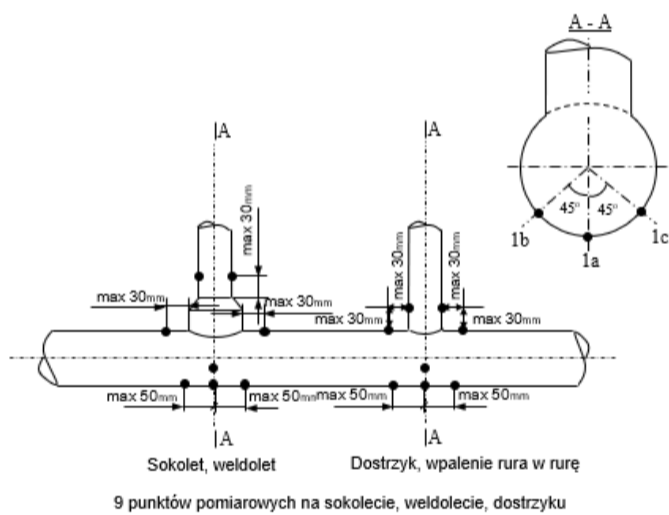
Rys 4. Zespół kolana 45°, DN > 4"



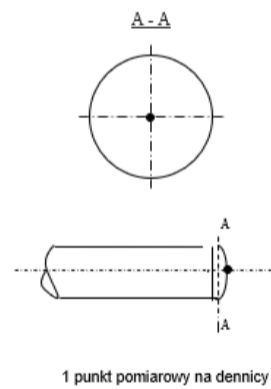
Rys 7. Zespół trójnika, DN ≤ 4"



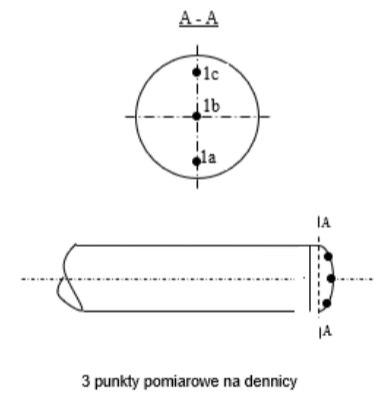
Rys 8. Zespół trójnika, DN > 4"



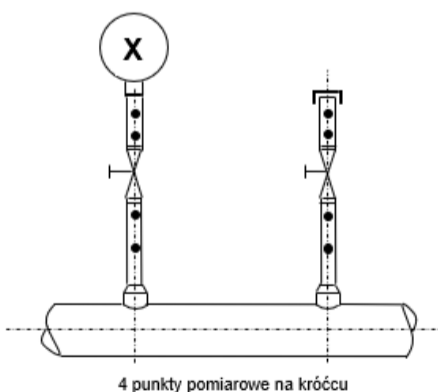
Rys 9. Wpalenie (m.in.: sokolet, weldolet, dostrzyk, rura w rurę)



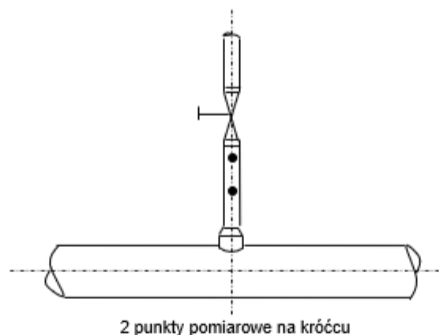
Rys 12. Dennica elipsoidalna, DN ≤ 4"



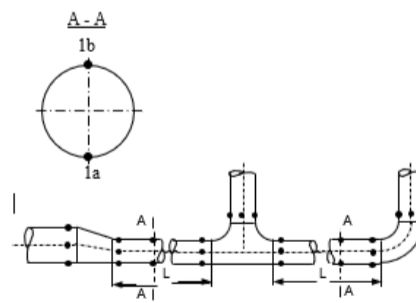
Rys 13. Dennica elipsoidalna, DN > 4"



Rys 10. Króciec zakończony korkiem lub przyrządem pomiarowym, DN ≤ 2"

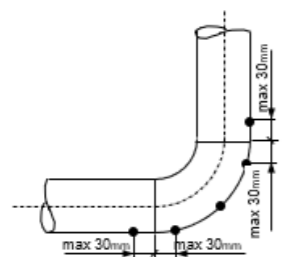


Rys 11. Króciec bez korka (z wolnym wylotem), DN ≤ 2"



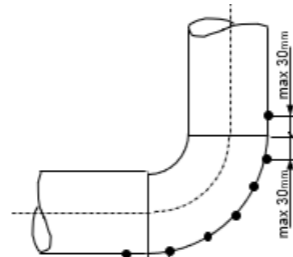
Rys 14. Odcinek prosty (dot. wszystkich wielkości DN)

Rysunek 16. Lokalizacja oraz ilość punktów pomiarowych dla typowych elementów rurociągów krytycznych [opracowanie własne]



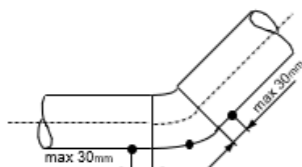
3 punkty pomiarowe na kolanie

Rys 1. Kolano 90°, DN ≤ 4"



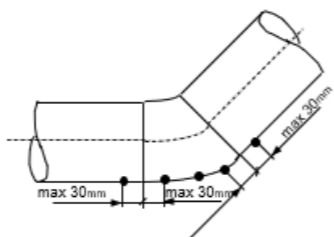
5 punktów pomiarowych na kolanie

Rys 2. Kolano 90°, DN > 4"



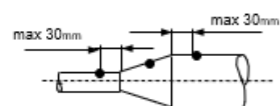
1 punkt pomiarowy na kolanie

Rys 3. Kolano 45°, DN ≤ 4"

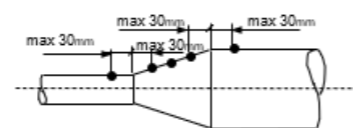
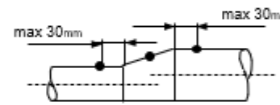


3 punkty pomiarowe na kolanie

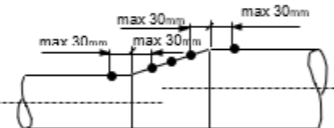
Rys 4. Kolano 45°, DN > 4"



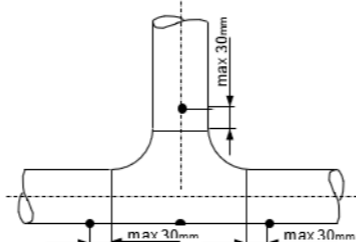
1 punkt pomiarowy na redukcji



3 punkty pomiarowe na redukcji



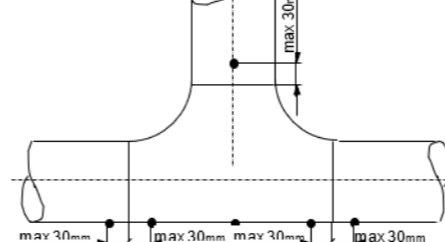
Rys 5. Redukcja, DN ≤ 4"



1 punkt pomiarowy na trójniku

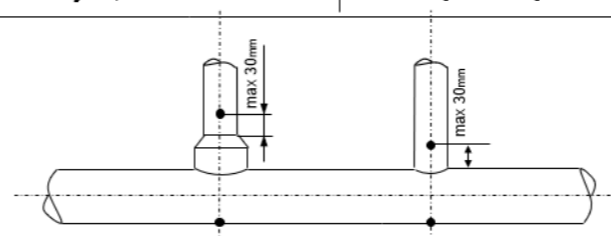
Rys 7. Trójnik, DN ≤ 4"

Rys 6. Redukcja, DN > 4"



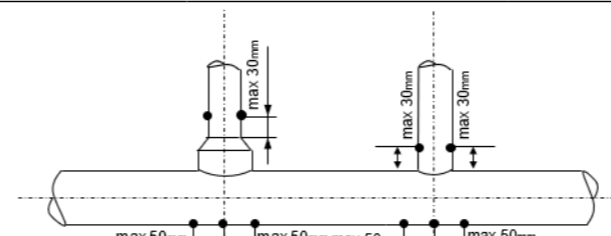
3 punkty pomiarowe na trójniku

Rys 8. Trójnik, DN > 4"



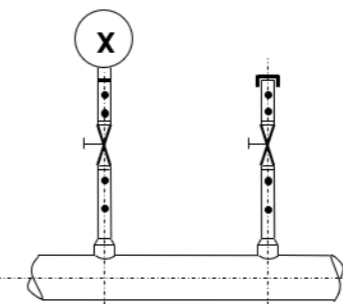
Sokolet, weldolet Dostrzyk, wpalenie rura w rurę
2 punkty pomiarowych na sokolecte, weldolecte, dostrzyku

Rys 9a. Wpalenie (m.in.: sokolet, weldolet, dostrzyk, rura w rurę) w rurociągu o DN ≤ 4"



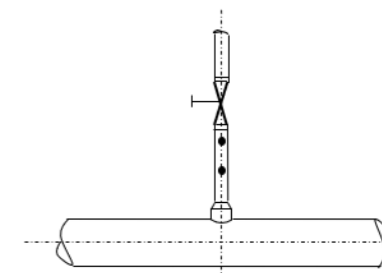
Sokolet, weldolet Dostrzyk, wpalenie rura w rurę
5 punktów pomiarowych na sokolecte, weldolecte, dostrzyku

Rys 9b. Wpalenie (m.in.: sokolet, weldolet, dostrzyk, rura w rurę) w rurociągu o DN > 4"



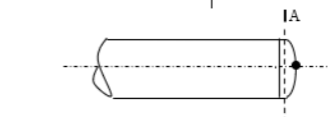
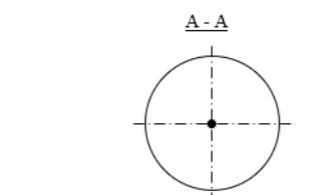
4 punkty pomiarowe na króćcu

Rys 10. Króciec zakończony korkiem lub przyrządem pomiarowym, DN ≤ 2"

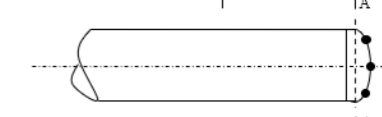
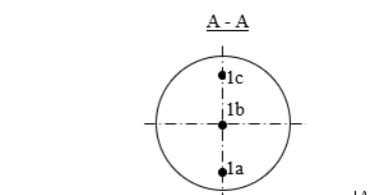


2 punkty pomiarowe na króćcu

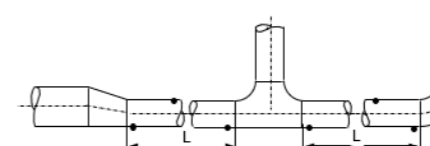
Rys 11. Króciec bez korka (z wolnym wylotem), DN ≤ 2"



Rys 12. Dennica elipsoidalna, DN ≤ 4"



Rys 13. Dennica elipsoidalna, DN > 4"



Rys 14. Odcinek prosty (dot. wszystkich wielkości DN)

1. rurociągi technologiczne (w granicach działek instalacji technologicznych): punkty pomiarowe co 10 m (nie mniej niż 1 punkt pomiarowy pomiędzy punktami przy spoinach – gdy $L < 10m$),
2. rurociągi międzyobiektowe (między działkami instalacji technologicznych): punkty pomiarowe co 30 m (nie mniej niż 1 punkt pomiarowy pomiędzy punktami przy spoinach – gdy $L < 30m$),

Uwaga:
Pomiar na odcinku prostym jest zbędny (oprócz punktów przy spoinach) gdy:
- $L \leq 200$ mm dla DN ≤ 4",
- $L \leq 500$ mm dla DN > 4".

- Uwagi:
1. ● – oznacza punkt pomiarowy.
 2. na kolanach - punkty pomiarowe należy umieścić na zewnętrznym łuku łącznie z najbliższymi punktami za spoiną łączącą kolano z sąsiednimi elementami.
 3. na odcinkach prostych poziomych – w najwyższym punkcie przekroju poprzecznego rury.
 4. na odcinkach prostych pionowych – od strony północnej (w przypadku utrudnionego lub niemożliwego dostępu – od dowolnej strony).

Rysunek 17. Lokalizacja oraz ilość punktów pomiarowych dla typowych elementów technologicznych i międzyobiektowych [opracowanie własne]

Instalacje platformy Petrobaltic składają się z 1682 rurociągów. Rozpiętość średnic stosowanych rurociągów wynosi 0.5-14". Ciśnienia pracy instalacji wahają się od 0,35 MPa do 44 MPa. Główne media występujące w rurociągach to ropa, gaz, para, woda, woda morska, woda złożowa, powietrze, azot, olej napędowy, olej smarny, olej hydrauliczny. Kryteria, które wyznaczają okresy pomiędzy badaniami rurociągów to:

- współczynnik medium,
- współczynnik ciśnienia,
- współczynnik korozyjności.

Natomiast częstotliwość badań została wyznaczona następująco, zgodnie ze wzorem 5.5.1 oraz tabelą 5.:

- co 1 rok,
- co 3 lata,
- co 5 lat.

Tabela 5. Matryca do wyznaczenia kategorii rurociągów [opracowanie własne]

Lp.	Kryterium	Punkty		
		1	3	5
1	współczynnik medium	bezpieczne	niebezpieczne	bardzo niebezpieczne
2	współczynnik ciśnienia	$x \leq 30$ bar	$30 \text{ bar} < x \leq 60$ bar	$60 \text{ bar} < x$
3	współczynnik korozyjności	niska	-	wysoka

$$R = w_1 + w_2 + w_3 \quad (5.5.1)$$

Gdzie:

Jeśli $R < 6$ badanie co 5 lat,

Jeśli $6 \leq R < 10$ badanie co 3 lata,

Jeśli $R \geq 10$ badanie co 1 rok.

Finalnie otrzymano zestawienie badań UTT dla rurociągów przedstawione w tabeli 6 oraz na wykresie przedstawionym na rysunku 18.

Tabela 6. Liczba badanych rurociągów [opracowanie własne]

Liczba rurociągów łącznie	1682
Liczba rurociągów do badania co 1 rok	178
Liczba rurociągów do badania co 3 lata	776
Liczba rurociągów do badania co 5 lat	728

Tabela 7. Plan badania ET spoin [opracowanie własne]

CZĘSTOTLIWOŚĆ BADANIA	NUMER SPOINY PODLEGAJĄCEJ BADANIU
Badania co 1 rok	5 ; 6 ; 7 ; 8 ; SUP1 ; SUP2 ; SUP3 ; SUP4 ; 2009 ; 200B ; 200A ; 200C
Badania co 2 lata	3001 ; 3002 ; 3003 ; 3004 ; 1002 ; 1003 ; 2002 ; 2003
Badanie co 3 lata	3052 ; 2010 ; 2019 ; 1004 ; 2012 ; 201D ; 2015 ; 2014 ; 1006 ; 2018 ; 11 ; 2013 ; 2017 ; 201E ; 2016 ; 2006 ; 2027 ; 2004 ; 9 ; 2026 ; 1007 ; 3053 ; 3005 ; 2020 ; 2000 ; 3000 ; 3051 ; 2007 ; 2020 ; 2024 ; 2011 ; 201A ; 3050 ; 10

7. Liczniki

Liczniki narastająco rejestrują zmiany wartości parametrów technicznych eksploatowanych obiektów, np. licznik godzin pracy urządzenia w roboczogodzinach. Dla każdego zainstalowanego obiektu można wprowadzić wartości pomiaru lub odczytu licznika. Jest to uzasadnione wówczas, gdy konieczne jest udokumentowanie stanu obiektu na podstawie wartości pomiaru lub, gdy regularna obsługa obiektu zależy od wartości odczytanej z jego licznika. Odczyty liczników dokonywane są raz na dobę przez pracowników służb platformy. Wprowadzanie tych wartości do systemu SAP dokonywane jest przez Kierowników Obszarów. Część urządzeń na platformie Petrobaltic jest opomiarowana i zintegrowana z systemem DCS – systemem odpowiedzialnym za monitorowanie i obsługę kluczowych systemów platformy. Głównym celem systemu jest zapewnienie bezpiecznego i niezawodnego procesu wydobycia. System ma zmaksymalizować dostępność zakładu, zmniejszyć zużycie energii zakładu, minimalizując negatywny wpływ na środowisko oraz wymagania dotyczące interwencji operatora. Usprawniono pracę Załogi łącząc monitoring pracy urządzeń z systemu DCS z systemem SAP w celu automatycznego pobierania raz dziennie o wyznaczonej godzinie przez system SAP informacji o stanie licznika urządzeń podłączonych do DCS.

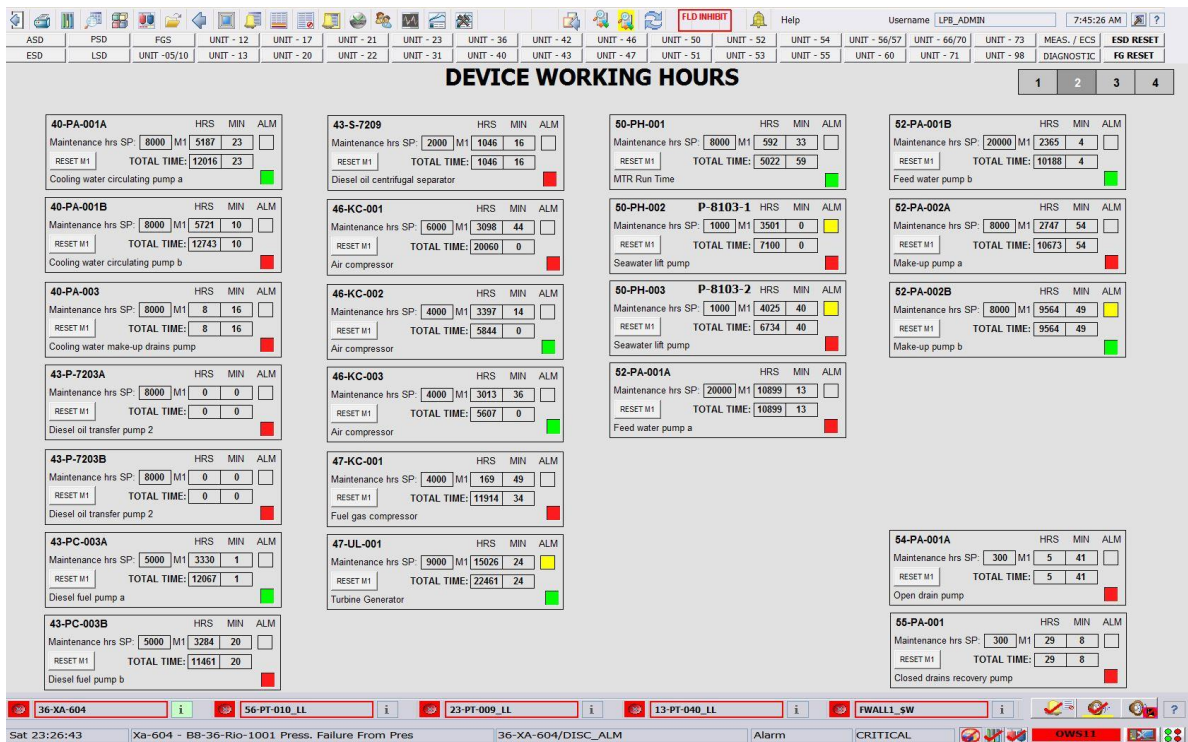
Przykładem tego jest rysunek 20 przedstawiający opracowane strategie obsługi urządzeń oparte o liczniki. Dodatkowo opracowano i dodano autorską transakcję ZPM_LICZ we wdrożonym systemie, która umożliwi manualne wprowadzenie stanu licznika danego lub danych urządzeń do systemu SAP PM.



Plan obsługi	Tekst planu obsługi	Strat.
800010006671	POTABLE WATER DISTRIBUTION PUMP B	LPBRBH
800010006893	HIGH PRESSURE INJECTION PUMP	LPBRBH
800010006891	HIGH PRESSURE INJECTION PUMP	LPBRBH
800010006892	HIGH PRESSURE INJECTION PUMP	LPBRBH
800010006670	POTABLE WATER DISTRIBUTION PUMP A	LPBRBH
800010006696	HIGH PRESSURE INJECTION PUMP	LPBRBH
800010006653	2nd STAGE COMPRESSOR OUTLET KO DRUM	LPBRBH
800010006652	3rd STAGE COMPRESSOR INLET KO DRUM	LPBRBH
800010006651	1st STAGE COMPRESSOR OUTLET KO DRUM	LPBRBH
800010006650	3rd STAGE COMPRESSOR OUTLET KO DRUM	LPBRBH
800010006649	1st STAGE COMPRESSOR INLET KO DRUM	LPBRBH
2638	HIGH PRESSURE INJECTION PUMP	LPBRBH
800010006894	HIGH PRESSURE INJECTION PUMP	LPBRBH
800010006695	HIGH PRESSURE INJECTION PUMP	LPBRBH
800010006895	HIGH PRESSURE INJECTION PUMP	LPBRBH
800010006641	CHEMICAL INJECTION SKID	LPBRBH
800010006642	METHANOL INJECTION PUMP	LPBRBH
800010006643	DEHYDRATOR PUMPS	LPBRBH
800010006644	DEHYDRATOR PUMPS	LPBRBH
800010006645	STABILIZED OIL EXPORT PUMPS	LPBRBH
800010006646	STABILIZED OIL EXPORT PUMPS	LPBRBH
800010006647	HP FLARE RECOVERY PUMP	LPBRBH
800010006648	LP FLARE RECOVERY PUMP	LPBRBH
800010006654	1st STAGE COMPR. OUTLET KO DRUM PUMP B	LPBRBH
800010006655	1st STAGE COMPR. INLET KO DRUM PUMP B	LPBRBH
800010006656	1st STAGE COMPR. OUTLET KO DRUM PUMP A	LPBRBH
800010006657	1st STAGE COMPR. INLET KO DRUM PUMP A	LPBRBH
800010006658	COOLING WATER CIRCULATING PUMP A	LPBRBH
800010006659	COOLING WATER CIRCULATING PUMP B	LPBRBH
800010006660	COOLING WATER MAKE-UP DRAINS PUMP	LPBRBH
800010006661	DIESEL FUEL PUMP A	LPBRBH
800010006662	DIESEL FUEL PUMP B	LPBRBH
800010006663	Diesel Generator 2	LPBRBH
800010006664	Diesel Generator 1	LPBRBH
800010006665	Diesel Generator 4	LPBRBH
800010006666	Diesel Generator 5	LPBRBH
800010006667	Diesel Generator 3	LPBRBH
800010006668	Steam Generator	LPBRBH
800010006669	Steam Generator	LPBRBH
800010006672	OPEN DRAIN PUMP	LPBRBH
800010006673	CLOSED DRAINS RECOVERY PUMP	LPBRBH
800010006674	NORTH CRANE	LPBRBH
800010006675	SOUTH CRANE	LPBRBH
800010006676	GAS COMPRESSOR SKID	LPBRBH
800010006677	EXISTING AIR COMPRESSOR	LPBRBH
800010006678	EXISTING AIR COMPRESSOR	LPBRBH
800010006679	AIR COMPRESSOR	LPBRBH
800010006680	MAIN POWER GENERATOR	LPBRBH
800010006681	CHEMICAL INJECTION SKID	LPBRBH

Rysunek 20. Lista strategii obsługi dla liczników [źródło: wdrożony system utrzymania ruchu]

Na rysunku 21 przedstawiono przykładowy stan liczników w systemie DCS. W ramach wdrażanego systemu opracowano sposób wymiany danych między systemem DCS działającym na platformie Petrobaltic, a systemem SAP PM. Wymiana polega na odczycie stanu roboczogodzin urządzeń pracujących na platformie Petrobaltic z systemu DCS. Następnie odczytane dane mają automatycznie zostać przesłane z częstotliwością raz na dobę o godzinie 00:00 do systemu SAP PM za pośrednictwem dedykowanej transakcji ZPM_IMPORT_LICZNIKOW.



Rysunek 21. Przykładowe liczniki urządzeń w systemie DCS [źródło: system DCS – odczyt liczników]

8. Zlecenia remontowe PM

Zlecenia remontowe PM odwzorowują rzeczywiste procesy zachodzące w obszarze gospodarki remontowej, rejestrując zarówno techniczną stronę realizacji remontu jak również jego koszty. Dokładnie mogą opisywać cel działań, zasoby konieczne do jego realizacji (materiały magazynowe, usługi obce, praca własna) i harmonogram realizacji całego zlecenia i poszczególnych operacji. Szczegółowe informacje dotyczące sposobu opisywania zleceń przedstawiono w tabeli 8. Zlecenie PM jako element w obszarze gospodarki remontowej wiąże ze sobą wiele istotnych informacji związanych z prowadzonymi pracami. Są to przede wszystkim:

- obiekty których dotyczą działania opisywane w zleceniach (lokalizacje funkcjonalne, urządzenia),
- koszty związane z poszczególnymi zleceniami (szacowane, planowane, rzeczywiste),
- opis prac do wykonania,
- materiały (magazynowe) związane z poszczególnymi operacjami,
- informacje związane z realizacją prac zaplanowanych w zleceniu (potwierdzenia, pobrania materiałów, zwroty, odbiór usług).

Zlecenia PM podlegają cyklowi przetwarzania, podczas którego ich stan jest oznaczany za pomocą statusu systemowego. Zlecenie PM, po utworzeniu, uzyskuje status „OTW” (otwarte) co umożliwia planowanie (przygotowanie) wszelkich informacji do jego dalszego przetwarzania. Następnie zlecenie PM podlega zatwierdzeniu i uzyskuje status „ZATW”. Od tego momentu

możliwe jest drukowanie zlecenia, pobranie materiałów i potwierdzanie realizacji prac. W zależności od ustawień, rezerwacje i zgłoszenia zapotrzebowania mogą powstawać automatycznie przy statusie „OTW” lub „ZATW”. Po zakończeniu prac zlecenie PM jest zamykane technicznie i uzyskuje status „ZTCH”, tzn. urządzenie jest sprawne po odbiorze. Wtedy zwalniane są wszystkie rezerwacje i zgłoszenia zapotrzebowania do zlecenia i nie jest już możliwe planowanie prac i materiałów oraz jego drukowanie. Po rozliczeniu zlecenie PM posiada saldo równe zero i tylko wtedy zlecenie może być zamknięte gospodarczo (finansowo). Uzyskuje wtedy status „ZAK” (zakończony). Od tego momentu możliwe jest jedynie jego wyświetlanie. W uzasadnionych przypadkach możliwe jest wycofanie zarówno statusu „ZTCH” jak i „ZAK”.

Tabela 8. Zawartość informacyjna zleceń [opracowanie własne]

Pole	Znaczenie	Rodzaj pola	Uwagi
Nr zlecenia	Nr zlecenia	Automat	Nr kolejny dokumentu zlecenia
Rodzaj zlecenia	Rodzaj wykonywanej pracy	Automat	Rozróżnienie rodzajów wykonywanych prac dla celów raportowych
Opis	Tytuł zlecenia	Obowiązkowe	Tekst identyfikujący wykonywaną pracę remontową
Status systemowy	Status zlecenia	Automat	Etap przetwarzania zlecenia
Obiekt odniesienia	Urządzenie i lokalizacja funkcjonalna w której urządzenie jest zainstalowane	Obowiązkowe (LF)	Obiekt odniesienia zlecenia – może to być zarówno lokalizacja funkcjonalna, urządzenie jak i w pewnych przypadkach zlecenie może być bez obiektu odniesienia
Rodzaj działania PM	Szczegółowy rodzaj wykonywanej pracy	Obowiązkowe	Szczegółowe rozróżnienie prac wykonywanych w ramach danego rodzaju zlecenia dla celów raportowych
Grupa planistów	Osoby w zakładzie planującym PM planujący prace remontowe	Obowiązkowe	Odpowiedni dział
Odpowiedzialny	Osoba odpowiedzialna na bazie loginu użytkownika SAP	Opcjonalne	Osoba prowadząca zadanie
Priorytet	Tryb wykonania prac	Opcjonalnie	Tryb określający czy zadanie ma charakter natychmiastowy, pilny czy normalny. Priorytet będzie przejęty z zawiadomienia awaryjnego.
Postój remontowy	Nr pozycji planu remontów	Opcjonalnie	Ręczne przypisanie zlecenia remontowego do pozycji planu remontów
Odpowiedzialne stanowisko robocze	Stanowisko odpowiedzialne	Obowiązkowe	Stanowisko odpowiedzialne za realizację zlecenia
Bazowe rozpoczęcie	Termin w jakim powinna rozpocząć się realizacja prac	Obowiązkowe	Wymagana data rozpoczęcia prac zwykle kopiowana z zawiadomienia
Bazowe zakończenie	Termin w jakim powinna zakończyć się realizacja prac	Opcjonalne	Wymagana data zakończenia prac zwykle kopiowana z zawiadomienia
Operacja	Opis wykonywanej czynności remontowej	Opcjonalne	Operacje w zleceniu powinny uszczegóławiać zadania remontowe przekazane w zawiadomieniu. Każda operacja będzie zawierała czas pracy (do kalkulacji), klucz sterujący i klucz tekstu będący niejako kodem operacji korespondującym z kodem zadania w zawiadomieniu.
Uwagi dotyczące wykonawstwa	Pole tekstowe – dodatkowe (128 znaków)	Opcjonalne	Pole dodatkowe

Pole	Znaczenie	Rodzaj pola	Uwagi
Wymagany protokół powykonawczy	Dwa znaki Tak lub Nie	Opcjonalne	Pole dodatkowe
Pobranie materiałów specjalistycznych/części zamiennych z magazynu LOTOS Petrobaltic S.A.	Dwa znaki Tak lub Nie	Opcjonalne	Pole dodatkowe
Kwalifikacja zagrożeń mogących wystąpić podczas realizacji zlecenia (zaznaczyć właściwe):	Dwa pola: przedmiot zlecenia nie zawiera substancji niebezpiecznych/pozostałości ropopochodnych, przedmiot zlecenia może zawierać substancje niebezpieczne/pozostałości ropopochodne (należy zapewnić)	Opcjonalne	Pole dodatkowe
Osoba odpowiedzialna	Pole tekstowe – 40 znaków	Opcjonalne	Pole dodatkowe

9. Lista części zamiennych

Celem skrócenia ewentualnych przestoju w pracy urządzeń podczas napraw / przeglądów dla nowo zainstalowanych urządzeń określono analizując dane dotyczące czasu dostawy, krytyczności urządzenia współpracującego oraz znaczenia dla platformy listę minimalnych stanów magazynowych. Było to podyktowane m.in. długim czasem dostawy podstawowych komponentów. Opracowano listę 759 części zamiennych, które zostały przypisane do poszczególnych urządzeń krytycznych. Części te sklasyfikowano również pod kątem grup materiałowych, które przedstawia tabela 9. Dla zapewnienia ciągłości wydobywania oraz bezpieczeństwa na platformie części te powinny być składowane na platformie.

Tabela 9. Lista grup materiałowych dla krytycznych części zamiennych [opracowanie własne]

Grupa materiałowa	Grupa indeksów	Kod grupy w SAP
Elektryczne	Kable	CZPEO
Elektryczne	Przetworniki	CZPEO
Elektryczne	Transformatory	CZPEO
Elektryczne	Silniki elektryczne	CZPEO
Elektryczne	Inne elektryczne, baterie, żarówki, taśmy izolacyjne itp.	CZPEO
Automatyka	Sterowniki	CZPAO
Hydrauliczne	Jednostki sterujące, agregaty	CZPHO
Mechaniczne	Części do pomp, sprężarek i innych urządzeń mechanicznych	CZPMO
Mechaniczne	Uszczelnienia	CZPMO
Mechaniczne	Silniki spalinowe	CZPMO
Mechaniczne	Turbiny	CZPMO
Mechaniczne	Agregaty hydrauliczne	CZPMO
Mechaniczne	Filtry	CZPMO
Mechaniczne	Inne mechaniczne np. łożyska	CZPMO
Armatura	Zawory	CZPRO

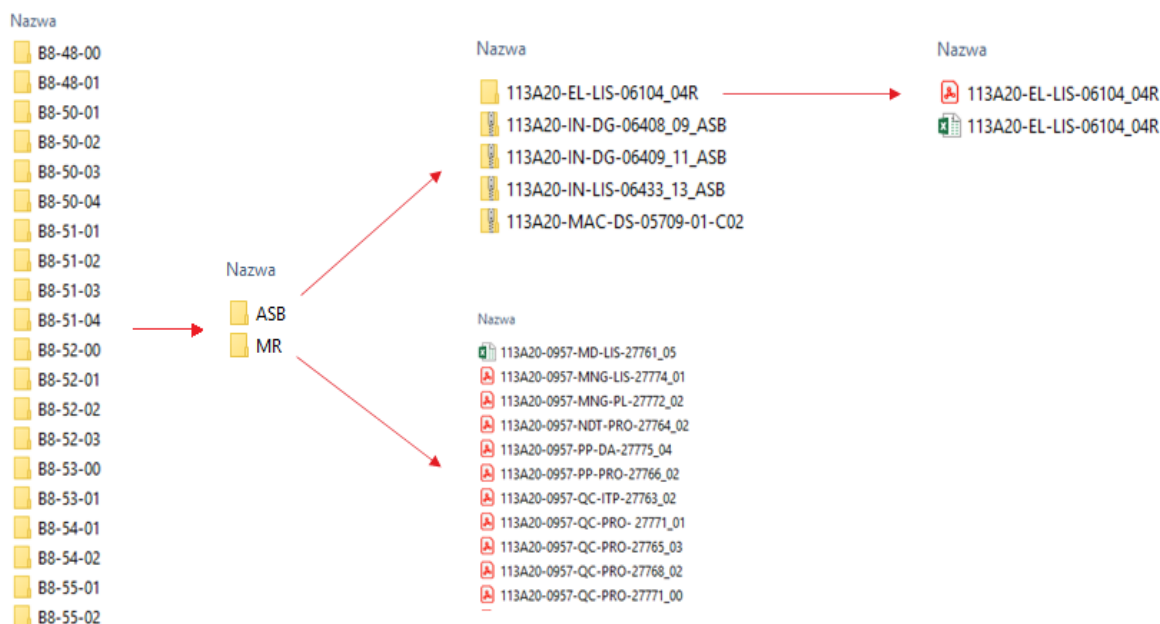
Grupa materiałowa	Grupa indeksów	Kod grupy w SAP
Armatura	Zasuwy	CZPRO
Armatura	Przepustnice	CZPRO
Armatura	Inna armatura	CZPRO
Artykuły kontrolno-pomiarowe	Chemiczne przyrządy pomiarowe	CZPKP
Artykuły kontrolno-pomiarowe	Elektroniczne przyrządy pomiarowe	CZPKP
Artykuły kontrolno-pomiarowe	Manometry/ termometry	CZPKP
Artykuły kontrolno-pomiarowe	Inne artykuły pomiarowe	CZPKP
Dźwigi, suwnice, wciągarki		CZPDZ
Paliwa, oleje, smary, płyny eksploatacyjne	Oleje, smary, płyny eksploatacyjne, ekolux	MPPOO
Chemia do systemów produkcyjnych (Geoservices, BHPS)		MPPCH
Odczynniki chemiczne	Testery	MPCHE
Odczynniki chemiczne	Odczynniki chemiczne	MPCHE
Artykuły chemiczne	Artykuły wyposażenia laboratorium, rurki pomiarowe, wirówki, butelki, kontenerki	MPCOP
Główce eksploatacyjne, zatłaczające i wraz z osprzętem sterującym (Control Line)	Główce powierzchniowe i podwodne	CZPGE
Elementy systemu przesyłowego	Rurociągi podwodne	CZPSP
Elementy systemu przesyłowego	Węże pływające	CZPSP
Elementy złączne	Śruby	CZMTZ
Elementy złączne	Nakrętki	CZMTZ
Elementy złączne	Podkładki	CZMTZ
Elementy złączne	Szpilki	CZMTZ
Sprzęt morski	Łodzie	CZPSM
Sprzęt morski	Tratwy/szalupy ratunkowe/kamizelki/pasy ratunkowe kombinezony/pławy świece dymne inne	CZPSM
Sprzęt morski	Sprzęt radiokomunikacyjny	CZPSM
Złom i odpady	Pozostałe (zużyte oleje, drewno, beczki itp.)	ZLPOZ



Grupa materiałowa	Grupa indeksów	Kod grupy w SAP
Odzież ochronna i robocza	Odzież	PN11
Odzież ochronna i robocza	Odzież ochronna dla pracowników	OOPRA
Sprzęt p.poż. i BHP		PN06
Sprzęt p.poż. i BHP	Artykuły medyczne	PN06
Farby		MPFAR
Gazy	Techniczne	MPGAZ
Narzędzia i art. warsztatowe	Młotki, klucze, szlifierki, wiertarki, myjki ciśnieniowe, wiertła, tarcze do szlifowania itp.	MPNRZ
Narzędzia i art. warsztatowe	Inne artykuły warsztatowe, chemia warsztatowa, kleje, silikony, utwardzacze, chemia do myjek	MPNRZ
Narzędzia i art. warsztatowe	Materiały spawalnicze, elektrody	MPNRZ
Węże	Gumowe, wysokociśnieniowe, przewody, do wody, powietrza, olejów, paliwa, płuczki itp.	CZPWE

10. Dokumentacja techniczna

Po analizie zgromadzonych danych przypisano dla każdej lokalizacji i podlokalizacji funkcjonalnej dokumentację projektową oraz powykonawczą „as build”. Sposób skatalogowania dokumentacji ułatwi proces szukania dokumentacji do bieżącej obsługi, ale także w przypadkach awaryjnych. Przykładowo, żeby znaleźć pełną dokumentację urządzenia wystarczy wpisać do systemu jego numer, który znajduje się na tabliczce znamionowej. Rysunek 22 obrazuje wycinek z takiej dokumentacji.



Rysunek 22. Schemat katalogu dokumentacji (wycinek) [opracowanie własne]

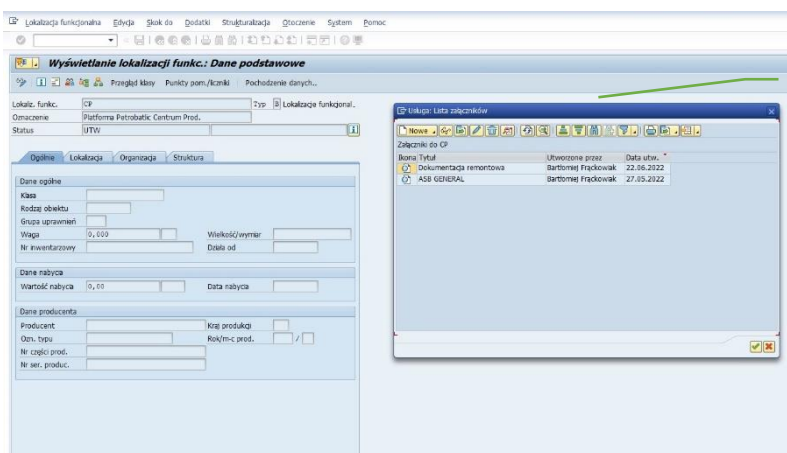
W miarę upływu czasu i serwisu poszczególnych urządzeń w danych lokalizacjach funkcjonalnych pojawi się dodatkowy folder „UR”. Na poniższych rysunkach zobrazowano ścieżkę dostępu do przykładowej dokumentacji, w tym przypadku z przeglądów rocznych Klasyfikatora jednostki. Przykładowy proces poszukiwania dokumentu przedstawiono na podstawie kluczowego dokumentu dla platformy tj. Klasy Jednostki wydanego przez Polski Rejestr Statków. Poszczególne kroki przedstawiono na rysunkach 23-26.



Należy wyświetlić drzewo lokalizacji funkcjonalnych

Rysunek 23. Drzewo lokalizacji funkcjonalnych [opracowanie własne]

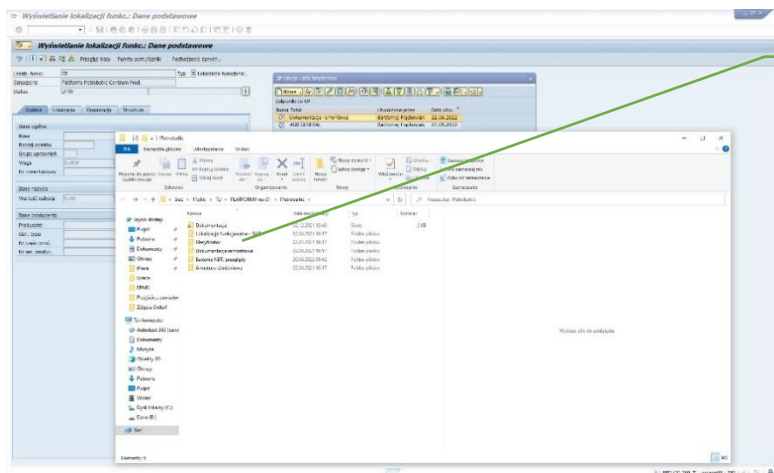
Kolejnym etapem jest wybór odpowiedniego pola, w tym przypadku główna lokalizacja czyli CP – Platforma Petrobaltic Centrum Produkcyjne. Przedstawiono na rysunku 24.



Uzyskuje się dostęp do załączników

Rysunek 24. Załączniki dla głównej lokalizacji funkcjonalnej CP [opracowanie własne]

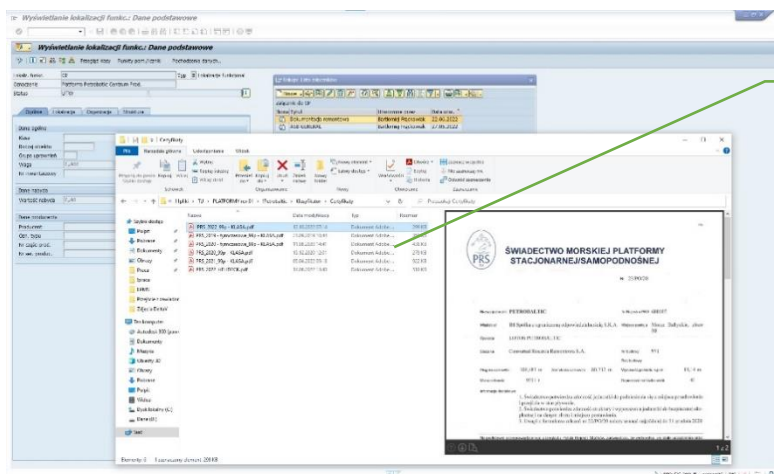
Po wybraniu dokumentacji remontowej przechodzi się do bazy dokumentacji z główną dokumentacją platformy co przedstawiono na rysunku 25.



Dostęp do dokumentacji klasyfikatora

Rysunek 25. Dokumentacja Klasyfikatora dla głównej lokalizacji funkcjonalnej CP [opracowanie własne]

Po wybraniu stosownego folderu otrzymujemy dostęp jak wskazano na rysunku 26.



Najnowsza rewizja dokumentu

Rysunek 26. Dokumentacja Klasyfikatora - Świadectwo Jednostki Morskiej [opracowanie własne]

11. Zmiany w dokumentacji

Opracowana i wprowadzona procedura przedstawia proces wprowadzania zmian do dokumentacji platform oraz modyfikacji istniejących dokumentów projektowych w ramach prowadzonych prac zleczanych Wykonawcom przez Przedsiębiorstwo zgodnie z przyjętymi na platformach standardach dokumentacji powykonawczej oraz finalnej. Rodzaje dokumentacji przedstawiono w tabeli 10.

Tabela 10. Rodzaje dokumentacji [opracowanie własne]

Skrót	Oznaczenie
Dokumentacja powykonawcza	Dokumentacja techniczna przebiegu prac z naniesionymi zmianami (Red-mark up'ami) dokonany w toku wykonywania robót oraz dokumentacją wymaganą przez zamawiającego.
Dokumenty ogólne	Są to dokumenty techniczne, które swoim zakresem obejmują znaczną część pozostałej dokumentacji; należy je zaktualizować w przypadku wystąpienia jakiegokolwiek modyfikacji/poprawki.
Finalna wersja dokumentu	Wersja as-build; dokumenty techniczne, które zostały zaktualizowane o najnowsze informacje; dokument zaktualizowany o naniesione poprawki na dokumentację powykonawczą.

Opis postępowania związanego z obiegiem dokumentacji przy realizacji zadań został opisany na schemacie na rysunku 27. Osoba realizująca zadanie (ORZ) to przedstawiciel Przedsiębiorstwa, który planuje, zleca, koordynuje i rozlicza realizację zadań wymagających zaprojektowania lub aktualizacji dokumentacji.

Zakres odpowiedzialności osoby realizującej zadanie:

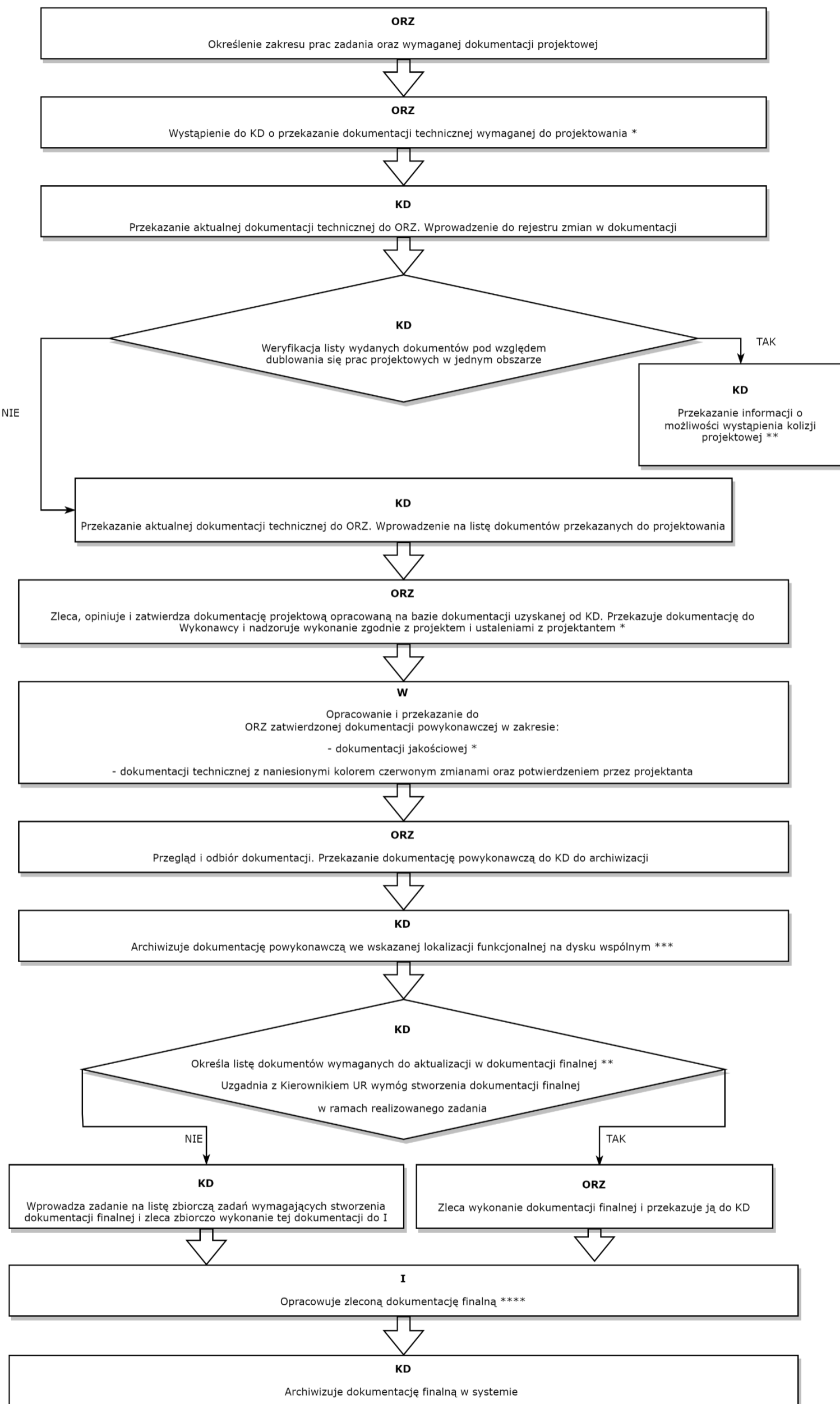
1. określenie, zlecenie i uzyskanie wymaganej dokumentacji projektowej,
2. określenie, zlecenie i uzyskanie wymaganej dokumentacji powykonawczej w tym dokumentacji jakościowej oraz dokumentacji projektowej z naniesionymi zmianami,
3. uzgadnianie wymogu aktualizacji dokumentacji do wersji finalnej w ramach realizacji zadania lub przeniesienia tego obowiązku do zbiorczego zestawienia zmian.

Kontroler dokumentacji (KD) to przedstawiciel Przedsiębiorstwa zarządzający procesem obiegu dokumentów pomiędzy osobami realizującymi zadania. Zakres odpowiedzialności kontrolera dokumentacji:

1. utrzymywanie aktualnej i archiwizację dokumentacji technicznej platform (dokumentacji projektowej, powykonawczej oraz jakościowej),
2. prowadzenie procesu wydawania dokumentacji do projektowania oraz realizacji prac osobom realizującym zadania w tym prowadzenie listy dokumentów wydanych i śledzenie dokumentacji pod kątem możliwości wystąpienia kolizji przy równoległym prowadzeniu prac projektowych,
3. prowadzenie zbiorczego zestawienia zmian.

Wykonawca (W) to realizujący prace wymagające aktualizacji dokumentacji.

Engineering (I) to firma projektowa, która projektuje modyfikacje/nowe instalacje i/lub aktualizuje dokumentację do finalnej wersji, a następnie, tak przygotowaną, dostarcza ORZ.



Rysunek 27. Schemat obiegu dokumentacji [opracowanie własne]



Na schemacie rysunku 27 elementy oznaczone „gwiazdką” oznaczają:

* Zakres wymaganej dokumentacji projektowej, jakościowej, powykonawczej oraz finalnej dla poszczególnych branż określany jest na podstawie rysunków 28-31. Określenie wymaganej dokumentacji dotyczy wszystkich branż ujętych w zakresie realizowanego zadania.

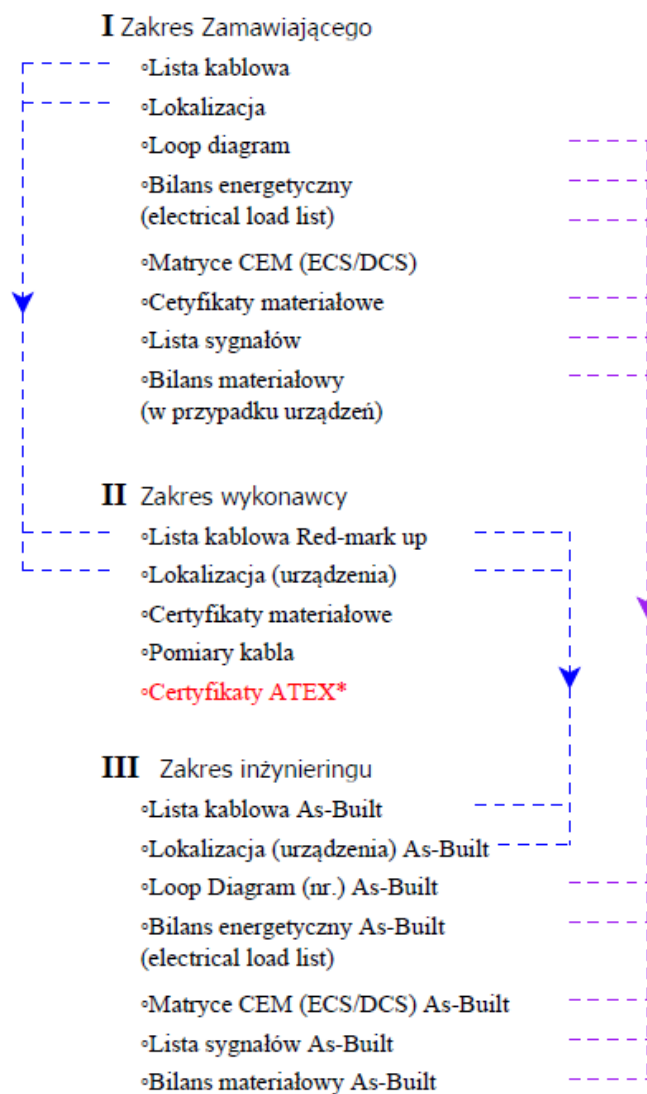
** W gestii osób realizujących zadania (ORZ) jest odpowiedzialność za uzgodnienia dot. ewentualnych kolizji.

*** Dokumentacja powykonawcza archiwizowana jest pod odpowiednią lokalizacją funkcjonalną (odpowiadającą miejscu wykonywania prac) w katalogu „dokumentacja remontowa” przypisaną do jednej z platform. W celu zarchiwizowania dokumentacji konieczne jest utworzenie katalogu pod nazwą „RRRR-MM-DD, nazwa wykonawcy, ogólny opis remontu, nr zawiadomienia SAP” urządzenia/rurociągu/kabla”.

**** Przygotowana dokumentacja opiniowana jest przez osoby realizujące zadania (ORZ) oraz kontrolera dokumentacji (KD).

Branża

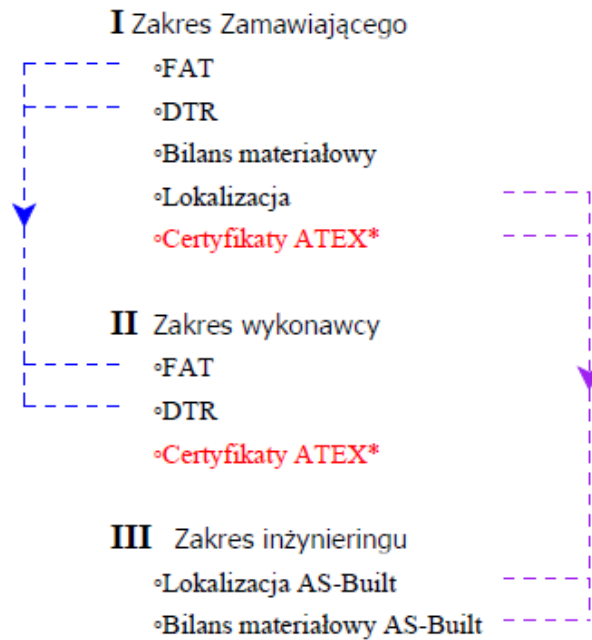
Elektryczno-Instrumentowa



*Gdy wymagane przez normy/przepisy

Rysunek 28. Zakres wymaganej dokumentacji dla branży elektryczno - instrumentowej [opracowanie własne]

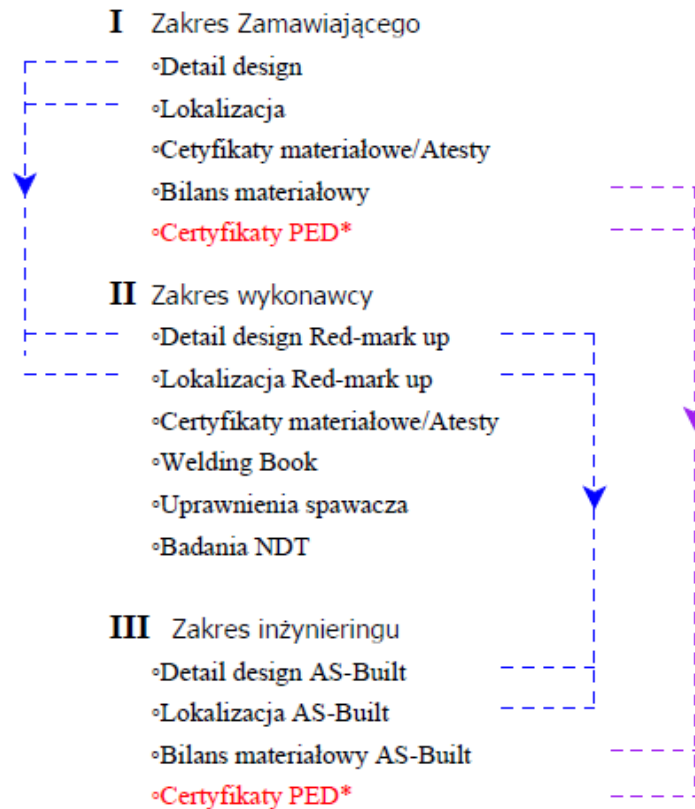
Branża Mechaniczna



*Gdy wymagane przez normy/przepisy

Rysunek 29. Zakres wymaganej dokumentacji dla branży mechanicznej [opracowanie własne]

Branża Strukturalna



*Gdy wymagane przez normy/przepisy

Rysunek 30. Zakres wymaganej dokumentacji dla branży strukturalnej [opracowanie własne]

Branża Hydrauliczna



*Gdy wymagane przez normy/przepisy

Rysunek 31. Zakres wymaganej dokumentacji dla branży hydraulicznej [opracowanie własne]

VI. DEMONSTRACJA WDROŻENIA

1. Zadania przeglądowne – zawiadomienia Z1

Prowadzenie bieżącej obsługi urządzeń ma na celu zapewnienie bezawaryjnej pracy instalacji technologicznych. Podstawowym dokumentem opisującym zasady i częstotliwość przeglądów jest Dokumentacja Techniczno-Ruchowa, zwana dalej DTR. Wszystkie urządzenia pracujące w systemach eksploatacyjnych muszą posiadać Karty Przeglądowe, na podstawie których przeprowadza się przeglądy. Na podstawie wprowadzonych danych z systemu SAP PM dla każdego urządzenia generowane są Karty Przeglądu zawierające takie informacje jak m.in.:

- numer zawiadomienia przeglądownego,
- datę zawiadomienia przeglądownego,
- numer lokalizacji funkcjonalnej,
- numer urządzenia (jeśli przewidziano w drzewie lokalizacji funkcjonalnych),
- opis prac do wykonania,
- wskazanie stanowiska roboczego odpowiedzialnego za realizację zadania.

Na podstawie Kart Przeglądu odpowiedzialny za stanowisko robocze Kierownik Obszaru minimum raz w tygodniu generuje w systemie SAP PM Karty Przeglądu przypisane do swojego obszaru do wykonania w następnym tygodniu i przydziela prace przeglądowne poszczególnym Pracownikom Funkcyjnym. Pracownicy Funkcyjni przeprowadzają przeglądy, a po zakończeniu przeglądu na koniec zmiany przekazują wypełnioną kartę ze statusem wykonanych prac do Kierownika Obszaru. Kierownik Obszaru wprowadza dane z Karty ze statusem wykonanych prac do systemu SAP PM i jeśli wymagane do dziennika maszynowego/pokładowego w terminie nie dłuższym niż 3 dni robocze od wykonania przeglądu.

Zawiadomienie jest podstawową formą przekazania informacji o przeglądzie, awarii, potrzebie remontowej, zrealizowanych pracach. Dla platformy Petrobaltic opracowano cztery podstawowe zawiadomienia przedstawione na rysunku 32.

Z1	LPB/Zawiad.przegląd
Z2	LPB/Zawiad.awaryjne
Z3	LPB/Zawiad.remontowe
Z4	LPB/Prot_wyk prac

Rysunek 32. Rodzaje zawiadomień [opracowanie własne]

Okna zawiadomień Z1, Z2, Z3, Z4 należało opracować ze szczególnym uwzględnieniem ich dalszego przeznaczenia oraz opracowanego na potrzeby zarządzania utrzymaniem ruchu ogólnego schematu blokowego realizacji przeglądów przedstawionego na rysunku 13. Szczegółowe parametry zawiadomienia przeglądownego Z1 przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. „Z1 – Zawiadomienie przeglądowe” – zawiadomienie to będzie generowane automatycznie przez system jako obiekt wywołania z planu obsługi [opracowanie własne]

Zawiadomienia rodzaju Z1		
Pole	Znaczenie	Uwagi
Zawiadomienie	Nr zawiadomienia	Nadawany wewnętrznie przez system numer zawiadomienia (osobne zakresy dla każdego rodzaju zawiadomienia)
Opis	Krótki opis zawiadomienia	Lapidarnie opisane zdarzenie, tworzone na podstawie pozycji planu.
Długi tekst opisu	Rozszerzony opis zawiadomienia	Pole może być wykorzystywane do szczegółowego opisu przeglądu (gdy zachodzi taka potrzeba) na podstawie pozycji planu.
Status systemowy	Status zawiadomienia nadawany przez system	Status określający aktualny etap przetwarzania zawiadomienia
Nr. zlec.	Numer zlecenia	Numer zlecenia związanego z danym zawiadomieniem.
Obiekt odniesienia	Urządzenie (nr SAP-owski) i lokalizacja funkcjonalna w której urządzenie jest zainstalowane	Obiekt odniesienia zawiadomienia – może to być zarówno lokalizacja funkcjonalna, urządzenie. Obiekt będzie kopiowany na podstawie pozycji planu obsługi.
Grupa planistów	Odpowiednik działu odpowiedzialnego za realizację zawiadomienia	Obiekt będzie kopiowany na podstawie pozycji planu obsługi.
Odpowiedzialne stanowisko robocze	Stanowisko realizujące prace	Obiekt będzie kopiowany na podstawie pozycji planu obsługi.
Data zawiadomienia	Data zgłoszenia	Data domyślnie ustawiona jest data i czas systemowy tworzenia zawiadomienia z możliwością modyfikacji.
Żądane rozpoczęcie	Termin rozpoczęcia prac	Wymagana data rozpoczęcia prac
Żądane zakończenie	Termin zakończenia prac	Wymagana data zakończenia prac
Pola dodatkowe 1	Pola tekstowe	Do wprowadzenia imiennie osób wykonujących (maksymalnie 4 nazwiska)
Pola dodatkowe 2	Pola tekstowe	Do wprowadzenia tekstu opisu uwagi – maksymalnie 128 znaków.

Rysunek 33 przedstawia urządzenia, dla których opracowano zawiadomienia Z1 – plany obsługi. Zawiadomienie Z1 może dotyczyć prac prewencyjnych zakładanych dla danego urządzenia jak i informować o upływającym terminie ważności certyfikatów lub atestów danego urządzenia.

Plan obsługi	Tekst planu obsługi	Plan obsługi	Tekst planu obsługi	Plan obsługi	Tekst planu obsługi	Plan obsługi	Tekst planu obsługi	Plan obsługi	Tekst planu obsługi
800010006461	CHEMICAL INJECTION SKID	800010006518	CLOSED DRAINS RECOVERY PUMP	800010006566	COMPRESSED GAS AFTERCOOLER SEPARATOR	800010006614	ELECTROCHLORINATOR	800010006691	NITROGEN RECEIVER
800010006471	CHEMICAL INJECTION SKID	800010006519	CLOSED DRAINS RECOVERY PUMP	800010006567	DEHYDRATED GAS COOLER	800010006615	ELECTROCHLORINATOR	800010006692	INSTRUMENT AIR VESSEL
800010006472	CHEMICAL INJECTION SKID	800010006520	1ST STAGE COMPRES. INLET K.O. DRUM PUMP	800010006568	DEHYDRATED GAS COOLER	800010006616	ELECTROCHLORINATOR LOCAL CONTROL PANEL	800010006693	SERVICE AIR VESSEL
800010006473	CHEMICAL INJECTION SKID	800010006521	1ST STAGE COMPRES. INLET K.O. DRUM PUMP	800010006569	REGENERATION GAS COMPRESSOR AFTERCOOLER	800010006617	DIESEL OIL CENTRIFUGAL SEPARATOR	800010006694	Start Air Tank
800010006474	CHEMICAL INJECTION SKID	800010006522	INFLATABLE LIFE RAFT	800010006570	REGENERATION GAS COMPRESSOR AFTERCOOLER	800010006618	DIESEL OIL CENTRIFUGAL SEPARATOR	800010006695	HIGH PRESSURE INJECTION PUMP
800010006475	METHANOL INJECTION SKID	800010006523	RIG SURVEY PRS	800010006571	THYRISTOR CONTROL PANEL	800010006619	DIESEL OIL CENTRIFUGAL SEPARATOR	800010006696	HIGH PRESSURE INJECTION PUMP
800010006476	GAS LAUNCHING TRAP	800010006524	1ST STAGE COMPRESSOR OUTLET K.O. DRUM	800010006572	THYRISTOR CONTROL PANEL	800010006641	CHEMICAL INJECTION SKID	800010006701	HIGH PRESSURE INJECTION PUMP
800010006477	GAS LAUNCHING TRAP	800010006525	1ST STAGE COMPRESSOR OUTLET K.O. DRUM	800010006573	THYRISTOR CONTROL PANEL	800010006642	METHANOL INJECTION PUMP	800010006741	LIFE BOAT
800010006478	TEST SEPARATOR	800010006526	SDV VALVE API - 10000 - CONTROL	800010006574	THYRISTOR CONTROL PANEL	800010006643	DEHYDRATOR PUMPS	800010006742	LIFE BOAT
800010006479	TEST SEPARATOR	800010006527	CLEAN AGENT SYSTEM SKID	800010006575	1ST STAGE COMPRESSOR INLET K.O. DRUM	800010006644	DEHYDRATOR PUMPS	800010006743	LIFE BOAT
800010006480	HP SEPARATOR	800010006528	COOLING WATER CIRCULATING PUMP	800010006576	1ST STAGE COMPRESSOR INLET K.O. DRUM	800010006645	STABILIZED OIL EXPORT PUMPS	800010006744	LIFE BOAT
800010006481	HP SEPARATOR	800010006529	COOLING WATER CIRCULATING PUMP	800010006577	1ST STAGE COMPRESSOR OUTLET K.O. DRUM	800010006646	STABILIZED OIL EXPORT PUMPS	800010006745	LIFE BOAT
800010006482	LP SEPARATOR	800010006530	CLEAN AGENT SYSTEM SKID	800010006578	1ST STAGE COMPRESSOR OUTLET K.O. DRUM	800010006647	HP FLARE RECOVERY PUMP	800010006746	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0012
800010006483	LP SEPARATOR	800010006531	CLEAN AGENT SYSTEM SKID	800010006579	2ND STAGE COMPRESSOR OUTLET K.O. DRUM	800010006648	LP FLARE RECOVERY PUMP	800010006747	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0013
800010006484	HP FLARE K.O. DRUM	800010006532	DEHYDRATOR PUMP	800010006580	2ND STAGE COMPRESSOR OUTLET K.O. DRUM	800010006649	1st STAGE COMPRESSOR INLET KO DRUM	800010006748	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0017
800010006485	HP FLARE K.O. DRUM	800010006533	DEHYDRATOR PUMP	800010006581	3RD STAGE COMPRESSOR INLET K.O. DRUM	800010006650	3rd STAGE COMPRESSOR OUTLET KO DRUM	800010006749	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0020
800010006486	LP FLARE K.O. DRUM	800010006534	FIRE HYDRANT & HOSE SURVEY	800010006582	3RD STAGE COMPRESSOR INLET K.O. DRUM	800010006651	1st STAGE COMPRESSOR OUTLET KO DRUM	800010006750	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0022
800010006487	LP FLARE K.O. DRUM	800010006535	CRANE CONTROL	800010006583	3RD STAGE COMPRESSOR OUTLET K.O. DRUM	800010006652	3rd STAGE COMPRESSOR INLET KO DRUM	800010006751	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0031
800010006488	COOLING WATER EXPANSION VESSEL	800010006536	STABILIZED OIL EXPORT PUMP A	800010006584	3RD STAGE COMPRESSOR OUTLET K.O. DRUM	800010006653	2nd STAGE COMPRESSOR OUTLET KO DRUM	800010006752	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0036
800010006489	COOLING WATER EXPANSION VESSEL	800010006537	STABILIZED OIL EXPORT PUMP A	800010006585	1ST STAGE COMPRESSOR OUTLET COOLER	800010006654	1st STAGE COMPR. OUTLET KO DRUM PUMP B	800010006753	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0040
800010006490	HP FUEL GAS ACCUMULATOR	800010006538	CRANE SURVEY PRS 5-YEARS	800010006586	2ND STAGE COMPRESSOR OUTLET COOLER	800010006655	1st STAGE COMPR. INLET KO DRUM PUMP B	800010006754	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0042
800010006491	HP FUEL GAS ACCUMULATOR	800010006539	CRANE SURVEY PRS 1-YEAR	800010006587	2ND STAGE COMPRESSOR OUTLET COOLER	800010006656	1st STAGE COMPR. OUTLET KO DRUM PUMP A	800010006755	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0043
800010006492	LP FUEL GAS ACCUMULATOR	800010006540	HP FLARE RECOVERY PUMP	800010006588	3ND STAGE COMPRESSOR OUTLET COOLER	800010006657	1st STAGE COMPR. INLET KO DRUM PUMP A	800010006756	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0046
800010006493	LP FUEL GAS ACCUMULATOR	800010006541	HP FLARE RECOVERY PUMP	800010006589	3ND STAGE COMPRESSOR OUTLET COOLER	800010006658	COOLING WATER CIRCULATING PUMP A	800010006757	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0047
800010006494	DRY AIR ACCUMULATOR	800010006542	LP FLARE RECOVERY PUMP	800010006590	4TH STAGE COMPRESSOR OUTLET COOLER	800010006659	COOLING WATER CIRCULATING PUMP B	800010006758	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0050
800010006495	DRY AIR ACCUMULATOR	800010006543	LP FLARE RECOVERY PUMP	800010006591	4TH STAGE COMPRESSOR OUTLET COOLER	800010006660	COOLING WATER MAKE-UP DRAINS PUMP	800010006759	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0051
800010006496	CLOSED DRAIN STORAGE TANK	800010006544	OIL DEHYDRATION SKID	800010006592	TG DIESEL FUEL PUMP	800010006661	DIESEL FUEL PUMP A	800010006760	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0052
800010006497	CLOSED DRAIN STORAGE TANK	800010006545	OIL DEHYDRATOR	800010006593	FIREFIGHTING SYSTEM	800010006662	DIESEL FUEL PUMP B	800010006761	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0052
800010006498	PRODUCED WATER BUFFER VESSEL	800010006546	OIL DEHYDRATION SKID	800010006594	SEAWATER / COOLING WATER HEAT EXCHANGER	800010006663	Diesel Generator 2	800010006762	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0060
800010006499	PRODUCED WATER BUFFER VESSEL	800010006547	GAS INLET SEPARATOR	800010006595	COOLING WATER MAKE-UP TANK	800010006664	Diesel Generator 1	800010006763	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0073
800010006500	NITROGEN GENERATION PACKAGE	800010006548	GAS INLET SEPARATOR	800010006596	COOLING WATER MAKE-UP TANK	800010006665	Diesel Generator 4	800010006764	PRESSURE SAFETY VALVE CP-0098
800010006501	NITROGEN GENERATION PACKAGE	800010006549	DRY GAS OUTLET FILTER	800010006597	FUEL GAS SKID	800010006666	Diesel Generator 5	800010006765	SUPPORT LIVING QUARTER
800010006502	EXPORT OIL HEATER	800010006550	DRY GAS OUTLET FILTER	800010006598	FUEL GAS SKID	800010006667	Diesel Generator 3	800010006766	SUPPORT LIVING QUARTER
800010006503	EXPORT OIL HEATER	800010006551	REGENERATION GAS SEPARATOR	800010006599	FUEL GAS SKID	800010006668	Steam Generator	800010006767	SUPPORT LIVING QUARTER
800010006504	HP SEPARATOR OIL HEATER	800010006552	REGENERATION GAS SEPARATOR	800010006600	FUEL GAS ELECTRICAL HEATERS	800010006669	Steam Generator	800010006768	SUPPORT LIVING QUARTER
800010006505	HP SEPARATOR OIL HEATER	800010006553	REGENERATION GAS ELECTRICAL HEATERS	800010006601	FUEL GAS ELECTRICAL HEATERS	800010006670	POTABLE WATER DISTRIBUTION PUMP A	800010006769	MAIN POWER GENERATOR
800010006506	TEST SEPARATOR OIL HEATER	800010006554	REGENERATION GAS ELECTRICAL HEATERS	800010006602	H.P. FUEL GAS ACCUMULATOR	800010006671	POTABLE WATER DISTRIBUTION PUMP B	800010006770	MAIN POWER GENERATOR
800010006507	TEST SEPARATOR OIL HEATER	800010006555	REGENERATION GAS ELECTRICAL HEATERS	800010006603	H.P. FUEL GAS ACCUMULATOR	800010006672	OPEN DRAIN PUMP	800010006771	MAIN POWER GENERATOR
800010006508	WATER CONDENSATION COOLER	800010006556	REGENERATION GAS ELECTRICAL HEATERS	800010006604	L.P. FUEL GAS ACCUMULATOR	800010006673	CLOSED DRAINS RECOVERY PUMP	800010006772	MAIN POWER GENERATOR
800010006509	WATER CONDENSATION COOLER	800010006557	REGENERATION GAS ELECTRICAL HEATERS	800010006605	L.P. FUEL GAS ACCUMULATOR	800010006674	NORTH CRANE	800010006773	MAIN POWER GENERATOR
800010006510	COOLING WATER DRAINS PUMP	800010006558	REGENERATION GAS ELECTRICAL HEATERS	800010006606	AIR COMPRESSOR	800010006675	SOUTH CRANE	800010006774	LEG CONSTRUCTION
800010006511	COOLING WATER DRAINS PUMP	800010006559	GAS / GAS HEAT EXCHANGER	800010006607	AIR COMPRESSOR	800010006676	GAS COMPRESSOR SKID	800010006775	LEG CONSTRUCTION
800010006512	PORTABLE WATER DISTRIBUTION PUMP	800010006560	GAS / GAS HEAT EXCHANGER	800010006608	AIR COMPRESSOR	800010006677	EXISTING AIR COMPRESSOR	800010006776	LEG CONSTRUCTION SURVEY
800010006513	PORTABLE WATER DISTRIBUTION PUMP	800010006561	REGENERATION GAS COOLER	800010006609	AIR COMPRESSOR	800010006678	EXISTING AIR COMPRESSOR	800010006811	Przeład EX U74 - Clean Agent 01
800010006514	LEGS MECHANISM	800010006562	REGENERATION GAS COOLER	800010006610	SEA WATER FILTER	800010006679	AIR COMPRESSOR	800010006812	Przeład EX U74 - Clean Agent 02
800010006515	HP INJECTION PUMP	800010006563	REGENERATION GAS COMPRESSOR A	800010006611	SEA WATER FILTER	800010006680	MAIN POWER GENERATOR	800010006813	Przeład EX U74 - Clean Agent 03
800010006516	OPEN DRAIN PUMP	800010006564	REGENERATION GAS COMPRESSOR B	800010006612	SEA WATER FILTER	800010006681	CHEMICAL INJECTION SKID	800010006814	Przeład EX U74 - Clean Agent 04
800010006517	OPEN DRAIN PUMP	800010006565	COMPRESSED GAS AFTERCOOLER SEPARATOR	800010006613	ELECTROCHLORINATOR	800010006691	NITROGEN RECEIVER	800010006815	Przeład EX U74 - Clean Agent 05

Rysunek 33. Urządzenia dla których opracowano zawiadomienia Z1 – przeglądowe [opracowanie własne]

Jeśli podczas przeglądu została stwierdzona niesprawność urządzenia lub wymagane jest podjęcie czynności serwisowych, Kierownik Obszaru generuje w systemie SAP PM odpowiednie zawiadomienie:

- Zawiadomienie Awaryjne Z2 – dotyczy awarii systemów/urządzeń krytycznych, mających wpływ na produkcję i/lub na pracę niewralgicznych systemów. W formularzu oznacza czy niesprawność wywołała przestój urządzenia, nadaje priorytet realizacji naprawy oraz czy naprawa zostanie zrealizowana przez załogę lub wymaga udziału Działu Utrzymania Ruchu Platform z użyciem serwisu zewnętrznego.
- Zawiadomienie Remontowe Z3 - dotyczy wszystkich potrzeb remontowych, które wymagają obsługi przez serwis zewnętrzny.
- Zawiadomienie Wykonanych Prac Z4 – dotyczy prac zrealizowanych tylko własnymi zasobami niezwiązane z poważną awarią systemów krytycznych i/lub mających wpływ na produkcję, pracę systemów.

W przypadku realizacji prac przez załogę na podstawie zawiadomień przeglądowych Z1, awaryjnych Z2 oraz zawiadomień z wykonanych prac Z4, do których wymagane jest użycie materiałów z magazynu przy pobraniu materiału podaje magazynierowi nr głównej lokalizacji funkcjonalnej obsługiwane urządzenie. Magazynier przy wydaniu/zgłoszeniu zapotrzebowania na wymagany materiał do realizacji zawiadomień przeglądowych (Z1) i/lub awaryjnych (Z2) i/lub wykonanych prac (Z4) przypisuje numer zlecenia remontowego dla danej lokalizacji funkcjonalnej.

W przypadku konieczności realizacji prac naprawczych zgłoszonych zawiadomieniem Z2 lub Z3 z wykorzystaniem Działu Utrzymania Ruchu Platform wraz z serwisem zewnętrznym Kierownik/Z-ca Kierownika Działu Utrzymania Ruchu Platform przydziela konkretne zawiadomienie do Specjalisty Technicznego. Specjalista Techniczny po przydzieleniu zawiadomienia Z2 lub Z3 sprawdza możliwość jego przydzielenia do istniejącego zlecenia remontowego PM lub zakłada nowe zlecenie remontowe PM. Specjalista Techniczny generując zlecenie remontowe określa rodzaje usług oraz materiałów wymaganych do zakontraktowania wraz z przewidywanymi kosztami.

Po usunięciu niesprawności zgłoszonych zawiadomieniem Z2 lub Z3 Kierownik Obszaru zleca wykonanie prób funkcjonalnych w celu stwierdzenia czy niesprawność została skutecznie usunięta. Po potwierdzeniu odbioru naprawy poawaryjnej przez Kierownika Platformy, Kierownik Obszaru zamyka zawiadomienie awaryjne Z2 lub remontowe Z3. Po zamknięciu zawiadomienia awaryjnego Z2 lub remontowego Z3 Specjalista Techniczny dokonuje zamknięcia technicznego Zlecenia Remontowego PM. Po rozliczeniu księgowym kosztów wszystkich zadań realizowanych w ramach Zlecenia Remontowego PM Specjalista Techniczny dokonuje jego zamknięcia gospodarczego.

Raz w miesiącu Dział Utrzymania Ruchu Platform wspólnie z Kierownikiem Platformy dokonuje przeglądu stopnia realizacji zawiadomień Z1, Z2, Z3, Z4 oraz zleceń remontowych.

2. Zawiadomienia awaryjne Z2 / remontowe Z3 / wykonanych prac Z4

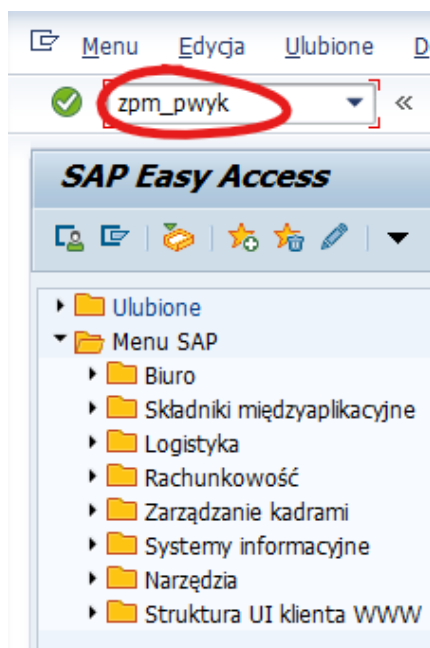
Zawiadomienie jest podstawową formą przekazania informacji o przeglądzie, awarii, potrzebie remontowej, zrealizowanych pracach. Dla platformy Petrobaltic opracowano cztery podstawowe zawiadomienia przedstawione na rysunku 34.

Z1	LPB/Zawiad.przeгляд
Z2	LPB/Zawiad.awaryjne
Z3	LPB/Zawiad.remontowe
Z4	LPB/Prot_wyk prac

Rysunek 34. Rodzaje zawiadomień [opracowanie własne]

Na potrzeby wdrażanego rozwiązania konieczne było opracowanie innowacyjnej transakcji „zpm_pwyk” pozwalającej na podgląd wszystkich wcześniej opracowanych zawiadomień wraz z możliwością ich zestawiania, edycji oraz druku. Szczegółowy opis zasad postępowania przedstawiono poniżej.

- a) W polu polecenia należy wpisać – zpm_pwyk i zatwierdzić, co przedstawiono na rysunku 35.



Rysunek 35. Wywołanie transakcji ZPM_PWYK [opracowanie własne]

- b) po tym kroku automatycznie po uruchomieniu w ZPM_PWYK zostaną wyświetlone pola wyspecyfikowania raportu jak na rysunku 36.

Rysunek 36. Kryteria określające wygenerowanie raportu [opracowanie własne]

Wskazane na rysunku 36 pole „grupa planistów” służy do określenia platformy, której zlecenia mają zostać wyświetlone. Na etapie tworzenia transakcji „zpm_pwyk” przewidziano możliwość rozbudowy wdrażanego systemu o kolejne platformy i zostały one skatalogowane jako:

- EM – Baltic Beta,
- CP – Petrobaltic,
- LP – Lotos Petrobaltic,
- PG – Petro Giant.

Data zawiadomienia określa, kiedy zostało utworzone zawiadomienie. Rodzaj zawiadomienia określa zaszeregowanie zawiadomienia względem technicznego zastosowania. Stworzono dwa warianty, tryb wyświetlania oraz zmiany / edycji.

1. Wyświetlanie zawiadomień

W tym trybie ta transakcja uruchamia się domyślnie. Aby wyświetlić szczegóły zawiadomienia wystarczy wywołać numer zawiadomienia jak pokazano na rysunku 37.

WRdz	Stat. sys.	Zawiadomienie
Z1	ZAWD	7100147956

Rysunek 37. Okno wyboru pojedynczego zawiadomienia [opracowanie własne]

Możliwe jest także drukowanie wyznaczonych zawiadomień jak wskazano na rysunku 38. Aby wydrukować prace do wykonania należy zaznaczyć konkretne wiersze. Następnie należy wybrać polecenie druku zaznaczonych obiektów.

Z1	ZAWD	7100146350	800010006536	30.09.2020	Mec Equip	20011333	B8-22-PA-001B	"Sprawdzić poziom"
Z1	ZAWD	7100146349	800010006536	30.09.2020	Mec Equip	20011334	B8-22-PA-001A	"Sprawdzić poziom"
Z1	ZAWD	7100145537	800010006502	28.09.2020	Mec Equip	40001816	B8-22-HA-001	"Inspekcja zewnętrzna"
Z1	ZAWD	7100145737	800010006484	24.09.2020	Mechanical Equipment	20011377	B8-23-VN-001	"Inspekcja zewnętrzna"
Z1	ZAWD	7100148715	800010006540	13.11.2020	Mechanical Equipment	20011376	B8-23-PA-001	"Sprawdzić poziom"
Z1	ZAWD	7100145534	800010006486	28.09.2020	Mec Equip	20011457	B8-23-VN-002	"Inspekcja zewnętrzna"
Z1	ZAWD	7100148716	800010006542	13.11.2020	Mec Equip	20011456	B8-23-PA-002	"Sprawdzić poziom"
Z1	WTZW	7100147173	800010006649	14.10.2020	Mec Equip	20011603	B8-36-VN-101	

Rysunek 38. Okno wyboru wielokrotnego [opracowanie własne]

Jeżeli pojawi się okno ustawień wydruku urządzeniem wyjściowym jest Default Printer. W przypadku wydruku do PDF należy wybrać zpdf. Okna pokazane na rysunku 39.

Urządzenie wyj.	Default Printer	
Urządzenie wyj.	zpdf	Drukowanie do plików PDF

Rysunek 39. Druk zawiadomień [opracowanie własne]

2. Zmiana zawiadomień

Aby przejść do trybu edycji należy przejść z trybu widoku „wyświetlanie” na tryb „zmiana”. Po wybraniu tej funkcji nagłówki ekranu zmieni się z

Wyświetlanie zawiadomień: Lista zawiadomień

na

Zmiana zawiadomień: Lista zawiadomień

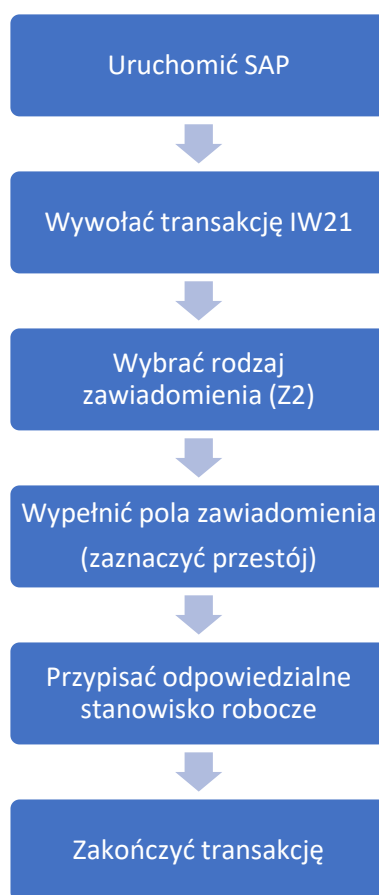
W ten sposób można rozpoznać aktualny tryb transakcji. Zmiana szczegółów zawiadomienia możliwa jest poprzez dwukrotne kliknięcie w nr zawiadomienia. Identycznie jak podczas wyświetlania. W tym trybie możliwa jest zmiana statusu zawiadomienia na „Przekazane do wykonania”. Zaleca się zmianę na ten status po przekazaniu listy prac do wykonania.

Okna zawiadomień Z1, Z2, Z3, Z4 należało opracować ze szczególnym uwzględnieniem ich dalszego przeznaczenia oraz opracowanego schematu blokowego zarządzania utrzymaniem ruchu uwzględniającego realizację zawiadomień przedstawionego na rysunku 13. Szczegółowe parametry zawiadomienia awaryjnego Z2 przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12. „Z2 – Zawiadomienie awaryjne” – zawiadomienie tworzone w celu opisanego awarii, usterki dla obiektu technicznego. Zawiadomienia te tworzone będą wyłącznie „ręcznie” [opracowanie własne]

Zawiadomienia rodzaju Z2		
Pole	Znaczenie	Uwagi
Zawiadomienie	Nr zawiadomienia	Nadawany wewnętrznie przez system numer zawiadomienia (osobne zakresy dla każdego rodzaju zawiadomienia)
Opis	Krótki opis zawiadomienia	Hasłowo opisane zdarzenie na obiekcie
Długi tekst opisu	Rozszerzony opis zawiadomienia	Pole może być wykorzystywane do szczegółowego opisu zdarzenia (gdy zachodzi taka potrzeba)
Status systemowy	Status zawiadomienia nadawany przez system	Status określający aktualny etap przetwarzania zawiadomienia
Nr. zlec.	Numer zlecenia	Numer zlecenia związanego z danym zawiadomieniem
Obiekt odniesienia	Urządzenie (nr SAP-owski) i lokalizacja funkcjonalna w której urządzenie jest zainstalowane	Obiekt odniesienia zawiadomienia – może to być zarówno lokalizacja funkcjonalna, urządzenie
Grupa planistów	Odpowiednik miejsca / działu odpowiedzialnego za realizację zawiadomienia	
Odpowiedzialne stanowisko robocze	Odpowiednik działu odpowiedzialnego	
Data zawiadomienia	Data zgłoszenia	Data zgłoszenia awarii (domyślnie ustawiona jest data i czas systemowy tworzenia zawiadomienia) z możliwością modyfikacji
Żądane rozpoczęcie	Termin w jakim powinna rozpocząć się realizacja prac	Wymagana data rozpoczęcia prac (można ustawić domyślnie jako datę utworzenia zawiadomienia)
Żądane zakończenie	Termin w jakim powinna zakończyć się realizacja prac	Wymagana data zakończenia prac (pole to można pozostawić niewypełnione)
Priorytet	Tryb wykonania prac	Tryb określający czy zadanie ma charakter natychmiastowy, pilny czy normalny
Początek zakłócenia	Data i godzina zatrzymania instalacji	Pole wypełniane tylko w przypadku rzeczywistego zatrzymania obiektu i jest to data i godzina zatrzymania instalacji
Koniec zakłócenia	Data i godzina uruchomienia instalacji	Pole wypełniane tylko w przypadku zatrzymania instalacji i jest to data i godzina przywrócenia ruchu produkcyjnego (moment uzyskania pierwszych produktów)
Przestój	Odnaczenie czy miało miejsce zatrzymanie instalacji	Pole wypełniane tylko w przypadku zatrzymania instalacji
Czas przestoju	Czas zatrzymania instalacji	Wartość tego pola wyliczana jest przez system na podstawie terminów początku i końca zakłócenia
Tekst uszkodzenia	Pole tekstowe	Do pełnego opisu uszkodzenia
Przyczyna uszkodzenia	Pole tekstowe	Do pełnego opisu przyczyny

Przebieg procedury przedstawiono na schemacie blokowanym na rysunku 41.

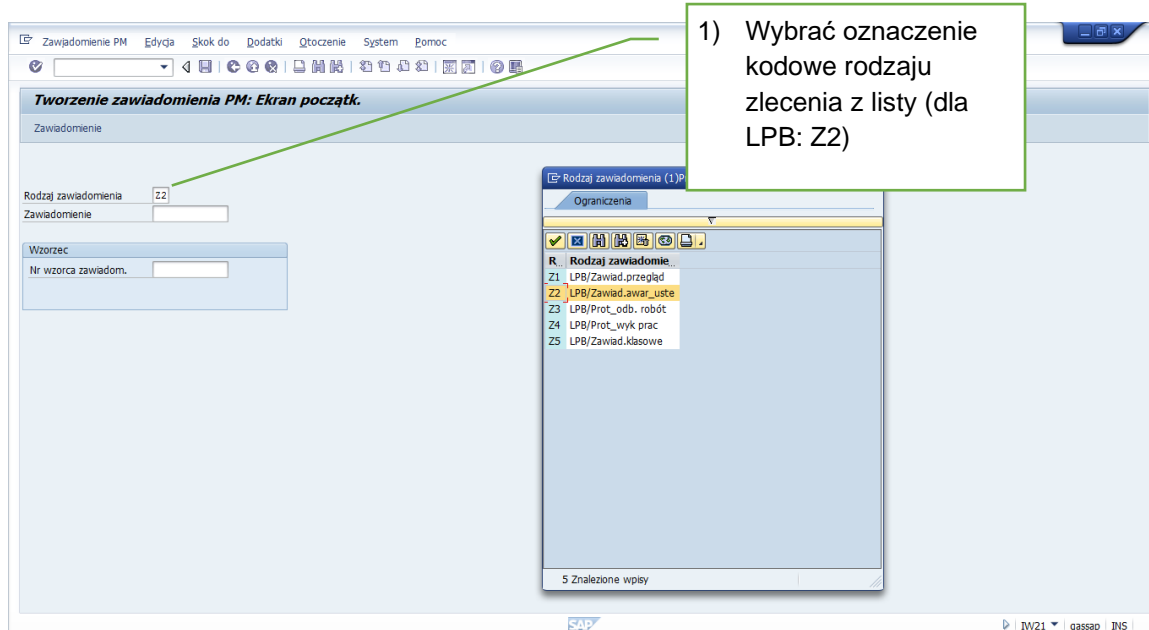


Rysunek 40. Przebieg procedury - zawiadomienia awaryjne Z2 [opracowanie własne]

Opis szczegółowy zakłada:

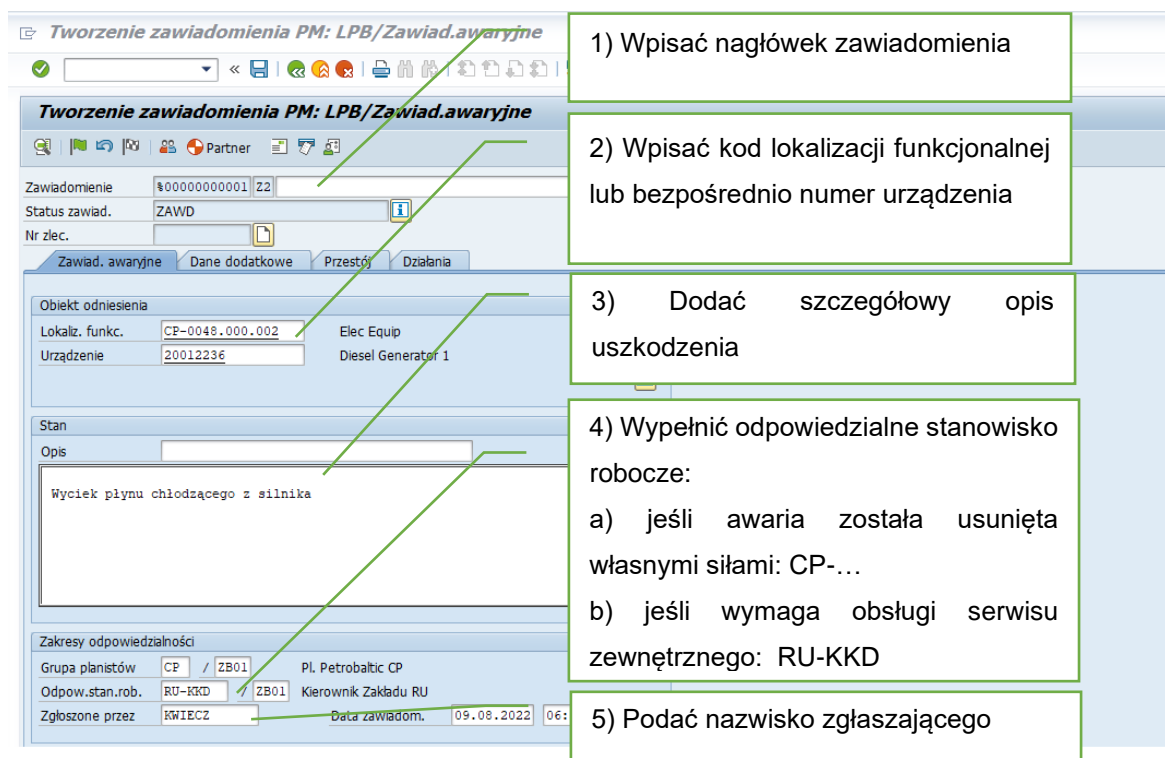
- a) Uruchomienie SAP i zalogowanie się do systemu.
- b) Wywołanie transakcji IW21 wpisując w Polu Poleceń lub wybierając z Menu SAP: Logistyka \ Gospodarka remontowa \ Przetwarzanie gospodarki remontowej \ Zawiadomienie \ IW21 – Tworzenie (Ogólnie).

Następnie należy przejść do ekranu "Tworzenie zawiadomienia PM: Ekran początkowy". Co przedstawiono na rysunku 42.



Rysunek 41. Tworzenie zawiadomienia PM – Z2: Ekran początkowy [opracowanie własne]

- c) Zatwierdzenie wyboru i przejście do okna „Tworzenie zawiadomienia PM: LPB / Zawiad.awaryjne”. Okno przedstawiono na rysunku 43.



Rysunek 42. Tworzenie zawiadomienia PM – Z2: LPB / Zawiadomienie awaryjne [opracowanie własne]

- d) Należy przewinąć stronę i wypełnić pozostałe dane jak wskazano na rysunku 44 i 45.

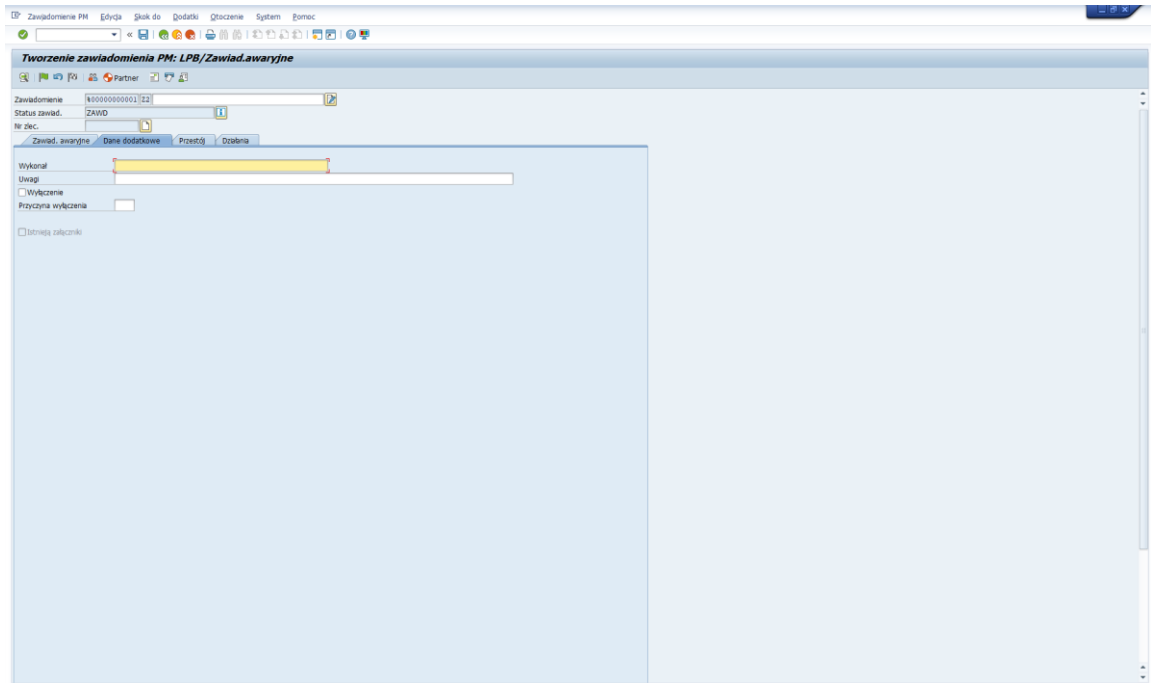
The screenshot shows the 'Tworzenie zawiadomienia PM: LPB/Zawiad.awaryjne' window. The 'Opis' field contains 'Wyciek płynu chłodzącego z silnika'. The 'Zakresy odpowiedzialności' section shows 'Grupa planistów: CP / ZB01', 'Odpow.stan.rob.: RU-KKD / ZB01', and 'Zgłoszone przez: KWIECZ'. The 'Terminy bazowe' section shows 'Żądane rozpocz.: 09.08.2022 06:54:33', 'Żądane zakończ.: 31.08.2022 00:00:00', and 'Priorytet: 2 Tryb pilny'. A callout box labeled '6) Podać żadaną datę zakończenia' points to the 'Data zawiadom.' field (09.08.2022 06:54:33). Another callout labeled '7) Wybrać priorytet' points to the 'Priorytet' dropdown menu. A third callout labeled '8) Zaznaczyć „Przestój” jeżeli takowy jest/był' points to the 'Przestój' checkbox.

Rysunek 43. Tworzenie zawiadomienia PM – Z2: LPB / Zawiadomienie awaryjne [opracowanie własne]

This screenshot is similar to Rysunek 43 but includes the 'Pozycja' section at the bottom. It contains fields for 'Opis uszk.', 'Tekst', and 'Tekst przyczyny'. A callout box labeled '9) Można wypełnić tekst przyczyny' points to the 'Tekst przyczyny' field. The 'Terminy bazowe' section remains the same as in Rysunek 43.

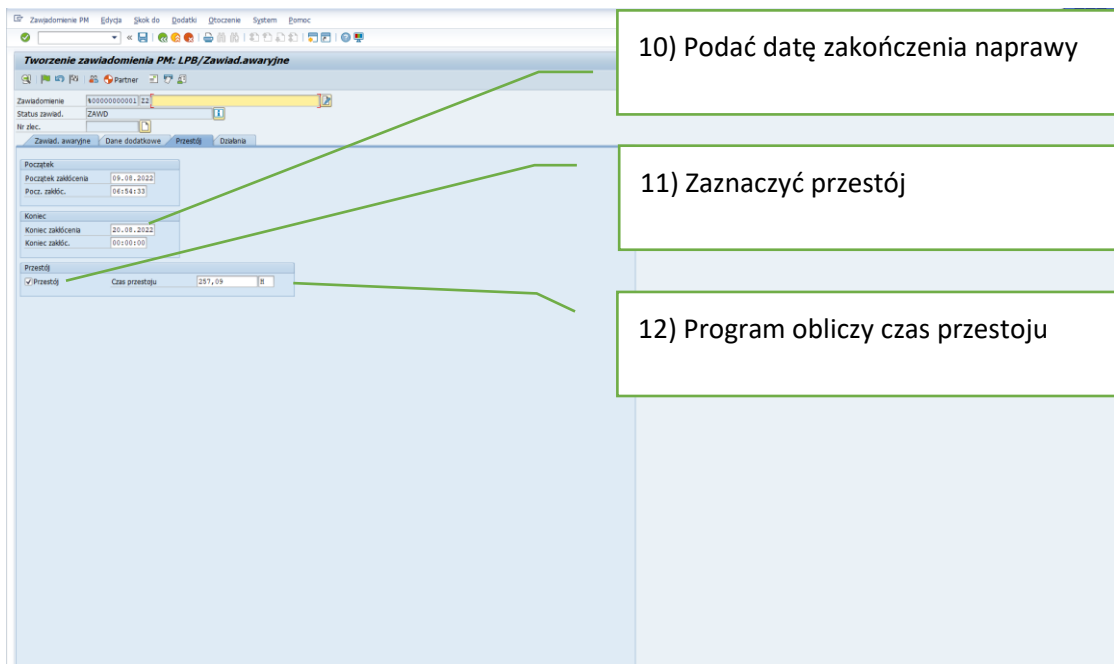
Rysunek 44. Tworzenie zawiadomienia PM – Z2: LPB / Zawiadomienie awaryjne [opracowanie własne]

- e) Jeśli awaria ma zostać usunięta przy udziale serwisu zewnętrznego to: zapisać zawiadomienie – zawiadomienie zostało utworzone. Jeśli awaria została usunięta siłami załogi to przejść do zakładki „Dane dodatkowe”. Jak wskazano na rysunku 46. Na pytanie: „Czy na nowo należy określić terminy” wybrać odpowiedź NIE.
- f) Podać osobę usuwającą uszkodzenie, ewentualne uwagi.



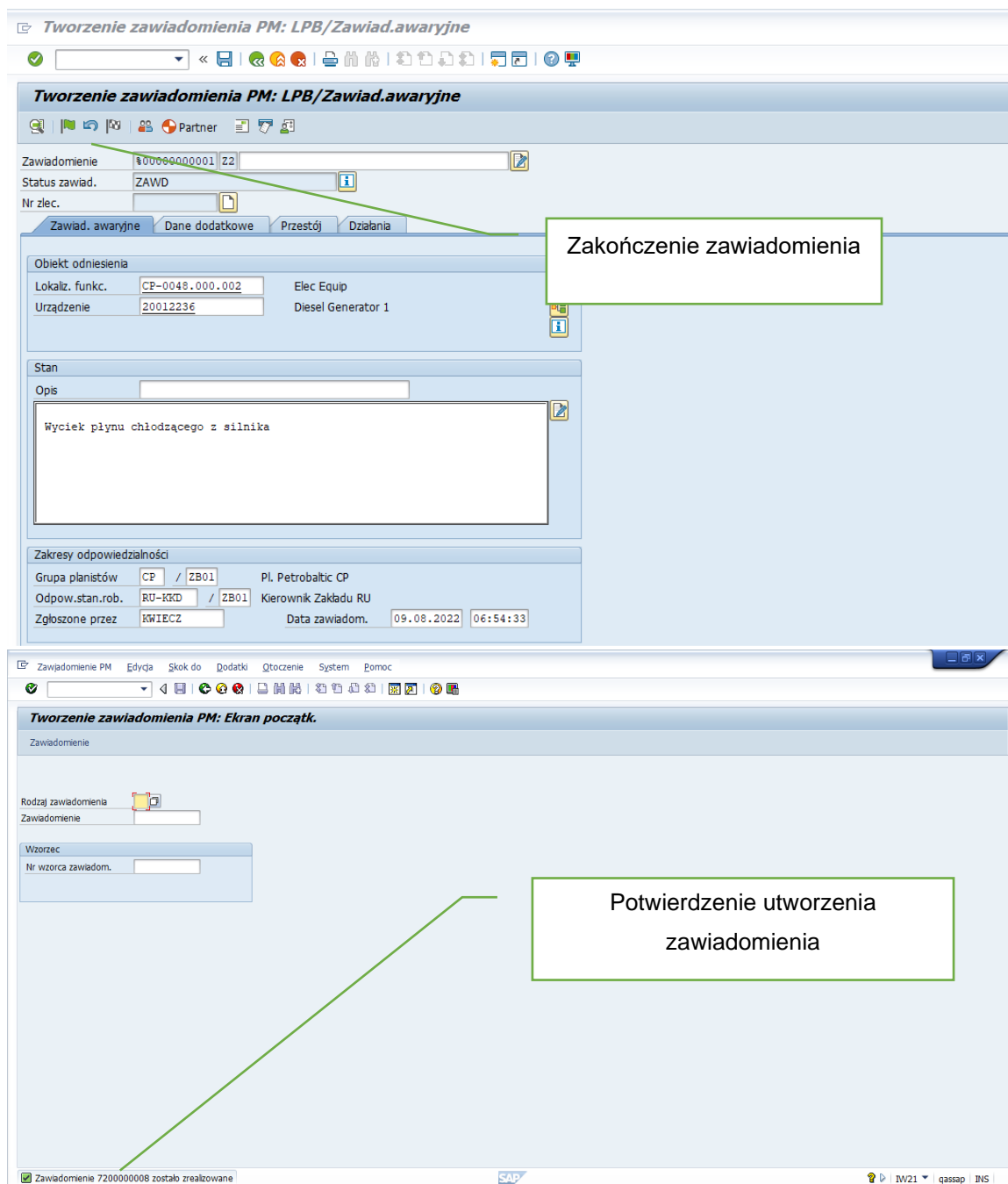
Rysunek 45. Tworzenie zawiadomienia PM – Z2: LPB / Zawiadomienie awaryjne - dane dodatkowe
[opracowanie własne]

- g) Należy przejść do zakładki „Przestój”. Wypełnić daty i godziny przestoju, jeżeli takowy wystąpił oraz zaznaczyć pole przestój jak przedstawiono na rysunku 47.



Rysunek 46. Tworzenie zawiadomienia PM – Z2: LPB / Zawiadomienie awaryjne - przestój [opracowanie własne]

- h) Zamknąć zawiadomienie klikając ikonę z flagą. Co pokazano na rysunku 48. Program generuje numer i potwierdzenie utworzenia zawiadomienia w pasku u dołu okna.



Rysunek 47. Tworzenie zawiadomienia PM – Z2: LPB / Zawiadomienie awaryjne - zamykanie zawiadomienia [opracowanie własne]

Okna zawiadomień Z1, Z2, Z3, Z4 należało opracować ze szczególnym uwzględnieniem ich dalszego przeznaczenia oraz opracowanego schematu blokowego zarządzania utrzymaniem ruchu uwzględniającego realizację zawiadomień przedstawionego na rysunku 13. Szczegółowe parametry zawiadomienia remontowego Z3 przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13. „Z3 – Zawiadomienie remontowe” – zawiadomienie tworzone w celu zgłoszenia potrzeby remontowej – nie związane z awarią urządzenia. Zawiadomienia te tworzone będą wyłącznie „ręcznie” [opracowanie własne]

Zawiadomienia rodzaju Z3		
Pole	Znaczenie	Uwagi
Zawiadomienie	Nr zawiadomienia	Nadawany wewnętrznie przez system numer zawiadomienia (osobne zakresy dla każdego rodzaju zawiadomienia)
Opis	Krótki opis zawiadomienia	Hasłowo opisane zdarzenie na obiekcie
Długi tekst opisu	Rozszerzony opis zawiadomienia	Pole może być wykorzystywane do szczegółowego opisu remontu (gdy zachodzi taka potrzeba)
Status systemowy	Status zawiadomienia nadawany przez system	Status określający aktualny etap przetwarzania zawiadomienia
Nr. zlec.	Numer zlecenia	Numer zlecenia związanego z danym zawiadomieniem
Obiekt odniesienia	Urządzenie (nr SAP-owski) i lokalizacja funkcjonalna w której urządzenie jest zainstalowane	Obiekt odniesienia zawiadomienia – może to być zarówno lokalizacja funkcjonalna, urządzenie
Grupa planistów	Odpowiednik miejsca / działu odpowiedzialnego za realizację zawiadomienia	
Odpowiedzialne stanowisko robocze	Odpowiednik działu odpowiedzialnego	
Data zawiadomienia	Data zgłoszenia	Data zgłoszenia potrzeby remontowej (domyślnie ustawiona jest data i czas systemowy tworzenia zawiadomienia) z możliwością modyfikacji
Żądane rozpoczęcie	Termin w jakim powinna rozpocząć się realizacja prac	Wymagana data rozpoczęcia prac (można ustawić domyślnie jako datę utworzenia zawiadomienia)
Żądane zakończenie	Termin w jakim powinna zakończyć się realizacja prac	Wymagana data zakończenia prac (pole to można pozostawić niewypełnione)
Priorytet	Tryb wykonania prac	Tryb określający czy zadanie ma charakter natychmiastowy, pilny czy normalny

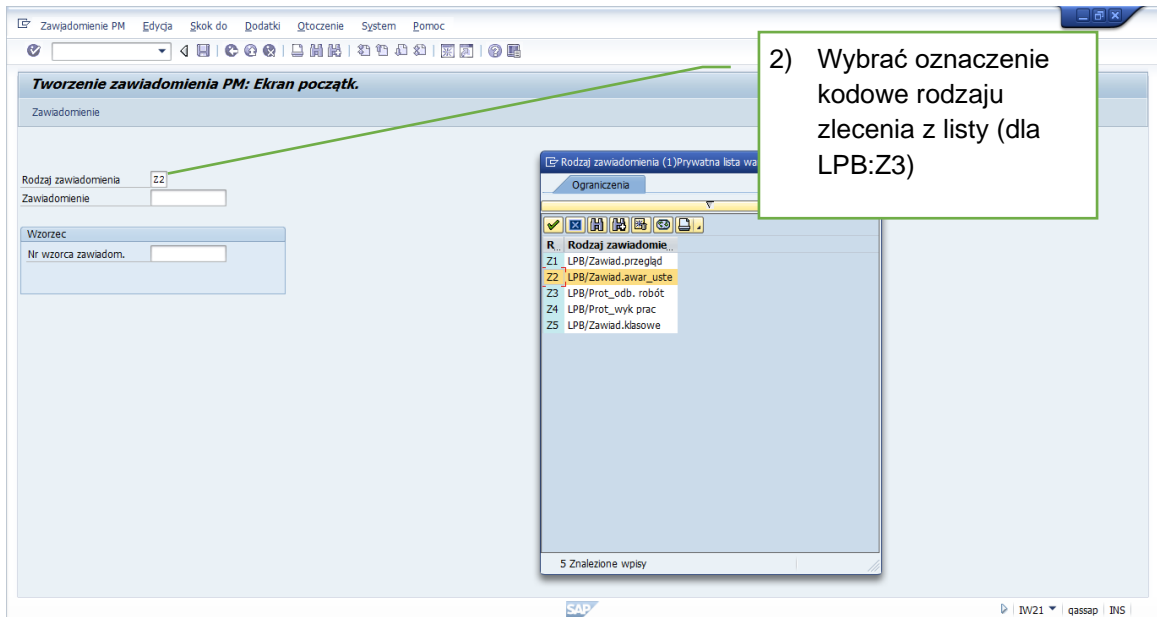
Przebieg procedury przedstawiono na schemacie blokowanym na rysunku 49.



Rysunek 48. Przebieg procedury - zawiadomienie remontowe Z3 [opracowanie własne]

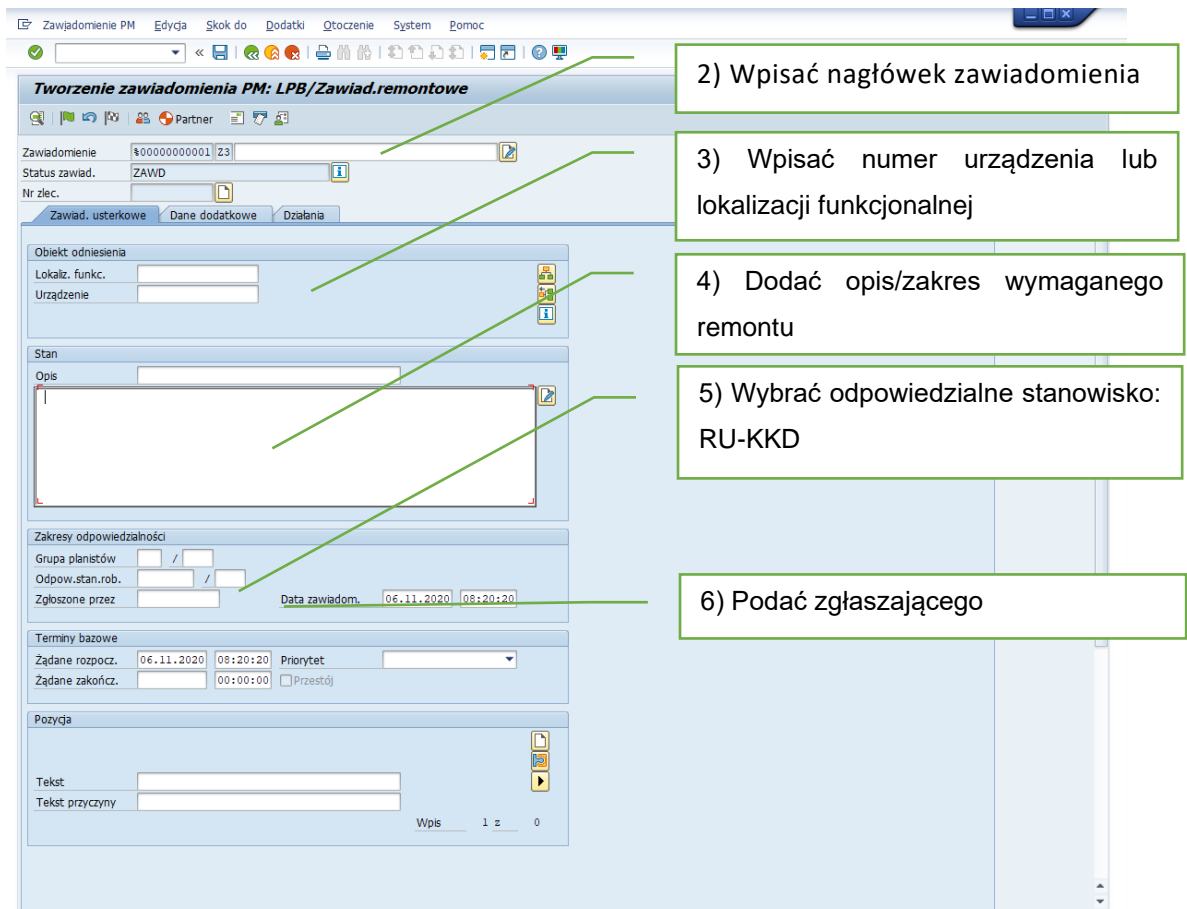
Opis szczegółowy zakłada:

- a) Uruchomienie SAP i zalogowanie się do systemu
- b) Wywołanie transakcji IW21 wpisując w Polu Poleceń lub wybierając z Menu SAP: Logistyka \ Gospodarka remontowa \ Przetwarzanie gospodarki remontowej \ Zawiadomienie \ IW21 – Tworzenie (Ogólnie). Następnie należy przejść do ekranu "Tworzenie zawiadomienia PM: Ekran początkowy". Co przedstawiono na rysunku 50.



Rysunek 49. Tworzenie zawiadomienia PM – Z3: Ekran początkowy [opracowanie własne]

- c) Po zatwierdzeniu przejdziemy do okna „Tworzenie zawiadomienia PM: LPB /Zawiad. remontowe” co wskazano na rysunku 51.



Rysunek 50. Tworzenie zawiadomienia PM – Z3: LPB / Zawiadomienie remontowe [opracowanie własne]

d) Wypełnić pozostałe dane zgodnie z rysunkiem 52.

The screenshot shows the SAP PM 'Tworzenie zawiadomienia PM: LPB/Zawiad.remontowe' interface. The form includes the following sections:

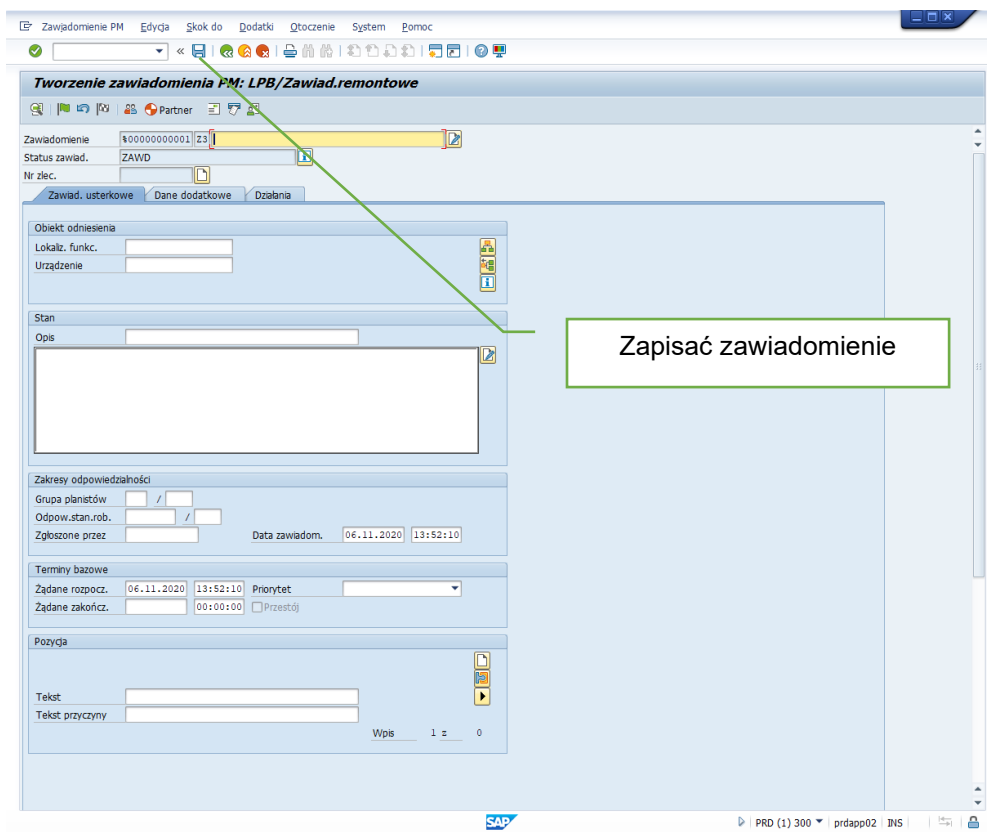
- Zawiadomienie:** \$0000000001 | Z3
- Status zawiad.:** ZAWD
- Nr zlec.:** [Empty]
- Obiekt odniesienia:** Lokaliz. funk., Urządzenie
- Stan:** Opis
- Zakresy odpowiedzialności:** Grupa planistów, Odpow.stan.rob., Zgłoszone przez, Data zawiadom. (06.11.2020 08:20:20)
- Terminy bazowe:** Żądane rozpocz. (06.11.2020 08:20:20), Żądane zakończ. (00:00:00), Priorytet, Przestój
- Pozycja:** Tekst, Tekst przyczyny

Two callout boxes with green borders and arrows point to specific fields:

- Box 7: Points to the 'Data zawiadom.' field. Text: "7) Podać wstępne daty możliwości rozpoczęcia i/lub zakończenia remontu"
- Box 8: Points to the 'Tekst przyczyny' field. Text: "8) Podać przyczynę remontu jeśli nie wskazano w opisie szczegółowym"

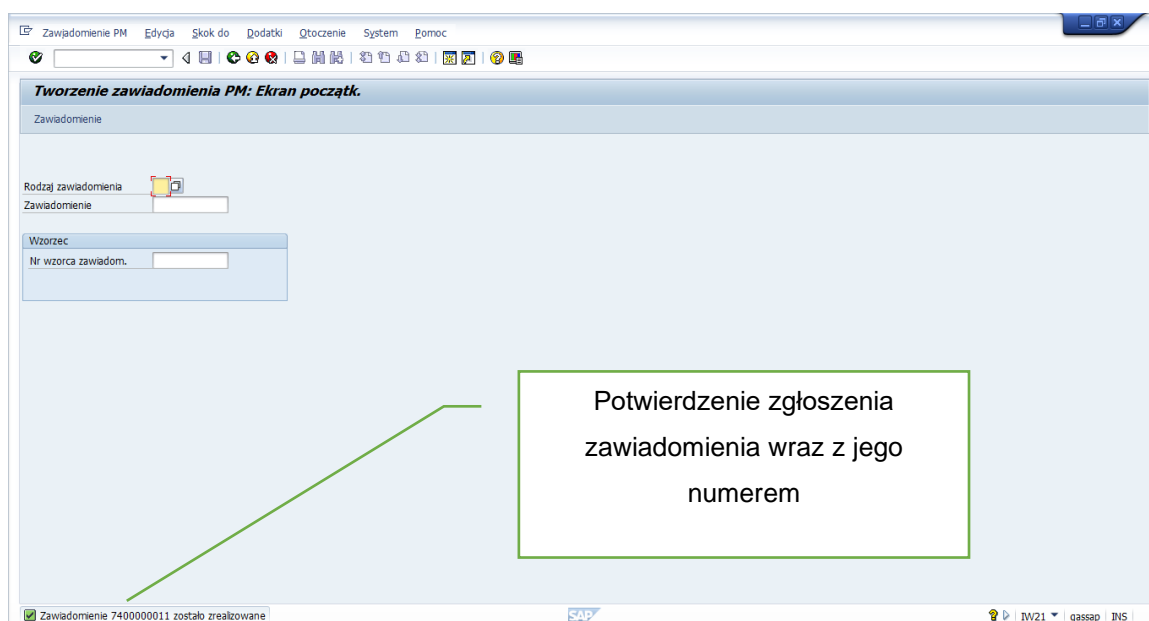
Rysunek 51. Tworzenie zawiadomienia PM – Z3: LPB / Zawiadomienie remontowe [opracowanie własne]

e) Zapisać zawiadomienie jak wskazano na rysunku 53.



Rysunek 52. Tworzenie zawiadomienia PM – Z3: LPB / Zawiadomienie remontowe
[opracowanie własne]

- f) Program generuje numer i potwierdzenie zrealizowanego zawiadomienia w pasku u dołu okna jak przedstawiono na rysunku 54.



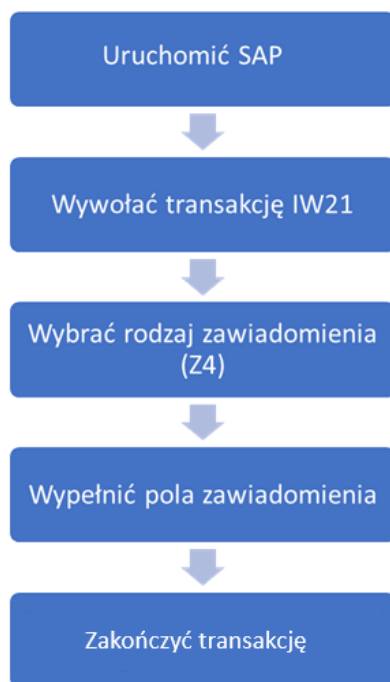
Rysunek 53. Tworzenie zawiadomienia PM – Z3: LPB / Zawiadomienie remontowe [opracowanie własne]

Okna zawiadomień Z1, Z2, Z3, Z4 należało opracować ze szczególnym uwzględnieniem ich dalszego przeznaczenia oraz opracowanego schematu blokowego zarządzania utrzymaniem ruchu uwzględniającego realizację zawiadomień przedstawionego na rysunku 13. Szczegółowe parametry zawiadomienia z protokołu wykonanych prac Z4 przedstawiono w tabeli 14.

Tabela 14. „Z4 – Protokół z wyk. prac” – w celu udokumentowania wykonanych prac wykonanych przez służby na platformach [opracowanie własne]

Zawiadomienie rodzaju Z4		
Pole	Znaczenie	Uwagi
Zawiadomienie	Nr zawiadomienia	Nadawany wewnętrznie przez system numer zawiadomienia
Opis	Krótki opis zawiadomienia	Hasłowo opisane zdarzenie na obiekcie
Długi tekst opisu	Rozszerzony opis zawiadomienia	Pole może być wykorzystywane do szczegółowego opisu wykonanych prac.
Status systemowy	Status zawiadomienia nadawany przez system	Status określający aktualny etap przetwarzania zawiadomienia
Nr. zlec.	Numer zlecenia	Numer zlecenia związanego z danym zawiadomieniem
Obiekt odniesienia	Urządzenie (nr SAP-owski) i lokalizacja funkcjonalna w której urządzenie jest zainstalowane	Obiekt odniesienia zawiadomienia – może to być zarówno lokalizacja funkcjonalna, urządzenie jak i w skrajnym przypadku zawiadomienie może być bez obiektu odniesienia
Odpowiedzialne stanowisko robocze	Odpowiednik działu odpowiedzialnego	Stanowisko odpowiedzialne za przygotowanie protokołu wg słownika bazy danych
Data zawiadomienia	Data wykonania	Data z możliwością modyfikacji

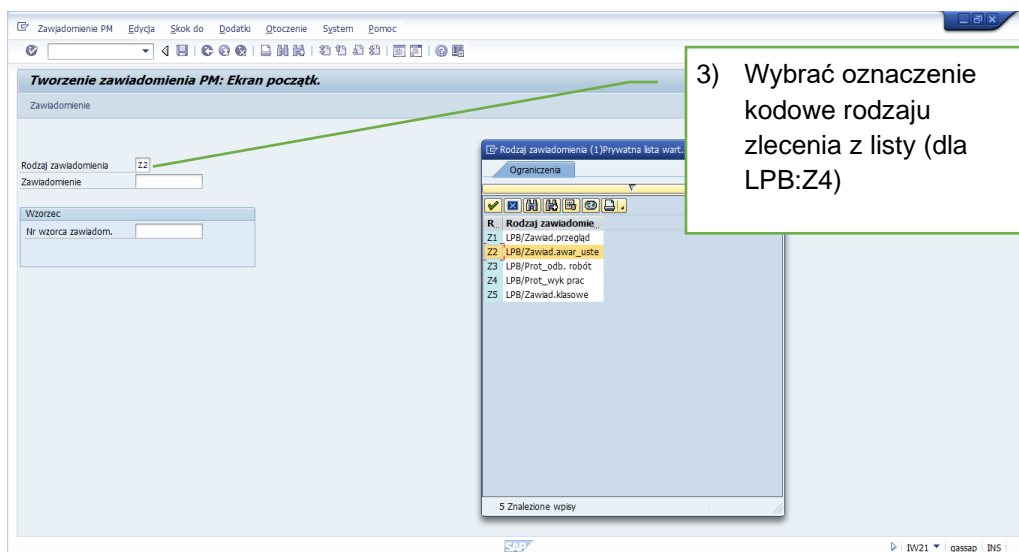
Przebieg procedury przedstawiono na schemacie na rysunku 55.



Rysunek 54. Przebieg procedury - zawiadomienie z prac dodatkowych Z4 [opracowanie własne]

Opis szczegółowy zakłada:

- Uruchomienie SAP i zalogowanie się do systemu
- Wywołanie transakcji IW21 wpisując w Polu Poleceń lub wybierając z Menu SAP: Logistyka \ Gospodarka remontowa \ Przetwarzanie gospodarki remontowej \ Zawiadomienie \ IW21 – Tworzenie (Ogólnie). Następnie należy przejść do ekranu "Tworzenie zawiadomienia PM: Ekran początkowy" zgodnie z rysunkiem 56.



Rysunek 55. Tworzenie zawiadomienia PM – Z4: Ekran początkowy [opracowanie własne]

- c) Po zatwierdzeniu przejdziemy do okna „Tworzenie zawiadomienia PM: LPB / Prot_wyk prac” co wskazano na rysunku 57.

The screenshot shows a software interface for creating a PM notification. The form is titled "Tworzenie zawiadomienia PM: LPB/Prot_wyk prac". It contains several sections: "Zawiadomienie" with fields for "Zawiadomienie" (value: N000000000124) and "Status zawiad." (value: ZAWID); "nr dec."; "Protokół" with tabs "Dane podstawowe" and "Dodatkowe"; "Obiekt adresowa" with fields for "Lokale funkc." (value: CP-0443_000_002), "Ekip Equip" (value: Diesel Generator 1), and "Urządzenie" (value: 20012234); "Zakres odpowiedzialności" with fields for "Grupa planów" (value: CP / 2011), "Pi Petrobralic CP", "Odpow.stan.nrb." (value: CP-W-2 / 2011), "Zgłoszenie przez" (value: 09.05.2012 07:17:44), and "Data zawiadom." (value: 09.05.2012 07:17:44); "Stan" with a "Wpisana przyczyna palisowego" field. Green lines connect numbered text boxes to these fields: 2) to "Zawiadomienie", 3) to "Lokale funkc.", 4) to "Odpow.stan.nrb.", 5) to "Zgłoszenie przez", and 6) to "Wpisana przyczyna palisowego".

2) Wpisać nagłówek zawiadomienia

3) Wpisać numer urządzenia lub lokalizacji funkcjonalnej

4) Wybrać odpowiedzialne stanowisko robocze: CP- ...

5) Podać zgłaszającego

6) Dodać opis uszkodzenia

Rysunek 56. Tworzenie zawiadomienia PM – Z4: LPB / Prace dodatkowe [opracowanie własne]

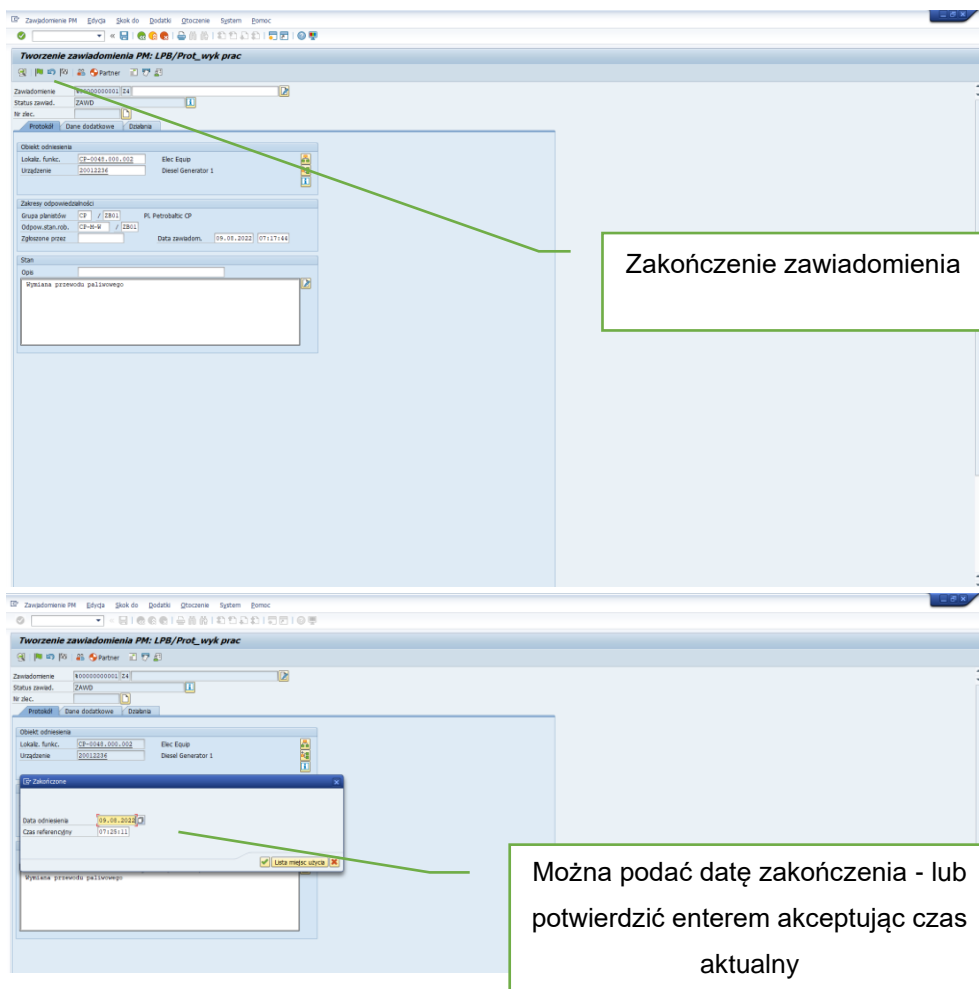
- d) Przewinąć stronę i wypełnić pozostałe dane jak wskazano na rysunku 58.

The screenshot shows the same software interface as in Figure 56, but with the "Wpisana przyczyna palisowego" field filled with the text "K. Czesni". A green line connects a text box with annotation 7) to this field. The text box contains: "7) Podać wykonawcę, dodać ewentualne uwagi".

7) Podać wykonawcę, dodać ewentualne uwagi

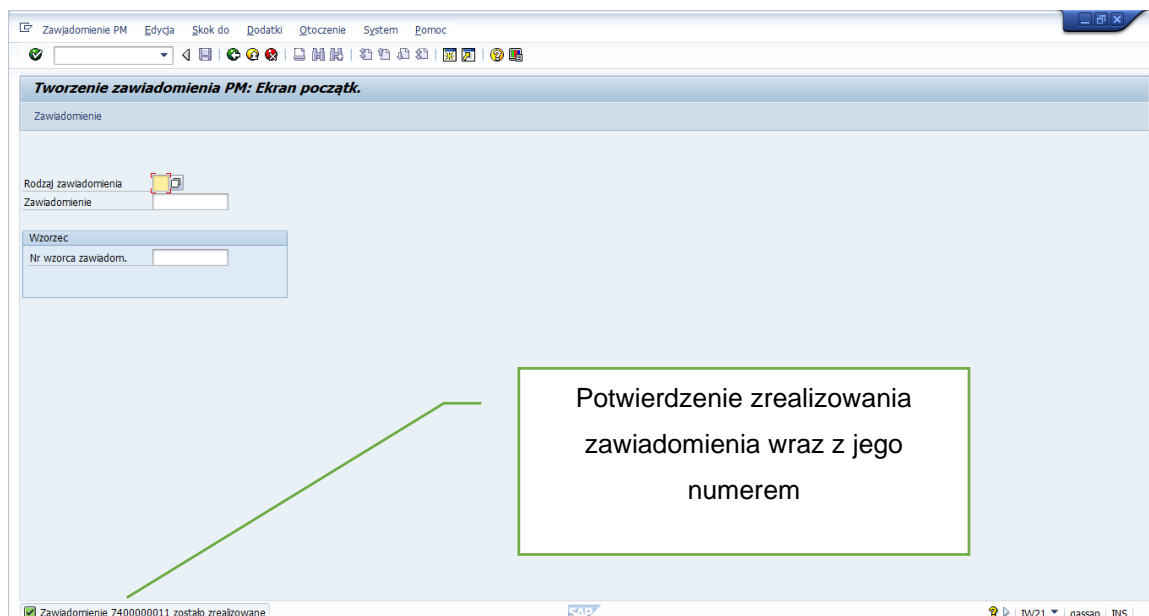
Rysunek 57. Tworzenie zawiadomienia PM – Z4: LPB / Prace dodatkowe [opracowanie własne]

- e) Zamknąć zawiadomienie jak przedstawiono na rysunku 59.



Rysunek 58. Tworzenie zawiadomienia PM – Z4: LPB / Prace dodatkowe [opracowanie własne]

- f) Program generuje numer i potwierdzenie zrealizowanego zawiadomienia w pasku u dołu okna co przedstawiono na rysunku 60.



Rysunek 59. Tworzenie zawiadomienia PM – Z4: LPB / Prace dodatkowe [opracowanie własne]

3. Przebieg procedury związanej z zawiadomieniami

Przykładowy proces realizacji zawiadomienia remontowego przedstawiono na rysunku 62. W pierwszej kolejności należy wygenerować zawiadomienie Z3 zgodnie z informacjami wskazanymi w tabeli 13.

The screenshot shows a software interface for managing maintenance orders. The main title is "Wyświetlanie zawiadomienia PM: LPB/Zawiad.remontowe". The interface is divided into several sections:

- System wygenerował numer zawiadomienia:** Points to the "Zawiadomienie" field containing "7300000831 Z3 Wykonać izolację termiczną filtra".
- Pracownik Utrzymania Ruchu przypisał / utworzył stosowne zlecenie remontowe PM:** Points to the "Nr zlec." field containing "170810003078".
- Pracownik Platformy określił obszar, w którym należy przeprowadzić prace:** Points to the "Lokaliz. funkc." field containing "CP-0050.003.006" and "SEAWATER FILTER SKID".
- Pracownik Platformy określił wstępny zakres prac:** Points to the "Opis" field containing the text: "18.07.2022 14:47:08 CET Krzysztof Wieczorek (KWIECZ) Zlecić wykończenie izolacji zespołu filtra automatycznego wody morskiej. Izolację wykonać za pomocą poduszek demontowalnych. W załączeniu zdjęcie."

Other visible fields include "Status zawiad." (PRZL WTYZW), "Zgłoszone przez" (KWIECZ), "Data zawiadom." (18.07.2022 14:43:37), and "Terminy bazowe" (Żądane rozpocz. 18.07.2022 14:43:37, Żądane zakończ. 31.08.2022 00:00:00).

Rysunek 60. Przykładowe zawiadomienie remontowe Z3 [opracowanie własne]

Do zawiadomienia Z3 przedstawionego na rysunku 62 pracownik służb Utrzymania Ruchu utworzył zlecenie remontowe ogólne przedstawione na rysunku 63, na podstawie którego będzie można obsłużyć to, jak i inne zawiadomienia w danym roku rozliczeniowym na podobny zakres.

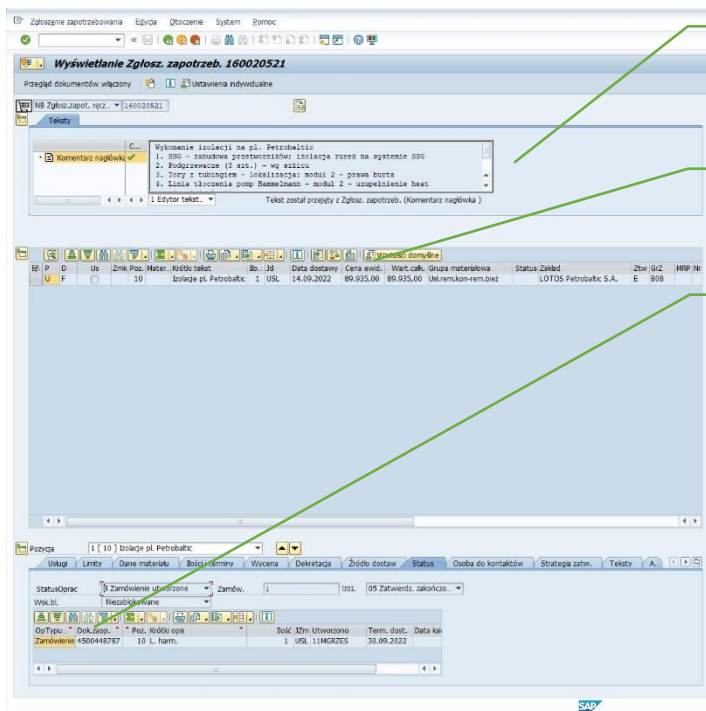
The screenshot displays the SAP PM 'Wyświetlanie LPB' (Display PM) screen. The title bar indicates the order is for 'Prace remontowe 170810003078: Nagłówek centralny'. The main area shows the order details, including the description 'Wykonanie izolacji'. The 'Terminy' (Dates) section shows a start date of 18.07.2022 and a priority of '3 Tryb normalny'. The 'Pierwsza operacja' (First Operation) section shows the operation 'Wykonać izolację termiczną filtra'. Two green boxes with arrows point to the 'Zawiadom.' field (containing '7300000831') and the 'Priorytet' dropdown menu.

Powiązano zlecenie PM z zawiadomieniem

Określono priorytet oraz realne terminy wykonania

Rysunek 61. Przykładowe zlecenie remontowe [opracowanie własne]

Po wygenerowaniu zlecenia PM i powiązaniu go z zawiadomieniem następuje proces zgłoszenia zapotrzebowania w obszarze SAP MM co przedstawiono na rysunku 64, wiąże się to przeprowadzeniem postępowania zakupowego / skorzystania z umowy ramowej, akceptacja kosztów przez właściciela środków w budżecie oraz wygenerowania zamówienia.



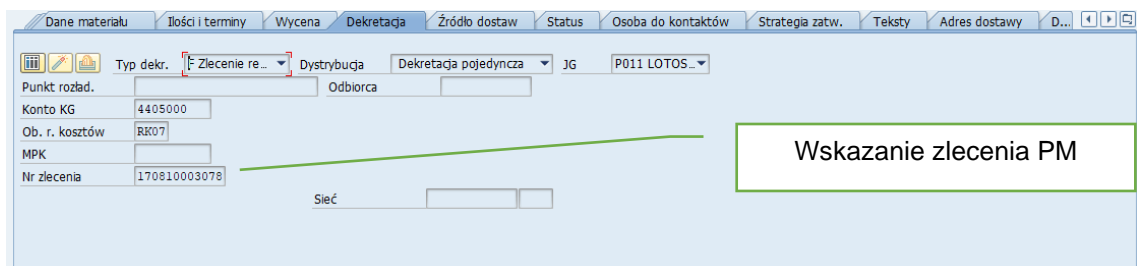
Określono zakres prac do wykonania

Określono koszty realizacji zadania

Wygenerowano zamówienie

Rysunek 62. Przykładowe zapotrzebowanie

Wygenerowane zgłoszenie zapotrzebowania jest powiązane z utworzonym wcześniej zleceniem PM co przedstawiono na rysunku 65.



Wskazanie zlecenia PM

Rysunek 63. Powiązanie obszaru PM (remont) i MM (zakup)

Przykładowe zamówienie wygenerowane do zawiadomienia przedstawiono na rysunku 66.

Zamówienie ręczne 4500448787 utworz. przez Michał Grześkowiak

Przebieg dokumentów włączony Podgląd wydruku Komunikaty Ustawienia indywidualne

NB Zamówienie ręczne 4500448787 Dostawca 1035657 PETROSTAL PIOTR KU... Data dok. 09.08.2022

Nagłówek	S...	Pos	D	P	Materiał	Krótki tekst	Ilość z...	JMZ	D	Data dost.	Cena netto	Wal...	JC	ICZ	Grupa mat.	Zakł	Umowa ra...	Poz....	Skład
10	F	U				Izolacje pl. Petrobaltic	1	USL	T	30.09.2022	89.935,00	PLN	1	USL	Usk.rem.kon-	LOTOS Petrobaltic...	4600011520	10	

Poszyja 1 [10] Izolacje pl. Petrobaltic

Linia	W	Nr usługi	Krótki tekst	Ilość	JM	Cena brutto	Wal.	Zakre
10			Izolacje pl. Petrobaltic	1	USL	89.935,00	PLN	
20				0,000		0,00	PLN	
30				0,000		0,00	PLN	
40				0,000		0,00	PLN	
50				0,000		0,00	PLN	
60				0,000		0,00	PLN	
70				0,000		0,00	PLN	
80				0,000		0,00	PLN	
90				0,000		0,00	PLN	
100				0,000		0,00	PLN	

Rysunek 64. Przykładowe zamówienie

4. Miernik procesu (KPI) dla dostępności technicznej urządzeń

Na podstawie analizy danych zwrotnych z wdrożonego systemu konieczne było opracowanie mierników procesu, które pozwolą na wyznaczanie kluczowych parametrów związanych z jakością procesu utrzymania ruchu. Badając pracę systemu oraz analizując dostępną w tym zakresie literaturę określono dwa kluczowe parametry mające wpływ na zmniejszenie awaryjności, a co za tym idzie ograniczenie kosztów i zapewnienie maksymalnej dostępności technicznej instalacji, maszyn i urządzeń. Są to:

- dostępność techniczna instalacji,
- terminowa realizacja zadań przeglądowych.

Oba te parametry są ściśle związane z generowanymi zawiadomieniami. Po analizie dokumentacji jednostki, wyznaczeniu stopnia redundancji urządzeń określono wartości graniczne i wyznaczono trzy poziomy bezpieczeństwa, które pozwolą na realizację procesu zgodnie z założeniami technicznymi i ekonomicznymi. Sposób interpretacji przedstawia tabela 15.

Tabela 15. Mierniki procesu (KPI) [opracowanie własne]

Nazwa procesu		Utrzymanie infrastruktury technicznej platformy Petrobaltic		
MIERNIKI PROCESU				
Lp.	Nazwa miernika	Definicja miary	Wartość docelowa/ Wartość graniczna	Częstotliwość pomiarów
1.	Dostępność techniczna instalacji (czas przestojów urządzeń wygenerowany zawiadomieniami Z2 i Z3)	Całkowity dostępny czas pracy urządzeń platformy – czas przestoju z powodu awarii, konserwacji lub braku pełnej funkcjonalności	Poz. bezpieczny 97-100% Poz. ostrzegawczy 90-96% Poz. niebezpieczny <90%	Miesięcznie
2.	Terminowa realizacja zadań przeglądowych (zawiadomienia Z1)	Ilość zadań zrealizowanych w terminie	Poz. bezpieczny 95-100% Poz. ostrzegawczy 85-94% Poz. niebezpieczny <84%	Miesięcznie

5. Analiza zawiadomień

Tabela 16 pokazuje zestawienie zgłaszanych zawiadomień w roku 2022. Realizowane prace dodatkowe przez Załogę stanowią 52% wszystkich zawiadomień. Prace przeglądowe stanowią tutaj 33% wszystkich zawiadomień. Tylko 7% zawiadomień dotyczy awarii urządzeń, a 8% zawiadomień związanych jest ze zgłaszaniem potrzeb remontowych.

Tabela 16. Liczba zawiadomień w roku 2022 [źródło: dane zwrotne z wdrożonego systemu]

Nazwa zawiadomienia	Oznaczenie zawiadomienia	Liczba za rok 2022
Przeglądowe	Z1	163 (33%)
Awaryjne	Z2	37 (7%)
Remontowe	Z3	41 (8%)
Prace dodatkowe	Z4	256 (52%)
Razem		497 (100%)

Dla porównania, poniżej zestawiono dwa wcześniejsze lata tj. rok 2021 kiedy wdrażany system był w fazie początkowej, nie wszystkie urządzenia na platformie jeszcze pracowały oraz rok 2020 który był rokiem posadowieniem platformy na złożu oraz rozruchu urządzeń. Tabela 17 ilustruje zestawienie zgłaszanych zawiadomień w roku 2021, natomiast Tabela 18 prezentuje zestawienie zgłaszanych zawiadomień w roku 2020.

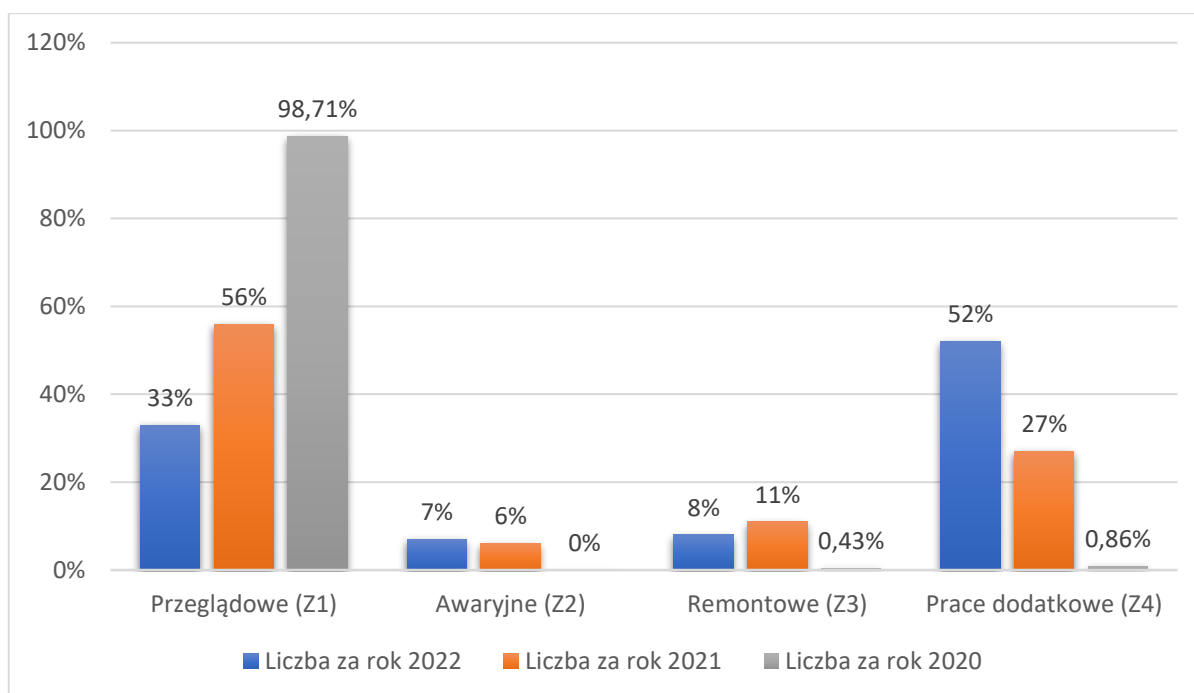
Tabela 17. Liczba zawiadomień w roku 2021 [źródło: dane zwrotne z wdrożonego systemu]

Nazwa zawiadomienia	Oznaczenie zawiadomienia	Liczba za rok 2021
Przeglądowe	Z1	285 (56 %)
Awaryjne	Z2	29 (6%)
Remontowe	Z3	59 (11%)
Prace dodatkowe	Z4	136 (27%)
Razem		509 (100%)

Tabela 18. Liczba zawiadomień w roku 2020 [źródło: dane zwrotne z wdrożonego systemu]

Nazwa zawiadomienia	Oznaczenie zawiadomienia	Liczba za rok 2021
Przeglądowe	Z1	229 (98,71%)
Awaryjne	Z2	0 (0%)
Remontowe	Z3	1 (0,43%)
Prace dodatkowe	Z4	2 (0,86%)
Razem		232 (100%)

Stosunek procentowy poszczególnych zawiadomień na przestrzeni lat 2020 - 2022 ilustruje wykres na rysunku 67.



Rysunek 65. Wykres liczby zawiadomień w latach 2020 - 2022 rok [analiza danych z systemu, opracowanie własne]

Z powyższego wykresu możemy wywnioskować, że w roku 2020 pojawiały się jedynie zawiadomienia Z1 przeglądowe, które system generował ze względu na rozpoczynający się czas pracy urządzeń. Jest to specyficzne dla systemu będącego w trakcie rozruchów oraz testów. W roku 2021 system zaczął pracować – zaczęły pojawiać się zawiadomienia remontowe, awaryjne oraz z prac dodatkowych. Widzimy tutaj znaczącą przewagę prac przeglądowych nad pozostałymi. Awarie oraz potrzeby remontowe na systemach zdarzały się, co jest nieuniknione przy tak złożonym obiekcie i stanowiły bezpieczny poziom w stosunku do wszystkich zawiadomień. W roku 2022 można zaobserwować gwałtowny wzrost zawiadomień z prac dodatkowych. Można wysunąć wnioski, że drastycznie wzrosła ilość prac realizowanych przez załogę. Należałoby się w tym momencie przeanalizować czy nie ma potrzeby rozszerzenia prac przeglądowych, o niektóre prace dodatkowe, ponieważ ideą systemu jest generowanie głównie zadań przeglądowych, które mają na celu maksymalizację pracy urządzeń bez awarii. Pozytywnym przekazem płynącym z analizy wykresu jest fakt, że załoga angażuje się w utrzymanie sprawności urządzeń w jak najwyższym stopniu, obserwuje i podejmuje działania mające na celu zachowanie najwyższej sprawności urządzeń. Liczba zawiadomień awaryjnych pozostaje na podobnym poziomie w stosunku do roku ubiegłego zatem możemy stwierdzić, że wdrożony system połączony z zaangażowaną załogą sprawdza się. Ilość potrzeb remontowych nieznacznie spadła. Może to być związane z realizacją zadań remontowych siłami załogi jako prac dodatkowych. Należałoby to przeanalizować, ponieważ tłumaczyłoby to praktycznie dwukrotne zwiększenie zawiadomień związanych z pracami dodatkowymi.

VII. DYSKUSJA I WNIOSKI

1. Odniesienie do tezy

Tezą pracy było, że możliwe jest stworzenie i wdrożenie nowoczesnego systemu utrzymania ruchu poprawiającego stan techniczny morskich platform wydobywczych i wiertniczych oraz morskich obiektów stacjonarnych, zwiększającego bezpieczeństwo oraz zapewniającego lepszą dostępność techniczną instalacji, maszyn i urządzeń, zgodnie z istniejącymi ograniczeniami organizacyjnymi, założeniami technicznymi, ekonomicznymi oraz oparte o dostępne technologie informatyczne. Opracowany autorski system utrzymania ruchu, który został z powodzeniem wdrożony na platformie Petrobaltic w oparciu o dostępną infrastrukturę informatyczną, a następnie badania nad funkcjonowaniem wdrożonego systemu w przedsiębiorstwie LOTOS Petrobaltic dostarczyły argumentów na podtrzymanie postawionej tezy badawczej. System funkcjonuje z powodzeniem nieprzerwanie od 2021, wszystkie założenia wdrożenia zostały zrealizowane. Należy zauważyć, że zgodnie z danymi z literatury jedynie 33% wdrożeń systemów ERP kończy się sukcesem.

2. Podsumowanie zrealizowanego wdrożenia

Wdrożenie zakładało realizację założeń i harmonogramu prac zatwierdzonych przez Ministerstwo, które obejmowało osiem etapów. Pierwszym z nich było stworzenie w oparciu o dokumentację techniczną bazę danych systemów i urządzeń z podziałem na lokalizacje funkcjonalne. Założenie zostało w pełni zrealizowane. Stworzono w pliku migracyjnym tj. gotowym, specjalnie przygotowanym pliku MS Excela do zaimplementowania w programie działającym w Przedsiębiorstwie (SAP) drzewo lokalizacji funkcjonalnych dla urządzeń zainstalowanych na platformie Petrobaltic. Drzewo składa się z 23 738 pozycji, jest podzielone na 51 systemów, dalej na subsystemy i konkretnie urządzenia, które są opisane tzw. TAG'iem umożliwiającym odniesienie się do dokumentacji projektowej. Dodatkowo, w trakcie prowadzenia prac okazało się, że określenie krytyczności urządzeń jest niezbędne do zaimplementowania danych stworzonych w pliku migracyjnym do programu SAP PM. Zadanie to było zaplanowane jako element siódmego kamienia milowego, w związku z tym dla każdej z 23 738 pozycji lokalizacji funkcjonalnych określono krytyczność zgodnie z instrukcją wydaną w Przedsiębiorstwie tj. Zasady wyznaczanie stopnia krytyczności dla urządzeń na platformach wydobywczych i wiertniczych w Grupie Kapitałowej LOTOS Petrobaltic S.A. Urządzenia zostały podzielone na: krytyczne, ważne, pozostałe oraz ratunkowe.

Drugim etapem było opracowanie i wprowadzenie do istniejących systemów IT listy zadań przeglądowych wynikających z eksploatacji urządzeń. Założenie zostało w pełni zrealizowane. Stworzono listę przeglądów dla nowych oraz istniejących urządzeń zainstalowanych na platformie Petrobaltic wraz z częstotliwością ich wykonywania. Każdy przegląd został przyporządkowany do danej lokalizacji funkcjonalnej. Przygotowano plan prewencji dla konstrukcji, rurociągów i zbiorników. Zaimplementowano te dane do programu SAP PM.

Trzecim etapem było opracowanie listy ważności certyfikatów dla poszczególnych urzędzeń, wzbogacenie listy zadań przeglądowych o kalendarze upływu ważności tych certyfikatów, atestów, przeglądów. Założenie zostało w pełni zrealizowane. Opracowano listę urzędzeń, narzędzi i wyposażenia platformy wraz z określeniem terminów upływu ważności certyfikatów i atestów dla każdego z nich. Lista została zaimplementowana do systemu SAP. System poinformuje użytkownika o konieczności wykonania czynności związanych z odnowieniem certyfikatu/atestu/przeгляdu przed jego upływem. Dodatkowo użytkownik może w dowolnej chwili wygenerować listę z upływającymi terminami. Opracowana lista zawiera m.in. 77 odnowieniowych przeglądów związanych z systemami bezpieczeństwa, 189 zaworów bezpieczeństwa, które należy legalizować w określonym czasie, 40 zbiorników, które należy poddawać próbom hydraulicznym, badaniom NDT, rewizjom wewnętrznym oraz zewnętrznym, szczegółowy plan badań nieniszczących z podziałem na poszczególne lata dla krytycznych konstrukcji platformy takich jak nogi, podpora modułu mieszkalnego czy flara.

Czwartym etapem było opracowanie i wprowadzenie do istniejących systemów IT zadań remontowych urzędzeń w myśl metodologii „Planned Maintenance”. Założenie zostało w pełni zrealizowane. Wprowadzone przeglądy okresowe zostały wzbogacone o 176 przeglądów/remontów, które należy wykonywać wg przepracowanych godzin danego urzędzenia, co ma na celu maksymalizować czas bezawaryjnej pracy urzędzeń. Każde urzędzenie zostało opisane numerem ewidencyjnym, po którym można dotrzeć m.in. do historii wykonanych prac lub dokumentacji technicznej. Ponadto, dodatkowo określono strategię obsługi modułu SAP PM celem poprawy komunikacji pomiędzy pracownikami platformy, a pracownikami lądowymi. Strategia zakłada pracę załóg platformy na zawiadomieniach: przeglądowych, awaryjnych, remontowych i innych. Pracownicy, którzy obsługują ten system zostali odpowiednio przeszkoleni w tym zakresie.

Piątym etapem było przypisanie do poszczególnych lokalizacji funkcjonalnych pełnej dokumentacji urzędzeń wchodzących w jej skład. Założenie zostało w pełni zrealizowane. Wcześniej opracowane i wprowadzone do systemu SAP PM drzewo lokalizacji funkcjonalnych zostało wzbogacone o dokumentację platformy, która została przypisana do poszczególnych systemów i subsystemów. Dodatkowo, w każdej lokalizacji pojawił się podział na dokumentację techniczną urzędzeń oraz dokumentację powykonawczą tj. „as built” systemów. Utworzono łącznie 199 katalogów, które zawierają 1 197 folderów oraz 26 357 plików z dokumentacją. Całość to 309 GB rysunków w formacie .pdf. Dzięki temu działy techniczne na morzu i na lądzie zaangażowane w proces utrzymania ruchu, mają dostęp do najbardziej aktualnych danych i informacji o użytkowanych systemach na platformie. Odnalezienie dokumentacji każdego urzędzenia jest możliwe za pomocą unikalnego numeru urzędzenia, które ma każde urzędzenie na platformie i jest ono wybite na tabliczce znamionowej.

Szóstym etapem było określenie i wprowadzenie podstawowych wymogów dokumentacyjnych pozwalających na tworzenie bazy danych prowadzonych remontów. Założenie zostało w pełni zrealizowane. Powstała instrukcja dotycząca aktualizacji dokumentacji z zakresu wykonanych prac. Szczegółowo opisuje ona zadania dla utrzymania ruchu, wykonawcy



prac oraz działu projektowego w zależności od branży w jakiej prowadzone są prace. Branże te zostały podzielone na: konstrukcje, rurociągi, mechanika, elektryka i automatyka. W dokumentacji platformy, dla każdego systemu i subsystemu poza już utworzonymi katalogami z dokumentacją techniczną urządzeń oraz dokumentacją powykonawczą w miarę realizowania zadań w ramach utrzymania ruchu lub w zakresie modernizacyjnym platformy powstanie katalog z daną dokumentacją.

Siódmym etapem było w oparciu o stworzone lokalizacje funkcjonalne określenie krytyczności urządzeń oraz wprowadzenie efektywnego zarządzania magazynami części zamiennych i środków eksploatacyjnych w oparciu o analizę ryzyka. Założenie zostało w pełni zrealizowane. Krytyczność urządzeń została określona i wdrożona już przy realizacji pierwszego kamienia milowego. Natomiast w ramach wprowadzenia efektywnego zarządzania magazynami części zamiennych opracowano listę części zamiennych wymaganych dla urządzeń krytycznych. Przekłada się to na gwarancję posiadania niezbędnego magazynu części zamiennych w przypadku awarii urządzenia o znacznym wpływie na funkcjonowanie platformy.

Ósmy, a zarazem ostatnim etapem były testy wprowadzonego rozwiązania oraz analiza pod kątem kolejnych udoskonaleń, wykonanie raportu podsumowującego. Założenie zostało w pełni zrealizowane. System funkcjonuje od 2021 roku, jest ciągle rozwijany i analizowany pod kątem kolejnych udoskonaleń. Na ten moment na systemie pracują zarówno pracownicy platformy jak i pracownicy lądowi.

3. Wnioski poznawcze

Badania nad wdrażaniem systemu pozwoliły na określenie wniosków poznawczych. Poniżej prezentuję wybrane zagadnienia z analizy procesu wdrożenia.

Podczas realizacji pierwszego z ośmiu etapów, czyli opracowania w oparciu o analizę dokumentacji technicznej bazy danych systemów i urządzeń z podziałem na lokalizacje funkcjonalne, okazało się, że określenie krytyczności urządzeń jest niezbędne do zaimplementowania danych stworzonych w pliku migracyjnym do opracowywanego systemu na podstawie szkieletowego oprogramowania SAP. Zadanie to było zaplanowane do zrealizowania jednak w siódmym kamieniu milowym. W przyszłości należałoby powiązać te kwestie ze sobą i już na etapie tworzenia struktury drzewa lokalizacji funkcjonalnych i urządzeń poddać analizie krytyczność każdego urządzenia.

Realizacja drugiego i czwartego etapu była związana z opracowaniem i wprowadzeniem do istniejących systemów IT listy zadań przeglądowych wynikających z eksploatacji urządzeń oraz opracowaniem i wprowadzeniem do istniejących systemów IT zadań remontowych urządzeń w myśl metodologii „Planned Maintenance”. Wprowadzając analogiczny system w przyszłości należy maksymalnie poszerzyć udział przyszłych użytkowników / odbiorców systemu w tworzenie listy zadań przeglądowych. Podczas realizacji tego etapu opierano się na dokumentacji technicznej - ruchowej urządzeń oraz dobrych praktykach inżynierskich konsultowanych jedynie z kierownikami poszczególnych obszarów tj. mechanicznego, elektrycznego, automatycznego. Zaobserwowano, że po uruchomieniu systemu użytkownicy

końcowi zgłaszali szereg prac dodatkowych jakie można, a niekiedy trzeba wykonać na danym urządzeniu celem zwiększenia jego dostępności technicznej. Po analizie danych z tabeli nr 16 pokazującym zestawienie zgłaszanych zawiadomień w roku 2022 stwierdzono, że ilość zawiadomień z prac dodatkowych przewyższa ilość zawiadomień przeglądowych o 57%. Jest to zdecydowanie zbyt duża dysproporcja. Zadania te zostały wprowadzone do systemu, jednak niewątpliwie mogły być wdrożone już na etapie opracowywania pierwotnej listy zadań.

Siódmy etap zakładał m.in. wprowadzenie efektywnego zarządzania magazynami części zamiennych i środków eksploatacyjnych w oparciu o analizę ryzyka. W ramach wprowadzenia efektywnego zarządzania magazynami części zamiennych opracowano listę części zamiennych wymaganych dla urządzeń krytycznych, co niewątpliwie przekłada się to na gwarancję posiadania niezbędnego magazynu części zamiennych w przypadku awarii urządzenia o znacznym wpływie na funkcjonowanie platformy. Jednak już na wczesnym etapie wdrażania systemu należałoby oszacować budżet związany z zakupem i utrzymaniem niezbędnych stanów magazynowych części krytycznych. Budżet ten powinien zostać przedstawiony osobom odpowiedzialnym za decyzje strategiczne w przedsiębiorstwie celem jak najszybszego rozpoczęcia procedowania pozyskania wymaganych nakładów inwestycyjnych na zakup części.

Ostatnim etapem były testy wprowadzonego rozwiązania oraz analiza pod kątem kolejnych udoskonaleń. System funkcjonuje od 2021 roku tzn. został uruchomiony rok po oddaniu jednostki do użytku. W przyszłości należałoby zaplanować prace związane z wdrożeniem systemu na nowych/przebudowywanych jednostkach z odpowiednim wyprzedzeniem w celu ograniczenia okresu przejściowego na operującej jednostce wydobywczej/wiertniczej. W przypadku ograniczonego czasu należy zaangażować w ten proces większą ilość zasobów osobowych oraz finansowych celem osiągnięcia zamierzonego rezultatu. Korzyści zaobserwowane po wdrożeniu opracowanych procedur zarządzania utrzymaniem ruchu na platformie spowodowały, że planuje się zaimplementowanie opracowanego systemu na bazie szkieletowego oprogramowania SAP PM na kolejnych jednostkach morskich. Dzięki systemowi poprawiła się komunikacja i przepływ informacji między działami technicznymi na morzu i na lądzie dając łatwy dostęp do najbardziej aktualnych danych i informacji o użytkowanych systemach dla wszystkich zaangażowanych w proces utrzymania ich sprawności. System pozwala na wygenerowanie informacji, które po analizie dają obraz stanu maszyn i urządzeń, wskazują obszary do ewentualnych usprawnień w celu poprawy dostępności technicznej wyposażenia platformy.

Dowodem powyższego jest tabela 19, w której zaprezentowano jeden z mierników dostępności technicznej instalacji na platformie Petrobaltic w roku 2022. W tabeli 13 prezentującej KPI określono, że poziom bezpieczny dla całkowitego dostępnego czasu pracy urządzeń platformy powinien oscylować w zakresie 97 - 100%. Wdrożony system, po uruchomieniu wszystkich systemów platformy i po przepracowaniu pełnego roku wygenerował dane zwrotne informujące o utrzymaniu bezpiecznego poziomu dla całkowitej dostępności urządzeń na platformie w ciągu roku. Mimo to należałoby przeanalizować zawiadomienia awaryjne z września oraz października 2022, ponieważ w tych miesiącach miernik wykazał poziom ostrzegawczy.



Tabela 19. Miernik dostępności technicznej - CP Petrobaltic [opracowanie własne na podstawie danych zwrotnych z wdrożonego systemu]

Waga	System	sty.22	lut.22	mar.22	kwi.22	maj.22	cze.22	lip.22	sie.22	wrz.22	paź.22	lis.22	gru.22
30%	System separacji ropy	100	100	99,9	99,7	100	100	100	100	100	93,6	100	99,9
20%	System zatłaczania wody morskiej	97	98,4	98,8	86,9	99,9	99,5	98,8	93	97,6	98	98,1	94,3
30%	System energetyczny	100	99,3	99,3	98,5	97,3	100	100	99,7	90,8	88,8	98,7	99,7
20%	System SSG	97	97,7	95,5	72,7	97,9	94,1	98,7	98,2	85	82,9	99,7	98,6
Łącznie:		98,8	99,01	98,62	91,38	98,75	98,72	99,5	98,15	93,76	90,9	99,17	98,46
Średnia dla roku 2022		97,10											

4. Wnioski użytkarne

Celem uniknięcia sporów związanych z odpowiedzialnością za poprawne realizowanie procesu utrzymania ruchu jednostki wydobywczej/wiertniczej konieczna jest mapa podziału odpowiedzialności dla obiektów offshore. Mapa wyznacza konkretne granice podziału odpowiedzialności poszczególnych obszarów wydzielając m.in. część nadwodną i część podwodną.

Przy złożonym obiekcie morskim do sprawnego zarządzania obiektami technicznymi wymagane jest opracowanie wielopoziomowego drzewa lokalizacji funkcjonalnych. Lokalizacje te są niezbędne do wdrożenia systemu ERP na tego typu jednostkach.

Wybór odpowiedniej i optymalnej strategii utrzymania ruchu wiąże się ze stworzeniem i zakwalifikowaniem urządzeń do poszczególnych grup urządzeń w zależności od stopnia krytyczności. Do wyznaczenia stopnia krytyczności kluczowe są matryce, które umożliwiają zakwalifikowanie każdego urządzenia w zależności od znaczenia do jednej z czterech grup tj. urządzenia krytyczne, urządzenia ratunkowe, urządzenia ważne, urządzenia pozostałe.

Schemat realizacji przeglądów przewidujący tok postępowania w przypadku realizacji zawiadomienia awaryjnego, remontowego lub protokołu z wykonanych dodatkowych prac wymagany jest w tego typu przedsiębiorstwie. Jego wdrożenie umożliwia sprawne realizowanie procesu utrzymania ruchu.

Kluczowe w poprawnie zaprojektowanym procesie utrzymania ruchu jest jednolite i klarowne przekazywanie informacji pomiędzy działami zaangażowanymi w proces utrzymania ruchu. Karty zawiadomień oraz przebiegi procedur związanych z działaniem systemu SAP PM muszą być ergonomiczne.

W systemach tego typu konieczne jest wdrożenie mierników procesu (KPI), które umożliwią pozyskanie informacji zwrotnych o jakości prowadzonego procesu utrzymania ruchu i wyznaczaniu potencjalnych obszarów do poprawy.

Dla zapewnienia bezpieczeństwa pracy armatury ciśnieniowej należy opracować instrukcje do zapewnienia jednolitego standardu wykonywania, nadzorowania i opracowywania wyników pomiarów badań NDT na potrzeby planów badań prewencyjnych

rurociągów i zbiorników. Wdrożona instrukcja umożliwia monitorowanie stanu infrastruktury i reagowanie z wyprzedzeniem na możliwe awarie na tych systemach.

Dla optymalizacji kosztów prowadzonych badań rurociągów przy jednoczesnym zapewnieniu najwyższego poziomu bezpieczeństwa należy wdrożyć kryterialny podział infrastruktury ciśnieniowej. Do wyznaczenia kategorii rurociągów, a co za tym idzie ich sposobów badania należy opracować odpowiednią matrycę. Taka matryca może być przydatna również w innych przedsiębiorstwach posiadających infrastrukturę rurociągową.

Dla zapewnienia bezpiecznej eksploatacji konstrukcji morskich konieczne jest opracowanie planu ich prewencyjnych badań. Analiza obliczeń MES umożliwia optymalizację planu i sposobu monitorowania poprzez uwzględnienie wartości naprężeń występujących w konstrukcji.

Należy wdrożyć jednolity standard prowadzenia dokumentacji dający dostęp do najnowszych rewizji, usprawniający obsługę urzędzeń oraz ograniczający czas potrzebny na usuwanie awarii. W tym celu wymagane są procedury określające sposoby wprowadzania zmian do dokumentacji platformy.

5. Propozycje dalszych udoskonaleń systemu

Przepisy obowiązujące w Polsce oraz normy techniczne stawiają wymagania dotyczące eksploatacji urządzeń i instalacji elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem na morskiej platformie wydobywczej ropy i gazu. Dotyczy to odpowiednio zamontowanych, oznaczonych, zabezpieczonych i dopuszczonych urządzeń elektrycznych budowy przeciwwybuchowej: rozdzielczych, napędów elektrycznych, opraw oświetleniowych, urządzeń pomiarów i automatyki zainstalowanych w strefach zagrożonych wybuchem. Należało stworzyć program kontroli dotyczący instalacji EX, który zakładałby wykonywanie przez uprawnione w tym zakresie osoby kontroli:

- szczegółowych (przeгляд szczegółowy) - kontrola, która obejmuje aspekty ujęte w kontroli z bliska a ponadto umożliwia wykrycie takich defektów jak poluzowane zaciski przyłączeniowe, które stają się widoczne dopiero po otwarciu obudowy i/lub przy użyciu w razie potrzeby narzędzi i aparatury badawczej,
- z bliska (ogłędziny z bliska) - kontrola, która obejmuje aspekty ujęte w kontroli wzrokowej oraz dodatkowo umożliwia wykrycie takich defektów jak poluzowane śruby, które mogą być uwidocznione tylko przy użyciu sprzętu ułatwiającego dostęp, na przykład drabin (w razie potrzeby) albo narzędzi. Kontrola z bliska nie wymaga zwykle otwierania obudowy, ani wyłączania urządzenia spod napięcia,
- wzrokowych (ogłędziny) - kontrola, która umożliwia wykrycie, bez użycia sprzętu ułatwiającego dostęp lub narzędzi, defektów widocznych gołym okiem takich jak np. brakujące śruby.

Opracowano listę urządzeń pracujących w strefie EX, na której znalazły się 5401 urządzenia. Jeżeli przyjmiemy, że każde urządzenie powinno zostać poddane kontroli przynajmniej raz w roku, a na platformie mamy przynajmniej jedną osobę uprawnioną do wykonywania tego typu

prac musiałaby ona każdego dnia przez 365 dni w roku: wydrukować z systemu SAP listę urządzeń wraz z zakresem przeglądu, zlokalizować urządzenia na platformie, wykonywać przegląd minimum 14 urządzeń, wprowadzić dane z przeglądu do systemu SAP PM oraz zamknąć zawiadomienie przeglądowe. Nie zawsze dostęp do każdego urządzenia jest łatwy, czasem wymaga to np. postawienia rusztowania. Ta sytuacja skłoniła do rozważenia możliwości wprowadzenia innowacji w zakresie: generowania listy urządzeń, zakresu przeglądów oraz raportowania przeprowadzonych prac dla wszystkich urządzeń zlokalizowanych na platformie – nie tylko urządzeń EX. Innowacja mogłaby polegać na wprowadzeniu do procesu urządzeń mobilnych odchodząc tym samym od czasochłonnego obiegu dokumentów i informacji w formie papierowej. Rozważane są dwie opcje tj. skorzystanie z opatentowanego oprogramowania konfigurowanego i dostarczonego przedmiot zewnętrzny lub wykorzystania aplikacji SAP Fiori, dostarczanej razem z oprogramowaniem SAP. Opcja druga wymaga współpracy z działem IT w zakresie dostosowania aplikacji pod konkretne potrzeby. Niezależnie od przyjętego rozwiązania innowacja polegałaby na zakupie przynajmniej dwóch urządzeń mobilnych dostosowanych do pracy w strefach EX, które będą się komunikować z serwerem posadowionym na platformie. Każde urządzenie, które wymaga przeglądu zostałoby oznakowane zawieszka wykonaną z trwałego laminatu przemysłowego z grawerowanymi kodami QR. Urządzenia EX zostałyby pogrupowane tj.: silniki wysokiego napięcia, silniki niskiego napięcia, oprawy oświetleniowe, urządzenia pomiarów i automatyki, inne urządzenia dla których należy określić optymalny harmonogram przeglądów. Ponadto urządzenia EX zostałyby podzielone na obszary lokalizacyjne na platformie żeby sprawniej odnajdywać urządzenia i realizować przeglądy partiami w jednym obszarze na platformie. Pracownik wykonujący przeglądy otrzymałby listę urządzeń wraz z zakresem przeglądu bezpośrednio z SAPa na urządzenie mobilne, znajduje urządzenie na platformie, skanuje kod QR, realizuje zakres przeglądu wyświetlany na urządzeniu mobilnych, wypełnia raport na urządzeniu mobilnym, potwierdza wykonanie przeglądu. Urządzenie mobilne przesyła informacje do serwera na platformie, który dalej przesyła dane do systemu SAP PM.

Jednym z kroków na dalsze udoskonalenie systemu może być wdrożenie do systemu SAP normatywów, czyli definiowaniem w parametrach indeksu materiałowego dla konkretnej części stanu minimalnego, którego przekroczenie będzie powodowało automatyczne wygenerowanie przez system zapotrzebowania na dany materiał. Stan minimalny to w SAP poziom ponownego zamawiania, czyli gdy zapas spadnie poniżej poziomu ponownego zamawiania to system generuje zgłoszenie zapotrzebowania. Minimalna ilość zamówienia wyznaczana jest jako różnica między maksymalnym poziomem zapasu a poziomem ponownego zamawiania (z dodatkowym parametrem opisującym, że uzupełnienie stanu zapasu ma być do maksymalnego poziomu zamawiania). W celu realizacji tego zagadnienia należałoby zweryfikować możliwość wskazania w grupach materiałowych indeksów, które takimi normatywami mogą zostać objęte. Docelowe ustalenie pełnej listy indeksów do objęcia normatywami, a także wskazanie ich parametrów ilościowych będzie wynikiem analiz potrzeb zakupowych i z pewnością jest procesem długotrwałym. Kluczowe jest dobranie optymalnej



wartości normatywów poparte analizą danych, które zagwarantują wysoką dostępność techniczną urządzeń, szczególnie krytycznych z uwzględnieniem wartości prawdopodobieństwa wystąpienia awarii oraz kryterium remontowego zachowując przy tym racjonalny poziom nakładów finansowych wymaganych dla magazynu części zamiennych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Słownik komputerowy i encyklopedia informatyczna; <http://www.i-slownik.pl/2865,erp/>; dostęp 12.02.2022.
- [2] Słownik terminologii logistycznej; ILiM; Poznań; seria Biblioteka Logistyka; ISBN 83-87344-22-2; 2006.
- [3] Tadeusz Gospodarek: Systemy ERP; Modelowanie, projektowanie, wdrażanie; Helion; ISBN 978-83-283-1417-7, 2015.
- [4] Wojciech Zalewski; Analiza systemów informatycznych wspomagających zarządzanie produkcją w wybranych przedsiębiorstwach; *Economy and Management* – 4/2011, s. 183.
- [5] Karsak E.E., Özogul C.O.; An integrated decision making approach for ERP system selection; *Expert Systems with Applications; An International Journal* 36(1), 660–667; 2009.
- [6] Mabert V.A., Soni A., Venkataramanan; Enterprise resource planning: Managing the implementation process; *European Journal of Operational Research* 146, 302–314; 2003.
- [7] Mishra A.; Achieving Business Benefits from Enterprise Systems in Enterprise Resource Planning for Global Economies: Managerial Issues and Challenges; Carlos Ferran and Ricardo Salim, IGI Global, USA, ch. V, pp. 76–91; 2008.
- [8] Yen H.R., Sheu C.; Aligning ERP implementation with competitive priorities of manufacturing firms: an exploratory study; *International Journal of Production Economics* 92, 207–220; 2004.
- [9] Davenport T.H.; Putting the Enterprise into the Enterprise System; *Harvard Business Review* 76(4), 121–132; 1998.
- [10] Motwani J., Mirchandani D., Madan M., Gunasekaran A.; Successful implementation of ERP projects: evidence from two case studies; *International Journal of Production Economics* 75(1-2), 83–96; 2002.
- [11] Mishra A.; Enterprise Resource Planning Systems: Effects and Strategic Perspectives in Organizations; In: Gupta J.N.D., Sharma S.K., Rashid M.A.; *Handbook of Research on Enterprise Systems*, IGI Global, USA, ch. V, pp. 57–66, ISBN:978 1-59904-859-8; 2008.
- [12] Mabert V.A., Soni A., Venkataramanan; Enterprise resource planning survey of US manufacturing firms; *Production and Inventory Management Journal* 41(20), 52–58; 2000.
- [13] Martin M.H.; An ERP strategy; *Fortune* 2, 95–97; 1998.
- [14] Zhang; M.K.O., Lee L.; Critical Success Factors of Enterprise Resource Planning Systems Implementation Success in China; In: *Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*; 2003.
- [15] Arif M., Kulonda D., Jones J., Proctor M.; Enterprise Information Systems: Technology First or Process First; *Business Process Management Journal* 11(1), 5–21; 2005.

- [16] Griffith T.L., Zammuto R.F., Aiman-Smith L.; Why New Technologies Fail; *Industrial Management*, 29–34; 1999.
- [17] Markus M.L., Robey D.; Information Technology and Organizational Change: casual Structure in Theory and research; *Management Science* 34, 583–598; 1988.
- [18] Volkoff O.; Enterprise System Implementation: A process of individual metamorphosis; *American Conference on Information Systems*; 1999.
- [19] Otieno J.O.; Enterprise resource planning (ERP) systems challenges: A Kenyan case study; In: Schlender B., Frielinghaus W.; *BIS 2008. LNBIP*, vol. 7, pp. 399–409; Springer, Heidelberg; 2000.
- [20] Historia powstania systemów ERP; <https://boss.net.pl/historia-powstania-systemow-erp/>; dostęp 12.02.2022.
- [21] Dynamics 365 Business Central, <http://www.microsoftdynamicserp.pl/system-erp/co-to-jest-system-erp/>; dostęp 12.02.2022.
- [22] Kategoria: CRM/ERP; MIT Sloan Management Review Polska; <https://mitsmr.pl/>; dostęp 12.02.2022.
- [23] Korzyści z wdrożenia systemu ERP; <https://www.dynamicsnav.pl/system-erp/korzysci-wdrozenia-systemu-erp/>; dostęp 06.02.2020.
- [24] Liang H., Saraf N., Hu Q., Xue Y.: Assimilation of Enterprise Systems: The effect of Institutional Pressures and the Mediating Role of Top Management; *MIS Quarterly* 31(1), 59–87; 2007.
- [25] Xue Y., Liang H., Boulton W.R., Snyder C.A.; ERP implementation failures in China: Case studies with implications for ERP vendors; *International Journal of Production Economics* 97(3), 279–295; 2005.
- [26] Chang M.K., Cheung W., Cheung C.H., Yeung J.H.Y.; Understanding ERP System Adoption from the User's Perspective; *International Journal of Production Economics* 113, 928–942; 2008.
- [27] Kumar V., Movahedi B., Kumar U., Lavassani M.; A Comparative Study of Enterprise System Implementations in Large North American Corporations; In: Abramowicz W., Fasel, D. (eds.) *BIS 2008. LNBIP*, vol. 7, pp. 390–398; Springer, Heidelberg; 2008.
- [28] Hayes S.; Providing Enterprise Systems; *Practical Accountant* 40(2), SR11; 2007.
- [29] Hendricks K.B., Singhal V.R., Stratman J.K.; The Impact of Enterprise Systems on Corporate Performance: A Study of ERP, SCM, and CRM System Implementations; *Journal of Operations Management* 25(1), 65–82; 2007.
- [30] Goldberg A.; The ERP trap; *Upside* 12(11), 32; 2000.
- [31] Krasner H.; ERP Experiences and Evolution; *Communications of the ACM* 43(4), 22–26; 2000.
- [32] Wah L.; Give ERP a change; *Management Review* 89(3), 20–24; 2000.
- [33] Yeh T.M., Yang C.C., Lin W.T.; Service Quality and ERP Implementation: A conceptual and empirical study of semiconductor-related industries in Taiwan; *Computers in Industry* 58(8-9), 844–854; 2007.



- [34] Botta-Genoulaz V., Millet P.; A Survey on the Recent Research Literature on ERP Systems; *Computers in Industry* 95(2), 510–522; 2006.
- [35] Boonstra A.; Interpreting an Erp-implementation project from a stakeholder perspective; *International Journal of Project Management* 24(2006), 38–52; 2006.
- [36] Fowler A., Gilfillan M.; A framework for stakeholder integration in higher education information system projects; *Technology Analysis & Strategic Management* 15(4), 467–489; 2003.
- [37] Markus M.L., Tanis C.; Multisite ERP implementations; *Communications of ACM* 43(4), 26–42; 2000.
- [38] McAfee A.; When too much IT knowledge is a dangerous thing; *Sloan Management Review* 44(2), 83–89; 2003.
- [39] Sirkin H., Diekel K.; Getting value from enterprise initiatives; Boston Consulting Group; Boston; 2001.
- [40] Markus M.L., Axline S., Petrie D., Tanis C.; Learning from Adopters' experiences with ERP: problems encountered and success achieved; *Journal of Information Technology* 15 (4), 245–265; 2000.
- [41] Genoulaz V.B., Millet P.A.; An Investigation into the use of ERP systems in the service sector; *International Journal of Production Economics* 99, 202–221; 2006.
- [42] Mische R., Bennis W.; Reinventing through reengineering; *Information Systems Management* 13, 58–65; 1996.
- [43] Tchokogue A., Bareil C., Duguay C.R.; Key lessons from the Implementation of an ERP at Pratt & Whitney Canada; *International Journal of Production Economics* 95(2), 151–163; 2005.
- [44] Keil M., Tiwana A.; Relative Importance of Evaluation Criteria for Enterprise Systems: A Conjoint Study; *Information Systems Journal* 16(3), 237–262; 2006.
- [45] Rikhardsson P., Kraemmergaard P.; Identifying the Impacts of Enterprise System Implementation and Use: Examples from Denmark; *International Journal of Accounting Information Systems* 7(1), 36–49; 2006.
- [46] Choi J., Ashokkumar S., Sircar S.; An Approach to Estimating Work Effort for Enterprise Systems Software Projects; *Enterprise Information Systems* 1(1), 69–87; 2007.
- [47] Moore J.; Oil and gas sector generates big business for systems integrators; searchitchannel.com; dostep 12.02.2022.
- [48] Yin R.K.; *Case Study Research: Design and Methods* 3rd edn.; Sage Publications; Thousands Oaks; 2003.
- [49] Feagin J., Orum A., Sjoberg G. (eds.); *A Case for Case Study*; University of North Carolina Press; Chapel Hill; 1991.
- [50] Sheu C., Chae B., Yang C.L.; National differences and ERP implementation: issues and challenges; *Omega* 32(5), 361–371; 2004.
- [51] Sarker S., Lee A.S.; Using a case study to test the role of three key social enablers in ERP implementation; *Information & Management* 40(8), 813–829; 2003.



- [52] Voordijk H., Leuven A.V., Laan A.; Enterprise resource planning in large construction firm: implementation analysis; *Construction Management & Economics* 21(5), 511–521; 2003.
- [53] Norma PN-EN 13306:2018 Obsługiwanie - Terminologia dotycząca obsługiwanian; Polski Komitet Normalizacyjny.
- [54] Walczak M.; System utrzymania ruchu czynnikiem przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa; Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie; 2012.
- [55] Peach R., Ellis H., Visser J.K.; A maintenance performance measurement framework that includes maintenance human factors: a case study from the electricity transmission industry; *South African Journal of Industrial Engineering* 27(2), s. 177–189; 2016.
- [56] Jasiulewicz-Kaczmarek M., Gola A.; Maintenance 4.0 Technologies for Sustainable Manufacturing – an Overview; *IFAC PapersOnLine* (w druku); 2019.
- [57] Parajapati A., Bechtel J., Ganesan S.; Condition based maintenance: a survey; *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 18(4), s. 384–400; 2012.
- [58] FIIX; Maintenance software that'll help your company break production records; <https://www.fiixsoftware.com/blog/5-causes-of-equipment-failure-and-what-you-can-do-to-prevent-it/>; dostęp 31.08.2022.
- [59] Mulders M., Haarman M.; Predictive Maintenance 4.0 Predict the unpredictable; 2017; <https://www.pwc.nl/nl/assets/documents/pwc-predictive-maintenance-4-0.pdf>; dostęp 07.05.2022.
- [60] Karim R., Westerberg J., Galar D., Kumar U.; Maintenance Analytics –The New Know in Maintenance; *IFAC-PapersOnLine* 49-28, pp. 214–219; 2016.
- [61] Gupta C., Farahat A., Hiruta T., Ristovski K., Dayal U.; Collaborative Creation with Customers for Predictive Maintenance Solutions on Hitachi IoT Platform *Hitachi Review*, Vol. 65 No. 9, s. 403–409; 2016.
- [62] Kothamasu R., Huang S.H., Ver Duin W.H.; System Health Monitoring and Prognostics - A Review of Current Paradigms and Practices; *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 28(9-10), pp. 1012–1024; 2006.
- [63] Vogl G.W., Weiss B.A., Helu M.; A review of diagnostic and prognostic capabilities and best practices for manufacturing; *Journal of Intelligent Manufacturing* 30(1), s. 79–95; 2019.
- [64] Peng K.; *Equipment Management in the Post-Maintenance Era*; CRS Press Taylor & Francis Group; 2012.
- [65] Sikorska J.Z., Hodkiewicz M., Ma L.; Prognostic modeling options for remaining useful life estimation by industry; *Mechanical Systems & Signal Processing*, 15, s. 1803; 2011.
- [66] Hu C., Zhou Z., Zhang J., Si X.; A survey on life prediction of equipment; *Chinese Journal of Aeronautics* 28(1), s. 25–33; 2015.
- [67] Elattar H.M., Elminir H.K., Riad A.M.; Prognostics: A Literature Review; *Complex & Intelligent Systems* 2(2), s. 125–154; 2016.



- [68] Wang Y., Gogu C., Binaud N., Bes C., Haftka R.T., Kim N.H.; A cost driven predictive maintenance policy for structural airframe maintenance; *Chinese Journal of Aeronautics* 30(3), s. 1242–1257; 2017.
- [69] Bousdekis, A., Magoutas, B., Apostolou, D., Mentzas, G.; Review Analysis and Synthesis of Prognostic-Based Decision Support Methods for Condition Based Maintenance; *Journal of Intelligent Manufacturing*, pp. 1–14; 2015.
- [70] Antosz K.; *Metodyka modelowania, oceny i doskonalenia koncepcji Lean Maintenance*; Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej; Rzeszów; 2019.
- [71] Zamojski W.; *Niezawodność i eksploatacja systemów (praca zbiorowa)*; Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej; Wrocław; 1981.
- [72] Amari S.V., McLaughlin L., Pham H.; Cost-effective condition-based maintenance using markov decision processes; *Proceedings – Annual Reliability Maintenance Symposium* 1677417, s. 464–469; 2006.
- [73] Yan J., Koc M., Lee J.; A prognostic algorithm for machine performance assessment and its application; *Production Planning and Control* 15, s. 796–801; 2004.
- [74] Kaźmierczak J.; *Eksploatacja systemów technicznych*; Wydawnictwo Politechniki Śląskiej; Gliwice; 2000.
- [75] Legutko S.; *Eksploatacja maszyn*; Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej; Poznań; 2007.
- [76] Doostparast M., Kolahan F., Doostparast M.; A reliability-based approach to optimize preventive maintenance scheduling for coherent systems; *Reliability Engineering and System Safety* 126, s. 98–106; 2014.
- [77] Fumagalli L., Macchi M., Giacomini A.; Orchestration of preventive maintenance interventions; *IFAC PapersOnLine* 50-1, s. 13976–13981; 2017.
- [78] Ahmad R., Kamaruddin S.; An overview of time-based and condition-based maintenance in industrial application; *Computers & Industrial Engineering* 63, s. 135–49; 2012.
- [79] Sheu S., Griffith W.S., Nakagawa, T.; Extended optimal replacement model with random minimal repair costs; *European Journal of Operation Research* 85(3), s. 636–649; 1995.
- [80] Nakagawa T.; Optimal policy of continuous and discrete replacement with minimal repair at failure; *Naval Research Logistic* 31(4), s. 543–50; 1984.
- [81] Labib A.; A decision analysis model for maintenance policy selection using a CMMS; *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 10(3), s. 191–202; 2004.
- [82] Dekker R.; Application of maintenance optimization models: a review and analysis; *Reliability Engineering and System Safety* 51, s. 229–240, 1996.
- [83] Vedula S., Mc Clatchie D.; AI-based maintenance improve pump uptime; *Plant Engineering* 1, s. 32–35; 2019.
- [84] Smith, G. T.; *Machine Tool Metrology: An Industrial Handbook*; Springer International Publishing; 2016.
- [85] Parajapati A., Bechtel J., Ganesan S.; Condition based maintenance: a survey; *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 18(4), s. 384–400; 2012.



- [86] Al-Najjar B., Algabroun H., Jonsson M.; Maintenance 4.0 to fulfill the demands of Industry 4.0 and Factory of the Future; International Journal of Engineering Research and Applications 8(11), s. 20–31; 2018.
- [87] Tran Anh D., Dąbrowski K., Skrzypek K.; The Predictive Maintenance Concept in the Maintenance Department of the “Industry 4.0” Production Enterprise; Foundations of Management 10(1), s. 283–292; 2018.
- [88] Jasiulewicz-Kaczmarek M., Mazurkiewicz D., & Wyczółkowski R.; Strategie i metody utrzymania ruchu; Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne; 2023.
- [89] Norma EN 15341:2019+A1:2022; Maintenance key performance indicators; Polski Komitet Normalizacyjny.
- [90] Kumar J., Soni V., Agnihotri G.; Maintenance performance metrics for manufacturing industry; Int J Res Eng Technol 2(2):136–142; 2013.
- [91] Muchiri P., Pintelon L., et al; Development of maintenance function performance measurement framework and indicators; Int J Prod Econ 131(1):295–302; 2011.
- [92] Pacaiova H., Nagyova A. et al; Systematic approach in maintenance management improvement; Int J Strateg Eng Asset Manage 1(3):228–237; 2013.
- [93] Kumar U, Galar D et al; Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review; J Qual Maintenance Eng 19(3):233–277; 2013.
- [94] Jasiulewicz-Kaczmarek M.; Sustainable maintenance assessment model of enterprise technical infrastructure; Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej; Poznań; 2019.
- [95] R. Winston Revie i John Wiley & Sons; Oil and Gas Pipelines: Integrity and Safety Handbook; Wiley; 1 kwi 2015.
- [96] P. Magulski; CASE STUDY – OFFSHORE EQUIPMENT CRITICALITY IN MAINTENANCE; Rozprawy Naukowe i Zawodowe PWSZ w Elblągu nr 31; 2022.
- [97] Damian Żabicki; DIAGNOSTYKA, POMIARY, REGULACJA; Główny Mechanik; Maj–Czerwiec 2018; str. 44.
- [98] Laboratorium Badań Nieniszczących DRACO; <https://www.draco.com.pl/oferta/badania-pradami-wirowymi-et>; dostęp 10.06.2022.
- [99] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/68/UE z dnia 15 maja 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do dostępniania na rynku urządzeń ciśnieniowych, str. 183.

WYKAZ TABEL

Tabela 1. Porównanie strategii obsługowych [opracowanie własne na podstawie źródeł: 85 - 88]	23
Tabela 2. Lokalizacje funkcjonalne	41
Tabela 3. Matryca kryteriów [opracowanie własne]	43
Tabela 4. Ustawienie parametrów harmonogramowania w planie obsługi [opracowanie własne]	46
Tabela 5. Matryca do wyznaczenia kategorii rurociągów [opracowanie własne]	51
Tabela 6. Liczba badanych rurociągów [opracowanie własne]	51
Tabela 7. Plan badania ET spoin [opracowanie własne]	53
Tabela 8. Zawartość informacyjna zleceń [opracowanie własne]	56
Tabela 9. Lista grup materiałowych dla krytycznych części zamiennych [opracowanie własne]	57
Tabela 10. Rodzaje dokumentacji [opracowanie własne]	63
Tabela 11. „Z1 – Zawiadomienie przeglądowe” – zawiadomienie to będzie generowane automatycznie przez system jako obiekt wywołania z planu obsługi [opracowanie własne]	71
Tabela 12. „Z2 – Zawiadomienie awaryjne” – zawiadomienie tworzone w celu opisanego awarii, usterki dla obiektu technicznego. Zawiadomienia te tworzone będą wyłącznie „ręcznie” [opracowanie własne]	77
Tabela 13. „Z3 – Zawiadomienie remontowe” – zawiadomienie tworzone w celu zgłoszenia potrzeby remontowej – nie związane z awarią urządzenia. Zawiadomienia te tworzone będą wyłącznie „ręcznie” [opracowanie własne]	84
Tabela 14. „Z4 – Protokół z wyk. prac” – w celu udokumentowania wykonanych prac wykonanych przez służby na platformach [opracowanie własne]	89
Tabela 15. Mierniki procesu (KPI) [opracowanie własne]	98
Tabela 16. Liczba zawiadomień w roku 2022 [źródło: dane zwrotne z wdrożonego systemu]	98
Tabela 17. Liczba zawiadomień w roku 2021 [źródło: dane zwrotne z wdrożonego systemu]	99
Tabela 18. Liczba zawiadomień w roku 2020 [źródło: dane zwrotne z wdrożonego systemu]	99
Tabela 19. Miernik dostępności technicznej - CP Petrobaltic [opracowanie własne na podstawie danych zwrotnych z wdrożonego systemu]	105

WYKAZ RYSUNKÓW

Rysunek 1. Czynniki wpływające na ustanawianie celów utrzymania ruchu [53].....	15
Rysunek 2. Elementy zarządzania utrzymaniem ruchu w przedsiębiorstwie [56]	16
Rysunek 3. Czynniki wpływające na pomyślne wdrożenie prognostycznego (proaktywnego) utrzymania ruchu [59].....	17
Rysunek 4. Analityka utrzymania ruchu na osi czasu [56].....	22
Rysunek 5. Opis kroków w procesie obsługi awarii [opracowanie własne]	26
Rysunek 6. Opis kroków w procesie obsługi remontów planowych [opracowanie własne].....	27
Rysunek 7. Opis kroków w procesie obsługi profilaktyki [opracowanie własne].....	28
Rysunek. 8. Mapa lokalizacji złoża B8 [źródło: mapa koncesji i złóż firmy LOTOS Petrobaltic]	32
Rysunek 9. Zdjęcie platformy (widok boczny) na Morzu Bałtyckim [źródło: własne]	33
Rysunek 10. Widok platformy (z góry) [źródło: dokumentacja platformy].....	34
Rysunek 11. Widok platformy (z boku) [źródło: dokumentacja platformy].....	35
Rysunek 12. Ogólny schemat technologiczny platformy Petrobaltic [źródło: dokumentacja platformy].....	35
Rysunek 13. Schemat blokowy utrzymania ruchu [opracowanie własne]	38
Rysunek 14. Mapa podziału odpowiedzialności [opracowane na podstawie funkcjonujących procedur w przedsiębiorstwie].....	40
Rysunek 15. Przykładowa karta planu obsługi urządzenia [opracowanie własne].....	46
Rysunek 16. Lokalizacja oraz ilość punktów pomiarowych dla typowych elementów rurociągów krytycznych [opracowanie własne].....	49
Rysunek 17. Lokalizacja oraz ilość punktów pomiarowych dla typowych elementów technologicznych i międzyobiektowych [opracowanie własne].....	50
Rysunek 18. Plan badań rurociągów [opracowanie własne na podstawie analizy przypadku] ..	52
Rysunek 19. Układ węzłów spawalniczych podpory LQ [źródło: dokumentacja analizy zmęczeniowej podpory LQ platformy]	52
Rysunek 20. Lista strategii obsługi dla liczników [źródło: wdrożony system utrzymania ruchu].	54
Rysunek 21. Przykładowe liczniki urządzeń w systemie DCS [źródło: system DCS – odczyt liczników].....	55
Rysunek 22. Schemat katalogu dokumentacji (wycinek) [opracowanie własne]	60
Rysunek 23. Drzewo lokalizacji funkcjonalnych [opracowanie własne].....	61
Rysunek 24. Załączniki dla głównej lokalizacji funkcjonalnej CP [opracowanie własne].....	61
Rysunek 25. Dokumentacja Klasyfikatora dla głównej lokalizacji funkcjonalnej CP [opracowanie własne]	62
Rysunek 26. Dokumentacja Klasyfikatora - Świadectwo Jednostki Morskiej [opracowanie własne]	62
Rysunek 27. Schemat obiegu dokumentacji [opracowanie własne]	64
Rysunek 28. Zakres wymaganej dokumentacji dla branży elektryczno - instrumentowej [opracowanie własne].....	66

Rysunek 29. Zakres wymaganej dokumentacji dla branży mechanicznej [opracowanie własne]	67
Rysunek 30. Zakres wymaganej dokumentacji dla branży strukturalnej [opracowanie własne]	68
Rysunek 31. Zakres wymaganej dokumentacji dla branży hydraulicznej [opracowanie własne]	69
Rysunek 32. Rodzaje zawiadomień [opracowanie własne]	70
Rysunek 33. Urządzenia dla których opracowano zawiadomienia Z1 – przeglądowe [opracowanie własne]	72
Rysunek 34. Rodzaje zawiadomień [opracowanie własne]	74
Rysunek 35. Wywołanie transakcji ZPM_PWYK [opracowanie własne]	74
Rysunek 36. Kryteria określające wygenerowanie raportu [opracowanie własne]	75
Rysunek 37. Okno wyboru pojedynczego zawiadomienia [opracowanie własne]	75
Rysunek 38. Okno wyboru wielokrotnego [opracowanie własne]	76
Rysunek 39. Druk zawiadomień [opracowanie własne]	76
Rysunek 40. Przebieg procedury - zawiadomienia awaryjne Z2 [opracowanie własne]	78
Rysunek 41. Tworzenie zawiadomienia PM – Z2: Ekran początkowy [opracowanie własne]	79
Rysunek 42. Tworzenie zawiadomienia PM – Z2: LPB / Zawiadomienie awaryjne [opracowanie własne]	79
Rysunek 43. Tworzenie zawiadomienia PM – Z2: LPB / Zawiadomienie awaryjne [opracowanie własne]	80
Rysunek 44. Tworzenie zawiadomienia PM – Z2: LPB / Zawiadomienie awaryjne [opracowanie własne]	80
Rysunek 45. Tworzenie zawiadomienia PM – Z2: LPB / Zawiadomienie awaryjne - dane dodatkowe [opracowanie własne]	81
Rysunek 46. Tworzenie zawiadomienia PM – Z2: LPB / Zawiadomienie awaryjne - przestój [opracowanie własne]	82
Rysunek 47. Tworzenie zawiadomienia PM – Z2: LPB / Zawiadomienie awaryjne - zamykanie zawiadomienia [opracowanie własne]	83
Rysunek 48. Przebieg procedury - zawiadomienie remontowe Z3 [opracowanie własne]	85
Rysunek 49. Tworzenie zawiadomienia PM – Z3: Ekran początkowy [opracowanie własne]	86
Rysunek 50. Tworzenie zawiadomienia PM – Z3: LPB / Zawiadomienie remontowe [opracowanie własne]	86
Rysunek 51. Tworzenie zawiadomienia PM – Z3: LPB / Zawiadomienie remontowe [opracowanie własne]	87
Rysunek 52. Tworzenie zawiadomienia PM – Z3: LPB / Zawiadomienie remontowe [opracowanie własne]	88
Rysunek 53. Tworzenie zawiadomienia PM – Z3: LPB / Zawiadomienie remontowe [opracowanie własne]	88
Rysunek 54. Przebieg procedury - zawiadomienie z prac dodatkowych Z4 [opracowanie własne]	90
Rysunek 55. Tworzenie zawiadomienia PM – Z4: Ekran początkowy [opracowanie własne]	90

Rysunek 56. Tworzenie zawiadomienia PM – Z4: LPB / Prace dodatkowe [opracowanie własne]	91
Rysunek 57. Tworzenie zawiadomienia PM – Z4: LPB / Prace dodatkowe [opracowanie własne]	91
Rysunek 58. Tworzenie zawiadomienia PM – Z4: LPB / Prace dodatkowe [opracowanie własne]	92
Rysunek 59. Tworzenie zawiadomienia PM – Z4: LPB / Prace dodatkowe [opracowanie własne]	93
Rysunek 60. Przykładowe zawiadomienie remontowe Z3 [opracowanie własne]	94
Rysunek 61. Przykładowe zlecenie remontowe [opracowanie własne]	95
Rysunek 62. Przykładowe zapotrzebowanie	96
Rysunek 63. Powiązanie obszaru PM (remont) i MM (zakup)	96
Rysunek 64. Przykładowe zamówienie	97
Rysunek 65. Wykres liczby zawiadomień w latach 2020 - 2022 rok [analiza danych z systemu, opracowanie własne]	100