SGH
Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

SIEMENS
Ingenuity for life

fundacja ProKolej

TRANSFORMACJA CYFROWA KOLEI

Opracowanie: Prof. SGH dr hab. Jana Pieriegud
Instytut Infrastruktury,
Transportu i Mobilności
Kolegium Zarządzania i Finansów
Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

Współpraca: Siemens Mobility Sp. z o.o.
Fundacja Pro Kolej

Grafika: Siemens AG

ISBN 978-83-950826-1-0

Wydanie II zmienione

© Jana Pieriegud 2017, 2019

Publikacja w wersji elektronicznej jest dostępna na:
www.sgh.waw.pl
www.mobility.siemens.pl
www.prokolej.org

JANA PIERIEGUD

Jest inżynierem transportu kolejowego, doktorem habilitowanym nauk ekonomicznych, kierownikiem Katedry Badań nad Infrastrukturą i Mobilnością w Instytucie Infrastruktury, Transportu i Mobilności Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie. Jej zainteresowania badawcze koncentrują się wokół technologicznych i ekonomicznych aspektów rozwoju systemów gospodarczych, transportowych i logistycznych. Jest niezależną ekspertką kilku instytucji i agencji wykonawczych ds. innowacji i badań w Polsce (NCBiR, NCN) i za granicą (Austrian Research Promotion Agency (FFG), Innovation and Network Executive Agency przy Komisji Europejskiej). W latach 2013-2015 uczestniczyła w pracach Transport Advisory Group w ramach Programu Horyzont 2020. Jest członkiem Komitetu Naukowego Shift2Rail - europejskiego programu badań i innowacji dla transportu kolejowego, a także Rady Naukowej Fundacji Pro Kolej. Jest autorką i współautorką ok. 150 publikacji, współredaktorką monografii poświęconych przyszłości sektorów infrastrukturalnych, w tym „Mobilność w aglomeracjach przyszłości" (Sopot 2018) „E-mobilność: wizje i scenariusze rozwoju" (Sopot 2017), „Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa - szanse i wyzwania dla sektorów infrastrukturalnych" (Gdańsk 2016).

SPIS TREŚCI

4 Streszczenie menedżerskie

6 ISTOTA TRANSFORMACJI CYFROWEJ

12 TECHNOLOGIE I ROZWIĄZANIA WSPIERAJĄCE TRANSFORMACJĘ CYFROWĄ

18 KIERUNKI CYFRYZACJI W TRANSPORCIE KOLEJOWYM
21 1. CONNECTED COMMUTER: cyfrowe usługi dla podróżnych
24 2. MaaS: w kierunku intermodalnej mobilności
30 3. PMaaS: cyfrowe usługi w zakresie zapobiegawczego utrzymania
33 4. GoA4: automatyzacja i współdziałanie systemów sterowania ruchem
39 5. INTERNET OF TRAINS: kreowanie wartości dla wielu uczestników

42 STRATEGIE TRANSFORMACJI CYFROWEJ W SEKTORZE KOLEJOWYM
44 1. GRUPA PKP: wzmocnienie interakcji z klientami
45 2. DB 4.0: inwestowanie w start-upy
46 3. UIC: wspólna platforma cyfrowa

48 PODSUMOWANIE

STRESZCZENIE MENEDŻERSKIE

Jednym z priorytetowych kierunków rozwoju transportu na świecie, w tym w Unii Europejskiej, jest dążenie do utworzenia inteligentnego, przyjaznego dla środowiska naturalnego i dostępnego dla użytkowników systemu transportowego. Ważną rolę w tym systemie przypisuje się transportowi szynowemu. Jednocześnie radykalne i bardzo dynamiczne zmiany w otoczeniu, których katalizatorem są technologie teleinformatyczne, wymagają dokonania modyfikacji dotychczasowych modeli biznesowych i strategii przedsiębiorstw kolejowych. Zrozumienie ISTOTY TRANSFORMACJI CYFROWEJ *(digital transformation)* jest kluczowe dla rozwoju kolei w warunkach nowej gospodarki.

Cyfryzacja jako ciągły proces konwergencji rzeczywistego i wirtualnego świata, który zmierza w kierunku systemów cyberfizycznych *(cyber-physical systems)*, jest obecnie głównym motorem innowacji i zmian w różnych sektorach gospodarki.

KLUCZOWE TECHNOLOGIE I ROZWIĄZANIA WSPIERAJĄCE TRANSFORMACJĘ CYFROWĄ w sektorze kolejowym w ostatnich latach to:

- internet rzeczy *(Internet of Things* – IoT*)*
- chmura obliczeniowa *(cloud computing)*
- analityka dużych zbiorów danych *(Big Data Analytics* – BDA*)*
- automatyka *(automation)* oraz robotyzacja *(robotisation)*.

Przejawem adaptacji do funkcjonowania w warunkach gospodarki cyfrowej stała się koncepcja PRZEMYSŁ 4.0. W transporcie kolejowym w ostatnich trzech latach powstały określenia, takie jak: KOLEJ 4.0 i INTERNET POCIĄGÓW. Na podstawie analizy przedsięwzięć podejmowanych w różnych krajach w raporcie przedstawiono KIERUNKI CYFRYZACJI W TRANSPORCIE KOLEJOWYM.

Nowe produkty i usługi, stając się elementem działalności operacyjnej przewoźników, zarządców infrastruktury, producentów, będą kreowały WARTOŚĆ DODANĄ dla wielu uczestników procesu przewozowego, przyczyniając się do wdrożenia nowych koncepcji mobilności, takich jak: *mobility on demand*, *e-mobility*, czy *Mobility as a Service* (MaaS).

W ostatnich trzech latach przedsiębiorstwa kolejowe w różnych krajach opracowały i rozpoczęły wdrażanie programów cyfryzacji swojej działalności. Jednocześnie takie inicjatywy jak - program badań i innowacji Shift2Rail, zakładający współpracę sektora publicznego i prywatnego, jak również platforma cyfrowa UIC przyczyniają się do promocji transformacji cyfrowej kolei w skali europejskiej.

WYZWANIEM JEST NIE TYLE ZASTOSOWANIE NOWYCH TECHNOLOGII W DZIAŁALNOŚCI OPERACYJNEJ, ILE INTEGRACJA TECHNOLOGII CYFROWYCH I PROCESÓW BIZNESOWYCH W PRZEDSIĘBIORSTWACH Z SEKTORA KOLEJOWEGO.

ISTOTA TRANSFORMACJI CYFROWEJ

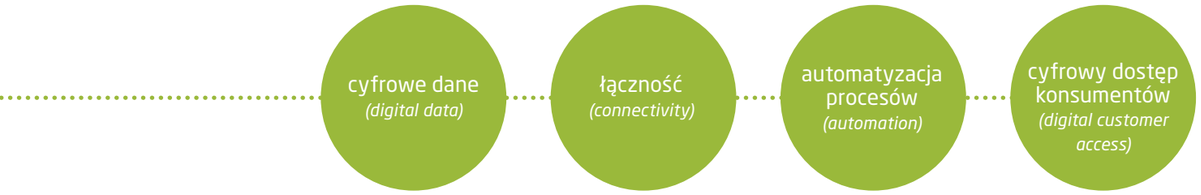
Przez pojęcie **CYFRYZACJI** *(digitalisation)* rozumiemy dziś proces adaptacji i wzrostu wykorzystywania technologii cyfrowych lub komputerowych przez społeczeństwo, przedsiębiorstwa, sektory gospodarki, administrację publiczną itd. Obok pojęcia gospodarki cyfrowej *(digital economy)* funkcjonuje także wiele innych terminów określających nowy model gospodarki, takich jak: e-gospodarka *(e-economy)*, gospodarka sieciowa *(network economy, mesh economy)*, gospodarka oparta na danych *(data economy)*, gospodarka bitów *(bit economy)*, gospodarka oparta na cyfrowym dostępie *(access economy)*, gospodarka oparta na platformach *(platform economy)*, gospodarka oparta na popycie *(on-demand economy)*.[1]

TRANSFORMACJA CYFROWA *(digital transformation)* jest szczególnym rodzajem przemiany organizacyjnej przedsiębiorstwa, sektora oraz całych łańcuchów dostaw, która następuje wskutek wykorzystywania cyfrowych technologii oraz nowych modeli biznesowych w celu osiągnięcia lepszych wyników działalności gospodarczej.

Transformacja cyfrowa wpływa na trzy obszary organizacji[2]:

- kształtowanie relacji z klientami – zrozumienie potrzeb klientów, wprowadzenie wielu kanałów komunikacji z klientami oraz wzbogacenie form samoobsługi
- procesy operacyjne – procesy wewnętrzne organizacji i środowisko pracy, a także mechanizmy monitorowania wydajności
- model działania organizacji – jakie produkty/usługi organizacja dostarcza i na jakie rynki.

W raporcie opracowanym w 2015 roku przez firmę konsultingową Roland Berger na zlecenie Federalnego Związku Przemysłu Niemieckiego (BDI)[3] na podstawie badania kluczowych dla niemieckiej i europejskiej gospodarki sektorów zidentyfikowane zostały **CZTERY DŹWIGNIE PROCESU TRANSFORMACJI CYFROWEJ:**



Pod wpływem postępującej cyfryzacji na rynku coraz częściej zaczynają między sobą konkurować tradycyjne przedsiębiorstwa oraz przedsiębiorstwa wykorzystujące **NOWE MODELE BIZNESOWE**, oferujące:

- różnorodne produkty i usługi *(multi-products/services)*
- produkty łączące różne branże *(connected products)*
- wbudowane usługi *(embedded services)*
- współdzielone produkty i usługi *(shared products/services).*

Pojęcie **„CYFROWEGO WYWRÓCENIA"** *(digital disruption),* które powstało w ostatnich latach, definiuje się jako rezultat wpływu cyfrowych technologii i modeli biznesowych na wartość oferowaną przez firmę oraz jej pozycję rynkową[4]. Do modeli biznesowych, które w najbardziej znaczący sposób wywróciły dotychczasowe sprawdzone schematy działania firm (*hiper-disruptive business models*) zaliczane są m.in. modele : subskrypcja, freemium, za darmo, przestrzeń rynkowa, dostęp bez zakupu, na żądanie, ekosystem. Przedsiębiorstwa, które w ostatnich latach dokonały najbardziej spektakularnych „zakłóceń", stosują różne połączenia nowych modeli, wykorzystując zasadę dekompozycji źródeł wartości na cyfrowe elementy składowe, które są następnie poddawane ponownej rekonfiguracji, umożliwiając powstawanie zupełnie nowych odmian modeli biznesowych[5].

Transformacja cyfrowa to integracja technologii cyfrowych i procesów biznesowych przedsiębiorstwa, zmieniająca wartość oferowaną przez firmę oraz jej pozycję rynkową, w wyniku czego przedsiębiorstwo może doprowadzić do „cyfrowego wywrócenia" swoich konkurentów.

W gospodarce cyfrowej zmienia się istotnie podejście do dotychczasowych zasad funkcjonowania podmiotów na rynku i punktów ciężkości w budowaniu **WARTOŚCI DODANEJ**. Stosowane przez przedsiębiorstwa **CYFROWE MODELE BIZNESOWE** według wartości dostarczanej swoim klientom można połączyć w trzy grupy. Są to modele oparte o wartość kosztową, o wartość doświadczenia lub o wartość platformy. Coraz większą rolę odgrywać będą te ostatnie.

KLUCZOWE CZYNNIKI W TWORZENIU WARTOŚCI DODANEJ ORAZ PRZEWAGI KONKURENCYJNEJ

ERA PRZEMYSŁOWA

- Produkty
- Łańcuchy wartości (liniowe)
- Siła kontroli nad łańcuchem dostaw
- Korzyści skali oparte na podaży
- Majątek trwały i amortyzacja kapitału
- Koszty krańcowe produkcji
- Wycena rynkowa oparta na zwrocie z kapitału
- Wzrost organiczny oraz fuzje i przejęcia
- PKB jako miara wzrostu gospodarczego

ERA GOSPODARKI CYFROWEJ (Przemysł 4.0)

- Platformy
- Ekosystemy (nieliniowe)
- Siła optymalizacji ekosystemów
- Korzyści skali oparte na popycie
- Zasoby cyfrowe i kapitał innowacji
- Koszty dystrybucji i efekty sieciowe
- Wycena rynkowa oprata na ekosystemach
- Wzrost oparty na efektach asymetrii i sieci
- Nowe wskaźniki wzrostu gospodarczego, dostęp do internetu oraz „produkty za darmo"

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportu: Accenture Technology Vision, 2016, s. 43, https://www.accenture.com/pl-pl/insight-technology-trends-2016 (10.07.2017).

PLATFORMY INTERNETOWE są miejscem oferowania rozproszonych w skali globalnej zasobów i przyczyną rekonfiguracji (bądź konfiguracji w przypadku nowych przedsięwzięć) łańcuchów wartości[6]. Platformy wykorzystują efekty powstające wskutek budowania nowych modeli, opartych na otwartych ekosystemach i kreujących nową wirtualną wartość dodaną. Pozwala to przedsiębiorstwom na przenoszenie kompetencji między sektorami, a więc tworzenie nowych produktów i usług w krótkim czasie. Platformy kreują wartość dla wszystkich swoich uczestników wykorzystując zasoby, które nie są ich własnością, dlatego osiągają dużo wyższą dynamikę wzrostu niż w przypadku tradycyjnych modeli biznesowych. Podczas kiedy wiodące przedsiębiorstwa w erze przemysłowej wykorzystywały korzyści skali oparte na podaży, dzisiejsi liderzy działają w oparciu o stronę popytową, przynoszącą **KORZYŚCI SIECIOWE**. Te korzyści nie są równoznaczne przewadze cenowej lub korzyści marek. Platformy czerpią znaczną część wartości od klientów, których obsługują[7].

TECHNOLOGIE I ROZWIĄZANIA WSPIERAJĄCE TRANSFORMACJĘ CYFROWĄ

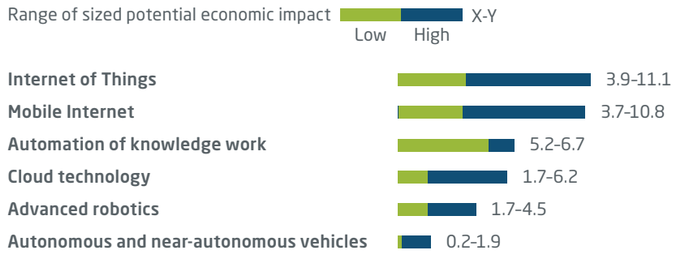
U podstaw transformacji cyfrowej leży wykorzystanie wielu technologii wspierających ten proces.

Kluczową rolę miał rozwój **INTERNETU**, który od końca lat 90. XX wieku stał się dostępny nie tylko dla zamkniętych grup użytkowników instytucjonalnych, ale i dla użytkowników indywidualnych. Według danych Internet Live Stats i raportu *Global Digital Snapshot* w sierpniu 2018 roku na świecie było 4,1 miliardów użytkowników internetu (czyli ok. 54% mieszkańców globu). Rozwój technologii internetowych znacząco zmienił sposoby komunikacji między przedsiębiorstwami, społecznościami i indywidualnymi użytkownikami. Media społecznościowe jako interaktywne aplikacje internetowe wykorzystujące technologię Web 2.0 stały się dominującym narzędziem udostępniania informacji. Liczba użytkowników mediów społecznościowych osiągnęła 3,2 miliarda.

Dzięki wszechobecnej łączności *(hyperconnectivity)* dziś zachodzą wielostronne interakcje: człowiek – człowiek *(people-to-people* – P2P*)*, człowiek – maszyna *(people--to-machine* – P2M*)*, a także odbywa się zautomatyzowana wymiana danych między urządzeniami końcowymi *(machine-to-machine* – M2M*)*.

Według firmy Cisco od 2009 roku, kiedy po raz pierwszy liczba urządzeń podłączonych do internetu przekroczyła liczbę ludności, można mówić o **INTERNECIE RZECZY**. Internet rzeczy (rozumiany jako ekosystem) nie rozszerza zastosowania internetu, lecz wprowadza nowe usługi wykorzystujące interakcje P2M oraz M2M. Internet rzeczy rozwija się dynamicznie - na początku 2018 roku 127 nowych urządzeń co sekundę łączyło się z internetem. Wiele nowych aplikacji, w tym systemy dla takich rozwiązań jak „inteligentny dom" czy „usieciowiony samochód", przeznaczone są dla konsumentów, natomiast aplikacje biznesowe pomagają firmom optymalizować swoje procesy operacyjne[8]. IoT będzie największym źródłem wartości wszystkich przełomowych technologii, wyprzedzając mobilny internet, automatyzację pracy opartej na wiedzy, przetwarzanie w chmurze i zaawansowaną robotykę. Jak szacuje McKinsey Global Institute, do 2025 roku połączenie świata fizycznego i cyfrowego może generować co roku wartość ekonomiczną nawet 11 mld USD. IoT będzie także napędzać rozwój nowych modeli biznesowych. Aby uzyskać jednak wartość biznesową z zastosowania IoT, konieczne jest odpowiednie podejście do analizy danych oraz wdrażanie automatyzacji. Internet rzeczy jest jednym z głównych czynników napędzających procesy transformacji w strategii *Cyfryzacji europejskiego przemysłu*, przyjętej przez Komisję Europejską w kwietniu 2016 roku.

WPŁYW EKONOMICZNY TECHNOLOGII PRZEŁOMOWYCH DO 2025 ROKU (mld USD rocznie)

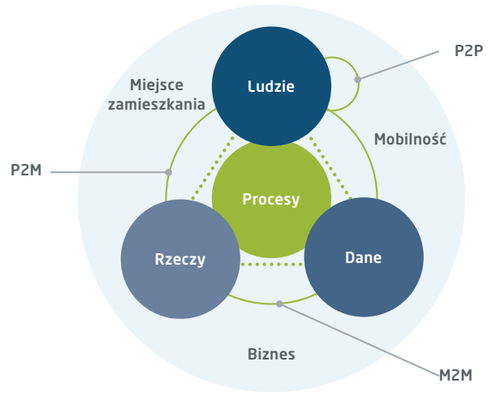


Źródło: McKinsey Global Institute analysis (2017).

W 2014 roku doszło do tzw. **MOBILNEJ REWOLUCJI** – po raz pierwszy liczba użytkowników korzystających z internetu za pomocą urządzeń mobilnych przekroczyła liczbę podłączonych do sieci komputerów stacjonarnych. Szacuje się, że liczba użytkowników urządzeń mobilnych na początku 2018 roku wyniosła 5,1 miliardów. Generowali oni ok. 60% ruchu internetowego. Powstało określenie *mobile-first*, które oznacza, że w różnych sytuacjach, kiedy potrzebna nam jest informacja o usłudze lub produkcie, w pierwszej kolejności sięgamy po urządzenie mobilne.

W 2015 roku na rynek masowy trafiły także urządzenia ubieralne (*wearable devices*) oraz beacony – małe nadajniki sygnału radiowego mogące komunikować się ze smartfonami. Coraz częściej mówi się o **INTERNECIE WSZECHRZECZY** *(Internet of Everything* – IoE*)*, który oznacza sieć przedmiotów, danych, procesów i ludzi ciągle podłączonych do internetu za pośrednictwem urządzeń, takich jak komputery, smartfony i tablety, czy też za pomocą oprogramowania, które umożliwiają stałą łączność, a także różnego rodzaju sensorów zarówno w przypadku gospodarstw domowych, jak i przemysłu. Z kolei w firmie ABB koncepcja ta nazywana jest internetem rzeczy, usług i ludzi *(Internet of Things, Services and People* – IoTSP*)*. Kolejnym etapem ewolucji koncepcji IoT będzie m.in. internet robotów *(Internet of Robotic Things* – IoRT*)*.[9]

INTERNET WSZECHRZECZY



Source: Cisco (2012).

EWOLUCJA INTERNETU

ŁĄCZNOŚĆ I INFRASTRUKTURA

- Internet komputerów (IoC)
- Internet urządzeń (IoD)
- Internet usług (IoS)
- Internet rzeczy (IoT)
- Przemysłowy internet rzeczy (IIoT)
- Internet wszystkiego (IoE)
- Internet rzeczy, usług i ludzi (IoTSP)
- Internet robotów (IoRT)
- Internet rzeczy emocjonalnych (IoET)

TREŚĆ I USŁUGI

- **Web 1.0**: Statyczna sieć umożliwiająca czytanie treści
- **Web 2.0**: : Sieć społecznościowa pozwalająca użytkownikom na czytanie i współtworzenie (pisanie) treści
- **Web 3.0**: Semantyczna i inteligentna sieć łącząca w sobie inteligencję ludzką i coraz bardziej dostępne systemy uczące się (m.in. ontologie zapisywane w języku OWL)
- **Web 4.0**: Mobilna sieć maszyn i rzeczy - mobilna przestrzeń, w której użytkownicy oraz rzeczywiste i wirtualne obiekty są ze sobą połączone w celu tworzenia wartości
- **Web 5.0**: Sensoryczna sieć emocji pozwalająca użytkownikom na przenoszenie uczuć i emocji

Źródło: modyfikacja na podstawie: Raj, P., Raman, A.C. (2017). The Internet of Things. Enabling Technologies, Platforms, and Use Cases, CRC Press, p. 9; Kambil, A. (2008). What is your Web 5.0 Strategy? *Journal of Business Strategy*, Vol. 29, Issue 6.

Ułatwić przetwarzanie danych ma tzw. **CHMURA OBLICZENIOWA** *(cloud computing)*, czyli model rozproszonego przetwarzania danych, oparty na użytkowaniu usługi dostarczonej przez zewnętrzne podmioty, dostępnej na żądanie w dowolnej chwili oraz skalującej się w miarę zapotrzebowania. Jest to alternatywa dla własnego centrum danych *(data center)*, niewymagająca poniesienia znaczących kosztów inwestycyjnych związanych z wybudowaniem niezbędnej infrastruktury IT.

Wyróżnia się trzy rodzaje chmury obliczeniowej: prywatną, publiczną i hybrydową. Oprócz tego, aby sprostać oczekiwaniom wszystkich użytkowników, chmury obliczeniowe dostarcza się w kilku modelach. Najbardziej popularne rozwiązania to:

- oprogramowanie jako usługa *(Software as a Service* – **SaaS***)*
- platforma jako usługa *(Platform as a Service* – **PaaS***)*
- oraz infrastruktura jako usługa *(Infrastructure as a Service* – **IaaS***)*.

Jeszcze jednym modelem jest „wszystko jako usługa" (*Anything (X) as a Service* – **XaaS**), wykorzystujący chmurę hybrydową oraz jeden z pozostałych modeli lub ich kombinację.

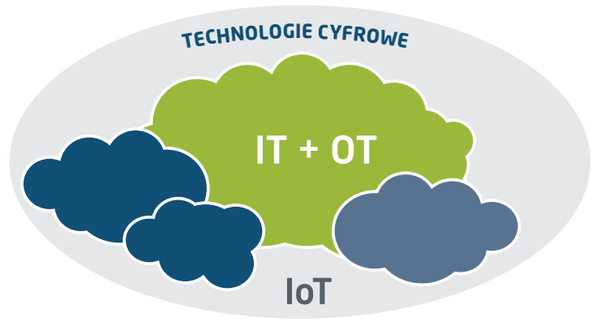
Wraz z lawinowym wzrostem ilości tworzonych, przesyłanych i przechowywanych danych zwiększa się zapotrzebowanie także na zaawansowane narzędzia analityczne *Big Data* (BDA), a także usługi *Big Data as a Service* (**BDaaS**). Coraz więcej firm skupia się na dostarczaniu usług w ramach

czegoś, co Gartner nazywa siatką urządzeń *(device mesh)*, czyli rozszerzającego się zbioru punktów końcowych, których użytkownicy wykorzystują w celu uzyskiwania dostępu do aplikacji i informacji albo w celu podejmowania interakcji z innymi ludźmi, społecznościami, rządami i firmami.

Połączenie technologii teleinformatycznych, automatyki przemysłowej i internetu rzeczy leży u podstaw koncepcji **PRZEMYSŁ 4.0** oraz **PRZEMYSŁOWY INTERNET RZECZY** *(Industrial Internet of Things* – IIoT), w których obniżenie kosztów, poprawa wydajności, a także oferowanie udoskonalonych produktów i usług uwzględniających preferencje i zachowania konsumentów mają być osiągane dzięki automatyzacji produkcji, opartej na wykorzystaniu i wymianie danych w czasie rzeczywistym, przy użyciu wielu technologii.

Do wdrożenia koncepcji przemysłowego internetu rzeczy konieczne jest połączenie ze sobą dwóch obszarów: systemów informatycznych (*information technology* – IT), które służą do zarządzania procesami biznesowymi i relacjami z klientami, wspomagają podejmowanie kluczowych decyzji na temat sposobu działania przedsiębiorstwa, oraz systemów automatyki przemysłowej *(operational technology* – OT), które służą do monitorowania warunków pracy urządzeń, sterowania oraz do kontroli procesów. Różnice pomiędzy IT i OT leżą nie tylko w odmiennym oprogramowaniu, ale też w wymaganiach stawianych tym systemom, implementowanych standardach, a nawet w sposobie pracy osób obsługujących poszczególne systemy.

INTEGRACJA SYSTEMÓW IT Z SYSTEMAMI STEROWANIA PRODUKCJĄ (OT)



KIERUNKI CYFRYZACJI W TRANSPORCIE KOLEJOWYM

Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa oznacza wiele wyzwań dla przyszłościowego rozwoju kolei. W odpowiedzi na te wyzwania w sektorze kolejowym powstały nowe koncepcje i rozwiązania. Zakładają one wdrażanie najnowszych technologii we wszystkich obszarach działalności transportu kolejowego: produkcji, sterowania ruchem kolejowym, zarządzania infrastrukturą liniową i punktową, organizacji procesu przewozów.

Technologie informacyjne i teleinformatyczne są wykorzystywane na kolei od lat 70. XX wieku. Dla przykładu, opracowany już wtedy system cyfrowego oznaczania wagonów towarowych i osobowych jest używany do dziś. System ten dla pojazdów trakcyjnych zaczęto wprowadzać dopiero w drugim dziesięcioleciu XXI wieku. W kolejnym etapie procesu informatyzacji kolei nastąpiło m.in. powszechne stosowanie komputerowego wspomagania przy projektowaniu konstrukcji taboru. Pozwoliło to w wielu przypadkach dokonać optymalizacji masy pojazdów przy jednoczesnym poprawieniu wytrzymałości. Stały rozwój narzędzi projektowych pozwala na optymalizację procesu doboru poszczególnych elementów układu napędowego oraz wszystkich układów pomocniczych, co skutkuje coraz większą energooszczędnością pojazdów. Stosowanie cyfrowych rejestratorów danych, cyfrowych układów sterowania poszczególnymi podsystemami, a także całym pojazdem pozwala na zdalny monitoring, diagnostykę i zapobiegawcze utrzymanie pojazdów, pozwalające na znaczne zwiększenie dostępności taboru poprzez ograniczenie awaryjności. Prawdziwa rewolucja cyfrowa na kolei nastąpi jednak dopiero wówczas, gdy coraz większa liczba układów i podsystemów zostanie w pełni zintegrowana nie tylko w obrębie pojedynczych pojazdów, ale również będzie zintegrowana z elementami infrastruktury i suprastruktury, tj. obrębie całych ekosystemów kolejowych.

A ROADMAP FOR DIGITAL RAILWAYS

W marcu 2016 roku branżowe organizacje kolejowe CER, CIT, EIM i UIC opublikowały dokument pt. *A Roadmap for Digital Railways,* w którym za główne kierunki wykorzystania technologii cyfrowych w transporcie kolejowym w Europie uznano[10]:

- kreowanie oferty „usieciowionej kolei” *(connected railways)*, wykorzystującej niezawodną łączność, zapewniającej bezpieczeństwo, wydajność i atrakcyjność usług kolejowych
- poprawę satysfakcji klientów poprzez oferowanie wartości dodanej dla pasażerów
- zwiększenie przepustowości, niezawodności i efektywności kolei m.in. poprzez automatyzację procesów
- poprawę konkurencyjności kolei poprzez optymalne wykorzystywanie danych.

W dalszej części raportu zostały przedstawione wybrane przykłady pokazujące zakres cyfryzacji w transporcie kolejowym.

1. CONNECTED COMMUTER: CYFROWE USŁUGI DLA PODRÓŻNYCH

W ostatnich pięciu latach największy postęp w transporcie kolejowym w Europie można było obserwować w zakresie kreowania przejrzystego systemu komunikacji z klientem:

- strony internetowe przewoźników zostały rozbudowane i unowocześnione
- powstały mobilne aplikacje z informacją o ruchu pociągów w czasie rzeczywistym oraz możliwością zakupu biletu których funkcjonalność jest rozszerzana o dodatkowe usługi
- wdrażane są nowoczesne systemy dynamicznej informacji pasażerskiej na dworcach i przystankach kolejowych.

Przykładem aplikacji mobilnej, w której informacja ruchu pociągów została rozszerzona o plany stacji kolejowych, strefy handlowe i inne połączone usługi jest „ADIF on your mobile”, uruchomiona przez zarządcę infrastruktury w Hiszpanii.

APLIKACJA “ADIF ON YOUR MOBILE”

Źródło: ADIF (2016).

Wielu przewoźników w latach 2016-2017 uruchomiło multimedialne portale, z których podróżni mogą skorzystać w pociągu. Austriacki ÖBB używa swojej usługi Railnet do określenia podróżowania w stylu "*railaxed*". Usługa obejmuje informacje o podróży w czasie rzeczywistym, inforozrywkę na pokładzie pociągu (ORF TVthek) oraz dostęp do bezprzewodowego internetu. W Niemczech na początku 2018 r. pasażerowie mieli dostęp do internetu na ponad 135 stacjach kolejowych i w pociągach międzyaglomeracyjnych (ICE). We wszystkich pociągach w komunikacji dalekobieżnej, w tym do Francji, Holandii i Austrii, podróżnym zapewniono bezpłatny dostęp do szybkiego internetu oraz usługi ICE Portal. W Rosji od października 2016 roku pasażerowie klasy biznes i pierwszej klasy, podróżujący pociągami dużych prędkości Sapsan między Moskwą i Sankt Petersburgiem, mogą korzystać z portalu, który zapewnia dostęp do internetu, zasobów filmowych i muzycznych, audiobooków, prasy. Dodatkowo można znaleźć informację o nadchodzących wydarzeniach kulturalnych odbywających się w „dwóch stolicach", odbyć wirtualną wycieczkę po pociągu, obejrzeć kursy z wybranych dziedzin, a także rozszerzyć swoją wiedzę o kolei. We wszystkich omówionych przykładach usługi inforozrywki (za opłatą lub bezpłatnie) najpierw są wprowadzane dla pasażerów w wyższych klasach podróży, a następnie w klasie ekonomicznej. Z systemu inforozrywki mogą również korzystać pasażerowie pociągów dużych prędkości Siemens Velaro D w Turcji, kursujących na trasie Ankara – Konya oraz Ankara – Istambuł.

ROZWIĄZANIE "ALWAYS CONNECTED" DLA PASAŻERÓW POCIĄGÓW SIEMENS VELARO W TURCJI

INTERNET ACCESS
AAA = Authentication, authorization and accounting

ACCESSABILITY
In-seat displays
on board monitors
mobile devices
satellite connection

COMMERCE
advertisement

MOBILITY INFO
coach related info
routes, platforms, connections

WAYFINDING
directions
moving map
station maps

INFORMATION
current news, weather info, announcements, driver view camera

NEWS
newspapers, RSS feeds

VIDEO ON DEMAND
plugin-free, payment, video games

AUDIO ON DEMAND
playlists, albums

LIVE TV/Radio
IP-TV streams
IP-radio streams

e-READING
books, magazines

Źródło: Siemens AG (2017).

Zapewnienie stabilnej łączności w pociągach do tej pory stanowiło prawdziwe wyzwanie ze względu na szereg czynników, jak np.: metalowe i stalowe elementy konstrukcji pudła wagonów tłumiące sygnał, duża liczba użytkowników jednocześnie korzystających z internetu w pociągu, co zmniejsza przepustowość sieci, tunele blokujące sygnały radiowe. Aby zapewnić podróżnym lepszą jakość mobilnego internetu w pociągach, naukowcy z Siemens Corporate Technology w Wiedniu opracowali specjalną selektywną powłokę na okna. Szyby okienne powlekane są specjalną przezroczystą warstwą na bazie tlenku metalu. Zostaje ona utleniona w wyznaczonych miejscach za pomocą lasera, co pozwala sygnałowi radiowemu o określonej częstotliwości przechodzić przez barierę bez zniekształceń, podczas gdy sygnał radiowy o innych częstotliwościach jest tłumiony.

Rozwiązanie Siemensa zostało przetestowane w pociągach ÖBB. Dzięki innowacyjnej powłoce udało się uzyskać siłę sygnału 50-krotnie mocniejszą w porównaniu do innych istniejących rozwiązań. Czas „dobrego" dostępu do sygnału 4G wzrósł o 33%. Jednocześnie testy wykazały, że szyby wciąż zachowują swoje parametry redukujące temperaturę i nie ograniczają w żaden sposób widoczności, zarówno w dzień, jak i w nocy. W niektórych przypadkach, okno może uzyskać zwiększoną wydajność energetyczną, co przekłada się na większy komfort dla pasażerów. Innowacyjne okna zostaną po raz pierwszy zainstalowane w pociągach ekspresowych Rhein-Ruhr-Express (RRX), które wejdą do eksploatacji w Niemczech w drugiej połowie 2018 roku.

2. MAAS: W KIERUNKU INTERMODALNEJ MOBILNOŚCI MIEJSKIEJ

Pod wpływem procesu cyfryzacji gospodarki i społeczeństwa wymogiem współczesnej mobilności staje się efektywne wykorzystanie czasu oraz funkcjonowanie w dwóch równoległych światach: rzeczywistym i wirtualnym. Pozwalają na to nowoczesne urządzenia mobilne, np. netbooki, tablety, smartfony, a także urządzenia do komunikacji głosowej i obrazowej między człowiekiem a systemem cyfrowym (Amazon Echo oraz Amazon Echo Look), które wykształciły wirtualną mobilność *(virtual mobility)*. Mówi się o powstaniu nowego typu osobowości *homo mobilis*, którą cechują m.in. nowe rozumienie wolności i komfortu życiowego, cybermentalność, potrzeba ciągłego bycia online, dostępu do internetu i komunikowania się za pomocą mediów społecznościowych, a także potrzeba nowych zindywidualizowanych produktów i usług dostępnych natychmiast, czyli na żądanie (*on demand*). Dotyczy to także potrzeb i zachowań komunikacyjnych.

Sprostać tym oczekiwaniom mają nowe koncepcje mobilności, które przyjmują różnorodne nazwy: *mobility on demand, any time mobility, networked mobility, integrated mobility*. Jednocześnie koncepcje rozwoju mobilności miejskiej, które pojawiły się w ostatnich latach, są ściśle powiązane z rozwojem koncepcji inteligentnego miasta *(smart city)*[11]. Przejawem tzw. **INTELIGENTNEJ MOBILNOŚCI (SMART MOBILITY)** jest dążenie do optymalnego – z punktu widzenia całego systemu – wykorzystywania środków różnych gałęzi transportu, czyli zapewnienie intermodalności. Podejście „mobilność na żądanie" zakłada, że użytkownicy płacą tylko za te usługi, z których faktycznie korzystają (*pay-as-you-use, pay-as-you-go*).

Każda z nowych modeli cechuje się „usieciowieniem" (*connected*), czyli zapewnioną możliwością dostępu do sieci internetowej oraz systemów teleinformatycznych, pozwalających na szybkie sprawdzenie aktualnej informacji o podróży, w celu wyboru i zaplanowania najbardziej dogodnego sposobu podróżowania, dokonanie niezbędnych rezerwacji i zapłaty za przejazd. Koncepcja **MOBILNOŚCI JAKO USŁUGI** (*Mobility as a Service* – MaaS) to model dystrybucji usług transportowych, który przewiduje zaspokajanie indywidualnych potrzeb transportowych użytkownika za pomocą jednego operatora i pojedynczego interfejsu (platformy cyfrowej)[12].

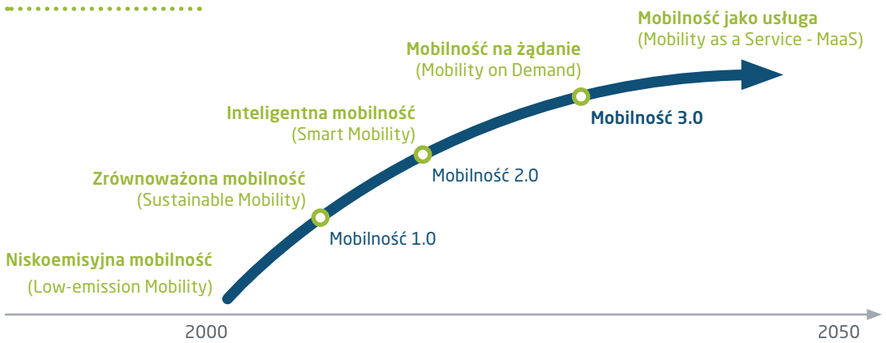
Przykładem rozwiązań, których celem jest utworzenie w przyszłości zintegrowanej multimodalnej platformy dla podróżnych (*multimodal full-service mobility platform 4.0*), są aplikacje mobilne rozwijane przez Deutsche Bahn:

- **DB Navigator** – aplikacja umożliwiająca planowanie podróży od drzwi do drzwi i rezerwację podróży (w tym na S-Bahn, metro, tramwaj i autobus wraz z geolokalizacją GPS i nawigacją pieszych odcinków), a także wyszukiwanie tanich biletów na pociągi dalekobieżne (Sparpreis), dostarczająca informacje w czasie rzeczywistym, w tym powiadomienia o opóźnieniach typu *push*, również dla osób dojeżdżających, pozwalająca na przechowywanie biletów na smartfonie (m.in. Apple Wallet) i zarządzanie nimi. W 2017 roku za pomocą mobilnej aplikacji zakupiono 15 mln biletów (czyli 37 tys. rezerwacji dziennie)
- **Call a bike app** – aplikacja do rezerwacji rowerów dostępnych na ok. 50 stacjach
- **Finkster app** – możliwość zarezerwowania samochodu, w tym elektrycznego, w systemie car-sharing na ok. 1700 stacjach
- **Qixxit** – planer multimodalnej podróży.

APLIKACJE MOBILNE DLA PASAŻERÓW DEUTSCHE BAHN TWORZĄCE OFERTĘ PODRÓŻY MULTIMODALNEJ

Źródło: Deutsche Bahn (2016).

EWOLUCJA KONCEPCJI MOBILNOŚCI MIEJSKIEJ W XXI WIEKU



Źródło: J. Pieriegud (2018).

Stworzony przez firmę Siemens pakiet rozwiązań informatycznych **SiMobility** (SiMobility Connect, SiMobility JustGo i SiMobility Flow) nie tylko upraszcza planowanie, poprawia komfort podróżowania pasażerów, zapewniając im dostęp do informacji przed, w trakcie i po podróży, ale także automatycznie optymalizuje proces płatności za przejazd (*smart ticketing*).

PAKIET ROZWIĄZAŃ SIMOBILITY

SiMobility Connect
Platforma informacyjna i transakcyjna B2B dla organizatorów przewozów i operatorów różnych gałęzi transportu

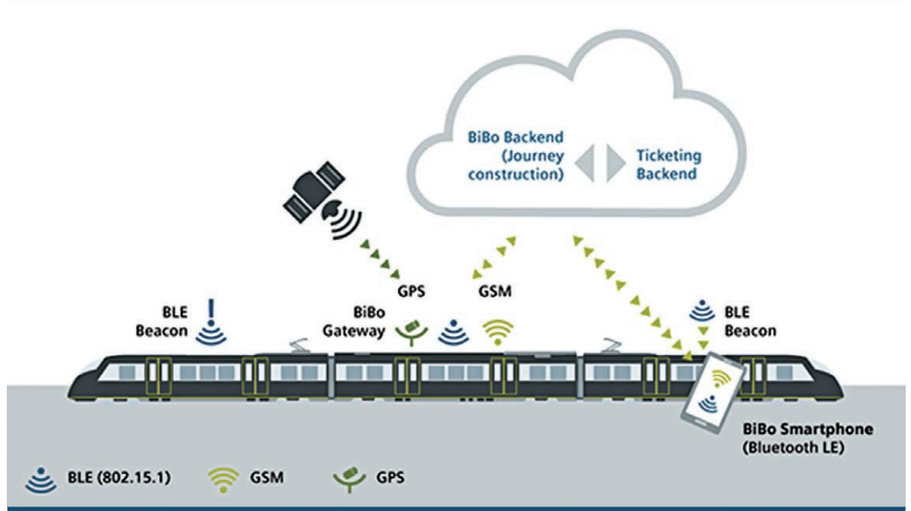
SiMobility Flow
Asystent pasażera na stacji kolejowej oraz podczas planowania multimodalnej podróży

BDA dla przewoźników i samorządów

SiMobility JustGo
Automatyczne rozliczanie opłat za przejazd

Jednym z rozwiązań wykorzystywanych w ramach aplikacji SiMobility JustGo jest *Be-in/Be-out ticketing* (BiBo), czyli system automatycznego rozliczania opłat za przejazd. W momencie wsiadania pasażera do pociągu jego smartfon wykrywa zainstalowane w pojeździe beacony, które uruchomiają aplikację BiBo. Po zakończeniu podróży system automatycznie naliczy i pobierze opłatę za faktycznie pokonaną trasę, najkorzystniejszą kosztowo dla podróżnego.

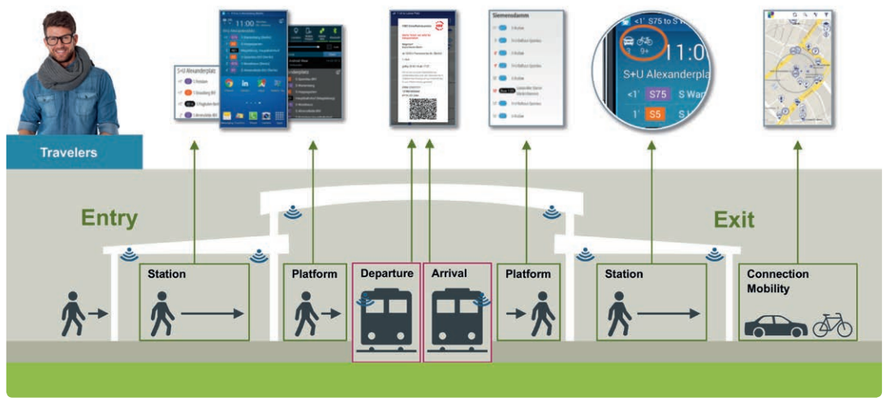
TECHNOLOGIE WYKORZYSTYWANE W APLIKACJI BIBO



Po raz pierwszy na świecie rozwiązanie BiBo wdrożono w ramach projektu *Smart Mobility* dla pasażerów korzystających z pociągów szwajcarskiego przewoźnika Südostbahn Switzerland (Swiss South Eastern Railways, SOB).

KORZYŚCI WDROŻENIA APLIKACJI BIBO W PORÓWNANIU Z TRADYCYJNYMI ROZWIĄZANIAMI

Doceniając innowacyjność rozwiązania na miarę ery cyfrowej, za rozwijanie platformy SiMobility oraz pionierskie wdrażanie aplikacji BiBo firma Siemens została nagrodzona prestiżową nagrodą ***Transport Ticketing Global Award* w kategorii 2017 *Digital Champion*.**



3. PMAAS: CYFROWE USŁUGI W ZAKRESIE ZAPOBIEGAWCZEGO UTRZYMANIA TABORU

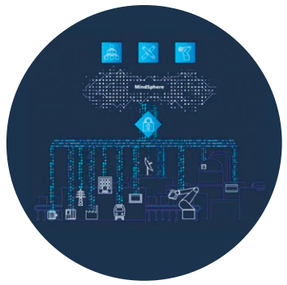
Cyfrowy dostęp do danych zrewolucjonizował procesy utrzymania infrastruktury i taboru. Analiza milionów danych przechwyconych przez sensory znajdujące się w kluczowych podzespołach pociągu i przekazanych za pomocą chmury obliczeniowej do centrów danych pomaga wykrywać potencjalne awarie z wyprzedzeniem, zapewniając utrzymanie tylko wtedy, gdy jest to wymagane (ale przed wystąpieniem awarii). Szczegółowa informacja o tym, jakie elementy najprawdopodobniej zawiodą w najbliższym czasie, umożliwia zapewnienie nawet do 100% dostępności taboru, ponieważ usterki są usuwane wtedy, kiedy pojazdy nie są w ruchu, zapobiegając potencjalnym awariom. Wskutek tego zapewniona jest wysoka niezawodność systemu, co zmniejsza zapotrzebowanie na rezerwy operacyjne (zwykle utrzymywane na poziomie 5-15%) i zwiększa efektywności wykorzystania taboru.

Wykorzystując skuteczną integrację zbiorów danych dotyczących utrzymania w chmurze z procesami biznesowymi i systemami IT, producenci taboru mogą oferować swoim klientom wiele nowych cyfrowych usług, takich jak:

- Fault Detection as a Service
- **Predictive Maintenance as a Service (PMaaS)**
- Simulation as a Service.

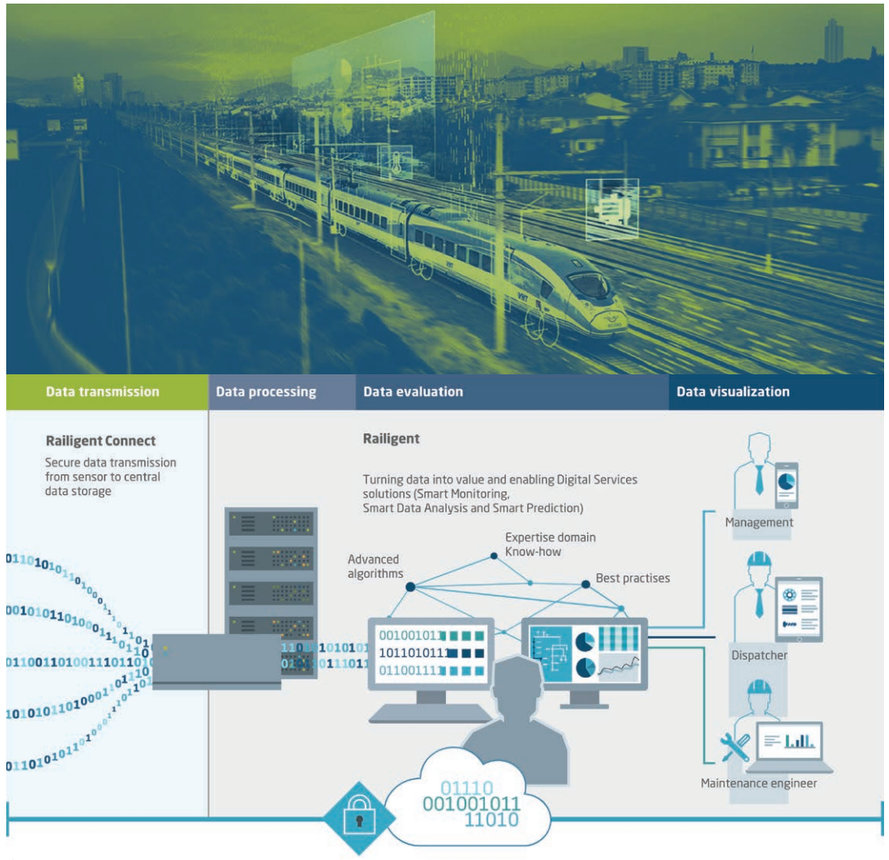
Firma Siemens od lat rozwija usługi w zakresie zapobiegawczego utrzymania taboru i infrastruktury, które obejmują:

- **monitorowanie stanu i lokalizacji pojazdów i ich podzespołów w czasie rzeczywistym,**
- **zdalną diagnostykę,**
- **analizę przyczyny usterki,**
- **automatyczną wizualizacja danych,**
- **algorytmy prewencyjnej analizy awarii.**



Tworzenie wartości dodanej nowych cyfrowych usług na miarę PMaaS jest możliwe dzięki wykorzystaniu opartej na chmurze platformy do analizy danych przemysłowych **RAILIGENT** oraz **Mindsphere** – otwartego systemu operacyjnego dla internetu rzeczy, który łączy zasoby przedsiębiorstwa (produkty, systemy, urządzenia).

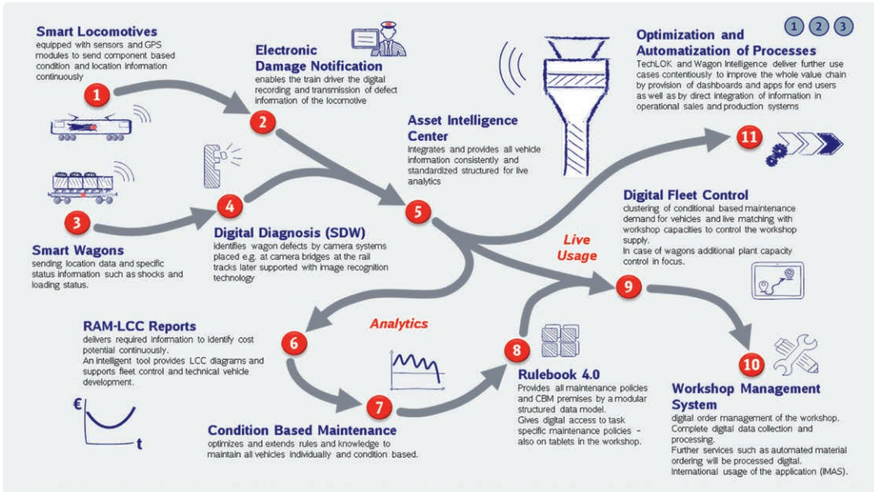
ARCHITEKTURA PLATFORMY RAILIGENT



Źródło: Siemens AG (2017).

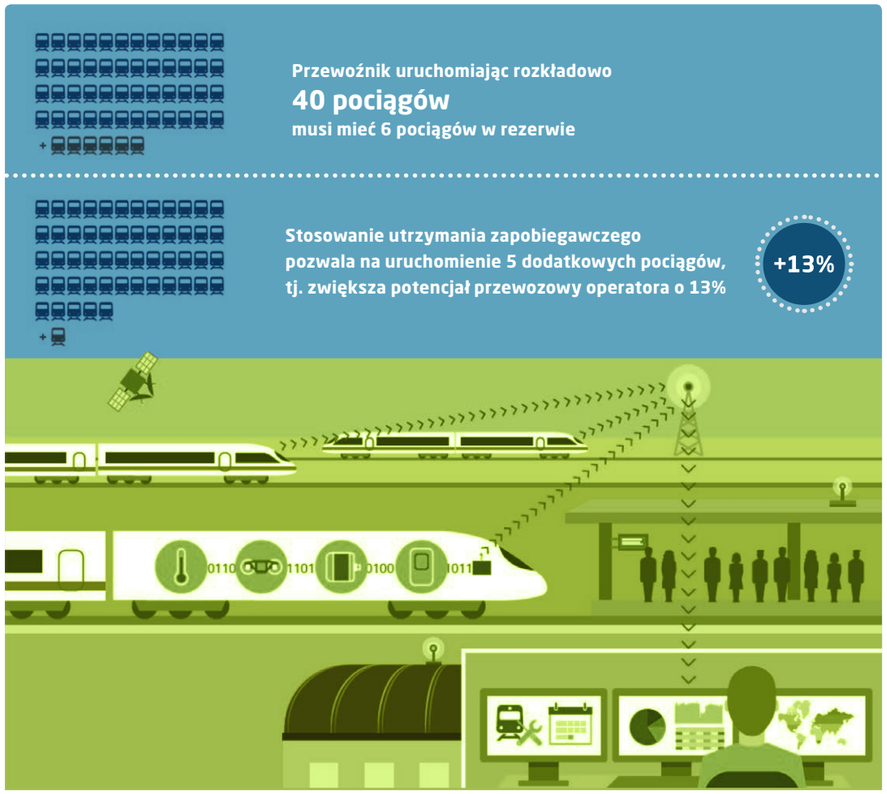
W lipcu 2017 roku niemiecki przewoźnik DB Cargo AG zlecił firmie Siemens wyposażenie swojej floty lokomotyw w system konserwacji zapobiegawczej opartej na ocenie stanu urządzenia. Głównym celem jest optymalizacja dostępności i efektywności energetycznej eksploatacji lokomotyw z serii 152 Eurosprinter ES64F i lokomotyw serii 170, 191 typu Vectron. W przypadku lokomotyw z serii 152, Siemens dokona modernizacji niezbędnych systemów telemetrycznych i połączy wszystkie lokomotywy z systemem „TechLOK" używanym przez DB Cargo. Umowa na świadczenie tej usługi została podpisana na okres sześciu lat. W projekcie wdrażania systemu „TechLOK" biorą udział spółki DB Cargo z czterech krajów: Polski, Wielkiej Brytanii, Francji i Niemiec. Prawie 2000 lokomotyw 16 różnych typów będą monitorowane za pomocą systemu, dzięki czemu planuje się uzyskać znaczną poprawę efektywności procesów utrzymaniowych i przewozowych.

PROJEKT TECHLOK: CYFRYZACJA PROCESÓW ZARZĄDZANIA UTRZYMANIEM TABORU



Źródło: DB Cargo AG (2017).

ZAPOBIEGAWCZE UTRZYMANIE TABORU: PRZYKŁADY ROZWIAZAŃ ORAZ KORZYŚCI



Linia kolejowa/ nazwa pociągu	Korzyści bezpośrednie	Wartość dodana
Barcelona – Madryt	Wykorzystywane przez RENFE w celu zapewnienia punktualności kursowania pociągów	Wzmocnienie konkurencyjności kolei w stosunku do linii lotniczych na tej trasie
Eurostar	Monitorowanie kluczowych podzespołów minimalizuje usterki, które mogły w znaczący sposób wpłynąć na opóźnienie pociągów kursujących przez tunel	Zapewnienie stabilności systemu i wzmocnienie wizerunku Eurostar
Russia Velaro	Maksymalizacja dostępności taboru	Promocja produktu flagowego
Thameslink	Osiągnięcie dostępności taboru na poziomie ponad 99,9%	Zapewnienie sieci połączeń kolejowych w Londynie

Źródło: Siemens AG (2017).

4. GOA4: WSPÓŁDZIAŁANIE SYSTEMÓW STEROWANIA RUCHEM

W transporcie szynowym spektakularny rozwój systemów autonomicznych do tej pory miał miejsce głównie w odniesieniu do zarządzania ruchem przewozami pasażerskimi w obrębie miast m.in.: automatyczne linie metra, kolej miejska (LRT), mała kolej automatyczna (APM). W tych systemach, zarówno podziemnych, jak i naziemnych, automatyka odnosi się do procesu, za pomocą którego odpowiedzialność za zarządzanie ruchem pojazdów jest przenoszona z maszynisty na autonomiczny system sterowania. W międzynarodowym standardzie IEC 62290-1 zdefiniowane są cztery stopnie automatyzacji (Grade of Automation – GoA) w transporcie szynowym. Najwyższy, czwarty stopień odnosi się do systemu, w którym pojazdy są uruchamiane całkowicie bez personelu operacyjnego na pokładzie. Autonomiczne środki transportu w przyszłości będą ogrywały coraz większą rolę w systemach mobilności miejskiej[13].

STOPNIE AUTOMATYZACJI I STOSOWANE SYSTEMY STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM

Źródło: Siemens AG (2016).

AUTOMATYCZNE LINIE METRA są od dawna sprawdzonym przykładem stosowania systemów autonomicznych. Według danych UITP w 2018 roku w 41 miastach na całym świecie funkcjonowały 62 w pełni zautomatyzowane linii metra o łącznej długości prawie 1000 km tras. Prognozy, oparte na analizie znajdujących się w fazie realizacji projektów, wskazują, że do 2025 roku będzie funkcjonowało ponad 2 300 km w pełni zautomatyzowanych linii metra.

Jednym z globalnych liderów w segmencie rozwiązań dla sygnalizacji dla systemów kolejowych w miastach z zautomatyzowanym ruchem pociągów, w tym systemów CBTC (*Communications-Based Train Control*), jest Siemens. Do 2017 roku urządzenia firmy Siemens zostały zainstalowane na ponad 300 km w pełni zautomatyzowanych linii kolejowych w na całym świecie. W najbliższych latach w system Trainquard MT CBTC zostaną wyposażone automatyczne linie w Malezji (LRT3 w Kuala Lumpur), Francji (linia 14 w Paryżu), Singapurze (DTL3) oraz Bułgarii.

PROJEKTY SIEMENSA W ZAKRESIE AUTONOMICZNYCH SYSTEMÓW METRA W LATACH 2008-2017

Wysoki stopień automatyzacji (GoA2)		Pełna automatyzacja (GoA3-4)
Pekin, linia 10 (2008)	Stambuł, linia 1 (2010/12)	Norymberga, linia U3 (2006)
Budapeszt, linia 2 (2008)	Suzhou, linia 1 (2012)	Barcelona, linia 9 (2009)
Kanton, linie 4 i 5 (2008/10)	Guangzhou Guang-Fo (2010/12)	Paryż, linia 1 (2011)
Paryż, linie 3, 5, 9, 10, 12 (2009)	Chongqing, linia 1 (2011/12)	Sao Paulo, linia 4 (2012)
Algier, linia 1 (2010)	Pekin, Olimpia linia 8 (2012/13)	Budapeszt, linia 4 (2012)
Nankin, linie 1 i 2 (2009/10)	Nowy Jork, PATH (2017)	Kuala Lumpur (2017)

Siemens jest także wiodącym światowym dostawcą taboru dla zautomatyzowanych linii metra. W lipcu 2017 roku w Kuala Lumpur – stolicy Malezji otwarta została całkowicie bezobsługowa linia metra, na której rozpoczęły kursowanie pociągi nowej generacji z rodziny SIEMENS INSPIRO. Trasa ma długość 51 km i obsługuje 31 stacji. W pobliżu nowej linii metra mieszka 1,2 mln ludzi. Łącznie 58 pociągów, kursujących średnio co 3,5 minuty, ma przewozić ok. 400 tys. pasażerów dziennie.

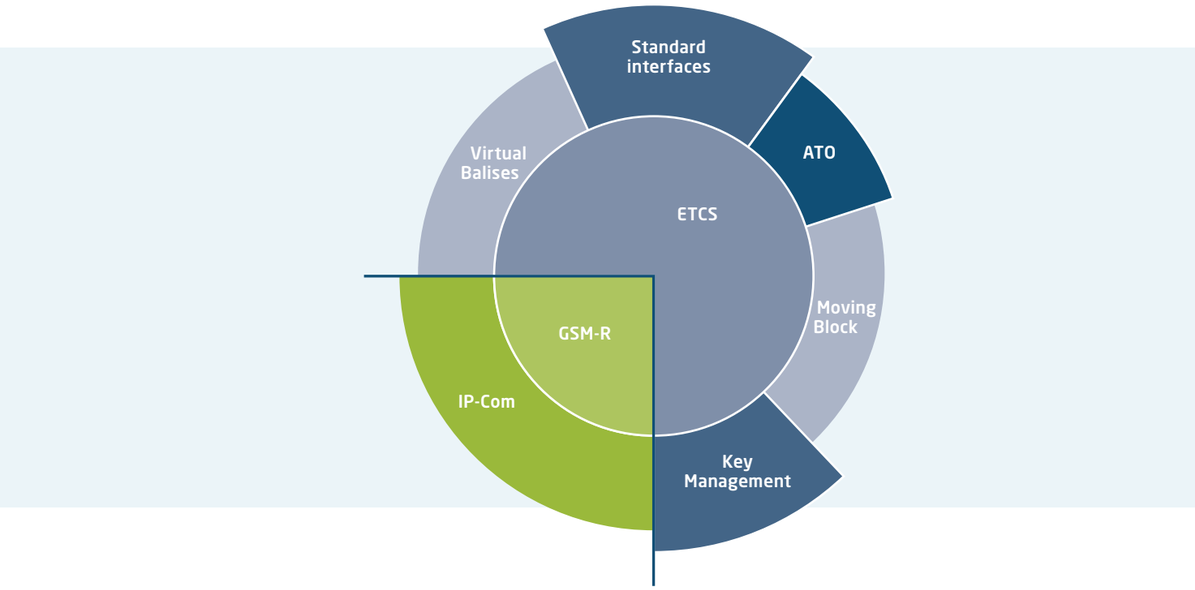
Pociągi z rodziny **SIEMENS INSPIRO** są pojazdami o budowie modułowej. Mogą posiadać od 3 do 8 wagonów w różnej konfiguracji. Platforma jest przystosowana do zabudowy systemów gromadzenia energii i bezobsługowego prowadzenia pojazdu. Kabina maszynisty może zostać wyposażona w drzwi awaryjne na czole pojazdu, istnieje również możliwość wydłużenia przedziału motorniczego i dodania oddzielnych drzwi dla obsługi pociągu. Możliwe jest przystosowanie składów Inspiro do eksploatacji w bardzo niskich temperaturach i do długotrwałego działania piasku. Pudło wagonu wykonane jest całkowicie z aluminium, co sprawia, że pociągi są lżejsze o kilkanaście ton względem innych podobnych pojazdów. W najbliższych latach pociągi Inspiro zostaną dostarczone do Sofii i Dubaju.

Innowacyjne rozwiązania w zakresie automatyki kolejowej przynoszą cały szereg korzyści dla systemu kolejowego, jak również dla otoczenia, w którym ten system funkcjonuje:

- zwiększają przepustowość linii kolejowych i innych obiektów,
- poprawiają punktualność kursowania pociągów, co stabilizuje cały rozkład jazdy,
- wzmacniają bezpieczeństwo ruchu kolejowego,
- zwiększają wydajność energetyczną,
- zmniejszają zużycie elementów i ograniczają hałas.

Poza projektami wdrożenia autonomicznego ruchu pociągu na liniach metra (w systemach zamkniętych z krótkimi czasami następstw pociągów i bardzo wysoką częstotliwością ich kursowania) wyzwaniem pozostaje wprowadzanie automatycznego ruchu pociągów – ATO *(Automatic Train Operation)* na obszarach zurbanizowanych dla pociągów regionalnych i dalekobieżnych. Rozwiązaniem jest **WSPÓŁDZIAŁANIE SYSTEMÓW ATO Z ETCS** *(European Train Control System).* W tym przypadku ETCS zapewnia niezbędne bezpieczeństwo ruchu pociągów, natomiast ATO optymalizuje ich ruch na podstawie krzywych hamowania zadawanych przez ETCS. Koordynację ruchu pociągów zapewnia system automatycznego nadzoru ruchu – ATS *(Automatic Train Supervision).*

Komunikacja między ATS i ATO realizowana jest poprzez ETCS z wykorzystaniem systemu radiołączności kolejowej GSM-R. W przypadku ETCS występuje rozróżnienie między wyposażeniem pokładowym przytorowym, z kolei ATO stanowi rozwiązanie wyłącznie pokładowe, natomiast ATS jest systemem zarządzania niezbędnym dla automatyzacji ruchu. ATS koordynuje ruch pociągów w całej sieci i obejmuje pociągi sterowane zarówno automatycznie, jak i ręcznie, przy czym w tym drugim przypadku maszynistę wspomaga Connected DAS. Do przesyłu informacji i dokładnego ustalania pozycji pojazdu wyposażenie pokładowe ETCS i ATO wykorzystuje balisy.

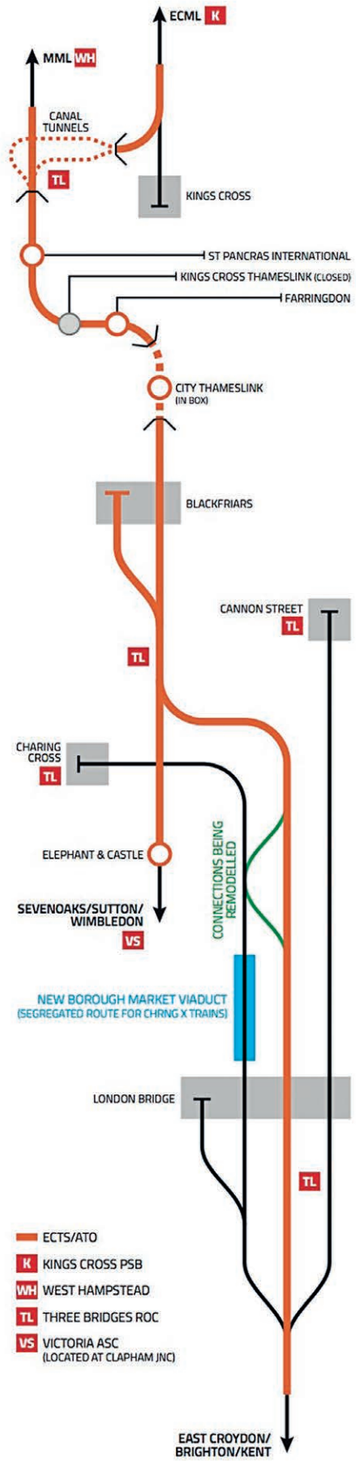


W przypadku uaktywnionych funkcji ATO maszynista w ruchu dalekobieżnym i lokalnym zostaje wyłączony z bezpośredniego sterowania pociągiem. Robi to za niego ATO. Maszynista znajduje się wprawdzie na pokładzie i ponosi odpowiedzialność, ale musi ingerować tylko w przypadku zagrożenia. System ATS przekazuje z systemu zarządzania ruchem aktualny status rozkładu jazdy drogą radiową do systemu pokładowego, który wykorzystuje przekazany czas jazdy do obliczenia charakterystyki jazdy pozwalającej na zoptymalizowanie zużycia energii. Odpowiednie zalecenia ukazują się maszyniście na monitorze jako informacje o aktualnym statusie. Ingerencje maszynisty nie są jednak wymagane. Ta właśnie funkcjonalność szczególnie wpływa na efektywność wykorzystania energii i wzrost przepustowości linii.

Pierwszym na świecie wdrożeniem, w którym zostanie połączony system ATO z ETCS, jest **PROJEKT THAMESLINK** w Londynie. To innowacyjne rozwiązanie, które do maja 2019 roku zostanie oddane do eksploatacji przez firmę Siemens, przyniesie zupełnie nową wartość dodaną dla integracji transportu szynowego w aglomeracjach. W ramach realizacji projektu zostanie dostarczonych łącznie 115 pociągów z rodziny Desiro City Class 700. Przeprowadzone testy potwierdziły, że zintegrowane rozwiązanie ATO/ETCS jest wykonalne i zapewnia znaczące korzyści eksploatacyjne, redukując zapotrzebowanie na energię o ponad 20%. ATO skraca czasy następstwa pociągów przez optymalizację czasu przejazdów, precyzyjne zatrzymywanie, automatyczne otwieranie drzwi, precyzyjne wskazywanie maszyniście czasu postoju i precyzyjną jazdę zgodnie z krzywymi hamowania zadawanymi przez ETCS. Dzięki temu możliwe jest tak pożądane zoptymalizowanie przepustowości tras.

Wdrożenie rozwiązania ATO-ETCS w ramach projektu THAMESLINK jest kamieniem milowym w cyfrowej transformacji sektora kolejowego. To innowacyjne rozwiązanie przeniesie zupełnie nową wartość dodaną w integracji transportu kolejowego na obszarach miejskich.

Po zakończeniu realizacji projektu Thameslink zostanie osiągnięta przepustowość 24 pociągów na godzinę, co oznacza, że pociągi będą mogły kursować w centrum Londynu w godzinach szczytu co 2-3 minuty. Ponadto ruch pod kontrolą ATO pozwala na szybszy powrót do stanu regularnego po zakłóceniach. Kolejną zaletą ATO jest koordynacja ruchu pociągów w całej sieci. Poza tym ATO stanowi pierwszy krok w kierunku w pełni zautomatyzowanego ruchu pojazdów szynowych, ponieważ ETCS z ATO może stanowić w przyszłości bazę dla DTO/UTO. Zapotrzebowanie na wdrożenie przedstawionego rozwiązania istnieje także w innych miastach w Wielkiej Brytanii, Holandii i Niemczech.



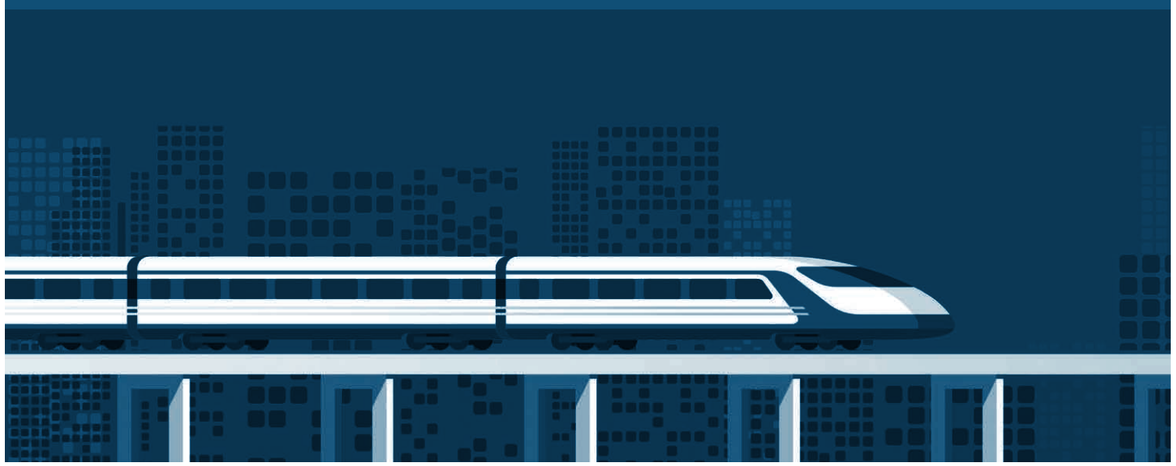
Możliwości połączenia systemów dyspozytorskich, bezpieczeństwa i komunikacji w jeden elastyczny i inteligentny system zarządzania ruchem, wspomagający podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym są przedmiotem badań w ramach drugiego filaru innowacyjności (IP2) w europejskim programie badań i innowacji dedykowanym transportowi kolejowemu SHIFT2RAIL.

CARLO BORGHINI
Dyrektor Wykonawczy
Shift2Rail Joint
Undertaking

Cyfryzacja jest kluczowa dla działalności biznesowej, ponieważ jej wykorzystanie pozwala wychodzić naprzeciw oczekiwaniom klientów, a jednocześnie znacząco poprawiać wydajność procesów produkcyjnych, eksploatacyjnych i utrzymaniowych. System zintegrowanego wdrażania technologii cyfrowych Shift2Rail Innovation Capabilities ma kluczowe znaczenie dla transformacji cyfrowej kolei.

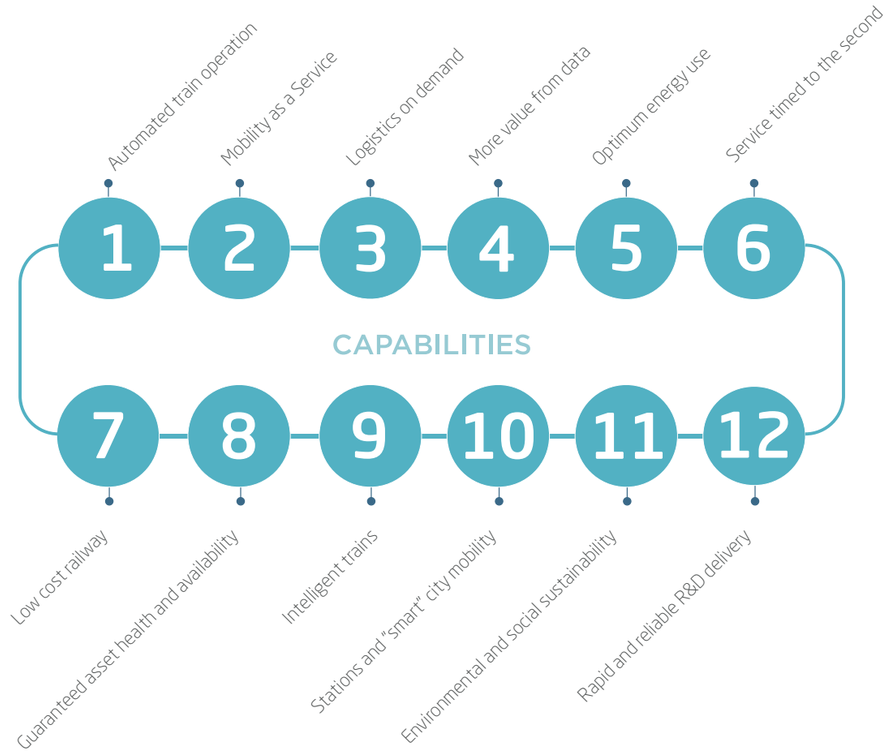
Zoptymalizowane rozwiązania w transporcie kolejowym oznaczają inteligentne wykorzystanie istniejących sieci, w tym dostosowanie zdolności przepustowej do popytu, maksymalizację wykorzystania zasobów i ich dostępności, a także niskie koszty całego cyklu życia. Nieprzypadkowo więc głównymi celami programu Shift2Rail są: efektywność kosztowa, zdolność przepustowa oraz niezawodność usług kolejowych.

W wyniku prowadzonych w ramach programu partnerstwa publiczno-prywatnego Shift2Rail badań naukowych i działalności innowacyjnej mają powstać nowe rozwiązania w zakresie automatyki, zarządzania ruchem kolejowym, intermodalnej mobilności, inteligentnego taboru kolejowego, autodiagnostyki i utrzymania zapobiegawczego infrastruktury, które mają zapewnić wdrażanie w przyszłości nowych koncepcji mobilności.



Cyfryzacja i automatyzacja leżą u podstaw dwunastu obszarów innowacji w ramach realizacji wizji programu Shift2Rail oraz mają pozwolić sektorowi kolejowemu na wykreowanie wartości dodanej produktów i usług, a także zwiększenie zdolności przepustowej sieci kolejowej.

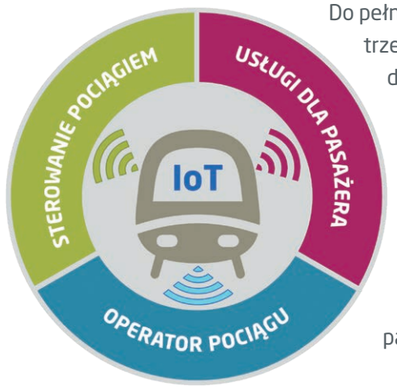
OBSZARY INNOWACJI W SEKTORZE KOLEJOWYM W CELU REALIZACJI WIZJI PROGRAMU S2R



Źródło: Shift2Rail JU (2018), S2R MULTI-ANNUAL ACTION PLAN, Executive View, Part A, p. 30.

5. INTERNET OF TRAINS: KREOWANIE WARTOŚCI DLA WIELU UCZESTNIKÓW

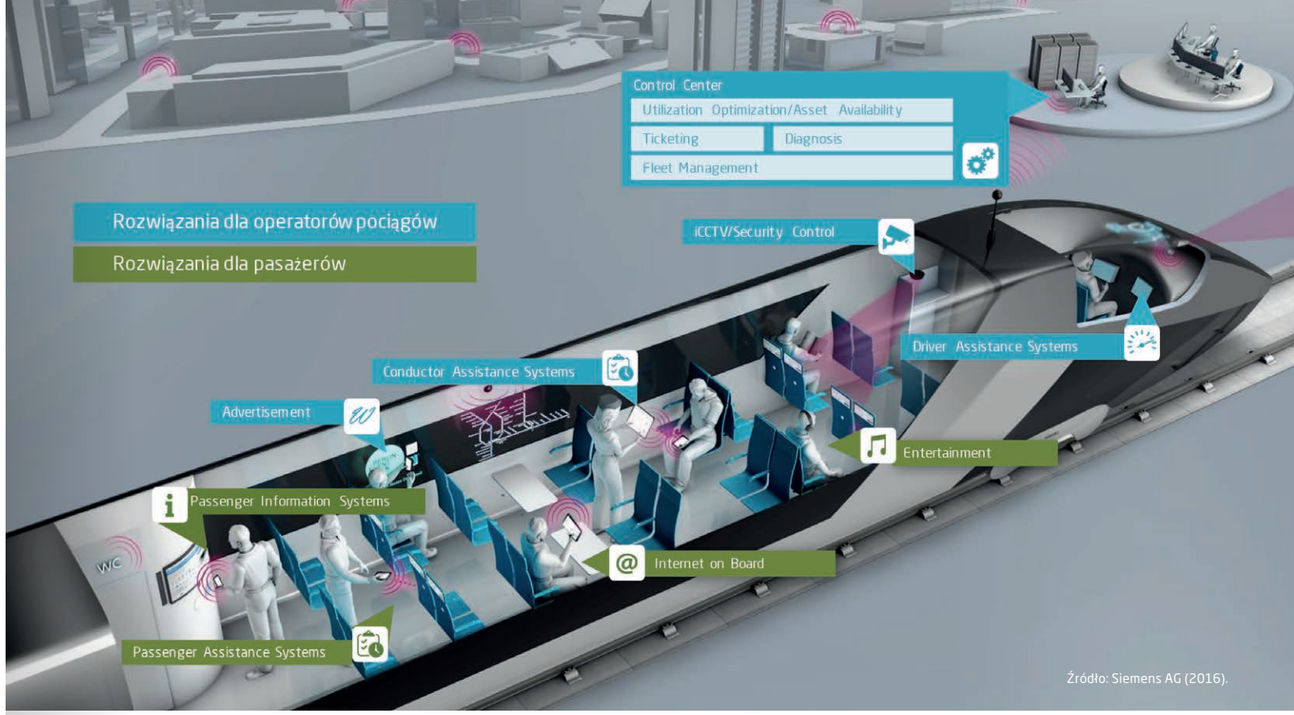
Przykładem zastosowania w transporcie kolejowym koncepcji internetu rzeczy jest „internet pociągów" *(The Internet of Trains)* lub „usieciowiony pociąg" *(The Connected Train)*, w którym inteligentne urządzenia pokładowe przekazują dane do centralnej platformy za pomocą chmury obliczeniowej. Pozwala to zwiększyć bezpieczeństwo ruchu pociągów, zredukować koszty operacyjne oraz usprawnić jakość oferowanych usług.



Do pełnego wdrażania koncepcji IoT niezbędne jest zapewnienie łączności wewnątrz trzech odrębnych sieci: sieci dedykowanej do przesyłania komunikatów pomiędzy podzespołami i urządzeniami pociągu, sieci wykorzystywanej przez załogę pociągu (np. w ramach VLAN) oraz sieci szerokopasmowego mobilnego internetu w pociągach udostępnianej pasażerom. Warunkiem niezbędnym do wdrożenia IoT jest wdrożenie standardu GSM-R, czyli przeznaczonego dla kolei systemu bezprzewodowej łączności, który jest jednym z dwóch kluczowych elementów Europejskiego Systemu Zarządzania Ruchem Kolejowym (ERTMS). Postęp w zakresie wdrażania rozwiązań IoT będzie szybszy w obszarze rozwiązań udostępnianych operatorom kolejowym oraz pasażerom, które nie podlegają homologacji.

KRZYSZTOF CELIŃSKI
Prezes Siemens Mobility Sp. z o.o.

Wprowadzając najnowsze technologie cyfrowe do kolejnictwa, podnosimy poziom bezpieczeństwa, zwiększamy międzynarodową konkurencyjność polskich firm i tworzymy nowe miejsca pracy dla młodego pokolenia. Najbardziej istotne są rozwiązania w zakresie obsługi klientów kolei (systemy informacyjne i sprzedażowe) oraz rewolucja cyfrowa na rynku utrzymania pojazdów i urządzeń. Pociągi, które się nigdy nie spóźniają, w obliczu technologicznych zmian to wizja, która może być urzeczywistniona dzięki rozwiązaniom z zakresu internetu rzeczy, stałej analizie poruszającego się taboru oraz inteligentnemu prognozowaniu za pomocą narzędzi big data. Siemens ukuł na te innowacyjne technologie nawet specjalne pojęcie – Internet of Trains.



Źródło: Siemens AG (2016).

KORZYŚCI Z WDROŻENIA ROZWIĄZAŃ INTERNET OF TRAINS DLA POSZCZEGÓLNYCH UCZESTNIKÓW

PRODUCENT
- dostęp do danych o parametrach poszczególnych podzespołów pociągu w czasie rzeczywistym i możliwość zapobiegania awariom

OPERATOR KOLEJOWY
- dostęp do informacji pozwalających lepiej zrozumieć swoich klientów
- oferowanie wspólnie z innymi partnerami wbudowanych usług
- zbieranie danych w czasie rzeczywistym o stanie taboru oraz zapewnienie utrzymania zapobiegawczego

ZARZĄDCA INFRASTRUKTURY
- dostęp do danych w czasie rzeczywistym o sytuacji na trasie pociągu, pozwalających zapobiegać niebezpiecznym sytuacjom oraz umożliwiających prewencyjne utrzymanie infrastruktury

OPERATOR PLATFORMY IT
- oferowanie wspólnie z innymi partnerami wbudowanych usług
- korzystanie z wartości dodanej produktów i usług kreowanej w ramach stosowania cyfrowych modeli biznesowych

PODRÓŻNY
- korzystanie z usług dostępnych poza pokładem pociągu (np. portali społecznościowych, oglądanie filmów, słuchanie muzyki, czytanie książek i prasy),
- korzystanie z automatycznego rozliczania opłat za przejazd
- szybkie i elastyczne planowanie podróży

KIERUNKI TRANSFORMACJI CYFROWEJ W SEKTORZE KOLEJOWYM

1. GRUPA PKP:
WZMOCNIENIE INTERAKCJI Z KLIENTAMI

DR MIROSŁAW ANTONOWICZ
Członek Zarządu PKP S.A., Dyrektor Centrum Naukowego Transportu i Logistyki ALK

Wzrost wagi gospodarki cyfrowej w dużej mierze napędzają innowacyjne technologie oraz rosnące wymagania konsumentów w zakresie oczekiwanego poziomu obsługi. Cyfrowa transformacja jest z jednej strony nieunikniona, a równocześnie niezmiernie istotna w celu zapewnienia zdolności przedsiębiorstw kolejowych do wzrostu i rozwoju na rynku transportowym. W Grupie PKP wiąże się to z dokonywaniem usprawnień w obszarze obsługi punktów **INTERAKCJI Z KLIENTEM** przy wykorzystaniu systemów teleinformatycznych oraz systemów zarządzania infrastrukturą.

W wyniku postępującej cyfryzacji następuje integracja technologii i procesów biznesowych między podmiotami Grupy (jak również spoza Grupy), która zmienia oblicze przedsiębiorstw kolejowych i prowadzi do powstania nowego modelu ich funkcjonowania opartego na szybkim przepływie informacji, zapewnienia bezpieczeństwa klientów i wysokiej jakości obsługi, oraz sprzyja tworzeniu nowych modeli biznesowych opartych na integracji i zarządzaniu kompetencjami współpracujących podmiotów.

Za przykłady działań w obszarze cyfryzacji mogą posłużyć następujące projekty:

- wspólny bilet, którego głównym założeniem jest dokonanie usprawnień w zakresie przejazdu pociągami wielu przewoźników, a tym samym standaryzacja i uproszczenie dostępu konsumentów do usług – **POPRAWA JAKOŚCI OBSŁUGI PASAŻERÓW**
- MPLS – rozwój sieci szerokopasmowej transmisji danych – **POPRAWA INFRASTRUKTURY TELEINFORMATYCZNEJ**
- e-faktura – podjęcie działań w zakresie przetwarzania, gromadzenia i przesyłania informacji w formie elektronicznej między podmiotami z Grupy, wykorzystanie potencjału i zwiększenie interoperacyjności w ramach rozwijającego się sektora technologii informacyjnych i komunikacyjnych – **POPRAWA W OBSZARZE ORGANIZACJI BIZNESU**
- inicjatywa budowy scentralizowanej jednostki – Centrum Operacyjnego Bezpieczeństwa – mającej na celu stałe monitorowanie przepływu informacji w organizacji oraz reagowanie na pojawiające się naruszenia i incydenty bezpieczeństwa – **POPRAWA BEZPIECZEŃSTWA PRZETWARZANIA DANYCH**
- wprowadzanie nowoczesnych technologii w dziedzinie zwiększenia bezpieczeństwa na obszarach zarządzanych przez PKP – w szczególności **POPRAWA BEZPIECZEŃSTWA NA TERENIE DWORCÓW KOLEJOWYCH I W POCIĄGACH**

- cyfryzacja kolejowych ośrodków geodezji i kartografii poprzez przekształcenie map z postaci analogowej do postaci cyfrowej i utworzenie baz danych – **POPRAWA OBSŁUGI KLIENTA I USPRAWNIENIE PROCESU REALIZACJI INWESTYCJI**
- budowa logistycznego „orchestratora" na zasadzie platformy logistycznej i internetowego portalu oferującego usługi logistyczne i łączącego uczestników systemu logistycznego – **POPRAWA INTEGRACJI ŁAŃCUCHA DOSTAW**
- wprowadzanie na dworcach idei ekonomii dzielenia (*crowdworking*) – **WSPÓŁUDZIAŁ PODRÓŻNYCH W POWSTAWANIU NOWYCH ROZWIĄZAŃ**.

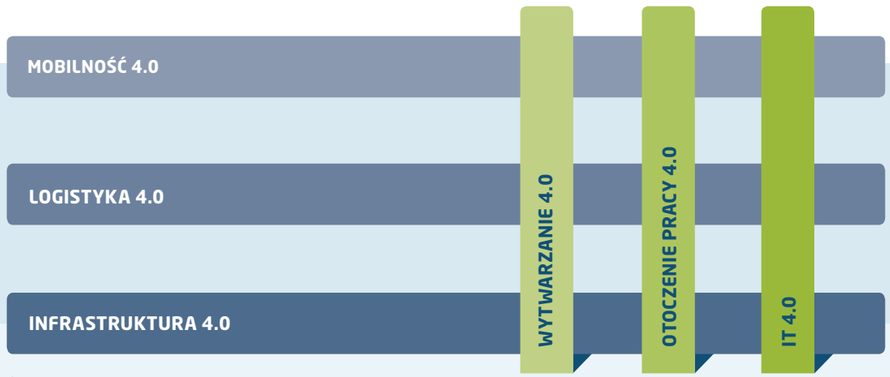
JAKUB MAJEWSKI
Prezes Fundacji Pro Kolej

Kolej żelazna w momencie powstania i ekspansji należała do najbardziej innowacyjnych dziedzin światowej gospodarki. Duże towarzystwa kolejowe, budujące i eksploatujące sieci kolejowe, generowały postęp nie tylko techniczny i technologiczny, ale również organizacyjny czy kulturowy. Niestety wraz z rozwojem motoryzacji, a później lotnictwa pozycję lidera technologicznego w transporcie przejęła konkurencja. W rezultacie, niedoinwestowana i nieco zapomniana kolej znalazła się poza głównym nurtem gospodarki cyfrowej. Aby to zmienić największe przedsiębiorstwa kolejowe i przemysł produkujący dla branży uruchomiły potężne programy inwestycyjne, inkubatory start-upów, zaprosiły do współpracy naukowców i specjalistów z sektora R&D. Potencjał dla rozwiązań cyfrowych w transporcie szynowym okazał się niemal nieograniczony – od inteligentnej infrastruktury i taboru, poprzez nadzór nad operacjami i zarządzanie, interakcje z klientami, aż do tworzenia własnych innowacji.

2. DB 4.0:
INWESTOWANIE W START-UPY

Przykładem kompleksowej strategii transformacji cyfrowej przedsiębiorstwa kolejowego, działającego w strukturze holdingowej, jest program **DB 4.0**. Obejmuje on działania we wszystkich segmentach działalności przedsiębiorstwa.

KONCEPCJA TRANSFORMACJI CYFROWEJ DB 4.0



Źródło: na podstawie materiałów Deutsche Bahn (2016).

Do trzech priorytetowych obszarów działań w ramach transformacji cyfrowej koncernu DB należą obecnie:

- rozwijanie interfejsów z użytkownikami,
- wspieranie działalności operacyjnej, w tym utrzymanie zapobiegawcze infrastruktury i taboru,
- tworzenie nowych modeli biznesowych wychodzących poza działalność podstawową, w tym rozwijanie platformy Qixxit.

W tym celu koncern zamierza dalej **INWESTOWAĆ W ROZWÓJ START-UPÓW**. Wykorzystując zalety crowdsourcingu, koncern DB w latach 2015-2016 uruchomił kilka inicjatyw do tworzenia innowacyjnych rozwiązań, które by uwzględniały oczekiwania i emocje swoich klientów (np. DB mindbox, „Zukunft Bahn", skydeck, d.lab). Koordynacją projektów zajmuje się nowo powołany podmiot DB Digital Ventures GmbH. W ramach działań start-upu ZERO.ONE.DATA (ZOD), założonego przez DB Systel, powstała platforma wymiany danych DataBOX. Jedną z ostatnich inicjatyw jest program Beyond1435 – start-up realizowany we współpracy z platformą Plug and Play. W czerwcu 2018 roku DB Digital Venture przejęła dwie kolejne spółki technologiczne - Ridecell oraz GoKid - specjalizujące się w innowacyjnych rozwiązaniach na rzecz nowych form mobilności (carpolling, carsharing, ridesharing). We współpracy z Hyperloop TT planuje się zbudowanie prototypu pociągu, którego okna wykorzystywałyby technologię rozszerzonej rzeczywistości (*augmented windows*). Do 2021 roku planuje się uruchomienie kursowania autonomicznych pociągów S-Bahn w Hamburgu. Testowane są także autonomiczne minibusy (pod marką „ioki"), które można będzie zamówić przez aplikację w celu dojechania na dworzec kolejowy przed rozpoczęciem podróży oraz po jej zakończeniu.

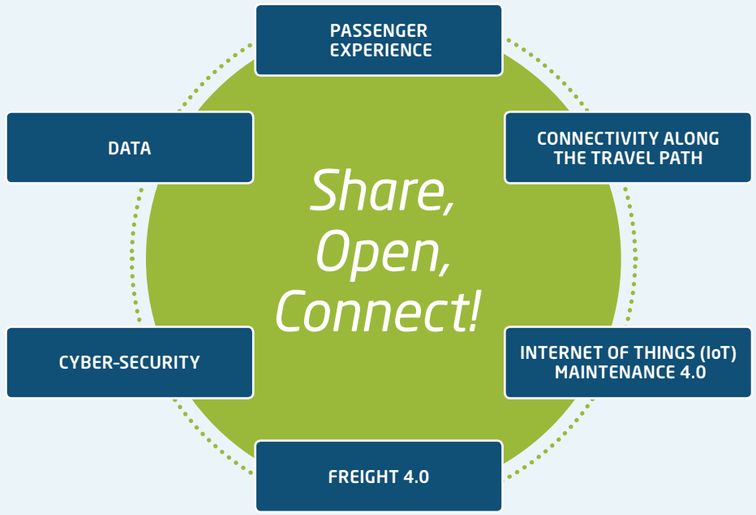
Źródło: Deutsche Bahn AG (2018).

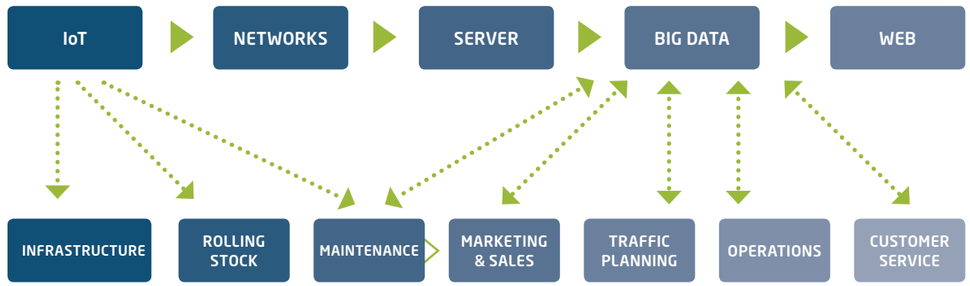
3. UIC:
WSPÓLNA PLATFORMA CYFROWA

Przedstawione w raporcie rozwiązania na rzecz cyfryzacji kolei tworzone są w ramach ekosystemów kolejowych poszczególnych przedsiębiorstw i sieci kolejowych. Tymczasem integracja rozwiązań pomiędzy poszczególnymi systemami kolejowymi w skali międzynarodowej nadal pozostaje dużym wyzwaniem. Wraz z postępem cyfryzacji na kolejach będzie się pojawiało także coraz więcej wyzwań związanych z wszechstronnym zapewnieniem cyberbezpieczeństwa.

Inicjatywa DIGITAL PLATFORM podjęta przez Międzynarodowy Związek Kolei (UIC) ma być **PLATFORMĄ WYMIANY DOBRYCH PRAKTYK DLA PODMIOTÓW CZŁONKOWSKICH ORAZ WSPÓLNYCH DZIAŁAŃ W ZAKRESIE ROZWOJU I PROMOCJI CYFRYZACJI W TRANSPORCIE KOLEJOWYM**. Motto przewodnie to: „Dzielenie się informacją, otwartymi danych, innowacjami, usługami, łączenie ludzi i obiektów" w ścisłym połączeniu z zapewnieniem bezpieczeństwa.

KLUCZOWE OBSZARY PLATFORMY CYFROWEJ UIC I JEJ ARCHITEKTURA





Źródło: na podstawie: Digital Railway Developments, Progress Paper, 4th version, UIC, June 2017, s. 5.

PODSUMOWANIE:

KIERUNKI CYFRYZACJI W TRANSPORCIE KOLEJOWYM

Na podstawie analizy przedstawionych w raporcie przedsięwzięć, a także pozostałych inicjatyw podejmowanych w różnych krajach, wskazane zostały obecne kierunki cyfryzacji w transporcie kolejowym.

Technologia wspierająca	Koncepcja cyfrowa dla kolei	Zastosowanie
PRZEWOZY PASAŻERSKIE		
Szerokopasmowy dostęp do internetu **Mobilny internet** **Analityka dużych danych** **Chmura obliczeniowa**	Usieciowiony pasażer *(Connected commuter)* Inteligentne stacje kolejowe/dworce *(Intelligent stations)* Inteligentne systemy biletowe *(Smart ticketing)* Mobilność jako usługa *(Mobility as a Service)*	Dostęp do internetu w trakcie podróży (3G/4G, a w przyszłości 5G) Mobilne aplikacje z informacją o ruchu pociągów w czasie rzeczywistym oraz możliwością zakupu biletu Systemy inforozrywki na pokładzie pociągu oraz na stacjach kolejowych Integracja różnych aplikacji w jeden system za pomocą interfejsów interoperacyjności (*Interoperable product service interface* – IPSI) Systemy dynamicznej informacji pasażerskiej na dworcach (*Dynamic/Real-time Passenger Information Systems*) Automatyzacja procesu sprzedaży i udzielania informacji Oferowanie aplikacji do planowania intermodalnej podróży
PRZEWOZY TOWAROWE		
Internet rzeczy **Duże dane** **Chmura obliczeniowa** **Robotyka**	Logistyka 4.0 *(Logistics 4.0)* Freight as a Service *(FaaS)* Inteligentne wagony *(Intelligent freight car)* Platformy logistyczne *(Logistics Platforms)*	Systemy śledzenia taboru i intermodalnych jednostek ładunkowych w czasie rzeczywistym *(Real Time Train Tracking System)* Elektroniczne listy przewozowe i e-faktury Cyfrowe platformy rezerwacyjne cargo Wykorzystywanie dronów do monitoringu pociągów Nowe modele biznesowe w zakresie organizacji przewozów

Technologia wspierająca	Koncepcja cyfrowa dla kolei	Zastosowanie
ZARZĄDZANIE INFRASTRUKTURĄ KOLEJOWĄ I TABOREM		
Internet rzeczy **Chmura obliczeniowa** **Duże dane** **Robotyka**	Infrastruktura 4.0 *(Infrastructure 4.0)* Samoświadoma infrastruktura *(Self-aware infrastructure)* Samoświadomy tabor *(Self-aware rolling stock)*	Systemy monitorowania infrastruktury (*Infrastructure monitoring systems*) Zapobiegawcze utrzymanie infrastruktury i taboru (*Predictive maintenance* – PM) Monitorowanie stanu infrastruktury i taboru Optymalizacja dostępu do infrastruktury kolejowej (systemy dynamiczne)
PRODUKCJA		
Addytywne wytwarzanie **Robotyka** **Duże dane**	Inteligentna fabryka *(Smart factory)* Wirtualne wytwarzanie *(Virtual manufacturing)*	Wykorzystanie nowych technologii i materiałów Wykorzystanie technologii 3D Zastosowanie VR (*Virtual reality*) Wykorzystanie robotów Przemysłowy internet rzeczy: integracja IT z OT
STEROWANIE RUCHEM KOLEJOWYM		
Szerokopasmowy dostęp do internetu **Mobilny internet** **Internet rzeczy** **Chmura obliczeniowa** **Duże dane**	Usieciowiony pociąg *(Connected train)* Internet pociągów *(Internet of Trains)*	Systemy monitorowania infrastruktury *(Infrastructure monitoring systems)* Wdrożenie automatyzacji *(Automated Train Operation* – ATO) Współdziałanie systemów ATO z ETCS *(European Train Control System)* Wdrożenie standardów w zakresie cyberbezpieczeństwa (Dyrektywa NIC)

Transformacja cyfrowa to więcej niż digitalizacja danych i procesów. To ciągła adaptacja do zmian w turbulentnym otoczeniu. To zarówno szanse, jak i zagrożenia dla każdej branży, w tym kolejowej. Wyzwaniem na kolejne lata jest nie tylko przejście z urządzeń elektromechanicznych na elektroniczne, a następnie cyfrowe, zastosowanie nowych technik sterowania ruchem w oparciu o standardowe interfejsy oraz otwarte aplikacje, ale przede wszystkim całkowita zmiana filozofii myślenia, która pozwoliłaby na współdzielenie zasobów, integrację rozwiązań biznesowych oraz kreowanie nowej wartości usług kolejowych zarówno wewnątrz, jak na zewnątrz ekosystemów kolejowych.

ŹRÓDŁA

1) Zob. szerzej: Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa – szanse i wyzwania dla sektorów infrastrukturalnych, pod red. naukową J. Gajewskiego, W. Paprockiego i J. Pieriegud, Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową – Gdańska Akademia Bankowa, Gdańsk 2016, http://www.efcongress.com/sites/default/files/publikacja_ekf_2016_cyfryzacja_gospodarki_i_spoeczestwa.pdf (10.07.2017).

2) G. Westerman i in., Digital Transformation: A Road-Map for Billion-Dollar Organizations, USA, November 2011, https://www.capgemini.com/resource-file-access/resource/pdf/Digital_Transformation__A_Road-Map_for_Billion-Dollar_Organizations.pdf (10.07.2017); cyt. za: A. Sobczak: Koncepcja cyfrowej transformacji sieci organizacji publicznych, „Roczniki" Kolegium Analiz Ekonomicznych SGH, z. 29, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2013, s. 280.

3) The digital transformation of industry, Roland Berger, BDI, 2015, s. 20, https://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_digital_transformation_of_industry_20150315.pdf (15.07.2017).

4) J. Loucks, J. Macaulay, A. Noronha, M. Wade, Digital Vortex. How Today's Market Leaders Can Beat Disruptive Competitors at Their Own Game, IMD 2016, s. 6.

5) J. Caudron, D. van Peteghem, Digital Transformation: A Model to Master Digital Disruption, DearMedia, 2014.

6) K. Nowicka, Rozwój świata wirtualnego i jego wpływ na e-mobilność, w: E-mobilność: wizje i scenariusze rozwoju, pod red. J. Gajewskiego, W. Paprockiego i J. Pieriegud, Centrum Myśli Strategicznych, Sopot 2017, s. 50, http://www.efcongress.com/sites/default/files/e-mobilnosc.pdf (20.07.2017).

7) G.G. Parker, M.W. Van Alstyne, S.P. Choudary, Platform revolution. How networked markets are transforming the economy and how to make them work for you, W.W. Norton & Company, Nowy York, Londyn 2016.

8) K. Baroudy, S. Kishore, S. Nair, M. Patel, Unlocking value from IoT connectivity: Six considerations for choosing a provider, March 2018, https://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/unlocking-value-from-iot-connectivity-six-considerations--for-choosing-a-provider (12.03.2018).

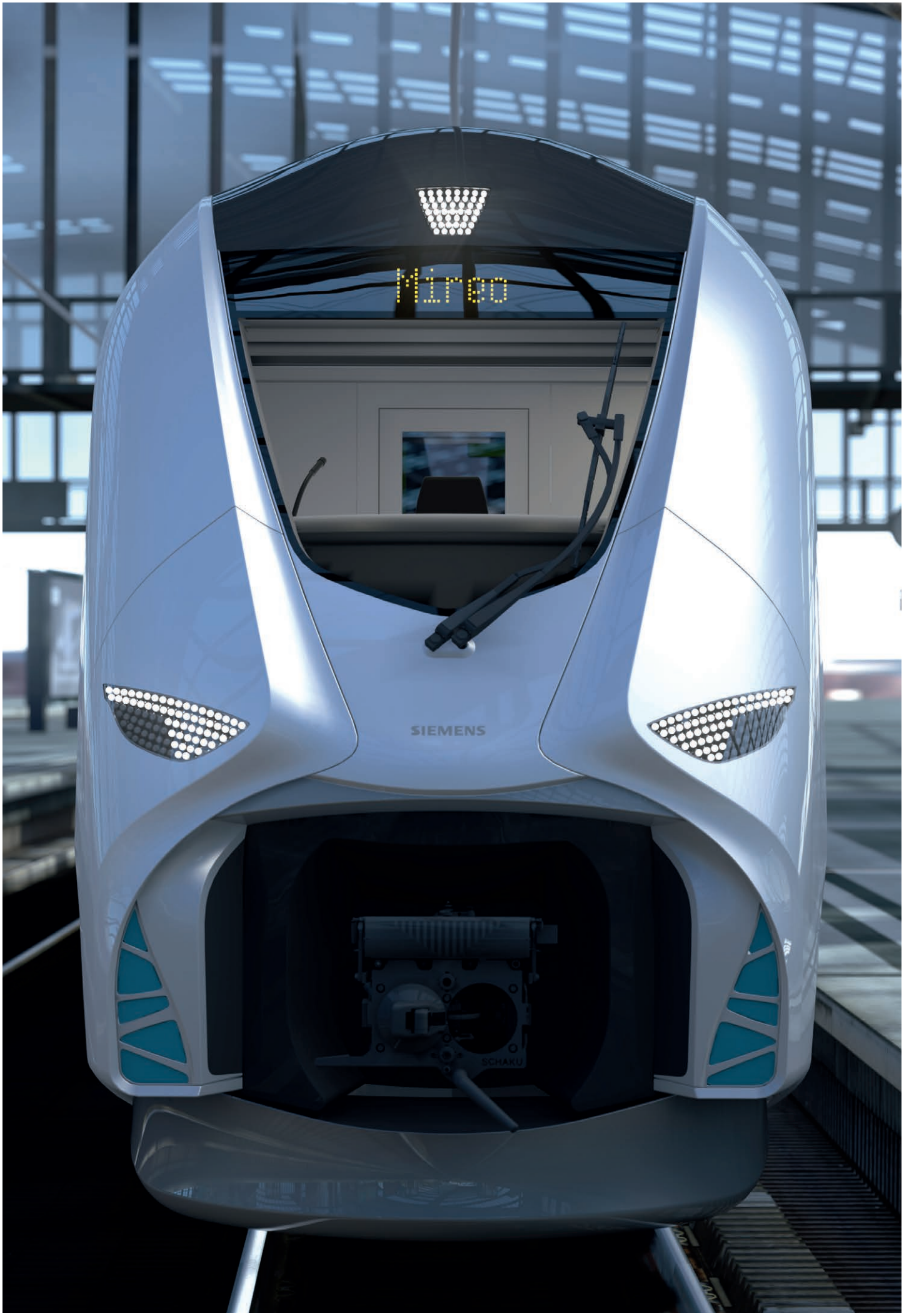
9) O. Vermesan, J. Bacquet, Cognitive Hyperconnected Digital Transformation. Internet of Things Intelligence Evolution, River Publisher, 2017, s. 97.

10) A Roadmap for Digital Railways, CER, CIT, EIM, UIC 2016, http://www.cer.be/sites/default/files/publication/A%20Roadmap%20for%20Digital%20Railways.pdf (10.07.2017).

11) J. Zawieska, J. Pieriegud, Smart city as a tool for sustainable mobility and transport decarbonisation, „Transport Policy", Vol. 63, April, s. 39-50, doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.11.004 (5.08.2018).

12) J. Zawieska, Perspektywy implementacji Mobility-as-a-Service w polskich aglomeracjach, w: J. Gajewski, W. Paprocki, J. Pieriegud (red.), Mobilność w aglomeracjach przyszłości, Publikacja Europejskiego Kongresu Finansowego, Sopot 2018, s. 32-34, https://www.efcongress.com/sites/default/files/publikacja_ekf-mobilnosc_w_aglomeracjach_przyszoci.pdf (6.08.2018).

13) Zob. B. Grucza, Wizje i scenariusze rozwoju autonomicznych systemów transportowych, w: E-mobilność: wizje i scenariusze rozwoju, pod red. J. Gajewskiego, W. Paprockiego i J. Pieriegud, Centrum Myśli Strategicznych, Sopot 2017, s. 67, http://www.efcongress.com/sites/default/files/e-mobilnosc.pdf (25.07.2017).


Mireo
SIEMENS
SCHAKU

W raporcie przedstawiono kierunki cyfryzacji w transporcie kolejowym. Nowe produkty i usługi, stając się elementem działalności operacyjnej przewoźników, zarządców infrastruktury, producentów, będą kreowały wartość dodaną dla wielu uczestników procesu przewozowego, przyczyniając się w przyszłości do wdrożenia nowych koncepcji mobilności. Wyzwaniem pozostaje integracja technologii cyfrowych i procesów biznesowych w przedsiębiorstwach kolejowych.

Raport powstał dzięki współpracy między sektorem nauki i biznesu, wspieranej przez fundację, działającą na rzecz rozwoju transportu kolejowego.