



SMART

Transformacja Polski dzięki wykorzystaniu inteligentnych rozwiązań cyfrowych

Studium programu

Grupa robocza ds. Sztucznej Inteligencji przy Ministerstwie Cyfryzacji
Warszawa, październik 2024

Autorzy

Liderzy projektu

Borys Stokalski, Polska Izba Informatyki i Telekomunikacji

Piotr Mieczkowski, Fundacja Digital Poland

Eksperti dziedzinowi z Grupy roboczej ds Internetu Rzeczy (GriIoT)

Budownictwo:

- Piotr Trusiewicz, BIM Ally sp. z o.o. (lider)
- Elżbieta Wielechowska, building SMART Polska
- Ireneusz Baic, Sieć Badawcza
- Łukasiewicz, Warszawski Instytut Technologiczny
- Bartosz Węgrzyn, Siemens Sp. z o.o.
- Jakub Stankiewicz, Enetecs Sp. z o.o.
- Krzysztof Fiedorowicz, Innova PM
- Bartosz Mędoń, Budimex S. A.

Rolnictwo:

- Marcin Płóciennik, PCSS IChB PAN (lider)
- Rafał Wawer, IUNB-PIB
- Maciej Zacharczuk, WODR
- Łukasz Łowiński, Politechnika Poznańska
- Jerzy Białousz, Inventia
- Tomasz J. Dec, TORN
- Maciej Lipiński, BCAST, KIKE

Technologie sieciowe dedykowane IoT:

- Tomasz Broł, projekt Mdl, Grupa MiŚOT
- Sebastian Kachel, projekt Mdl, Grupa MiŚOT
- Kinga Pawłowska-Nojszewska, KIKE

Przemysł + OZE:

- Kamil Nawrocki, SMA Solar Technology AG, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu
- Tomasz Serafin, Politechnika Wrocławska, Nerd Army sp. z o.o.
- Borys Stokalski
- Mariusz Jurczyk, Tauron – Dystrybucja

Smart City:

- Sebastian Grabowski (lider)
- Borys Stokalski
- Szymon Ciupa

Transport:

- Ewa Wolniewicz-Warska
- Szymon Ciupa

Zdrowie:

- Krystian Bień, FPPP (lider)
- Michał Karasiński, Polpharma
- Michał Chodorek, kancelaria KRK
- Kieszowska Rutkowska Kolasiński
- Jarosław Greser; Politechnika Warszawska, Vrije Universiteit Brussels
- Krystyna Nizioł, Uniwersytet Szczeciński
- Michał Komar, KPMG Law Bajno
- Stopyra sp.k Michał Dybowski, Dybowski.co, Tomasz J. Dec, TORN Sp. z o.o.

Autorzy raportu składają podziękowania członkom grupy roboczej ds Sztucznej Inteligencji (GRAI) za udział w przeglądzie dokumentu i sugestie zmian. Szczególne podziękowania składamy członkom GRAI, których konstruktywne uwagi pozwoliły przemyśleć i zweryfikować ostateczny kształt opracowania:

- Sergiusz Sobieski
- Michał P. Dybowski
- Jakub Olędzki
- Maciej Jędrzejewski
- Anna Spurek
- Paweł Tadejko
- Michał Chodorek
- Mariola Józwiak – Węcłewska

Dokument powstał z wykorzystaniem narzędzia ChatGPT oraz Perplexity, jako wsparcia wyszukiwania, kategoryzacji przykładów zastosowań oraz rozwijania treści. Treści podlegały krytycznej ocenie i sprawdzeniu w procesie redakcyjnym.

Dokument może być kopiowany i wykorzystywany publicznie jedynie bez naruszania jego spójności. Prawa autorskie i majątkowe do materiałów wykorzystanych w raporcie, które pochodzą z obcych źródeł, należą o ich właścicieli.

Ani Rada Ministrów, ani żadna osoba działająca w imieniu Rady Ministrów nie ponosi odpowiedzialności za sposób wykorzystania informacji zamieszczonych w tym materiale. Wyłącznie odpowiedzialność za treści w nim zawarte ponosi grupa ekspertów i ekspertek Grupy Roboczej ds. Internetu Rzeczy (GriIoT). Poglądy wyrażone w tym dokumencie zawierają opinię ekspertów z Grupy Roboczej ds. Internetu Rzeczy. W żadnym wypadku nie można ich postrzegać jako oficjalne stanowisko Rady Ministrów ani jej poszczególnych członków.

Wsparcie redakcyjne i organizacyjne ze strony Ministerstwa Cyfryzacji:

Zespół pracowników Departamentu Badań i Innowacji

Skład i opracowanie graficzne:

Zespół kreacji Centralnego Ośrodka Informatyki

Spis treści

SPIS TREŚCI	4
WPROWADZENIE	6
PRZEMYSŁ	14
ENERGETYKA ODNAWIALNA I OZE	24
BUDOWNICTWO	32
ROZWÓJ INTELIGENTNYCH USŁUG W AGLOMERACJACH	56
ROLNICTWO I PRZETWÓRSTWO ŻYWNOŚCI	67
TRANSPORT, LOGISTYKA, POJAZDY AUTONOMICZNE	85
OCHRONA ZDROWIA	104
INICJATYWY I ZAGADNIENIA HORYZONTALNE	128
DALSZE KROKI	145



Modernizujemy polskie systemy cyberbezpieczeństwa

i tworzymy nowe usługi, które
mają ułatwiać ludziom życie.

Krzysztof Gawkowski

Wicepremier,
Minister Cyfryzacji



Wprowadzenie

O dokumencie

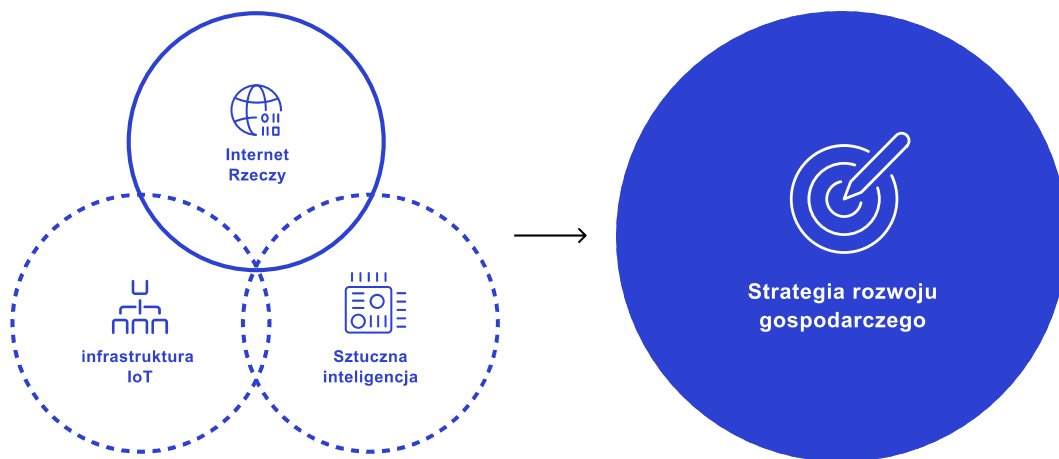
To studium ma wspierać Ministerstwo Cyfryzacji przy tworzeniu polityk publicznych, które dotyczą rozwoju sztucznej inteligencji i innych przełomowych technologii oraz strategii cyfryzacji państwa. Nie wchodzi jednak w rolę żadnego z tych dokumentów.

Jego autorzy, którzy biorą udział w pracach GRAI, dostrzegają potrzebę zbudowania wizji i koncepcji przemiany technologicznej w istotnych dla rozwoju Polski obszarach gospodarki, przemysłu cyfrowego i środowiska. Dokument może być punktem wyjścia dla stworzenia zorganizowanego programu z precyzyjnie określonymi celami, strukturą wykonawczą oraz zasobami.

Studium bazuje na pracach realizowanych w latach 2018-2019 przez Grupę Roboczą ds. Internetu Rzeczy (ang. *Internet of Things – IoT*, dalej GRIoT). Grupa ta była wtedy także przestrzenią dialogu administracji rządowej ze społeczeństwem: biznesem, organizacjami pozarządowymi, ośrodkami akademickimi i naukowo-badawczymi. Dialog ten trwa i dotyczy obszarów, w których konieczna jest poprawa warunków dla rozwoju i upowszechniania wdrożeń IoT oraz technik przetwarzania danych z nim związanych. W 2024 roku zespół GRIoT wszedł w skład Grupy Roboczej do spraw AI (GRAI). Wersja robocza dokumentu została przedstawiona na forum GRAI – 27 sierpnia 2024 roku i przekształcona w wersję 1.0 po uwzględnieniu poprawek i uwag.

Studium w kontekście wcześniejszych prac zespołu

W raporcie “IoT w polskiej gospodarce” (opublikowanym przez Ministra Cyfryzacji w kwietniu 2019 roku) GrIoT wskazywała na współdziałanie trzech ważnych obszarów w rozwoju cyfrowych technologii. Pierwszy z nich to szybkie rozpowszechnienie metod i zastosowań szeroko rozumianej sztucznej inteligencji – przełomu w opisywaniu rzeczywistości za pomocą algorytmów. Drugi obszar to Internet Rzeczy, który prowadzi do wzrostu liczby punktów styku dwóch światów: cyfrowego i rzeczywistego. Wprowadza on możliwość wzajemnego oddziaływania między nimi. Trzeci dotyczy rozwoju nowoczesnej sieci cyfrowej teletransmisji, która łączy możliwości kojarzone dotąd z sieciami szerokopasmowymi z elastycznością i dostępnością sieci bezprzewodowych, w tym mobilnych.



Rys. 1. IoT w kontekście kluczowych obszarów rozwoju i upowszechnienia technologii ([raport IoT w polskiej gospodarce](#), 2019)

To ważne przede wszystkim dlatego, że jako kraj mamy możliwość tworzenia usług i produktów nowej generacji, takich jak: samodzielne obiekty, usługi i urządzenia bezobsługowe, stacjonarne lub mobilne, często wymagające niskiego zużycia energii. Nowa generacja produktów technologicznych umożliwi tworzenie i wykorzystywanie zasobów danych w celach biznesowych lub dla dobra publicznego. Ułatwią one zrozumienie i analizę zjawisk, zdarzeń i procesów. Pozwolą także na wprowadzanie automatyzacji w obszary, w których dotąd była ona praktycznie niedostępna, takich jak rolnictwo.

Czas, jaki upłynął od publikacji raportu zdecydowanie potwierdził te wstępne intuicje i oceny. Poniższe przykłady nie stanowią dokładnej analizy, pokazują jednak, że tezy przedstawione w raporcie GrIoT realizują się dzisiaj w wielu obszarach.

Zakłady przemysłowe w Polsce, które należą do rodzimych i międzynarodowych koncernów. Z powodzeniem wdrażają one samodzielne systemy logistyki wewnętrznej [oparte o mobilne roboty](#). W tym obszarze pojawiają się też polscy producenci takich systemów.

Platformy smart mobility (wykorzystują kreatywność lub zaawansowane technologie do zarządzania transportem i komunikacją, również cyfrową). Bazują na Internecie Rzeczy i zaawansowanej analityce. Stają się codziennością w dużych polskich miastach i przejmują część ruchu pasażerskiego. Na ulicach miast testowane są też samodzielne kurierskie urządzenia mobilne (np. [dostarczające posiłki](#)).

Technologie Internetu Rzeczy wdrażane są przez firmy w obszarze energetyki i ciepłownictwa do wsparcia logistyki procesów utrzymaniowych. [Powszechnym zjawiskiem są już inteligentne liczniki energii](#) i ciepła. Pozwalają na precyzyjny, zdalny i szybki odczyt zużycia energii. W 2023 roku liczba zainstalowanych liczników przekroczyła 3 mln. Do końca 2028 roku, urządzenia inteligentne mają stanowić 80% liczników (ta sama klasa rozwiązań w połączeniu z AI pozwala dużym odbiorcom optymalizować swoje koszty energii). Dotyczy to również organizacji pozarządowych, które mogą w ten sposób przeznaczyć więcej środków na realizację swoich celów ([przykład Caritas](#)).

Internet Rzeczy pozwala także na zdalne odczytywanie wskazań wodomierzy. Takie rozwiązanie z powodzeniem stosują m.in. [Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Piekarach Śląskich](#), [Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Zabkach](#) oraz [Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji we Wrocławiu](#).

Na potrzeby Internetu Rzeczy w obszarze rozwoju infrastruktury sieciowej rośnie popularność otwartego standardu sieci dostępowej (Open RAN). Pozwala on na zróżnicowanie urządzeń brzegowych i uniezależnienie ich od ograniczeń typowych dla infrastruktury dużych dostawców. To z kolei umożliwia rozwijanie dostępu do sieci 5G w obszarach, w których inwestycje operatorów byłyby nieopłacalne za pomocą [dedykowanych do zastosowań urządzeń dostępowych](#). Wyzwaniem w przypadku sieci O-RAN 5G w paśmie 3,8-4,2 GHz pozostają zasięgi (użytkowe do 1 km od stacji bazowej). Stąd znaczenie hybrydowego modelu usług IoT, który łączy kilka technologii dostępowych na poziomie wspólnego systemu prezentacji danych. Ten pomysł został zrealizowany w Urzędzie Miasta Rzeszów, dzięki [wdrożeniu platformy ConnectedCity.pl](#). Dzięki niej

sensory różnych dostawców wykorzystujące różne technologie radiowe (LTE/LTE-M, LoRAWAN, MQTT) i z różną funkcjonalnością zostały spięte w jeden wspólny interfejs użytkownika.

Robotyzacja w budownictwie. Przykładem w tym obszarze jest np. [projekt wytworzenia samodzielnych robotów i robotów współpracujących dla budownictwa](#).

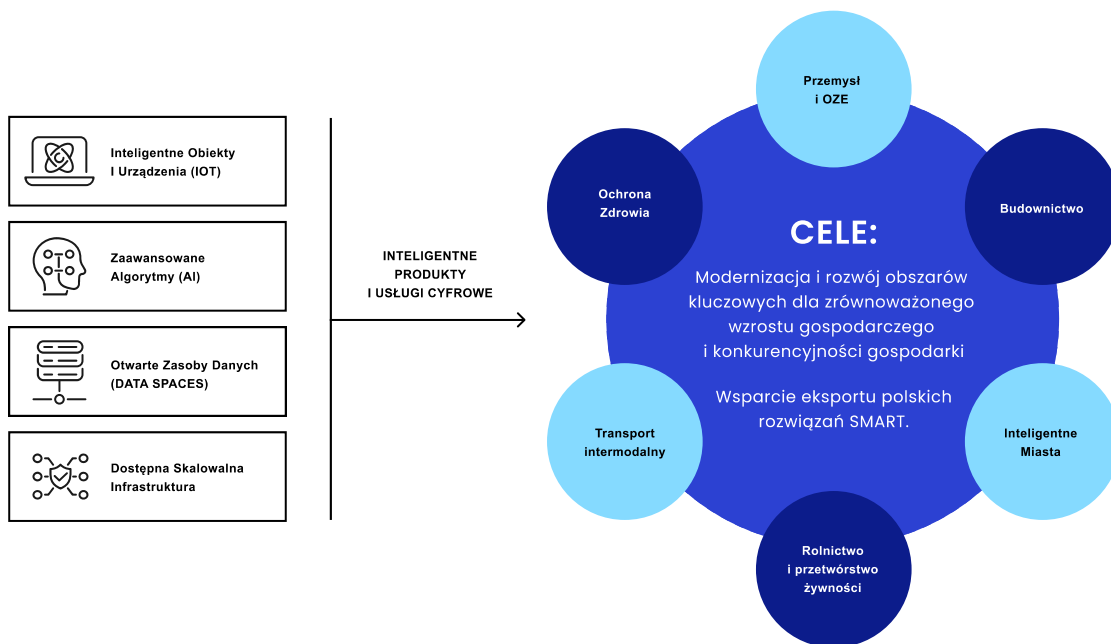
Monitoring. W tym zakresie wart uwagi jest wyjątkowy i specyficzny projekt IoT, który został skutecznie wprowadzony na polskiej stacji badawczej Horsund na wyspie Spitzbergen, w ramach grantu realizowanego przez Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk. Ze względu na niedostępność sieci mobilnych 3G/4G/5G wykorzystano tam technologię w paśmie ISM (868 MHz, LoRAWAN). Zaprezentowany został prywatny system IoT z autorską platformą akwizycji danych CAMS oraz sensorami różnych producentów. Całościowo pomaga on w monitorowaniu warunków atmosferycznych oraz analizie stanu pokrywy śnieżnej na lodowcu. [Wdrożenie rozwiązania na Spitzbergenie](#) było końcowym wynikiem prac B+R, wspieranych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR). Doświadczenia te wykorzystano w projekcie finansowanym przez NCBiR i stworzono [kompletne rozwiązanie AIoT \(sensory i bramki LoRAWAN, aplikacja danych, podsystem AI\) zwiększające efektywność produkcji w szklarniach i na polach rolnych](#). Ciekawym przykładem rozwiązań w obszarze monitorowania jest także to, które wprowadziła gmina Jaworzno. [Wykorzystano tam IoT na potrzeby monitorowania hałasu](#) i zmian pogody. Wdrożono także rozwiązania łączące kilka technologii (LoRa, RTSP i IP) na potrzeby tego monitoringu. Z kolei w gminie Piaseczno funkcjonuje już [system monitorowania miejsc parkingowych](#).

Rolnictwo. Przykładem rozwiązań w tym obszarze w zakresie IoT jest platforma [eDWIN](#). Daje możliwość korzystania z wirtualnego gospodarstwa, w ramach którego działają 4 systemy. System wspierania decyzji w ochronie roślin, system udostępniania danych meteorologicznych, system śledzenia pochodzenia produktów oraz system raportowania zagrożeń. W ramach projektu zbudowano sieć stacji agrometeorologicznych we wszystkich powiatach oraz sieć 20 stacji do obserwacji fenologicznych. Innym przykładem jest system [AGREUS®](#) używany do monitorowania parametrów upraw takich jak temperatura, wilgotność i do automatycznego sterowania urządzeniami.

W kontekście hodowli zwierząt jednym z przykładów jest system [e-stado®](#) do monitorowania stada krów mlecznych. System składa się z biosensorów, sensorów oborowych i transponderów radiowych. W kontekście gospodarki pasiecznej na szerszą skalę są wdrażane takie rozwiązania jak [ControlBee](#) do ochrony pasiek i modelowania uli.

Rozwój zastosowań technik i narzędzi sztucznej inteligencji przyspieszył zjawisko łączenia technologii AI, IoT i powszechnej infrastruktury przetwarzania danych. GrIoT w związku z tym podjęła wyzwanie (realizowane obecnie w ramach GRAI), by zaproponować koncepcję programu działania. Jego główny cel to skuteczne wykorzystanie szans stwarzanych przez rozwój technologii dla wzrostu gospodarczego i dobrostanu społecznego. Współudział państwa w tym działaniu może w największym stopniu przyspieszyć procesy, które prowadzą do zrównoważonego rozwoju.

Założenia, Misja i Cele



SMART to studium programu, którego misją jest inspirowanie i wsparcie rozwoju rynku **Inteligentnych Rozwiązań Cyfrowych**, czyli produktów i usług cyfrowych, które wykorzystują inteligentne urządzenia, Internet Rzeczy, dane, zaawansowane algorytmy oraz wskazanie kierunków rozbudowy związanej z nimi infrastruktury.

Jego główne cele to zainspirowanie Rządu do:

- Systemowych działań, które przyczynią się do wprowadzenia nowoczesnych rozwiązań. To pozytywnie wpłynie na rozwój obszarów kluczowych dla zrównoważonego wzrostu gospodarczego i konkurencyjności polskiej gospodarki w Europie i na świecie.
- Pobudzenia podaży i wsparcia rozwoju Inteligentnych Rozwiązań Cyfrowych, które spełniają kryteria programu w zakresie, w jakim zostanie on przyjęty przez Radę Ministrów. Wspieranie ich eksportu.

Przemysł i OZE	Budownictwo	Smart City	Rolnictwo i przetwórstwo żywności	Transport intermodalny	Ochrona zdrowia
<p>Wpływ na gospodarkę i zatrudnienie</p> <p>Dobra pozycja w UE, re-shoring</p> <p>Nowa fala automatyzacji - szansa dla polskich produktów z obszarów robotyki, AI, VR/AR.</p> <p>Zastąpienie miejsc pracy niskiej jakości rozwiązaniami SMART</p> <p>Efektywność i suwerenność energetyczna</p>	<p>Wpływ na gospodarkę i zatrudnienie</p> <p>Nowe obszary produktowe - inteligentne obiekty użytkowe i infrastrukturalne: potencjał wzrostu</p> <p>Cyfrowa transformacja procesów projektowania, realizacji i eksploatacji obiektów</p> <p>Construction Tech/Prop Tech: nowe, atrakcyjne obszary StartUp/ScaleUp</p>	<p>Wpływ na rozwój gospodarczy (obszary inwestycji o dwucyfrowym tempie wzrostu)</p> <p>Duży potencjał dla budowy inteligentnej, proekologicznej infrastruktury (media, energia, mobilność, bezpieczeństwo)</p> <p>Konieczność zwiększenia efektywności wydatków komunalnych</p> <p>Duży potencjał dla projektów PPP</p>	<p>Znaczenie dla eksportu i udział w PKB</p> <p>Zapewnienie konkurencyjności – jakość, bezpieczeństwo</p> <p>Efektywność produkcji rolnej i spożywczej i ochrona zasobów naturalnych</p> <p>Edukacja i promocja wzorcowych rozwiązań w zakresie Rolnictwa 4.0</p>	<p>Wpływ na gospodarkę</p> <p>Rozdrobnienie oraz brak interoperacyjności cyfrowej infrastruktury transport</p> <p>Wzrost znaczenia transportu intermodalnego oraz jego infrastruktury</p> <p>Konieczność kompleksowego planowania, realizacji i monitorowania ruchu osobowego oraz towarowego.</p> <p>Optymalizacja usług przewozowych.</p>	<p>Efektywne przeciwdziałanie globalnym zagrożeniom zdrowotnym</p> <p>Zwiększenie zdolności do zdalnego świadczenia podstawowych usług medycznych, w tym diagnostyki wspieranej przez zaawansowane systemy analityczne</p> <p>Wsparcie w utrzymaniu niezależności i aktywności zawodowej seniorów (z ang. <i>Silver Economy</i>)</p>

Rys 2. Obszary programu SMART

Wybrane obszary programu SMART:

- Przemysł i energetyka ze szczególnym wskazaniem na odnawialne źródła energii
- Budownictwo ze szczególnym wskazaniem na BIM, budownictwo infrastrukturalne oraz „zielone budownictwo” kubaturowe
- Rozwój inteligentnych usług w aglomeracjach miejskich oraz środowiskach wymagających strategicznego podejścia do urbanistyki i rozwoju infrastruktury (z ang. Smart City/Smart Community)
- Rolnictwo i przetwórstwo żywności
- Transport intermodalny
- Ochrona zdrowia

Kryteria wyboru obszarów znaczenie dla wzrostu gospodarczego i/lub zmieniającego się potencjału transformacyjnego technologii i potrzeb danego obszaru.

W studium świadomie pominęliśmy cztery ważne sektory: handel detaliczny, usługi finansowe, telekomunikację (uwzględnioną jedynie w sekcji zagadnień horyzontalnych) oraz cyfrową rozrywkę. Sektory te są bowiem w Polsce liderami cyfrowej transformacji od dekad. Co więcej, usługi finansowe i sektor telekomunikacyjny jako elementy krytycznej infrastruktury, systematycznie współpracują z decydentami rządowymi nad kształtowaniem środowiska regulacyjnego związanego z ich rozwojem.

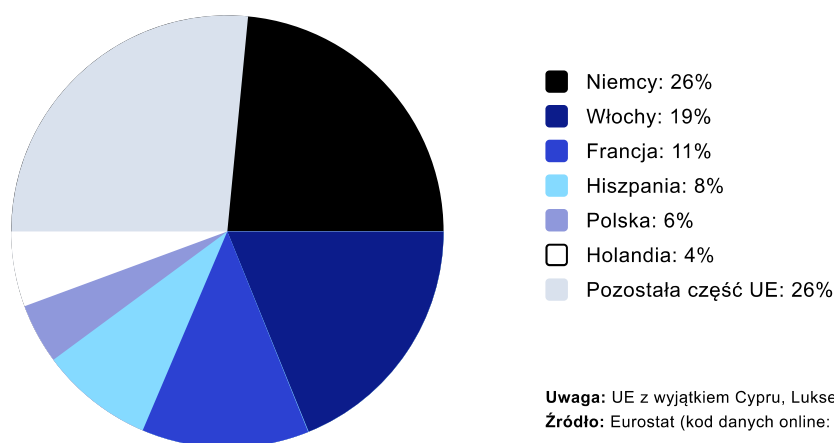
Nie umniejszając wyzwaniom rozwojowym, przed jakimi stoją te cztery sektory, przyjęliśmy, że studium przemiany cyfrowej SMART powinno dotyczyć przede wszystkim tych obszarów, w których procesy cyfrowej transformacji są mniej zaawansowane, a motywacje mniej powszechnie znane. Dlatego wsparcie w skutecznym przeprowadzeniu tych procesów właśnie w tych obszarach otwiera nowe, wielkoskalowe szanse rozwojowe.

Przemysł

Charakterystyka obszaru

Polska jest krajem z dobrą pozycją na mapie europejskiego przemysłu. Zajmujemy piąte miejsce pod względem wielkości produkcji przemysłowej. Składa się na to zarówno aktywność międzynarodowych grup przemysłowych (głównie związanych z przemysłem samochodowym i jego podwykonawcami) jak i działalność rodzimych przedsiębiorstw z branż, takich jak przemysł spożywczy, meblarski czy elektroniczny.

Wartość sprzedanej produkcji przemysłowej w UE, według kraju, 2022 (w % całkowitej wartości sprzedanej produkcji)



Rys. 3. Udział polskiego przemysłu w produkcji przemysłowej w EU27. Źródło: EUROSTAT

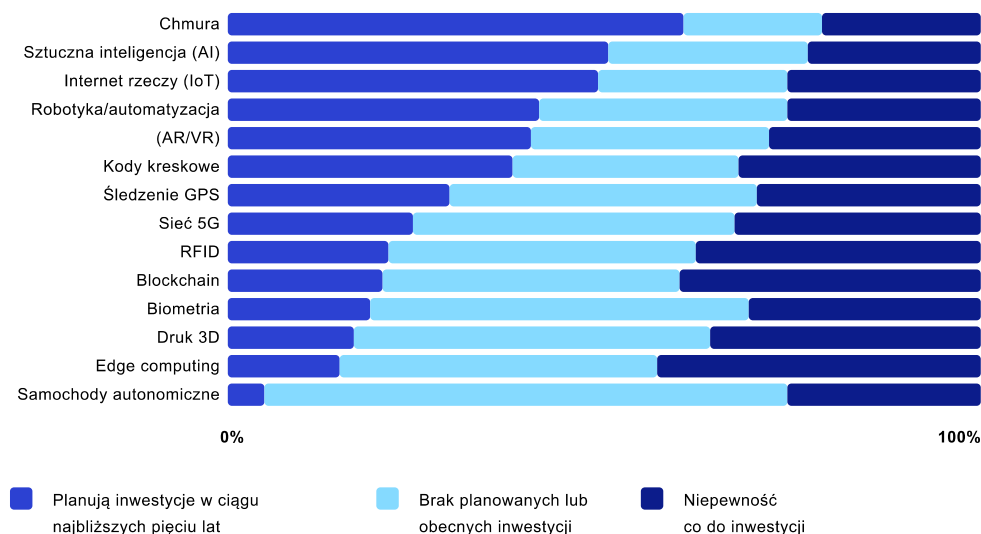
Ważnymi trendami globalnymi, które wpływają na rozwój polskiego przemysłu są:

- Przeniesienie produkcji w obszary bezpieczne z punktu widzenia ryzyka zaburzenia globalnych łańcuchów dostaw, mimo wyższych kosztów pracy (z ang. *reshoring*), w tym powrót mocy wytwórczych do Europy
- Deficyty siły roboczej na rynku pracy, zwłaszcza w przypadku stanowisk o niskiej jakości z punktu widzenia pracownika (rutynowe, powtarzalne, reaktywne działania z dużym udziałem pracy fizycznej)
- Modernizacja produkcji związana z transformacją Przemysł 4.0

Trendy te są ściśle związane i wzajemnie się wzmacniają. Dotyczy to w szczególności wpływu strategii biznesowych i okoliczności zewnętrznych na dynamikę i strukturę inwestycji w inteligentne rozwiązania, które łączą sztuczną inteligencję, Internet Rzeczy i nowoczesną infrastrukturę cyfrową.

Planowane inwestycje w ciągu najbliższych pięciu lat, 2021

Procentowy udział respondentów:



Rys. 4. Źródło: [Analiza serwisu Euromonitor – Key manufacturing trends in 2023](#)

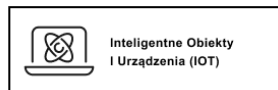
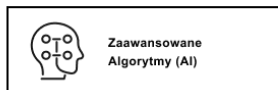
Według ankiety „Voice of the Industry: Digital” przeprowadzonej przez Euromonitor International około 62% firm na całym świecie planuje zwiększyć inwestycje w przetwarzanie w chmurze w przeciągu nadchodzących pięciu lat, podczas gdy około 50% firm planuje zainwestować w sztuczną inteligencję, Internet Rzeczy i narzędzia do automatyzacji produkcji. Przyspieszony *reshoring* produkcji (proces przenoszenia działalności biznesowej z powrotem na teren danego państwa, po tym jak wcześniej została ona przeniesiona za granicę (z ang. *offshoring*), to jeden z trendów, które wpływają na szybsze inwestycje w narzędzia cyfrowe w sektorze produkcyjnym. Firmy produkcyjne po wybuchu COVID-19 przyspieszyły działania związane z lokalizacją produkcji i jej przeniesieniem. Rosnące napięcia geopolityczne przyspieszyły przeniesienie produkcji w 2023 roku. Z drugiej strony potrzebna jest również poprawa widoczności i przejrzystości łańcuchów dostaw. Konieczne jest także pokrywanie strat, związanych z wyższymi kosztami produkcji w rozwiniętych gospodarkach. To sprzyja inwestycjom w automatyzację produkcji i narzędzia cyfrowe.

Napięte rynki pracy to kolejny czynnik, który ma wspierać wzrost inwestycji w narzędzia automatyzacji produkcji w 2023 roku. Ożywienie branż mocno dotkniętych pandemią COVID-19 oraz strukturalne problemy na rynku pracy stawiają wyzwania przed firmami, które walczą o pracowników. Aby częściowo rozwiązać problem i zrekompensować szybki wzrost płac, przewiduje się, że firmy przyspieszą inwestycje w narzędzia automatyzacji produkcji w 2023 roku. Ze względu na problem starzenia się społeczeństw, inwestycja w automatyzację produkcji prawdopodobnie stanie się również trendem długoterminowym. Przewiduje się, że w 2030 roku ponad 40% populacji Europy będzie w wieku powyżej 50 lat, co z kolei zmniejszy pulę siły roboczej i zwiększy już istniejące problemy na rynku pracy. Automatyzacja produkcji w wielu przypadkach może być dla firm jedyną realną opcją zapewnienia wzrostu produktywności.

Podsumowaniem powyższych analiz, niech będzie teza serwisu Euromonitor: „Pomimo pogorszenia perspektyw gospodarczych przewiduje się, że firmy będą nadal przyspieszać inwestycje w narzędzia cyfrowe w 2023 roku”.

Tezę tę potwierdzają badania „W drodze ku doskonałości cyfrowej” przeprowadzone na zlecenie Ministra Cyfryzacji na przełomie 2022 i 2023 roku. Dotyczyły one dojrzałości cyfrowej Spółek Skarbu Państwa oraz Małych i Średnich Przedsiębiorstw. [W przypadku tych pierwszych](#) 78% badanych spółek wykazuje już w swojej działalności przynajmniej jedno rozwiązanie, które można zaliczyć do grupy nowych technologii cyfrowych (np. AI, IoT, big data, itp.). Ponad połowa badanych podmiotów (55%) wskazała na obecnie prowadzone prace wdrożeniowe z zakresu nowych technologii cyfrowych. Natomiast 70% deklaruje gotowość i plany do rozpoczęcia takich działań. Z kolei [w sektorze Małych i Średnich Przedsiębiorstw](#) inwestycje w technologie cyfrowe planuje 51,1% firm. Co druga badana firma deklaruje, że **inwestycje te zrealizuje w ciągu najbliższych 12 miesięcy, a nieco ponad 40% w czasie nie dłuższym niż 3 lata**. Co więcej **rozwiązania związane z IoT już dziś wykorzystuje 22,5% Małych i Średnich Przedsiębiorstw, a 14,4% planuje je wdrożyć w swojej firmie w ciągu kolejnych 3 lat**.

Przykłady inteligentnych rozwiązań, łączących AI, IoT, infrastrukturę obliczeniową i dane w sektorze przemysłowym



Inteligentne fabryki (Smart Factories).

To szeroka koncepcja ekosystemów technologicznych, która realizuje postulatory Przemysł 4.0/5.0. Jest złożona z autonomicznych procesów operacyjnych z wykorzystaniem zaawansowanej robotyki (z ang. *advanced robotics*) oraz przemysłowego Internetu Rzeczy. Dzięki nim możliwe jest gromadzenie danych w czasie rzeczywistym z maszyn i procesów produkcyjnych oraz automatyzacja i optymalizacja łańcucha dostaw, dzięki analizie danych z operacji i procesów zarządzania przy użyciu narzędzi sztucznej inteligencji takich jak: analityka predykcyjna czy symulacje.

Autonomiczne operacje. Zintegrowane systemy AI i IoT pozwalają na w pełni samodzielne działanie maszyn produkcyjnych, które mogą podejmować decyzje bez udziału człowieka. Przykładem jest autonomiczna logistyka wewnętrzna czy samodzielne zarządzanie liniami produkcyjnymi w oparciu o dane na temat stanu surowców, popytu oraz wydajności maszyn.

Cyfrowe bliźniaki (Digital Twins).

To cyfrowe odwzorowania rzeczywistych urządzeń i procesów, które pozwalają na symulowanie ich działania w wirtualnym środowisku. Dzięki AI możliwe jest przewidywanie awarii, optymalizacja pracy oraz testowanie nowych rozwiązań bez ryzyka przestojów w rzeczywistej produkcji. IoT pozwala zintegrować funkcje cyfrowego bliźniaka z urządzeniem zarówno na poziomie pozyskiwania danych, jak i sterowania jego działaniem na podstawie analiz what-if.

Wieloagentowe systemy wykorzystujące możliwości generatywnej sztucznej inteligencji do konfiguracji cyfrowych maszyn na linii produkcyjnej lub urządzeń druku 3D. Pozwalają na uzyskanie ekonomiki jednostkowej typowej dla produkcji wielkoseryjnej również w przypadku wysokiej zmienności i krótkich serii. Umożliwia to efektywną ekonomicznie robotyzację nie tylko wielkich fabryk, ale również przedsiębiorstw produkcyjnych średniej wielkości.

Zaawansowana analiza predykcyjna (czyli wykorzystanie danych historycznych i technik analitycznych w celu przewidzenia tego, co się wydarzy w przyszłości). Dane zbierane z sensorów IoT i analizowane przez algorytmy AI pozwalają na prognozowanie zużycia części maszyn, awarii oraz cykli konserwacji. Efektem jest między innymi optymalizacja czasu przestojów oraz lepsze zarządzanie zasobami, dzięki przewidywaniu przyszłych potrzeb.

Zarządzanie energią. Inteligentne systemy IoT monitorują zużycie energii w fabrykach, a AI analizuje te dane. Na podstawie tej analizy proponuje

optymalizację zużycia energii. To prowadzi do zmniejszenia kosztów operacyjnych i poprawy zrównoważonego rozwoju produkcji.

Chmura i *edge computing*. Hybrydowe podejście do przetwarzania danych, gdzie część obliczeń realizowana jest lokalnie (z ang. *edge computing*), a część w chmurze, pozwala na szybkie przetwarzanie krytycznych danych bez opóźnień oraz bardziej złożoną analizę na poziomie globalnym. To szczególnie ważne w przypadku zadań wymagających niskiego opóźnienia takich jak autonomiczne operacje maszyn.

Priorytety dla programu SMART

Większa efektywność i elastyczności procesów produkcyjnych i logistycznych dzięki inteligentnym rozwiązaniom i systemom, w szczególności systemom i procesom autonomicznym (z ang. *Autonomous Operations*).

Według analiz przeprowadzonych przez firmę IDC, operacje autonomiczne są najczęściej wymienianym obszarem inwestycji europejskich firm produkcyjnych. W badaniu „*IDC Survey Spotlight: Unified Observability and Automation Power Autonomous Operations for Future of Digital*” z sierpnia 2023 roku ponad 70% badanych na stanowiskach decyzyjnych wskazało na planowanie inwestycji w tym obszarze. Przykładem jest wdrażanie autonomicznych systemów transportu wewnętrznego. Aktualne analizy rynkowe wskazują, że segment urządzeń autonomicznych (AMR) rozwija się szybciej (CAGR powyżej 40,1% w perspektywie 2027 roku) niż rynek alternatywnych urządzeń nie wyposażonych w autonomię (CAGR ang. *compound annual growth rate*, skumulowany wskaźnik wzrostu poniżej 24,7%). Szacowana wielkość rynku AMR w 2023 roku tylko w samej Europie to ponad 590 mln USD, zaś w 2027 roku ma on przekroczyć 2,3 mld USD. Liczby te mogą okazać się zmienne z uwagi na zjawisko *reshoringu*.

Powstaje w ten sposób rynek na nową klasę rozwiązań. Pozwalają one na projektowanie, implementację i monitorowanie autonomicznych operacji oraz ich integrację zgodnie z koncepcją inteligentnej fabryki (z ang. *Smart Factory*). Obejmują: kontrolery autonomicznych operacji, narzędzia do projektowania i symulacji autonomicznych operacji. Oczekiwania wobec tych rozwiązań to połączenie środowiska fizycznego i wirtualnego (*Industrial Metaverse*), a także zaawansowane funkcje analityczne, które pozwalają na doskonalenie autonomicznych operacji (*Lean 4.0*).

Poprawa jakości pracy

Systemy autonomiczne znacznie wpływają na role ludzi w zakładach produkcyjnych. Zastępują ich w zadaniach operacyjnych oraz w prostych zadaniach zarządczych. Ta zmiana tworzy jednak potencjał na nowe zadania i odpowiedzialności związane z konfigurowaniem i integracją autonomicznych operacji, zarządzaniem ich celami oraz utrzymaniem ciągłości działania.

Autonomiczne procesy pozwalają też wdrożyć nowe schematy doskonalenia procesów – takie jak *Lean 4.0*. Dzięki zaawansowanej analityce, rejestracji danych o przebiegu procesów i wykorzystaniu symulacji, osoby zarządzające procesami otrzymują wsparcie w znalezieniu obszarów wymagających poprawy, a także w projektowaniu i wprowadzeniu zmian poprzez zmiany konfiguracji procesów.

Zmniejszanie energochłonności produkcji przemysłowej

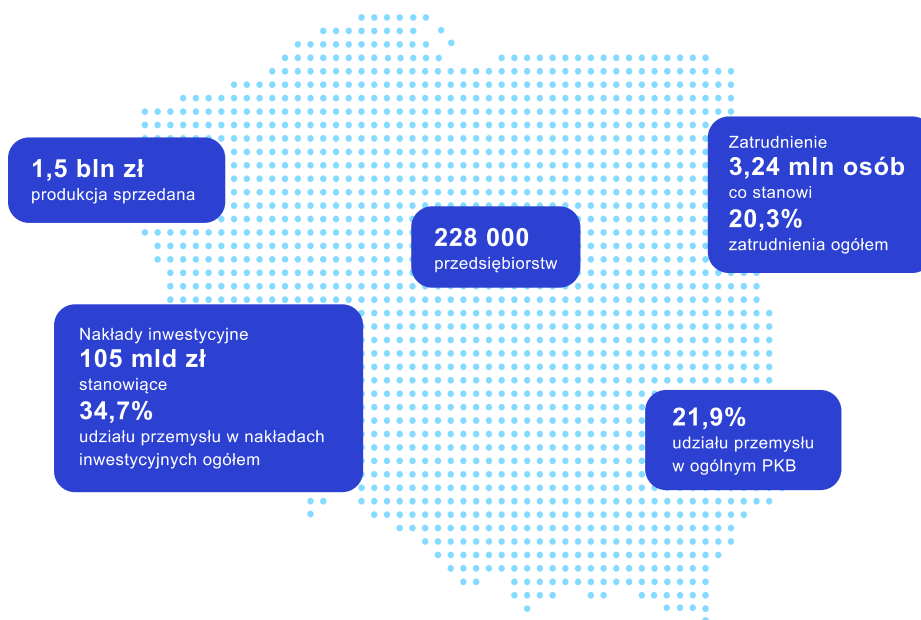
Jednymi z ważnych parametrów, które podlegają optymalizacji w autonomicznych operacjach są energochłonność oraz efektywność energetyczna. Mają być one realizowane również przez aktywne budowanie i włączanie odnawialnych źródeł energii oraz źródeł wirtualnych w mieszankę energetyczną zakładów produkcyjnych. Konsumentci dużej ilości energii mogą wykorzystać zdolność do generowania oszczędności na żądanie (negawatów) w okresach wysokiego popytu na energię i przesuwania energochłonnych procesów w czasie w strefy tańszej energii. Zwiększenie efektywności energetycznej będzie coraz częściej decydować o lokalizacji produkcji w ramach *reshoringu*.

Ze względu na szczególne znaczenie, jakie odgrywa w tym obszarze energetyka, która bazuje na odnawialnych źródłach energii, poświęcamy jej osobny rozdział.

Dlaczego to jest ważne?

Znaczenie sektora dla gospodarki

Przemysł w Polsce



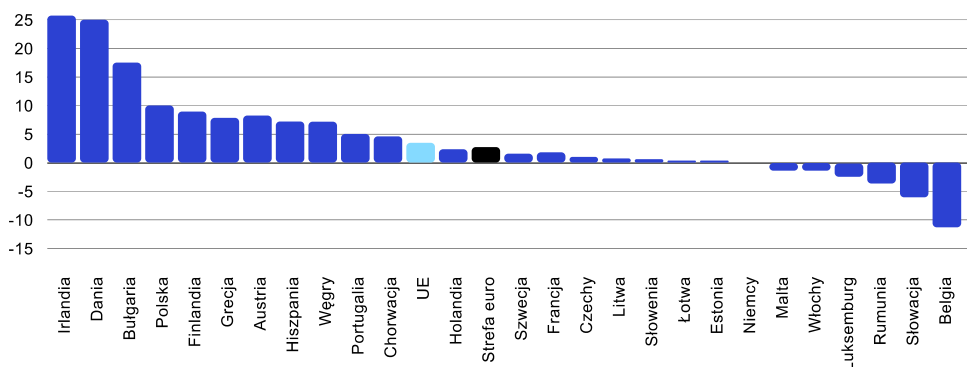
Rys. 5. Źródło: Rocznik statystyczny RP 2019 r. Główny Urząd Statystyczny

Przemysł w Polsce to:

- Duża (27% w roku 2019) i systematycznie rosnąca rok do roku kontrybucja do PKB.
- Ponad 34% kontrybucja do nakładów inwestycyjnych w Polskiej gospodarce, co wpływa na inne ważne branże, takie jak budownictwo czy przemysł teleinformatyczny.
- Znaczący wpływ na rynek pracy – przemysł zatrudnia ponad 21% osób w gospodarce narodowej.
- Jeden z najszybciej rosnących rynków przemysłowych w UE (wrzesień 2022, Eurostat). (Na podstawie danych z 2022 roku)

Produkcja przemysłowa w czerwcu 2022

% zmiany w stosunku do czerwca 2021



Rys. 6. Tempo wzrostu sektorów przemysłowych w krajach UE.

Polska ma dobrą pozycję na europejskiej mapie przemysłu. Krajowe referencje dla polskich produktów i usług, które wpisują się w model „Inteligentnej Fabryki”, mają szansę wspierać wiarygodność polskich produktów i ich dostawców w międzynarodowej ekspansji. Podjęcie wyzwań związanych z trendami w globalnym przemyśle w zasadniczy sposób wpłynie na konkurencyjność polskich firm przemysłowych oraz na ich wkład w kontrybucję polskiej gospodarki.

Wyzwania

Przykłady takich sukcesów są ciągle jeszcze stosunkowo rzadkie. Segment dostawców rozwiązań wspierających transformację 4.0/5.0 jest w Polsce zdominowany przez oddziały producentów globalnych rozwiązań dla przemysłu i ich lokalnych przedstawicieli – dystrybutorów i firmy integratorskie.

Transformacja cyfrowa w polskich małych i średnich firmach przemysłowych jest nadal na dość niskim poziomie. Za inwestycjami punktowymi (np. w obrabiarki sterowane numerycznie czy robotyczne stanowiska w linii produkcyjnej) nie idzie podejście systemowe i dojrzałość procesów. Jednakże, w ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania transformacją cyfrową wśród polskich przedsiębiorców. Firmy coraz chętniej inwestują w oprogramowanie, sprzęt komputerowy oraz szkolenia dla pracowników, aby wdrożyć nowoczesne rozwiązania w swojej działalności. Pandemia COVID-19 przyspieszyła proces cyfryzacji wielu polskich firm, które zostały zmuszone do przeprowadzenia części swojej działalności w tryb online.

Współpraca startupów z innowacyjnymi firmami technologicznymi z dużymi przedsiębiorstwami produkcyjnymi oraz rozwój produktów i usług to ważny czynnik, który sprzyja przejmowaniu firmy praktyk i rozwiązań przez mniejsze firmy. Bez nich ich konkurencyjność na rynkach międzynarodowych, a także szanse na ich szybki rozwój będą zagrożone.

W polskim przemyśle funkcjonuje system finansowania inwestycji modernizacyjnych przedsiębiorstw produkcyjnych (strefy ekonomiczne, programy finansowania oferowane przez Polską Agencję Rozwoju i Przedsiębiorczości i Narodowe Centrum Badań i Rozwoju). Korzyści z niego czerpią zarówno polscy przedsiębiorcy jak i inwestujące w Polsce firmy międzynarodowe.

Niestety, ekosystem dostawców rozwiązań, które oferują produkty wspierające transformację przemysłu (oprogramowanie, roboty, nowoczesne rozwiązania automatyki przemysłowej) jest mało rozwinięty i niedofinansowany. Rozwijają się wprawdzie firmy usługowe (integratorzy automatyki), jednak brakuje podmiotów, które realizują strategie produktowe z szansą szybkiego skalowania na rynku europejskim i globalnym.

Fundusze VC skupione są na podmiotach oferujących proste scenariusze skalowania, które wykorzystują kapitał głównie do działań R&D (*ang. Research and Development, Badania i rozwój*) oraz podbicia rynku. Tymczasem produkty kluczowe dla transformacji przemysłu przyszłości to systemy cyberfizyczne (*cyber-physical systems*) takie jak: zaawansowane roboty czy urządzenia i systemy wspierające autonomiczne operacje. Te zaś wymagają zaangażowania znaczącego kapitału roboczego w procesy produkcji. Jeszcze zanim skala sprzedaży pozwoli na osiągnięcie parametrów ekonomicznych, które umożliwią stabilne finansowanie długim.

Postulowane działania i inicjatywy Programu

Wsparcie wdrożeń polskich rozwiązań niezbędnych dla transformacji cyfrowej przemysłu

Postulujemy zmianę zasad, na jakich działają fundusze wspierane przez Polski Fundusz Rozwoju. Zależy nam na tym, aby spółki, które nie mają znaczącego kapitału na finansowanie produkcji, w razie rosnącej trójki mogły zwiększać limity zaangażowania, czy wręcz zabezpieczać kredyty na finansowanie operacyjne, oparte na zobowiązaniach („convenantach”) związanych z realizacją programów rozwoju.

Wsparcie internacjonalizacji (umiędzynarodowienia) polskich rozwiązań niezbędnych dla transformacji cyfrowej przemysłu

Programy takie jak ścieżka SMART w Funduszach Europejskich dla Nowoczesnej Gospodarki umożliwiają wspieranie umiędzynarodowienia produktów. Finansują one jednak głównie działania marketingowe (misje handlowe, targi). To czego brakuje w tych programach, to wsparcie obecności podmiotów na kluczowych rynkach, dzięki biurom przedstawicielskim i salonom produktowym. Byłyby one zlokalizowane w naturalnych obszarach skupiających innowatorów „przemysłu przyszłości”.

Postulujemy, aby dofinansowanie działań związanych z umiędzynarodowieniem produktów (obecne już w strukturze finansowania programów realizowanych przez PARP i NCBiR) objęło również dofinansowanie obecności na kluczowych rynkach Europejskich (Niemcy, Wielka Brytania, Francja, Włochy, Hiszpania), np. poprzez objęcie kwalifikowanymi wydatkami obszarów, takich jak:

- rekrutacja i zatrudnienie personelu kluczowego dla prowadzenia działań promocyjnych, sprzedażowych (handlowcy, inżynierowie sprzedaży) i wsparcia klientów na rynkach lokalnych,
- infrastruktura niezbędna dla prezentacji rozwiązań (*salony produktowe*),
- zryczałtowane koszty mobilności,
- zryczałtowane koszty wynajmu biura w lokalizacjach zapewniających dostęp do docelowych rynków.

Branżowe Zbiory danych

Tworzenie i udostępnianie branżowych zbiorów danych jest zagadnieniem horyzontalnym programu SMART.

W przypadku przemysłu dotyczy ono szczególnie zagadnień związanych z widocznością łańcuchów zaopatrzenia (z ang. *Supply Chain Visibility*). Zagadnienie przestrzeni danych (*Data Spaces*) omówione jest bardziej szczegółowo w rozdziale poświęconym zagadnieniom horyzontalnym.

Modernizacja sieci energetycznej i uelastycznienie rynku energii

To wyzwanie przedstawione jest w kolejnym rozdziale poświęconym energetyce.

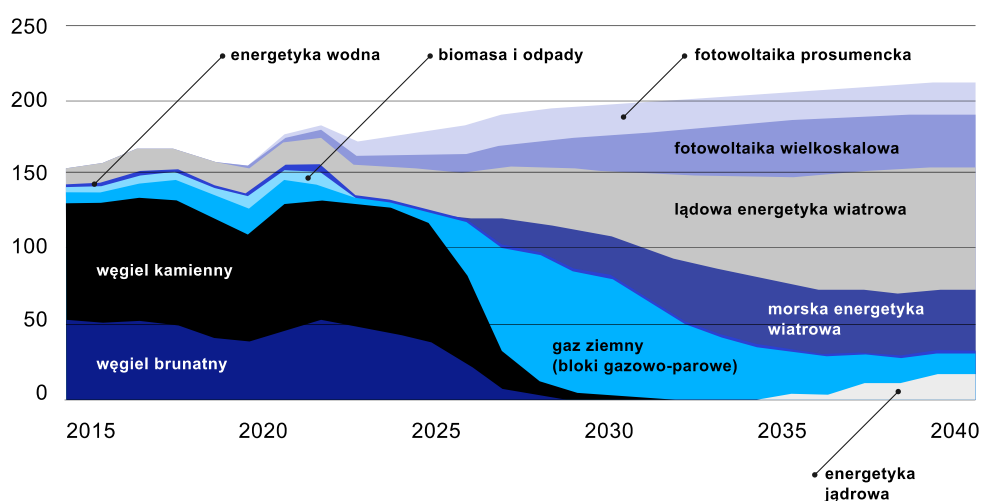
Energetyka odnawialna i OZE

Charakterystyka obszaru

Klucz do efektywnej produkcji przemysłowej to elastyczna i odpowiadająca na zmiany infrastruktura energetyczna. Jej ważnym elementem, w kontekście zapewnienia zrównoważonego rozwoju i ograniczenia emisji CO₂, są odnawialne źródła energii (dalej: OZE).

W ostatnich latach dynamiczny rozwój OZE dostrzegamy nie tylko w Polsce, ale również w innych krajach europejskich. Aktualnie udział produkcji OZE w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym w poszczególnych miesiącach wynosi około 40%, a w niektórych godzinach sięga nawet powyżej 50% zapotrzebowania na energię elektryczną. Na koniec maja 2024 roku liczba osób korzystających z OZE wynosiła ok 1,43 mln z 10-15 tysięcznym przyrostem nowych instalacji w każdym miesiącu. Moc samej fotowoltaiki wynosi w 2024 roku ponad 18 GW i w ciągu ostatniego roku wzrosła o ponad 30%. Rośnie również pojedyncza średnia wielkość domowej instalacji PV i wynosi aktualnie ponad 9 kW. Przeciętna moc nowej instalacji fotowoltaicznej w maju 2024 roku wyniosła 25,7 kW. Zmiana miksu energetycznego, której punkt kulminacyjny nastąpi wg BloombergNEF do końca dekady, zakończy się w momencie uruchomienia energetyki jądrowej, co jest planowane do końca 4 dekady 2040 roku.

Zmiana Miksu energetycznego w Polsce w latach 2025 do 2040

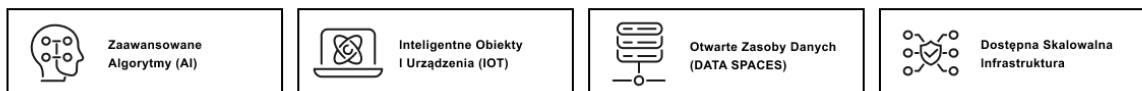


Rys. 7. Źródło: www.300gospodarka.pl, za raportem [BloombergNEF](https://www.bloombergnef.com)

Sektor OZE w Polsce stwarza wiele miejsc pracy. Są to w większości miejsca pracy z dobrą perspektywą na przyszłość z uwagi na rozwój sektora oraz jego silny związek z nowoczesnymi technologiami. W rekordowym 2022 roku w sektorze OZE w Polsce zatrudnionych było ponad 129 000 osób. Ogółem w sektorze energii odnawialnej w Unii Europejskiej zatrudnionych było około 1,47 mln osób. W 2022 roku Polska była na 4 miejscu w Europie pod względem udziału pracowników w tym sektorze.

Jest to niewątpliwy sukces naszej transformacji. Obszar OZE jest otwarty na wyzwania i potrzeby związane z rozwojem technologii. Prawdopodobne, że coraz częściej w przyszłości będą pojawiały się komunikaty Polskich Sieci Energetycznych o zagrożeniach związanych ze stabilnością sieci, podobne do tego z dnia 23.04 2023 roku. Dotyczył on konieczności ograniczenia mocy instalacji fotowoltaicznych przyłączonych do sieci przesyłowej oraz dystrybucyjnej 110kV i średniego napięcia. To tylko jedno z licznych przykładów wyzwań przed jakim stoi branża OZE. Transformacja systemu energetycznego na bazie paliw kopalnych w kierunku nowoczesnej, elastycznej, wykorzystującej cyfryzację energetyki, to także bardzo ważne zadanie w tym zakresie.

Przykłady inteligentnych rozwiązań w energetyce



Inteligentne rozwiązania, które łączą zaawansowaną algorytmikę, przemysłowy Internet Rzeczy i nowoczesną infrastrukturę obliczeniową mają do odegrania ogromną rolę jako narzędzia transformacji energetycznej. Oto potencjalne zastosowania w kontekście wyzwań i rozwoju sektora OZE w Polsce.

- **Optymalizacja produkcji energii z OZE.** IoT+AI pozwala monitorować i sterować w czasie rzeczywistym instalacjami odnawialnych źródeł energii, takich jak farmy wiatrowe czy fotowoltaiczne. Dzięki danym z czujników i algorytmom AI, można przewidywać warunki pogodowe oraz produkcję energii. To pozwala na bardziej efektywne zarządzanie energią. To kluczowe w Polsce, gdzie udział OZE w produkcji energii sięga nawet powyżej 50% w niektórych godzinach.
- **Zarządzanie elastycznością sieci energetycznej.** Stabilność sieci jest jednym z wyzwań związanych z integracją OZE w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym.

IoT+AI wspiera predykcyjne zarządzanie obciążeniem i elastyczność sieci. Algorytmy sztucznej inteligencji mogą analizować dane dotyczące zapotrzebowania i podaży energii. To z kolei pozwala na szybkie reagowanie na wahania produkcji OZE, np. przez włączanie i wyłączanie określonych jednostek wytwórczych lub magazynów energii. Takie technologie pomagają unikać konieczności nierynkowego redysponowania, jak to miało miejsce w Polsce w 2023 roku, gdy instalacje fotowoltaiczne musiały zostać ograniczone.

- **Magazynowanie energii, zarządzanie popytem i wirtualne elektrownie.** Inteligentne rozwiązania umożliwiają efektywne zarządzanie magazynami energii. Stają się one coraz bardziej istotne w kontekście rosnącej produkcji energii z OZE. Systemy zarządzania popytem (z ang. *Demand Side Management*) mogą automatycznie optymalizować zużycie energii w gospodarstwach domowych i przedsiębiorstwach w zależności od dostępności energii z OZE i pomagać w stabilizacji sieci i minimalizacji kosztów dla konsumentów. Do najbardziej zaawansowanych rozwiązań tego typu należą tak zwane „wirtualne elektrownie” (z ang. *Virtual Power Plants – VPP*) – systemy sterowania popytem, zarządzania magazynami i rozproszonymi źródłami energii. Przykłady istniejących dzisiaj projektów wskazują na ich potencjalnie znaczący wpływ na bilans energetyczny i równowagę na rynku energii.

Nazwa VPP	Kraj	Opis	Moc zarządzana (szacunkowo)	Źródła
Next Kraftwerke	Niemcy	Jedna z największych VPP w Europie, łącząca rozproszone źródła energii, takie jak elektrownie wiatrowe, słoneczne, biogazowe.	ponad 8 GW	next-kraftwerke.com
Tiko Energy Solutions	Szwajcaria	Rozwiązania VPP integrujące urządzenia gospodarstw domowych do optymalizacji zużycia energii.	około 1 GW	tiko.ch
Repsol VPP	Hiszpania	Hiszpański projekt VPP integrujący farmy słoneczne i wiatrowe, optymalizujący produkcję energii.	Około 5 GW	repsol.com
Enel X	Włochy	Zarządza setkami rozproszonych źródeł energii w Europie, wspierając stabilność sieci energetycznych.	około 4 GW	enelx.com

- Rozwój prosumeryzmu (jednoczesna produkcja i konsumpcja dóbr i usług).**
 Inteligentne rozwiązania umożliwiają automatyczne monitorowanie domowych instalacji PV oraz optymalizację zużycia i sprzedaży nadwyżek energii do sieci. Dzięki zaawansowanej analizie, prosumenci mogą lepiej zarządzać swoją produkcją, zwiększać jej efektywność oraz korzystać z programów dynamicznego cenowego rozliczenia za energię.
- Predykcyjne utrzymanie infrastruktury.** Zaawansowane algorytmy AI wraz z czujnikami IoT mogą przewidywać awarie w systemach energetycznych, umożliwiając predykcyjne utrzymanie (z ang. *predictive maintenance*). To kluczowe w kontekście infrastruktury, która musi być elastyczna i dostosowywać się do dynamicznie zmieniających się warunków produkcji energii z OZE. Automatyczne monitorowanie

stanu technicznego farm wiatrowych, instalacji PV oraz sieci energetycznych pozwala na wczesne wykrywanie problemów i unikanie kosztownych przestojów.

- **Efektywność energetyczna w przemyśle i budynkach.** Inteligentne rozwiązania znajdują zastosowanie w zarządzaniu zużyciem energii w budynkach przemysłowych i komercyjnych. Dzięki zebranych danym możliwe jest precyzyjne sterowanie urządzeniami i systemami energetycznymi, co zwiększa efektywność energetyczną. W Polsce, w kontekście rozwoju OZE i gospodarki o obiegu zamkniętym, takie rozwiązania przyczyniają się do dalszej redukcji emisji CO₂ oraz zmniejszenia zależności od tradycyjnych źródeł energii. Tego typu rozwiązania opisane są też w sekcji poświęconej transformacji budownictwa.
- **Rozwój smart grid.** Technologie inteligentnych rozwiązań są fundamentem inteligentnych sieci energetycznych (z ang. *smart grid*). Integrują one produkcję, dystrybucję i konsumpcję energii w czasie rzeczywistym. Dzięki temu możliwe jest lepsze zarządzanie zarówno źródłami konwencjonalnymi, jak i OZE, co ma kluczowe znaczenie dla zrównoważonego rozwoju. W Polsce smart gridy pozwalają na integrację rozproszonych, małych źródeł energii, takich jak domowe instalacje PV z krajowym systemem elektroenergetycznym.

Priorytety dla programu SMART

Istnieje wiele wyzwań związanych z rozwojem OZE w Polsce. W dużej mierze sposób funkcjonowania sieci elektroenergetycznej wynika z dotychczasowego modelu redystrybucji energii elektrycznej. Jest on oparty o energetykę konwencjonalną.

Priorytety:

- Modernizacja sieci energetycznej w Polsce, w tym uregulowanie roli magazynów energii elektrycznej.
- Wprowadzenie strategii finansowania transformacji energetycznej.
- Zwiększenie zróżnicowania miksu energetycznego, w tym udziału mocy wytwórczej ze źródeł OZE kosztem źródeł konwencjonalnych, zwiększenie ilości elektrowni szczytowo-pompowych, elektrowni opartych o biomasę, biogaz.
- Zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju, poprzez – w szczególności – rozwój i wdrażanie systemów zapewniających elastyczne i efektywne reagowanie na zmiany popytu oraz podaży.

- Cyberbezpieczeństwo OZE, implementacja dyrektywy NIS 2.0 oraz *Cyber Resilience Act*.
- Decentralizacja źródeł wytwórczych, rozproszenie generacji i lokalizacja źródeł wytwórczych i magazynów energii blisko odbiorcy w połączeniu z rozwojem interoperacyjnych systemów i usług zarządzania efektywnością energetyczną po stronie odbiorców i prosumentów.
- Wprowadzenie usług elastyczności (zapewnienia bezpieczeństwa i zwiększenia efektywności rozwoju systemu dystrybucyjnego). Mogą je świadczyć agregatorzy, posiadacze magazynów energii, wytwórcy oraz odbiorcy końcowi.
- Ograniczenie zanieczyszczenia środowiska.
- Promowanie efektywnego zarządzania energią i korzystania z OZE, działania edukacyjne.

Dlaczego to jest ważne?

Znaczenie sektora dla gospodarki

Sektor OZE nabiera coraz większego znaczenia w polskiej gospodarce. Z jednej strony tworzy coraz więcej miejsc pracy, z drugiej strony wpływa na bezpieczeństwo i niezależność energetyczną kraju. Kluczowe elementy dla sektora to:

- Niezależność energetyczna. Mniejszy wpływ zmian cen energii elektrycznej na świecie na gospodarkę krajową.
- Rosnąca liczba miejsc pracy. Coraz ważniejszy sektor gospodarki w kraju.
- Jeden z najszybciej rozwijających się rynków w UE o coraz większym znaczeniu w wytwarzaniu PKB. Cały sektor energetyczny tworzy ok. 8% wartości dodanej brutto polskiego PKB.

Efektywny i stabilny system energetyczny to warunek konieczny dla zapewnienia konkurencyjności polskich firm sektora przemysłowego. Dodatkowo, jest to obszar, który generuje innowacje i pobudza współpracę nauki i biznesu w ramach realizacji projektów B+R, pod warunkiem niedopuszczenia do stagnacji technologicznej tego sektora.

Wyzwania

Tak gwałtownie rozwijający się sektor mierzy się z wieloma wyzwaniami.

Poniżej najważniejsze z nich:

- stabilne źródła finansowania transformacji energetycznej i stabilne otoczenie regulacyjne,
- bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej,
- współpraca pomiędzy operatorami systemu w zakresie bilansowania rozptyłów mocy w systemie elektroenergetycznym,
- standaryzacja i wzmocnienie roli cyberbezpieczeństwa OZE. Realna możliwość wysterowania i deregulacji sieci energetycznej w wyniku cyberataków.

Postulowane działania i inicjatywy Programu

Stymulacja popytu na innowacje OZE

- Wsparcie rynku końcowego programami dotacyjnymi – kontynuacja programów Mój Prąd, Czyste powietrze, Grant OZE, w średnim okresie rozwoju oraz docelowa rezygnacja z programów dotacyjnych w obszarze OZE

Wsparcie rozwoju rozwiązań/ produktów OZE

- Wsparcie działań związanych z innowacjami w OZE poprzez programy dotacyjne dla projektów B+R

Decentralizacja wytwarzania

- Dalszy rozwój Klastrow energii Spółdzielni energetycznych wpływających na rozwój rynku oraz rozproszenie źródeł energii poprzez uproszczenie przepisów i wprowadzenie dodatkowych zachęt

- Wsparcie i ochrona polskich i europejskich przedsiębiorstw, które są częścią łańcucha dostaw dla branży OZE w Polsce
- Wsparcie rozwoju rozwiązań wodorowych
- Wsparcie rozwoju i wdrażania rozwiązań w zakresie cyberbezpieczeństwa dla OZE i rozproszonej energetyki z zastosowaniem nowych technologii IoT, IIoT, AI, Blockchain

- Rozwój magazynów energii wielkoskalowych oraz rozproszonych dla domów oraz biznesu w Polsce

Dostosowanie infrastruktury energetycznej do rozproszonej energetyki

- Rozbudowa i modernizacja sieci energetycznej w kraju
- Stabilizacja sieci z wykorzystaniem OZE i magazynów energii
- Wprowadzanie nowych usług optymalizujących rozpląwy mocy

i bilansowanie KSE wraz z opracowaniem regulacji prawnych

- Wprowadzanie nowych usług optymalizujących rozpląwy mocy i bilansowanie KSE wraz z opracowaniem regulacji prawnych
- Wdrożenie programów wspierających cyfrową transformację energetyczną

Charakterystyka obszaru

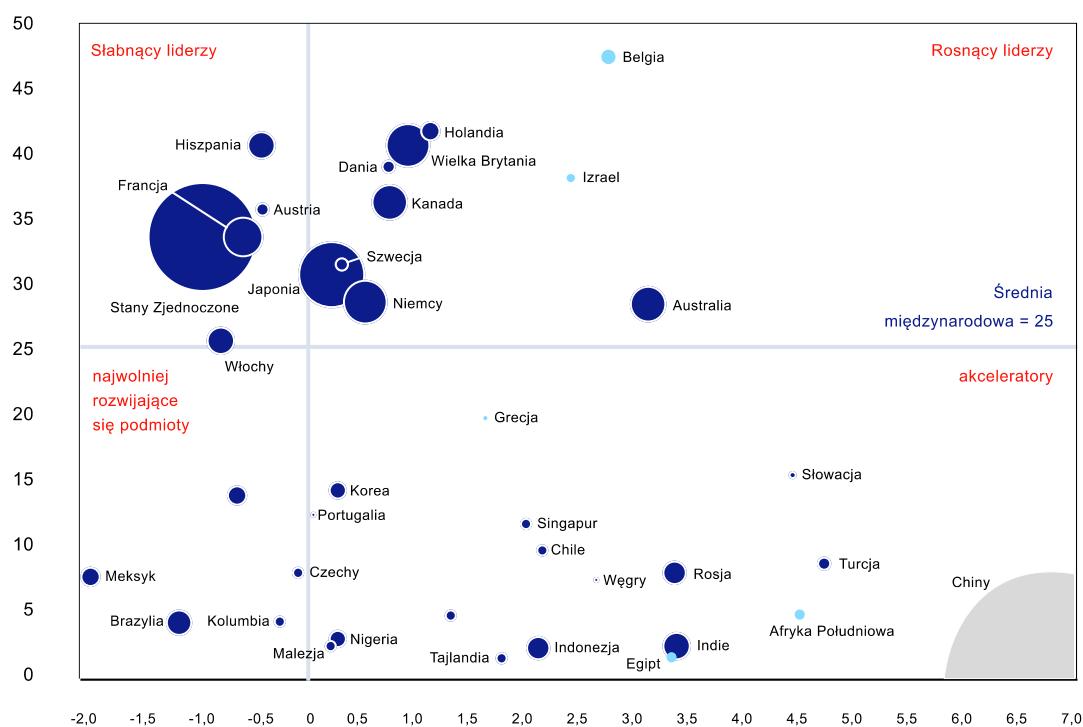
W skali globalnej sektor budowlany to jedna z największych branż pod względem udziału w globalnym PKB. Globalna produkcja budowlana w 2020 roku wyniosła 10,7 bln USD, a jej przewidywany wzrost w latach 2020-2030 to 42% (4,5 bln USD). Globalny przemysł budowlany ma być głównym motorem wzrostu gospodarczego po zawirowaniach związanych z COVID i bezpieczeństwem.

Wg [raportu przygotowanego przez Budimex](#) na podstawie danych z 2020 roku, budownictwo jest jednym z kluczowych kontrybutorów do PKB w Europie. Zestawienie otwiera Finlandia (8% udziału), podium zamyka Austria (7,4%). W pierwszej dziesiątce znajdują się również: Litwa (7,4%), Rumunia (7,3%), Łotwa (7%), Słowacja (6,9%), Szwecja (6,7%), Estonia (6,4%) oraz Hiszpania (6,3%). Polska znalazła się na wysokim drugim miejscu, z udziałem budownictwa wynoszącym 7,4%o ok. 1,5 pkt. procentowego powyżej średniej unijnej (5,86%). Przewiduje się, że w latach 2020-2030 w Europie Zachodniej nastąpi wzrost sektora budownictwa o 23%. Oczekuje się, że produkcja budowlana zwiększy się do 2,5 bln USD w 2030 roku. Średnioroczny wzrost sektora budownictwa o 3,6% rocznie w ciągu dekady do 2030 roku będzie wyższy niż w przetwórstwie przemysłowym czy usługach.

Problemem branży pozostaje jednak produktywność. Dotyczy to zwłaszcza pracy, która rośnie znacznie wolniej niż produktywność innych gałęzi gospodarki. Od ponad 20 lat produktywność branży budowlanej na świecie rośnie zdecydowanie wolniej od średniej w gospodarce (1% vs 2,8%) [McKinsey]. W wielu krajach produktywność pracy w budownictwie realnie spada. Budownictwo, podobnie jak przemysł, cierpi na niedobory siły roboczej. Jednak w odróżnieniu od przemysłu nie wypracowało do dzisiaj standardów organizacji pracy, które umożliwiają wzrost znaczenia produktu. On pozwoliłby na uzyskanie znaczącego efektu skali, poza obszarem inżynierii finansowej.

Produktywność pracy w budownictwie, 2015

2005 \$ za godzinę przepracowaną przez zatrudnioną osobę, bez korekty na parytet siły nabywczej

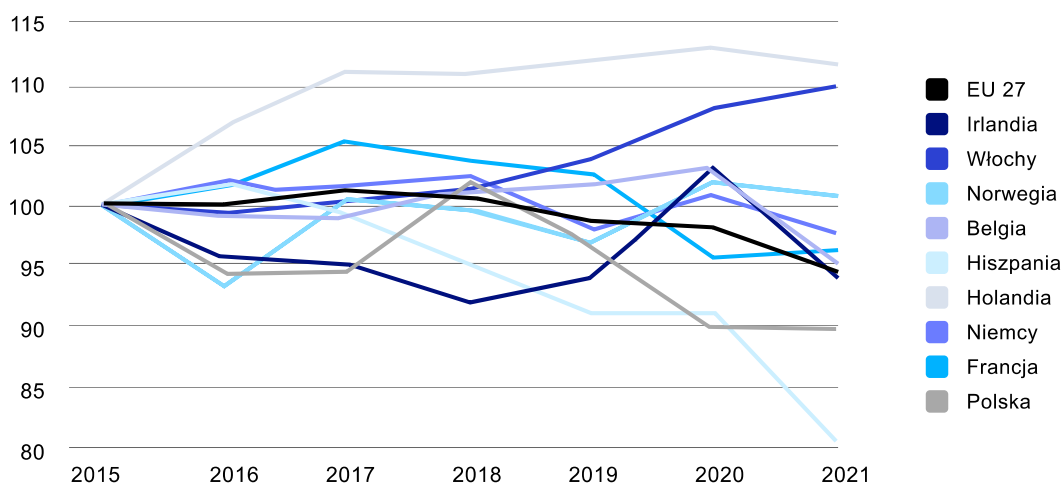


- Wzrost produktywności sektora budownictwa pozostaje w tyle za całą gospodarką.
- Wzrost produktywności sektora budownictwa przewyższa wzrost całej gospodarki.

- Kraje z krótszą serią czasową ze względu na dostępność danych: Argentyna, Australia, Brazylia, Chile, Etiopia, Japonia, Meksyk, Nigeria, RPA (1995–2011); Belgia (1999–2014); Chiny, Kolumbia (1995–2010); Czechy, Francja, Izrael, Malezja, Rosja (1995–2014); Egipt (1995–2012); Indonezja (2000–2014); Arabia Saudyjska (1999–2015); Singapur (2001–14); Tajlandia (2001–15); Turcja (2005–15).
- Opublikowane PPP (parytety siły nabywczej) nie są stosowane w sektorze budownictwa lub nie są specyficzne dla wskaźnika wartości dodanej i mogą się znacznie różnić w swoich wnioskach, aby dać jakiegokolwiek dodatkowe zaufanie do analizy.

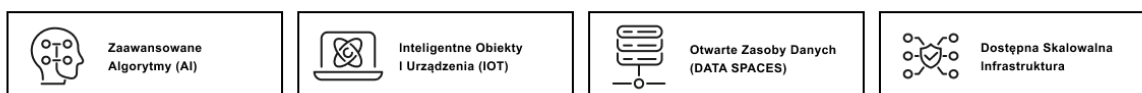
Rys. 8. Produktywność w sektorze budowlanym w latach 1995-2015

Według danych publikowanych przez portal www.constructionbriefing.com od tego momentu produktywność branży budowlanej w wielu europejskich krajach spadła. W krajach UE spadła o 4,6% od 2015 roku (patrz wykres poniżej). Liderami spadku są Hiszpania (-19,5%) i Polska (-10,4%). Jednocześnie Belgia zanotowała 3% wzrost produktywności, do 2020 roku zaś wzrost o 11,8% odnotowała Holandia – jeden z liderów wdrażania w przemyśle budowlanym innowacji takich jak: BIM czy robotyzacja placu budowy.



Rys. 9. Indeks produktywności w branży budowlanej

Przykłady inteligentnych rozwiązań dla budownictwa



Przykłady inteligentnych rozwiązań, łączących AI, IoT, infrastrukturę obliczeniową i dane w sektorze budownictwa:

- **Zarządzanie kontraktami z wykorzystaniem analiz zdjęć lotniczych.** Zdjęcia z dronów i analiza obrazu oparte na sztucznej inteligencji umożliwiają monitorowanie postępów prac budowlanych. AI analizuje dane wizualne, porównuje je z harmonogramem i specyfikacjami kontraktu. Automatycznie wykrywa opóźnienia lub niezgodności, co umożliwia szybkie interwencje oraz precyzyjne raportowanie dla inwestorów i wykonawców.
- **Systemy BHP oparte na IoT i AI.** Inteligentne systemy monitorujące bezpieczeństwo pracy, wyposażone w czujniki IoT, pozwalają na bieżące kontrolowanie środowiska budowy. Czujniki wykrywają zagrożenia, takie jak niebezpieczne gazy, wysoka temperatura czy drgania. AI analizuje dane w czasie rzeczywistym, podejmuje decyzje o konieczności ewakuacji lub zatrzymania prac w celu uniknięcia wypadków. Systemy te mogą także monitorować, czy pracownicy noszą odpowiedni sprzęt ochronny.

- **Robotyzacja placu budowy.** Wykorzystanie robotów w procesach budowlanych, takich jak murowanie, drukowanie elementów konstrukcyjnych w 3D czy inspekcja trudno dostępnych miejsc. AI zarządza robotami. Umożliwia optymalizację ich pracy, a IoT dostarcza danych o warunkach panujących na budowie, co pozwala na elastyczne dostosowanie robotyzowanych procesów.
- **Integracja BIM, AI i IoT (cyfrowy bliźniak budynku).** Dzięki integracji technologii Building Information Modeling (BIM) z IoT i AI możliwe jest stworzenie cyfrowego bliźniaka budynku, który symuluje jego funkcjonowanie już na etapie budowy. Sensory IoT zbierają dane o postępach prac i warunkach środowiskowych, a AI analizuje te dane, w wyniku czego optymalizuje harmonogram budowy oraz przewiduje potencjalne problemy. Cyfrowy bliźniak umożliwia także symulację przyszłych operacji, takich jak zarządzanie energią, wentylacją czy konserwacją.
- **Wykorzystanie analiz zdjęć w celu śledzenia jakości prac.** AI analizuje zdjęcia z kamer oraz dronów, aby oceniać jakość wykonania poszczególnych etapów budowy. Systemy te są w stanie automatycznie wykrywać błędy konstrukcyjne, niezgodności z planem czy problemy z jakością wykończenia, co ułatwia szybką korektę.
- **Automatyczne śledzenie i inspekcja zgodności z przepisami.** Systemy AI analizują dane z czujników IoT, inteligentnych kasków i obrazy z kamer. Monitorują zgodność prac z przepisami budowlanymi oraz lokalnymi regulacjami. Automatyczna inspekcja pomaga w szybkim wykrywaniu nieprawidłowości i ogranicza ryzyko kar związanych z naruszeniami przepisów.

Te rozwiązania wspierają efektywność operacyjną, bezpieczeństwo na placu budowy oraz precyzyjne zarządzanie procesem budowy, jednocześnie redukują ryzyko opóźnień i przekroczenia budżetu.

Priorytety dla programu SMART

Komponentyzacja budownictwa

Jednym z kluczowych elementów transformacji produkcji budowlanej jest wyprowadzenie jej części z placu budowy do przedsiębiorstw, które tworzą komponenty – prefabrykaty, rozwiązania systemowe itp. Inteligentne rozwiązania, które wspierają ten element transformacji produkcji budowlanej mają potencjalnie szczególnie dużą wartość dla firm budowlanych. W przypadku rozwiązań, których model wartości i sposób realizacji dają

szansę szerokiego zastosowania w różnych segmentach produkcji, mogą one być również skutecznie umiędzynarodowione.

Rozwiązania inteligentne łączące zaawansowaną analitykę, autonomię i IoT mogą być wykorzystywane do wspierania produkcji między innymi poprzez:

- **Monitorowanie jakości produkcji.** Sensory IoT mogą zbierać dane na temat jakości produkcji elementów budowlanych. Zbierają informacje np. o napięciu, ciśnieniu, temperaturze, wilgotności i innych czynnikach, które wpływają na jakość produkcji. Te informacje mogą być wykorzystane do ulepszania procesu produkcji i zapewnienia, że produkowane komponenty są zgodne z wymaganiami jakości.
- **Optymalizacja procesów produkcyjnych.** IoT może być wykorzystywane do monitorowania i optymalizacji procesów produkcyjnych. Sensory mogą zbierać informacje o zużyciu energii, czasie przetwarzania, wykorzystaniu materiałów i innych czynnikach, które wpływają na wydajność procesu produkcyjnego. Te informacje mogą być wykorzystane do odnalezienia obszarów, w których można wprowadzić ulepszenia i optymalizacje procesów. IoT zbierając powyższe dane może być w konsekwencji wykorzystywane do monitorowania i redukcji śladu węglowego produktu.
- **Udoskonalenie procesu logistyki.** IoT może być również wykorzystywane do usprawnienia procesu logistyki, który jest kluczowy dla produkcji komponentów budowlanych. Sensory IoT mogą na przykład monitorować ruchy i lokalizacje materiałów i komponentów podczas transportu. To z kolei może pomóc w minimalizacji czasu i kosztów transportu, a także zapobiec utracie lub uszkodzeniom materiałów.
- **Integracja procesu produkcji.** IoT może być wykorzystywane do integracji procesu produkcji komponentów budowlanych z innymi procesami w ramach całego projektu budowlanego. Na przykład, dane o produkcji mogą być integrowane z danymi o projektowaniu i planowaniu, co może pomóc w zminimalizowaniu opóźnień i innych problemów związanych z harmonogramem.
- **Potencjał technologii BIM.** Na etapie przygotowywania modelu i przeprowadzania w nim analizy można przed realizacją na budowie zaplanować harmonogram prac, logistykę dostaw, rozmieszczenie np. palet z wyrobami budowlanymi, prefabrykatów na obiekcie. Dla producentów materiałów budowlanych BIM oferuje nowy poziom efektywności w planowaniu i zarządzaniu procesem produkcji. Już na etapie projektowania można precyzyjnie zaplanować harmonogram prac, optymalizować logistykę dostaw oraz odpowiednio rozmieszczać materiały i prefabrykaty na placu

budowy. Dzięki temu BIM staje się narzędziem umożliwiającym lepszą organizację produkcji prefabrykatów, dostosowaną do rzeczywistych potrzeb inwestycji. To z kolei minimalizuje ryzyko błędów i przestojów na budowie, co sprawia, że cały proces staje się bardziej przewidywalny i zorganizowany.

- **Ulepszanie procesu utrzymania ruchu i stanu technicznego konstrukcji.** IoT może być wykorzystywane do monitorowania stanu technicznego urządzeń i komponentów budowlanych. To może pomóc w zapobieganiu awariom i ulepszaniu procesu utrzymania ruchu. Sensory IoT mogą na przykład zbierać informacje o zużyciu materiałów, temperaturze, ciśnieniu i innych parametrach, które wpływają na stan techniczny komponentów. Te informacje mogą być wykorzystane do planowania konserwacji i napraw, co zminimalizuje koszty utrzymania ruchu i zwiększeniu trwałości komponentów budowlanych.

Robotyzacja placu budowy

Autonomiczne roboty budzą coraz większe zainteresowanie firm budowlanych.

Przykłady zastosowania robotów na placu budowy to:

- **Roboty budowlane** takie jak koparki, spycharki, walcarki czy wiertarki są już powszechnie stosowane na placach budowy. Pozwalają one na automatyzację wielu prac budowlanych, co pozwala na skrócenie czasu i zmniejszenie kosztów.
- **Roboty do produkcji prefabrykatów** mogą być również wykorzystane do produkcji prefabrykatów, takich jak ściany, dachy czy schody. Automatyzacja produkcji prefabrykatów pozwala na dokładniejsze i szybsze wytwarzanie tych elementów.
- **Drony do monitorowania postępów budowy** mogą być wykorzystane do monitorowania postępów budowy i zbierania danych na temat stanu placu budowy. Pozwala to na szybsze wykrywanie problemów i reagowanie na nie.
- **Roboty zmechanizowane do układania kostki brukowej** mogą przygotowywać podłoże i układać kostkę brukową. Pozwala to na znaczne zmniejszenie czasu i kosztów związanych z tym procesem.
- **Roboty murarskie** mogą być programowane do układania cegieł, bloków betonowych i innych materiałów budowlanych. Zautomatyzowane procesy układania cegieł mogą pomóc w zwiększeniu wydajności i dokładności, a także zmniejszeniu ryzyka kontuzji dla pracowników.

- **Roboty dedykowane do prac w przestrzeniach trudno dostępnych** (np. dukty wentylacyjne) lub niebezpiecznych (np. do wysokościowych). Roboty wysokościowe mogą być wykorzystywane do zadań, takich jak malowanie, naprawa dachów, montaż systemów wentylacyjnych i wiele innych. Zautomatyzowanie tych procesów może pomóc w zwiększeniu bezpieczeństwa pracowników i zmniejszeniu ryzyka wypadków.

Robotyzacja na plac budowy pozwala na zwiększenie wydajności, poprawę bezpieczeństwa i jakości pracy i skrócenie czasu realizacji projektu, co przekłada się na mniejsze koszty i wyższą rentowność przedsięwzięcia.

Cyfryzacja projektowania i zarządzania kontraktami (regulacje BIM)

Zastosowanie metody modelowania informacji o obiekcie budowlanym (z ang. *Building Information Modeling*, dalej BIM) [PN EN-ISO 19650-1:2019-02] wpływa na efektywność w całym cyklu życia obiektów budowlanych poprzez zwiększenie dokładności i precyzji, lepszą koordynację pracy różnych wykonawców i podwykonawców, szybsze i bardziej efektywne zarządzanie informacjami, a także poprzez zmniejszenie ryzyka opóźnień, awarii i kosztów. BIM może wpłynąć na efektywność w całym cyklu życia obiektów budowlanych na wiele sposobów, oto kilka z nich:

- **Projektowanie i planowanie.** BIM umożliwia projektowanie i planowanie obiektów budowlanych w sposób bardziej dokładny i precyzyjny. Dzięki temu można zidentyfikować i rozwiązać problemy jeszcze na etapie projektowania, co pozwala zaoszczędzić czas i pieniądze.
- **Wdrażanie i budowa.** BIM pozwala na łatwe i szybkie dostarczanie dokładnych informacji o projekcie na plac budowy, co umożliwia lepszą koordynację pracy różnych wykonawców i podwykonawców. Dzięki temu można uniknąć konfliktów w trakcie budowy i zminimalizować ryzyko opóźnień.
- **Utrzymanie i eksploatacja.** BIM pozwala na zarządzanie informacjami o obiekcie budowlanym na etapie jego eksploatacji. Dzięki temu można monitorować stan techniczny i wykonywać konserwację obiektu w sposób bardziej efektywny. BIM umożliwia też szybszą i łatwiejszą identyfikację usterek i awarii, co pozwala na sprawniejsze ich usuwanie. Ponadto można wykorzystać modele 3D obiektów w celu umieszczenia tam dokumentacji powykonawczej i eksploatacyjnej kluczowych urządzeń, a także ciągów technologicznych obiektu. To zdecydowanie ułatwia prace eksploatacyjne i późniejsze związane z modernizacją obiektu.

- **Demontaż i recykling.** BIM umożliwia dokładne zarządzanie informacjami o materiałach i elementach konstrukcyjnych wykorzystanych w budowie obiektu. Dzięki temu można łatwiej i bardziej efektywnie zrobić demontaż i recykling materiałów po zakończeniu eksploatacji obiektu.

Inteligentne rozwiązania mogą wspierać wdrożenie BIM na każdym etapie cyklu życia inwestycji, między innymi w następujący sposób:

Projektowanie i modernizacja

- **Analiza i optymalizacja.** Dane zbierane przez inteligentne rozwiązania mogą być używane do analizy i optymalizacji procesów budowlanych i eksploatacyjnych. Dzięki temu można poprawić efektywność i wydajność budynku lub obiektu budowlanego, między innymi obniżyć jego energochłonność. Dotyczy to zarówno istniejących obiektów i kwestii związanych z ich modernizacją, jak i obiektów nowo projektowanych, w których punktem wyjścia mogą być dane historyczne i benchmarki. IoT może wspierać projektowanie całego procesu inwestycji zgodnie z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ), uwzględniając przy tym ślad węglowy na różnych etapach – od fazy projektowania aż po fazę wyburzenia obiektu.
- **Modernizacja starych budynków i zastosowanie w nich automatyki** (odpowiednich algorytmów) poprawi energooszczędność obiektu. Dzięki temu przyspieszymy osiągnięcie celów europejskiego zielonego ładu.
- Poprzez zbieranie danych z budynków możliwe jest ich lepsze utrzymanie (z ang. *predictive maintenance*). Właściciel obiektu nie jest informowany o awarii/błędach po fakcie, a przed nim.

Produkcja

- **Kontrola jakości.** Inteligentne rozwiązania mogą pomóc w monitorowaniu jakości materiałów i wykonania prac na placu budowy. Dzięki temu można uniknąć niezgodności i błędów w trakcie budowy, co wpłynie na lepszą jakość i trwałość obiektu budowlanego.
- **Zarządzanie ryzykiem.** Inteligentne rozwiązania mogą pomóc w identyfikowaniu i monitorowaniu ryzyka związanego z budową i eksploatacją obiektu budowlanego. Dzięki temu można szybko reagować na potencjalne zagrożenia, co minimalizuje ryzyko opóźnień i awarii.

Eksploatacja

- **Monitorowanie i zbieranie danych.** Inteligentne rozwiązania mogą zbierać różne dane z urządzeń zainstalowanych na budynku lub obiekcie budowlanym, takie jak dane dotyczące zużycia energii, temperatury, wilgotności, ciśnienia, jakości powietrza, ruchu i innych. Mogą być one używane w modelowaniu informacji budowlanych, co pozwala na lepsze zrozumienie zachowań i potrzeb budynku oraz na optymalizację jego funkcjonowania.
- **Integracja systemów.** Inteligentne rozwiązania mogą być zintegrowane z systemami BIM, co pozwala na automatyczne przekazywanie danych i informacji pomiędzy tymi systemami. Dzięki temu można uniknąć błędów i niedopowiedzeń wynikających z ręcznego przekazywania informacji.

Branżowe zbiory danych

Tworzenie branżowych zbiorów danych jest zagadnieniem horyzontalnym dla programu SMART. W przypadku budownictwa, dotyczy szczególnie aspektów, takich jak:

- Spójne repozytoria BIM dla obiektów realizowanych z funduszy publicznych
- Zdefiniowany, uspołniony i znormalizowany standard zapisu danych. Spójne dane eksploatacyjne pozyskiwane z systemów automatyki obiektów na potrzeby zarządzania efektywnością energetyczną, jakością środowiska i bezpieczeństwem, z wykorzystaniem szablonów danych produktów (z ang. *Product Data Template*).

Zapewnienie bezpieczeństwa pracowników

W ramach zwiększenia bezpieczeństwa pracowników w trakcie prowadzonej budowy i późniejszej eksploatacji, możliwe jest wykorzystanie tzw. cyfrowych bliźniaków. Są one stworzone, aby uniknąć na obiekcie kolizji międzybranżowych. Możliwe jest np. stworzenia symulatora BHP z wykorzystaniem gogli VR. Szkolenia na takim symulatorze mogą dużo lepiej trafić do uczestników, zastępując typowe wprowadzenie wykonywane przez Inspektorów BHP. W przypadku zatrudniania pracowników spoza Polski, szkolenie zmniejszałoby barierę językową. Tym samym zmniejszyłoby ryzyko wypadków na placach budowy. Cyfrowe rozwiązania mogą wpłynąć na bezpieczeństwo placu budowy na wiele sposobów.

Oto kilka przykładów:

- Oprogramowanie do zarządzania budową może pomóc w śledzeniu postępu prac i identyfikowaniu potencjalnych zagrożeń dla bezpieczeństwa.
- Cyfrowe narzędzia inspekcyjne pozwalają na szybsze i dokładniejsze przeprowadzanie inspekcji bezpieczeństwa na placu budowy.
- Symulacje wirtualne umożliwiają przetestowanie różnych scenariuszy i identyfikację potencjalnych zagrożeń jeszcze przed rozpoczęciem prac budowlanych.
- Inteligentne urządzenia IoT mogą pomóc w monitorowaniu warunków na placu budowy, takich jak temperatura, wilgotność i poziom hałasu.
- Systemy bezpieczeństwa zintegrowane z cyfrowymi narzędziami mogą automatycznie wykrywać niebezpieczne sytuacje i ostrzegać pracowników o zagrożeniach.

Zasadnym działaniem wspierającym wdrażanie powyższych rozwiązań jest tworzenie administracyjnych lub branżowych standardów i wymagań w zakresie poprawy bezpieczeństwa placu budowy (np. poprzez modyfikację wymagań wobec planów bezpieczeństwa i ochrony zdrowia).

Dlaczego to jest ważne?

Znaczenie sektora dla gospodarki

Według raportu GUS „Budownictwo w 2022”, udział budownictwa w polskim PKB w 2022 roku wynosił 7,4%. Tym samym Polska znalazła się na drugim miejscu wśród krajów Unii Europejskiej pod względem udziału budownictwa w PKB, wyprzedzając średnią unijną wynoszącą 5,86%.

Biorąc pod uwagę, że według wstępnych szacunków PKB Polski w 2022 roku wyniosło około 2,7 bln zł, to udział budownictwa na poziomie 7,4% daje wartość PKB budownictwa w 2022 roku w przybliżeniu 200 mld zł (ok 47 mld EUR). Duże kontrakty budowlane tworzą wiele miejsc pracy zarówno w firmach odpowiedzialnych za ich kompleksową realizację jak i u podwykonawców, w tym setki (w przypadku dużych projektów liczba podwykonawców przekracza 1000) małych i średnich firm. Jednocześnie branża ta podlega istotnym wahaniom koniunkturalnym, które wpływają na osiągnięte wyniki oraz na kondycję podwykonawców. Transformacja budownictwa powinna prowadzić do zmniejszenia ekspozycji sektora na wahania dostępu do kluczowych zasobów – w tym pracowników.

Jednocześnie może pozytywnie wpłynąć na udział sektora w PKB, zwiększyć jego produktywność oraz podnieść potencjał eksportowy.

Nowe obszary innowacji i rozwoju

Bardzo dynamicznie rozwija się w Europie i na świecie rynek rozwiązań cyfrowych dla sektora nieruchomości oraz sektora budowlanego (z ang. odpowiednio *PropTech* i *ConstructionTech*).



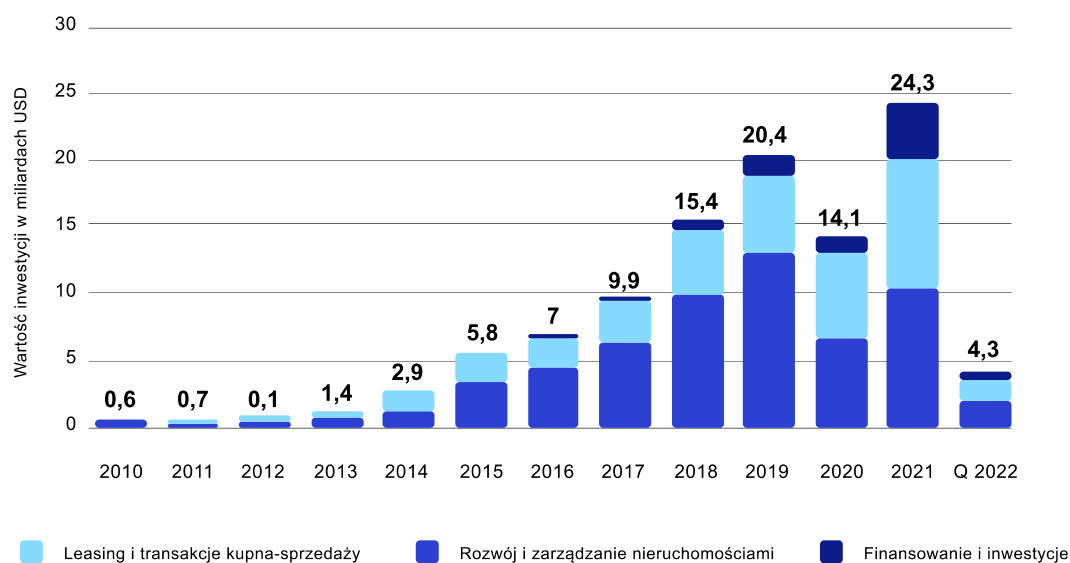
Rys. 10. Mapa PropTech / ConstructionTech wraz z przykładami firm (źr [Ascendix](#))

Tworzą go firmy w kilku kluczowych segmentach, takich jak:

- technologie produkcji i materiały;
- technologie dla placu budowy (zarządzanie, organizacja, monitorowanie prac, automatyzacja);
- technologie dla eksploatacji obiektów (z ang. *facility management*);
- usługi dodane realizowane dla najemców, użytkowników i pośredników związanych z różnymi kategoriami obiektów budowlanych (biura, magazyny, mieszkania, itp.).

Skala inwestycji w obszarze *PropTech* jest bardzo duża. Wiodące podmioty stworzyły szanse inwestycyjne liczone w setkach milionów, a nawet miliardach USD, a światowy rynek inwestycji w tę klasę aktywów jest w fazie szybkiego wzrostu.

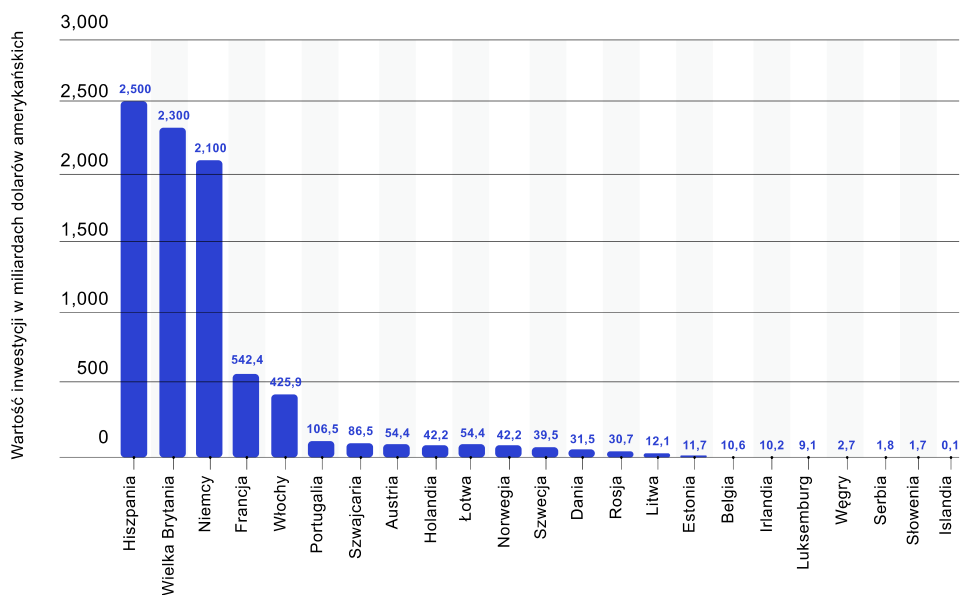
Jednocześnie Polska, mimo że liczy się na rynku budowlanym w Europie, jest praktycznie nieobecna na mapach inwestycji w obszarach PropTech i ConstructionTech.



Rys. 11. Skala inwestycji w obszarze *PropTech*

Źródło: [How Many Proptech Companies are There? - Ascendix Tech](#)

Wolumen inwestycji firm PropTech I kwartał 2022 (w milionach dolarów amerykańskich)



Rys. 12. Ranking globalnych inwestycji PropTech w 1 kwartale 2022 roku wg [Ascendix](#).
Polska poza pierwszą 20-ką

Wyzwania

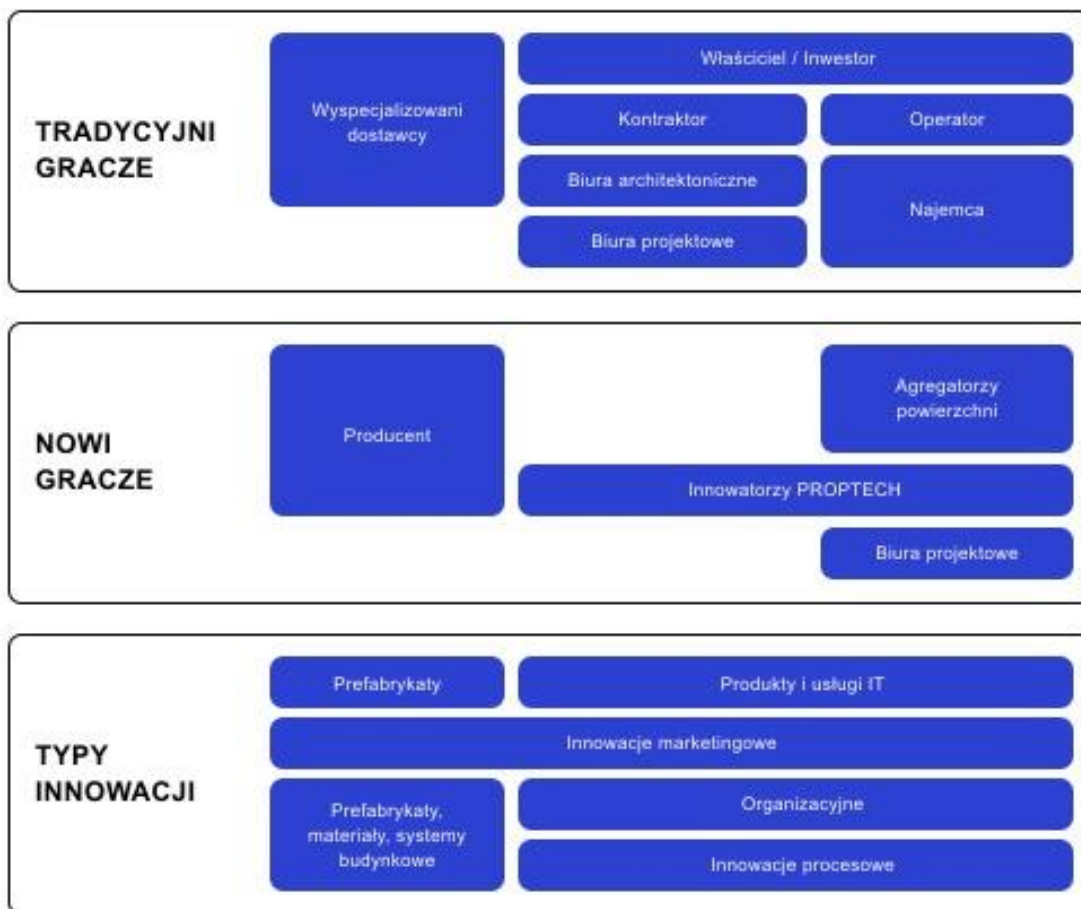
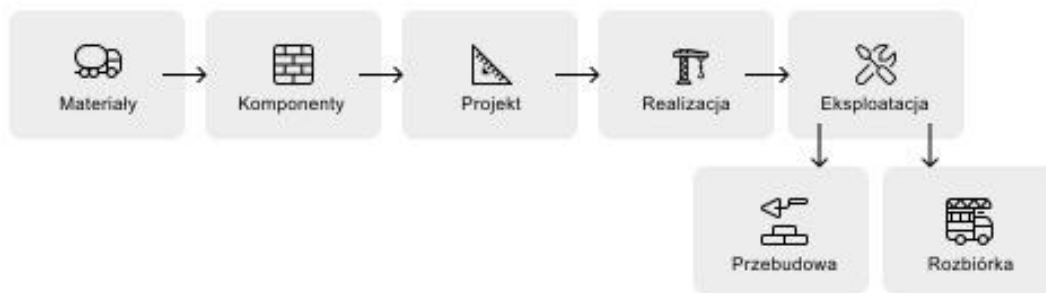
Łańcuch wartości branży budowlanej jest przestarzały i bazuje na zbieraniu podwykonawców przez firmy, które mają możliwości finansowania produkcji i dostęp do rynku. Jednocześnie sektor budowlany jest jednym z najmniej zaawansowanych z punktu widzenia cyfrowej transformacji. W niewielkim stopniu – jak dotąd – wykorzystuje szanse rozwojowe, które przynosi rozwój technologii.

Pojawia się jednak szereg impulsów, które mogą to w szybkim czasie to zmienić, w szczególności:

- Nowe źródła popytu związane z cyfryzacją produktów budowlanych – w tym rosnący popyt na inteligentne budynki – biura, obiekty użyteczności publicznej. Fortune Business Insights przewiduje dynamiczny wzrost rynku inteligentnych budynków w Europie z poziomu 5,3 mld USD w roku 2023 do 18,6 mld USD w 2030 (CAGR 19,7%)

[Więcej informacji](#)

- Upowszechnianie metod zarządzania całym cyklem życia produktu budowlanego od etapu projektowania przez budowę, eksploatację po modernizację, dzięki cyfryzacji dokumentacji budowlanej oraz wykorzystanie metod symulacyjnych i AI do projektowania obiektów (z ang. *Generative Design*).
- Cyfryzacja i automatyzacja produktów budowlanych stwarzają możliwość wyjścia poza dominujący w branży „kontraktowy” model biznesowy (z ang. *DESIGN→BUILD*) w kierunku modelu operatorskiego (z ang. *DESIGN→BUILD→OPERATE*). Zapewnia on stabilne, wysokie marże w całym cyklu życia obiektu.
- Szybko rozwijający się rynek startupów budowlanych (z ang. *ConstructionTech* i *PropTech*), które tworzą nowe modele biznesowe, takie jak na przykład [Connected by SKANSKA](#).
- Branża budowlana zaczyna wykorzystywać doświadczenia innych branż (przede wszystkim przemysłu) w zakresie robotyzacji dla automatyzacji produkcji budowlanej (autonomiczne maszyny budowlane, wykorzystanie czujników i systemów wizyjnych w połączeniu z analizą danych dla celów monitorowania postępu prac, przygotowania terenu czy zapewnienia bezpieczeństwa na placu budowy). To okazja do uzyskania przewagi konkurencyjnej przez graczy, którzy z sukcesem dokonają transformacji metod produkcji dla wykreowania nowych źródeł produktywności (np. fabryki komponentów budowlanych, standaryzacja i automatyzacja produkcji budowlanej, platformy cyfrowych usług, które wspierają zarządzanie złożonymi kontraktami i łańcuchami wartości).



Źródło: Building Performance Institute Europe (BPiE)

Rys. 13. Transformacja łańcucha wartości w budownictwie, źr. Buildings Performance Institute Europe (BPiE).

Postulowane działania i inicjatywy Programu

Wsparcie rozwojowe dla branży *PropTech* i *ConstructionTech*

Branża budowlana tworzy przestrzeń zarówno dla fundamentalnych innowacji, które wymagają nakładów na badania (np. nowe materiały), jak i tych przeniesionych na grunt budownictwa sprawdzonych wzorców z innych branż. Do tych ostatnich należą między innymi:

- automatyzacja placu budowy za pomocą urządzeń autonomicznych i rozwiązań IoT (autonomiczne maszyny budowlane, autonomiczne urządzenia pomiarowe na bazie dronów, automatyczne systemy pomiarowe na bazie czujników),
- systemy bezpieczeństwa i nadzoru BHP wykorzystujące rozpoznawanie obrazów i czujniki nasobne (z ang. *wearables*),
- zautomatyzowane linie produkcyjne dla komponentów i półproduktów budowlanych pozwalające wyprowadzić część produkcji budowlanej z placu budowy i niskomarżowego modelu produkcji
- platformy cyfrowe dostarczające usługi dodane dla użytkowników obiektów budowlanych pozwalające monetyzować inwestycje w fazie “*OPERATE*”.
- Postulujemy prowadzenie aktywnej polityki wspierania innowacji w obu obszarach. To zwiększy konkurencyjność polskich firm budowlanych i powiązanych z nimi produktów i usług cyfrowych. Ważne jest zarówno promowanie szans związanych z tym obszarem innowacji we współpracy z wiodącymi graczami branżowymi, jak i wypracowanie instrumentów wspierających ich inwestycje we współpracy z funduszami VC oraz pilotaże w projektach realizowanych z funduszy publicznych. Tylko w ten sposób uda się realnie wprowadzić cyfrowe innowacje w obszarach dużych inwestycji. Zwykle realizuje się je w obostrzeniach zamówień publicznych, które generalnie zniechęcają oferentów do podejmowania ryzyka innowacji.

Standaryzacja wykorzystania systemów zarządzania informacją o budynkach (BIM) i wymaganie ich zastosowania w inwestycjach realizowanych z funduszy publicznych

Aby stworzyć podstawy do rozwoju koncepcji inteligentnych miast, musimy ustanowić na poziomie krajowym jeden, wspólny standard opisywania i wymiany informacji o obiektach budowlanych i ich elementach. Dobrym rozwiązaniem są tu otwarte, międzynarodowe standardy modelowania informacji o obiektach budowlanych takie jak format IFC (z ang.

Industry Foundation Classes) oraz klasyfikacja budowlana CCI (z ang. *Construction Classification International*).

W ramach inicjatywy postulujemy:

1. Powołanie zespołu wdrożeniowo-koordynacyjnego BIM, złożonego z przedstawicieli Ministerstw Cyfryzacji, Rozwoju i Technologii, Infrastruktury, Środowiska, Grup Roboczych AI oraz BIM, a także przedstawicieli organizacji pozarządowych z branży budowlanej, między innymi: Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa, Stowarzyszenia Architektów Polskich, buildingSMART Polska, a także uczelni wyższych. Zespół będzie odpowiedzialny za przygotowanie i aktualizację [planu wdrożenia BIM](#) w Polsce.
2. Wprowadzenie (do końca 2025 roku) obowiązku stosowania wymagań informacyjnych oraz modeli BIM poziomu 2, które muszą być spełniane w zamówieniach publicznych na roboty budowlane i konkursy.
3. Publikacja rozporządzenia Ministra (w styczniu 2026 roku), które nakłada obowiązek stosowania modelowania informacji o obiekcie budowlanym (BIM poziomu 2) w zamówieniach publicznych na roboty budowlane i konkursy.
4. Wprowadzenie (do końca 2026 roku) standardów danych, które zapewniają integrację BIM i IoT i uwzględniają otwarte standardy IFC, klasyfikację CCI oraz szablony danych produktów (Product Data Templates).
5. Publikacja rozporządzenia Ministra w styczniu 2028 roku, które nakłada obowiązek stosowania BIM poziomu 3 w odniesieniu do zamówień publicznych na roboty budowlane i konkursy.
6. Utworzenie programu edukacyjnego i podnoszenia kwalifikacji cyfrowych oraz wsparcia inwestycyjnego wraz z przewodnikiem dobrych praktyk BIM i IoT wśród wszystkich uczestników łańcucha wartości, łącznie z pracownikami urzędów takimi jak GUNB oraz jednostek samorządowych.
7. Opracowanie długoterminowego planu finansowego na lata 2025-2030, który obejmie niezbędne środki finansowe na wdrożenie technologii BIM. W tym koszty związane z edukacją, szkoleniami, modernizacją infrastruktury technologicznej, a także wsparciem małych i średnich przedsiębiorstw w adaptacji do nowych wymagań.

W wielu krajach wymagane jest stosowanie BIM w inwestycjach budowlanych realizowanych z funduszy publicznych. Metoda modelowania informacji o obiektach budowlanych BIM odwołuje się do tzw. poziomów dojrzałości BIM. Opisują one stopień wdrożenia BIM

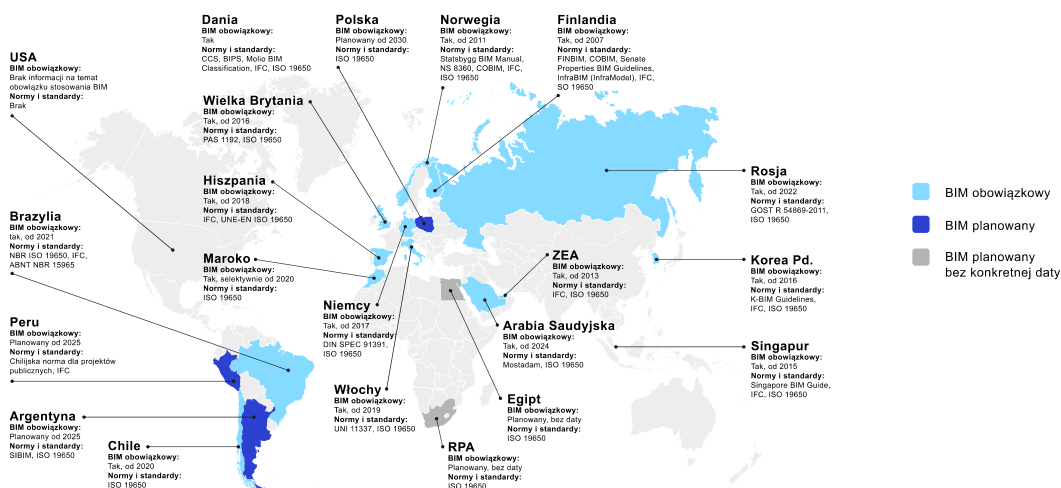
i zastosowanie tej technologii w cyklu życia budynku (koncepcja, projektowanie, realizacja, użytkowanie, rozbiórka):

- **Poziom 0.** Brak lub minimalne wykorzystanie technologii BIM. Tworzy się projekty w tradycyjny sposób, bez wykorzystania modeli 3D lub innych narzędzi BIM.
- **Poziom 1.** Korzystanie z modeli 3D, ale bez wymiany danych pomiędzy zleceniodawcą i zleceniobiorcami. Używa się modeli 3D, ale każdy uczestnik inwestycji tworzy swoje własne modele i nie wymienia danych.
- **Poziom 2.** Uczestnicy inwestycji wymieniają dane między branżami i fazami projektu za pomocą standardowych formatów plików.
- **Poziom 3.** Współpraca uczestników inwestycji w jednym modelu BIM. Uczestnicy inwestycji wykorzystują jeden model informacyjny, który jest wspólnie zarządzany i aktualizowany przez cały zespół realizacji.
- **Poziom 4.** Wykorzystanie modeli informacyjnych w czasie rzeczywistym. Uczestnicy korzystają z modeli informacyjnych, które są aktualizowane na bieżąco na podstawie zmian wprowadzanych przez zespół realizacji.

Wprowadzenie systemu poziomów dojrzałości BIM ma na celu ułatwienie zrozumienia stopnia zaawansowania projektów BIM i poprawę współpracy między interesariuszami. Umożliwia ono także określenie poziomu zaawansowania projektu projektantom, wykonawcom, użytkownikom, właścicielom oraz zarządcom budynków. Wspomaga ponadto podejmowanie decyzji dotyczących efektywności finansowej i wywiązywanie się z terminów prowadzonej inwestycji.

Mapa wdrożenia BIM w projektach budowlanych (przeważnie dotyczy projektów realizowanych z funduszy publicznych) przedstawiała się następująco (stan na rok 2024):

Mapa wdrożenia BIM w wybranych krajach na świecie w 2024



Rys. 14. Źródło: [Poziom wdrożenia BIM w wybranych krajach świata 2024, BIMally, wrzesień 2024](#)

W 2020 roku Ministerstwo Rozwoju i Technologii opublikowało dokument pod nazwą [„Mapa drogowa dla wdrożenia metodyki BIM w zamówieniach publicznych”](#). Zakładał on, że od 2030 roku BIM stanie się obowiązkowy dla wszystkich projektów publicznych, a już od 2025 roku będzie wymagany także w inwestycjach przekraczających €10 mln. Choć prace nad tłumaczeniem normy ISO 19650 są w toku, a organizacje pozarządowe oraz firmy komercyjne intensywnie promują BIM w polskim sektorze budowlanym, to wdrożenie tych założeń w praktyce wciąż napotyka na trudności takie jak sytuacja pandemiczna.

Tabela: Stan wdrożenia BIM w wybranych 7 krajach europejskich (na podstawie danych [PlanRadar](#))

Kraj	Najczęściej występujący poziom BIM	Od kiedy BIM wymagane	% firm wykorzystujących BIM
Wielka Brytania	2, rozwój w kierunku 3	2016 dla inwestycji ze śr. publicznych	73%
Niemcy	1, rzadziej 2 i 3	2017 dla projektów > 100 mln EUR	70%
Francja	2	1 stycznia 2022	35% - nieruchomości 50-60% - firmy budowlane
Austria	1, z lokalnymi przepisami dążącymi ku 3	2018-2020 w zakresie kontroli kosztów dla inwestycji publicznych	20%
Polska	1, rosnąca liczba 2	2030 dla inwestycji publicznych	43% - projektanci 9% - firmy budowlane
Chorwacja	0, czasem 1	Nie obowiązuje	25% - projektanci 4% - firmy budowlane
Rosja	1, rosnące wsk. 2 i 3	2022	12%

Aspekt standaryzacji oraz wykorzystania BIM w tym obszarze stanowi istotny punkt powiązania ze Smart City. Świadomość potencjału zastosowań rozwiązań BIM (lub ich komponentów) w tym obszarze jest coraz większa. Rozwiązania te coraz częściej są wykorzystywane w miastach (w Polsce najczęściej w ramach wdrażania rozwiązań GIS). Umożliwiają nie tylko podniesienie efektywności zarządzania inwestycjami miejskimi oraz infrastrukturalnymi, ale też w koordynacji inwestycji na terenie miast. Standard IFC jest powszechnie wykorzystywany na świecie w celu wymiany informacji między uczestnikami projektów budowlanych, niezależnie od oprogramowania. Otwarta specyfikacja formatu IFC daje nieograniczone możliwości dostarczania i wykorzystania danych obiektowych. Format IFC jest zarządzany i rozwijany od 30 lat przez światową, niezależną organizację *buildingSMART International*. To gwarantuje jego powszechność i stałą dostępność.

Klasyfikacja CCI jest oparta na międzynarodowych standardach i opracowana dla procesów cyfrowych. Obejmuje budynki, infrastrukturę i inne obiekty inżynierii lądowej i wodnej oraz cały cykl życia – od planowania, poprzez projektowanie, wykonanie, eksploatację, rozbiórkę, aż po usunięcie i ponowne wykorzystanie. Kodyfikacja CCI zapewnia jednoznaczną identyfikację obiektów budowlanych, przestrzeni funkcjonalnych oraz wszelkich elementów

obiektu (w tym zainstalowanych systemów i urządzeń). Unikalne, alfanumeryczne kody klasyfikacji są też łącznikiem między fizycznym obiektem a jego cyfrowym odpowiednikiem, zgodnie z ideą cyfrowych bliźniaków (z ang. *Digital Twins*).

Stosowanie międzynarodowych standardów zapewni interoperacyjność danych nie tylko na poziomie krajowym, ale także poza granicami Polski. Ponadto zapewni też skalowalność aplikacji i zwiększy atrakcyjność tego sektora rynku.

Wprowadzenie wymogu certyfikatów zielonego budownictwa dla inwestycji realizowanych z funduszy publicznych, dostosowanych do skali i specyfiki inwestycji

Certyfikaty zielonego budownictwa to standardy oceny i certyfikacji, które określają poziom zrównoważonego rozwoju budynków i innych obiektów. Opierają się one na różnych kryteriach zrównoważonego rozwoju, takich jak efektywność energetyczna, zużycie wody, wysoka jakość środowiska wewnętrznego, między innymi komfort akustyczny, ciepły, dostęp do światła dziennego, doskonała wentylacja i odpowiednia jakość powietrza, innowacyjne materiały budowlane, bioróżnorodność a także aspekty społeczne i ekonomiczne, takie jak zatrudnienie lokalne i zaangażowanie społeczności (interesariuszy).

Najbardziej popularnymi certyfikatami zielonego budownictwa są:

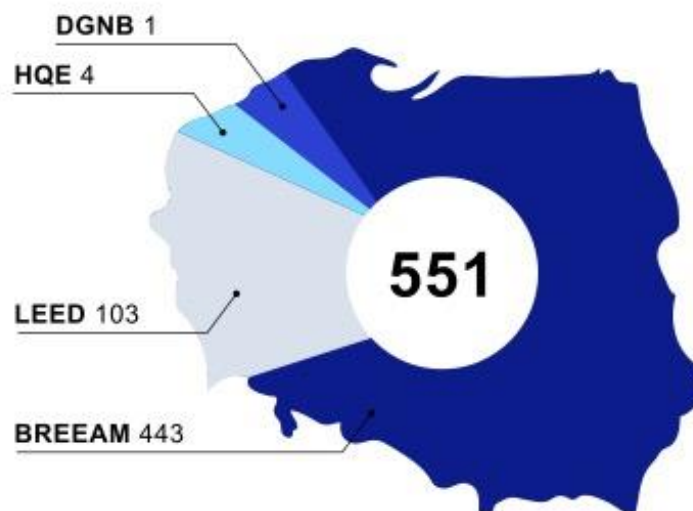
- **[LEED](#) (z ang. *Leadership in Energy and Environmental Design*)**. Stworzony przez US Green Building Council. Jest to najczęściej stosowany certyfikat zielonego budownictwa na świecie. LEED ocenia projekty budowlane w pięciu kategoriach: efektywność energetyczna, jakość powietrza wewnętrznego, zużycie wody, materiały i zasoby oraz innowacje i projektowanie.
- **[BREEAM](#) (z ang. *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*)**. Stworzony w Wielkiej Brytanii przez BRE Global. Ocenia projekty budowlane w dziesięciu kategoriach, między innymi w zakresie efektywności energetycznej, jakości powietrza wewnętrznego, wykorzystania wody, zarządzania odpadami oraz wpływu na społeczność lokalną.
- **[LEVEL\(s\)](#)**. Europejski system ramowy do oceny i monitorowania zrównoważonego rozwoju w budownictwie, wdrażany przez Unię Europejską. Jest częścią szerszej strategii UE na rzecz zrównoważonego budownictwa i działań na rzecz klimatu. Jego celem jest promowanie praktyk, które minimalizują wpływ budynków na środowisko.

- **DGNB** (z niem. *Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*). Certyfikat zielonego budownictwa opracowany w Niemczech. Ocenia projekty budowlane w pięciu kategoriach: ekonomicznej, ekologicznej, społecznej, technicznej i procesowej.
- **Certyfikat Zielony Dom** Polskiego Stowarzyszenia Budownictwa Ekologicznego (PLGBC). Pierwszy polski wielokryterialny certyfikat, który ocenia inwestycje mieszkaniowe pod kątem zasad budownictwa zrównoważonego. W ramach sześciu obszarów: zarządzanie inwestycją, miejsce i lokalizacja, materiały i zasoby, zdrowie i komfort użytkownika, gospodarowanie wodą, optymalizacja zużycia energii oceniane są odpowiednie kryteria dla budynków wielorodzinnych i jednorodzinnych, które różnią się swoim zakresem.

Postulujemy:

1. Wdrożenie założeń Europejskiego certyfikatu Level(s) zgodnie z określonymi standardami. To podniesie jakość procesów oraz zapewni zgodność i interoperacyjność w Polsce.
2. Wprowadzenie wymogu certyfikacji dla inwestycji realizowanych ze środków publicznych.
3. Promocję i popularyzacją dobrych praktyk, które zapewniają, że spełnienie wymogów certyfikacji przynosi korzyści dla inwestorów.
4. Monitorowanie egzekwowania przepisów nakładających na właścicieli budynków obowiązek przeprowadzenia audytu energetycznego oraz wdrożenia systemów zarządzania energią, które umożliwią racjonalizację zużycia energii oraz wykrywanie potencjalnych oszczędności energetycznych.

Certyfikaty zielonego budownictwa umożliwiają właścicielom i inwestorom budynków zidentyfikowanie najlepszych praktyk zrównoważonego rozwoju, co zmniejsza negatywny wpływ budynków na środowisko i klimat oraz przynosi korzyści ekonomiczne i społeczne.



Rys. 15. Zielone certyfikaty w Polsce.

Źródło: raport PLGBC ["Certyfikacja zielonych budynków w liczbach"](#)

Wprowadzenie wymogu udostępniania udokumentowanego interfejsu (API) do systemów automatyki budynkowej oraz systemów sterowania infrastrukturą (np. ItS) dla inwestycji realizowanych z funduszy publicznych.

Postulujemy wprowadzenie standardu bezpiecznego transparentnego dostępu programowego (API) do systemów automatyki budowlanej dla podmiotów tworzących usługi dodane, na wzór dostępu do podstawowych usług bankowych w ramach [Polish API](#).

W różnych krajach istnieją różne regulacje dotyczące standaryzacji automatyki budynkowej. Na przykład:

- W Europie unijna dyrektywa 2010/31/UE w sprawie efektywności energetycznej budynków wymaga stosowania systemów automatyzacji i sterowania budynków, które zapewniają oszczędność energii. W jej ramach opracowano również standard EN ISO 16484-5 dotyczący sterowania i regulacji HVAC (z ang. *Heating, Ventilation and Air Conditioning*). Definiuje ona standardy dla systemów HVAC w budynkach, w tym specyfikacje dla sterowników i czujników, a także wymagania dla oprogramowania i interfejsów użytkownika. Norma ta obejmuje również wymagania dotyczące integracji systemów HVAC z innymi systemami budynkowymi, takimi jak systemy oświetlenia, bezpieczeństwa i kontroli dostępu.

- Standard EN ISO 16484-5 określa również wymagania dotyczące zarządzania energią, w tym między innymi sposoby monitorowania zużycia energii i ustawiania temperatury w celu zoptymalizowania wykorzystania energii. Zawiera również wymagania dotyczące testowania, diagnostyki i utrzymania systemów HVAC w budynkach.
- W USA organizacja American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) opracowała standardy takie jak: BACnet (z ang. *Building Automation and Control Networks*) i LonWorks, dotyczące sieci automatyzacji i sterowania budynków.
- W Chinach państwo promuje rozwój systemów automatyzacji i sterowania budynków w celu poprawy efektywności energetycznej i zrównoważonego rozwoju. W 2018 roku wprowadzono tam standard GB/T 51215-2018 dotyczący projektowania systemów sterowania i automatyzacji budynków.

Wiele krajów i organizacji opracowuje również własne standardy i wytyczne dotyczące automatyki budynkowej, które mogą obejmować kwestie takie jak standardy protokołów komunikacyjnych, modele danych, interfejsy API i systemy zarządzania energią. Przykładem polskiej normy jest PN-EN 15232. Definiuje ona klasy efektywności energetycznej dla systemów automatyki i sterowania budynkowego oraz ich wpływ na całkowite zużycie energii w budynku.

Wraz z dynamicznie rosnącą liczbą inteligentnych budynków i innych obiektów oraz zainteresowaniem zrównoważonym rozwojem i efektywnością energetyczną, można spodziewać się dalszego rozwoju regulacji dotyczących standaryzacji automatyki budynkowej. Jednym z ważnych obszarów standaryzacji jest to, aby umożliwić tworzenia kompleksowych systemów zautomatyzowanego sterowania budynkami i obiektami przemysłowymi na poziomie świadczonych przez nie usług cyfrowych – bezpieczeństwa, kontroli dostępu, komfortu cieplnego, efektywności, elektromobilności, itd. O ile różnorodność tych usług realnie uniemożliwia ich standaryzację, możliwe jest jednak wprowadzenie wymogu publikacji bezpiecznych mechanizmów programowego dostępu i sterowania (API).

Pozwoli to wykreować przestrzeń dla działania startupów *PropTech* i zainteresowanych tworzeniem autonomicznych, efektywnych ekonomicznie i dostosowanych do potrzeb użytkowników obiektów.

Rozwój inteligentnych usług w aglomeracjach miejskich i obszarach zurbanizowanych (z ang. *Smart City*)

Charakterystyka obszaru

Wzrost inteligentnych obiektów i elementów infrastruktury w miastach rodzi potrzebę strategicznego planowania ich rozwoju i staje się potencjalnie jednym z obszarów urbanistyki. Trudno jeszcze dziś mówić o tym, że zespolenie się urbanistyki tradycyjnej i cyfrowej stało się powszechną i dojrzałą praktyką. Nie ulega natomiast wątpliwości, że dla wielu nowoczesnych aglomeracji idea inteligentnych miast (z ang. *Smart Cities*) i urbanistyka są ze sobą ściśle powiązane.

Urbanistyka miejska odnosi się do procesu projektowania, organizowania i kształtowania aspektów fizycznych oraz społecznych miast i innych obszarów zurbanizowanych. Są to obszary o miejskim charakterze zabudowy i infrastruktury, gdzie przekształcenia zabudowy i zagospodarowania związane są z pozarolniczą działalnością gospodarczą lub wynikają z przyjęcia miejskiego stylu życia i pracy). Obejmuje podejmowanie decyzji dotyczących zagospodarowania przestrzennego, transportu, infrastruktury, mieszkalnictwa, przestrzeni publicznej oraz uwzględnianie aspektów środowiskowych. Natomiast inteligentne miasta wykorzystują zaawansowane technologie cyfrowe i komunikacyjne do gromadzenia danych, monitorowania systemów oraz zarządzania różnymi aspektami życia miejskiego. Są nimi między innymi: transport, ochrona i zarządzanie zasobami naturalnymi, energia, gospodarka odpadami, bezpieczeństwo publiczne i zarządzanie i inne, które mają bezpośredni wpływ na jakość życia mieszkańców. Technologie cyfrowe pomagają też w interakcji i mobilizacji mieszkańców do współpracy z samorządami. Instytucje odpowiedzialne za wspieranie innowacji zauważają wagę tego obszaru. Przykładem mogą być inicjatywy takie jak [Klimaton dla miast](#) (konkursu rozwiązań cyfrowych dotyczących różnych wyzwań definiowanych przez władarzy miast.

Związek między planowaniem rozwoju inteligentnych miast a urbanistyką można opisać następująco:

1. **Urbanistyka cyfrowa.** Z punktu widzenia urbanistyki miasto to „system systemów”, takich jak: system transportowy, system bezpieczeństwa publicznego, system edukacji i rozrywki, system wspierający rekreację i dobrostan mieszkańców czy organizacja przestrzeni dla prowadzenia działalności gospodarczej. Realizacja celów, które są

związane ze strategią rozwoju aglomeracji ma charakter nieprzewidywalny. Rodzi się na skutek interakcji mieszkańców, funkcjonujących w różnych, codziennych rolach, z tkanką miejską kształtowaną przez urbanistykę i podporządkowane jej decyzje inwestycyjne. Interakcje te coraz częściej realizowane są za pośrednictwem cyfrowych usług generujących dane. Obejmują nie tylko interakcję ludzi z maszynami, ale również usług należących do różnych, niezależnych platform cyfrowych różnych operatorów (np. rowery, hulajnogi, car-sharing) w celu stworzenia zintegrowanego systemu intermodalnej mobilności miejskiej. Rozwój tych platform – szczególnie takich, których „nośnikiem” są inteligentne obiekty – biurowce, budynki publiczne, drogi, środki transportu – wymaga z jednej strony „urbanistyki cyfrowej”. Z drugiej zaś wspiera tradycyjną urbanistykę i dostarcza jej dane do podejmowania decyzji. Ważną technologią związaną z generowaniem i współdzieleniem danych w tym obszarze są systemy informacji przestrzennej (GIS) integrowane z innymi systemami miejskimi. Stanowią one jeden z najważniejszych elementów architektury informacyjnej miast. Umożliwiają wsparcie procesów zarządczych na poziomie strategicznym i operacyjnym, a także udostępnianie danych wewnątrz urzędu oraz dla społeczeństwa.

2. **Zrównoważony i wydajny rozwój obszarów miejskich.** Planowanie urbanistyczne od dawna koncentruje się na zrównoważonym rozwoju. Inteligentne miasta realizują ten cel, wykorzystując technologię do optymalizacji wykorzystania zasobów i zmniejszenia wpływu na środowisko. Inteligentne systemy mogą pomóc w zarządzaniu zużyciem energii, wody, ciepła oraz zmniejszeniu korków ulicznych, usprawnieniu gospodarki odpadami i promowaniu zrównoważonych praktyk. Urbaniści uwzględniają to w swoich projektach i politykach, aby tworzyć bardziej zrównoważone miasta.
3. **Udział i zaangażowanie obywateli.** Inteligentne miasta aktywne angażują obywateli w proces planowania urbanistycznego i podejmowanie decyzji. Urbaniści ściśle współpracują ze społecznościami, aby zrozumieć ich potrzeby i preferencje, a technologia może ułatwić ten proces. Inicjatywy inteligentnego miasta często obejmują platformy cyfrowe, aplikacje mobilne i narzędzia online, które pozwalają obywatelom przekazywać opinie, zgłaszać problemy i uczestniczyć w kształtowaniu środowiska miejskiego. Zaangażowanie obywateli wymaga zapewnienia im dostępu do aktualnych danych i informacji, do czego wykorzystywane są systemy open data czy geoportale.
4. **Decyzje oparte na danych.** Usługi Smart City często gromadzą i wykorzystują dane, które pozwalają na podejmowanie lepszych decyzji w procesach planowania urbanistycznego. Wykorzystują dane cyfrowe z rozproszonych systemów dziedzicznych, dane przestrzenne, czujniki, urządzenia Internetu Rzeczy (IoT) i inne źródła danych

do monitorowania i zrozumienia systemów i wzorców procesów w przestrzeni miejskiej. Te dane pomagają miastom i ich cyfrowym urbanistom odnaleźć obszary do poprawy, zoptymalizować alokację zasobów i skuteczniej rozwiązywać problemy miejskie. Dane miejskie, ich analiza oraz możliwa dzięki temu optymalizacja procesów pozwala reformować oraz uruchamiać usługi miejskie, które są dopasowane do potrzeb mieszkańców.

5. **Zintegrowana i połączona infrastruktura.** Inteligentne miasta stawiają nacisk na integrację i łączność różnych systemów miejskich, takich jak: planowanie przestrzenne, infrastruktura, transport, energia, ciepło, woda i gospodarka odpadami. Urbanistyka odgrywa kluczową rolę w projektowaniu i wdrażaniu niezbędnej infrastruktury wspierającej inteligentne technologie i zapewniającej płynną łączność. Planowana jest między innymi instalacja inteligentnych sieci energetycznych, inteligentnych systemów transportowych lub platform cyfrowych do zaangażowania mieszkańców.
6. **Postępujące zmiany demograficzne.** Stawiają wyzwanie przed samorządami w zakresie zapewnienia odpowiedniej ilości mieszkań. Rozwój budownictwa mieszkaniowego, dostępność kredytów hipotecznych i programy socjalne mające na celu wspieranie budownictwa mieszkaniowego są kluczowe dla stworzenia odpowiednich warunków mieszkaniowych.
7. **Elastyczność i zdolność adaptacji.** Technologie inteligentnych miast oferują możliwości bardziej elastycznego planowania urbanistycznego i dostosowywania się do zmieniających się okoliczności. Możliwe jest gromadzenie i analizowanie danych w czasie rzeczywistym, co pozwala planistom monitorować systemy miejskie i wprowadzać poprawki w razie potrzeby. Na przykład dane dotyczące natężenia ruchu mogą pomóc w podejmowaniu decyzji dotyczących optymalizacji tras transportowych, a monitorowanie jakości powietrza może mobilizować w działaniach ograniczenia zanieczyszczenia. Ta zdolność reagowania zwiększa skuteczność działań związanych z planowaniem urbanistycznym.

Inteligentne miasta i urbanistyka są ze sobą powiązane. Inteligentne technologie zapewniają miastom nowe narzędzia i możliwości projektowania, rozwijania i zarządzania miastami w sposób bardziej wydajny, zrównoważony i skoncentrowany na mieszkańcach.

Przykładowe rozwiązania dla cyfrowej urbanistyki



Oto przykłady systemowych inteligentnych rozwiązań na potrzeby cyfrowej urbanistyki w inteligentnych miastach, realizujących cele społeczne, ekonomiczne i środowiskowe:

- **Zintegrowane systemy transportowe oparte na danych.** Wykorzystanie AI, IoT i technologii cyfrowych do stworzenia intermodalnych systemów transportu miejskiego. Dzięki danym z sensorów IoT i analizie w czasie rzeczywistym, możliwa jest dynamiczna optymalizacja tras transportu publicznego, rowerów miejskich, hulajnóg i samochodów współdzielonych. Celem jest redukcja korków, ograniczenie emisji CO₂ oraz poprawa jakości życia mieszkańców poprzez zmniejszenie czasu podróży.
- **Zarządzanie energią i sieciami inteligentnymi (smart grids).** Inteligentne sieci energetyczne zbierają dane na temat zużycia energii w czasie rzeczywistym i dostosowują jej dystrybucję. Optymalizują tym samym wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. AI przewiduje popyt, a IoT monitoruje infrastrukturę, co zmniejsza straty energii i obciążenia sieci, a jednocześnie wspiera zrównoważony rozwój środowiskowy miasta.
- **Zrównoważone zarządzanie zasobami wodnymi.** Systemy IoT monitorują jakość wody, jej zużycie oraz infrastrukturę wodociągową, a sztuczna inteligencja analizuje te dane, aby zmniejszać straty wody, optymalizować zużycie oraz reagować na awarie. Dzięki temu miasta mogą skuteczniej zarządzać zasobami wodnymi. Ma to kluczowe znaczenie w obliczu zmieniającego się klimatu i wzrostu populacji miejskiej.
- **Cyfrowe zarządzanie gospodarką odpadami.** Inteligentne systemy zarządzania odpadami monitorują poziomy wypełnienia kontenerów na śmieci w czasie rzeczywistym. Optymalizują harmonogramy wywozu odpadów i redukują zużycie paliwa przez pojazdy. AI analizuje wzorce produkcji odpadów, aby promować recykling i zmniejszać ilość odpadów, co wspiera cele zrównoważonego rozwoju i ograniczania emisji gazów cieplarnianych.
- **Cyfrowa partycypacja obywatelska i zarządzanie danymi miejskimi.** Dzięki platformom cyfrowym, mieszkańcy mogą aktywnie uczestniczyć w procesach planowania

przestrzennego i podejmowania decyzji. Aplikacje mobilne i geoportale umożliwiają zgłaszanie problemów, przesyłanie opinii i udział w konsultacjach społecznych. Dane z tych systemów są analizowane przez AI i wprowadzane do cyfrowych modeli urbanistycznych, co pozwala dostosowywać polityki miejskie do realnych potrzeb społecznych.

- **Cyfrowe bliźniaki miast** (z ang. *urban digital twins*). Zaawansowane modele cyfrowe miast tworzone na podstawie danych zbieranych przez systemy IoT pozwalają na symulowanie i testowanie różnych scenariuszy rozwojowych, np. planowanie nowych tras komunikacyjnych, rozwój osiedli mieszkaniowych czy zmiany w infrastrukturze. Dzięki temu miasta mogą podejmować bardziej świadome decyzje i zmniejszać ryzyko błędów w planowaniu i inwestycjach.
- **Systemy zarządzania jakością powietrza**. Inteligentne systemy monitorowania jakości powietrza wykorzystują czujniki IoT i analizę danych w czasie rzeczywistym. To pozwala szybko reagować na wzrosty zanieczyszczeń. AI analizuje dane z różnych źródeł, aby przewidywać okresy zwiększonego zanieczyszczenia i optymalizować działania związane z redukcją emisji. To rozwiązanie wspiera cele środowiskowe i zdrowotne miast.
- **Optymalizacja przestrzeni publicznej i terenów zielonych**. Technologie cyfrowe, w tym systemy GIS zintegrowane z IoT, pozwalają na optymalne zarządzanie przestrzeniami miejskimi i terenami zielonymi. AI analizuje dane dotyczące ruchu pieszych, warunków pogodowych oraz preferencji mieszkańców, aby stworzyć bardziej funkcjonalne i przyjazne przestrzenie publiczne, które sprzyjają rekreacji i zdrowiu mieszkańców.
- **Zarządzanie budynkami publicznymi z wykorzystaniem BIM i IoT**. Inteligentne zarządzanie infrastrukturą budynków publicznych jak szkoły, urzędy czy szpitale opiera się na zintegrowanych systemach IoT oraz *Building Information Modeling* (BIM). AI analizuje dane dotyczące zużycia energii, potrzeb konserwacyjnych i obciążenia budynków, aby optymalizować koszty operacyjne, zwiększać efektywność energetyczną i poprawiać komfort użytkowników.
- **Zarządzanie kryzysowe w miastach**. Inteligentne miasta mogą szybciej reagować na zagrożenia, takie jak klęski żywiołowe czy awarie infrastruktury. Systemy zarządzania kryzysowego oparte na AI integrują dane z różnych źródeł, w tym czujników IoT, systemów monitorowania ruchu i prognoz pogodowych i koordynują działania ratunkowe oraz minimalizują skutki katastrof.

Priorytety dla programu SMART

Powiązanie planów rozwoju inteligentnych miast z celami strategicznymi i mierzalnymi rezultatami ekonomicznymi

Należy podkreślić, że interwencje urbanistyczne – zarówno w świecie rzeczywistym jak i te związane z cyfryzacją – nie są łatwe do przełożenia na wskaźniki. Związane jest to z jednej strony z tym, że trudno jest uchwycić pewne aspekty związane z celami interwencji, takie jak: jakość życia, dostępność do dóbr kultury, poziom bezpieczeństwa. Z drugiej strony wiąże się to z długookresowym charakterem i złożonością tych interwencji. Charakteryzują się one zmiennością otoczenia. Zależności pomiędzy elementami projektów sprawiają, że wszelkie ambitne cele (realnie atrakcyjne dla społeczności) stają się bardzo ryzykowne dla osób za nie odpowiedzialnych. Nie umniejsza to znaczeniu takich inicjatyw.

Jest jednak szereg zagadnień, dla których określenie mierzalnych wskaźników w strategii i wynikających z nich projektów *Smart City* jest możliwe. Ważne jest, aby czerpać z doświadczeń zrealizowanych projektów Smart City i stymulować wymianę doświadczeń. To dotyczy nie tylko metod i narzędzi, ale przede wszystkim doświadczeń dotyczących długookresowych rezultatów tych przedsięwzięć.

Zwiększenie efektywności energetyczno-ciepłej

Uwzględnienie oszczędności. Inteligentne systemy automatyki budynkowej zapewniają możliwość sterowania zużyciem energii i ciepła w wymaganiach przetargowych związanych z inwestycjami publicznymi.

Analiza pod kątem możliwości wykorzystania budynków publicznych jako lokalizacji instalacji prosumenckich oraz buforów energii i potencjalnych źródeł megawatów.

Obniżenie kosztów eksploatacji infrastruktury energetycznej i mediów

Opracowanie wzorcowej mapy drogowej wdrożenia inteligentnej sieci we współpracy z samorządami miejskimi i przedstawicielami dostawców nowoczesnych rozwiązań *Smart Grid*. Mapa powinna obejmować pomiar oraz możliwość elastycznego sterowania zużyciem energii i mediów oraz uwzględnienie mapy drogowej w planowaniu remontów i modernizacji miejskich sieci energetycznych, gazowych, ciepłych i wodociągowych

Zwiększenie dostępności i efektywności systemów komunikacji zbiorowej

Opracowanie wzorcowej mapy drogowej rozwoju wielomodalnej komunikacji zbiorowej we współpracy z samorządami miejskimi i przedstawicielami dostawców nowoczesnych systemów transportu publicznego. Powinna ona uwzględniać rozwój inteligencji systemów sterowania ruchem, standardy zapewniające interoperacyjność, postulat otwartego dostępu do danych generowanych przez wszelkie środki transportu dopuszczone do transportu na terenie miasta (z ang. *smart mobility*). Wdrożenie mapy drogowej w planach rozwoju miejskich sieci transportowych powinno być oparte o analizy, symulacje i optymalizację wzorców przepływu osób i pojazdów.

Zwiększenie bezpieczeństwa oraz cyberbezpieczeństwa

Uwzględnienie w planach rozwoju miast nowoczesnych rozwiązań w zakresie monitoringu bezpieczeństwa: inteligentne kamery 3D z elementami AI, automatyzacja rozpoznawania zagrożeń w ruchu miejskim, integracja z systemami dyspozytorskimi i monitoringowymi służb odpowiedzialnych za zapewnienie bezpieczeństwa przy jednoczesnym zachowaniu wysokich standardów ochrony danych osobowych.

Stworzenie zasad, które uwzględniają modele korzystania oraz wdrażania projektów i gwarantują cyberbezpieczeństwo samorządów oraz infrastruktury gminno-miejskiej. Działanie to staje się szczególnie ważne w odniesieniu do infrastruktury krytycznej jak sieci wodociągów, sieci energetyczno-ciepłne, komunikacja miejska oraz systemy z danymi osobowymi mieszkańców.

Wzrost praktycznego wykorzystania danych miejskich w procesach decyzyjnych i świadczeniu usług miejskich

Miasta dysponują ogromnymi zasobami danych. Coraz więcej zbiorów jest dla nich łatwo dostępnych. Jednocześnie występują problemy i wyzwania związane z integracją zbiorów danych, ich analizą i wykorzystywaniem w procesach strategicznych i operacyjnych. Istnieje potrzeba wypracowania nowoczesnych standardów dla zbiorów danych wytwarzanych na poziomie miejskim (np. w ramach realizacji ustawowych zadań samorządu) oraz wdrożenia kompleksowego programu podnoszenia kompetencji w zakresie analityki i wykorzystywania danych we wsparciu realizacji zadań.

Wyrównanie szans we wdrażaniu Projektów *Smart City* w małych samorządach

W Polsce na ponad 2500 samorządów większość stanowią gminy wiejskie oraz gminy wiejsko-miejskie. Ich największy problem to brak doświadczonych technologicznie kadry

eksperckiej, która może świadomie wdrażać nowoczesne technologie. Problem ten wynika zarówno z niskich płac jak i z braku zasobów ludzkich, czyli odpowiednich ekspertów. Potrzebne są działania edukacyjne połączone z dedykowanymi programami, które nakłaniają samorządy do współdzielenia tożsamyh technologii np. do zarządzania infrastruktury gminną bądź też gminno-miejską. Warto też opracować dobre praktyki we współpracy z samorządami i przedstawicielami dostawców. To realnie ułatwiłoby wdrożenia nowoczesnych oraz wydajnych rozwiązań podwyższających komfort mieszkańców i realizujących cele zrównoważonego rozwoju.

Zapewnienie wsparcia dla samorządowych inicjatyw smart city

Upowszechnianie dobrych praktyk w zakresie tworzenia strategii inteligentnych miast, które dążą do akceptowanych społecznie celów i wspierają ich rozwój, to fundament. Następnie ważne jest wprowadzenie tych strategii w różnych modelach współpracy z dostawcami, w tym poprzez tworzenie spółek celowych z dostawcami, które zapewniają finansowanie, realizację i wsparcie eksploatacyjne (operator usług *Smart City*).

Wsparcie samorządów w racjonalnym ekonomicznie wykorzystaniu szans związanych z koncepcją *Smart City*, dzięki współdzieleniu platform, usług i rozwiązań.

Zazielenianie inwestycji kubaturowych

Wsparcie dla inicjatyw IoT, które sprzyjają rozwojowi „zielonych przestrzeni” w budownictwie kubaturowym (paseki, mikroprodukcenci żywności, itp.) w połączeniu z pozyskiwaniem z nich danych. Te dane są później wykorzystywane do monitoringu środowiska.

Dlaczego to jest ważne?

Znaczenie sektora dla gospodarki

Sektor rozwiązań Smart City stanowi obszar szybkiego wzrostu. Prognozy analityków rynku szacują europejski rynek inteligentnych miast osiągnął w 2023 r. wartość 212,5 mld USD i będzie rósł w tempie 22,7% rocznie, osiągając 889,76 mld USD w 2030 (na bazie raportu „[Europe Smart Cities Market Size & Trends](#)” Grand View Research).

Przyczyną jest rosnąca potrzeba zarządzania zasobami, która wynika z przeludnienia i pojawiających się postępów technologicznych w zakresie 5G, sztucznej inteligencji, dużych zbiorów danych, IoT, chmury, przetwarzania brzegowego czy tworzenia sieci komunikacyjnych [przez samych mieszkańców](#).

Jednocześnie upowszechnianie usług inteligentnych miast wspiera rozwój gospodarczy. Prowadzi do zwiększania efektywności energetycznej, bezpieczeństwa, sprawności i efektywności systemów transportu. Elementy te tworzą środowisko sprzyjające rozwojowi przedsiębiorstw oraz mają bezpośredni wpływ na jakość życia mieszkańców.

Wyzwania

Złożoność

- **Różnorodność technologii.** Projekty Smart City często wykorzystują różnorodne technologie, takie jak Internet Rzeczy (IoT), sztuczna inteligencja (AI), analiza danych, energetyka, transport i inne. Wyzwaniem jest zrozumienie, w jaki sposób technologie te działają i współpracują.
 - **Standardy i interoperacyjność.** Aby różne systemy i urządzenia w Smart City mogły ze sobą współpracować i komunikować się poprawnie, trzeba zdefiniować i przestrzegać odpowiednich standardów. Ich brak może prowadzić do izolacji technologicznej. Wypracowanie takich standardów może zdecydowanie przyspieszyć współpracę nie tylko na linii samorząd-partner prywatny, ale również na linii współpracy pomiędzy przedsiębiorcami (szybko implementowane idee „startupowe” w istniejące rozwiązania integratorów rozwiązań Smart City).
 - **Zrównoważone modele biznesowe.** Rozwinięcie zrównoważonych modeli biznesowych dla projektów Smart City może być trudne. Z jednej strony potrzebne jest określenie, kto będzie płacić za infrastrukturę i usługi, a także jak te inwestycje finansować w długim okresie to element strategii. Z drugiej strony niezbędna jest tutaj elastyczność, która pozwoli te modele zmieniać. Przykładem może być transport miejski, w którym zawsze będzie presja na upraszczanie i integrowanie płatności za mobilność
- Rozwój kompetencji.** W zakresie wykorzystywania i wdrażania rozwiązań smart niezbędny jest stały rozwój kompetencji władz miast i pracowników samorządów. Konieczne jest również prowadzenie działań edukacyjnych w tym zakresie dla różnych grup mieszkańców.

Finansowanie inwestycji:

- **Wysoki koszt początkowy.** Projekty *Smart City*, zwłaszcza te w dużych miastach, wymagają dużych inwestycji początkowych. Pozyskanie tych środków może być trudne, zwłaszcza w miastach o ograniczonych zasobach finansowych.
- **Współpraca z partnerami prywatnymi.** Zaangażowanie partnerów prywatnych jest często konieczne do finansowania projektów *Smart City*. Znalezienie odpowiednich partnerów i negocjacje z nimi mogą być czasochłonne i skomplikowane.
- **Ryzyko inwestycyjne.** Inwestorzy prywatni i publiczni muszą ocenić ryzyko związane z projektami *Smart City*, zwłaszcza w przypadku innowacyjnych technologii. Wartości prognozowane na papierze mogą się różnić od tych rzeczywistych.

Finansowanie eksploatacji i rozwoju:

- **Ciągłe koszty utrzymania.** Po wdrożeniu projektu *Smart City* konieczne jest utrzymanie i aktualizacja infrastruktury oraz usług. To wiąże się z regularnymi kosztami, które muszą być pokrywane przez miasto lub innych operatorów.
- **Model biznesowy i opłaty za usługi.** Określenie, jakie opłaty będą pobierane od mieszkańców i firm za korzystanie z usług *Smart City*, jest często kontrowersyjne. Konieczne jest znalezienie balansu między zapewnieniem dostępu do nowoczesnych rozwiązań a zachowaniem równowagi finansowej projektu.
- **Rynek usług *Smart City*.** Konkurencja na rynku usług *Smart City* może wpływać na zdolność miasta do generowania dochodów. Przesycenie rynku lub brak strategii biznesowej może utrudnić rentowną eksploatację.

Postulowane działania i inicjatywy Programu

Opracowanie Strategii *Smart City* i wzorcowych ram oraz Dobrych Praktyk dla Architektury Informacyjnej Inteligentnego Miasta.

Niezbędne jest wypracowanie standardów oraz dobrych praktyk, wzorcowych ram architektonicznych dla platform usług *Smart City*, wraz ze zbiorem najważniejszych zasad jej wprowadzenia do konkretnej strategii rozwoju danego miasta. To wszystko we współpracy z ekspertami branżowymi i przedstawicielami samorządów.

Strategia Smart City powinna zawierać w szczególności:

- Kluczowe pryncypia architektury odnoszące się do wiodących rozwiązań oraz technologii z uwzględnieniem zmian technologicznych w przyszłości (otwartość i elastyczność architektury).
- Specyfikację domen (takich jak: inteligentna sieć energetyczna, ciepłownicza i wodociągowa, inteligentny transport wielomodalny, infrastruktura elektromobilności, monitoring bezpieczeństwa).
- Specyfikację komponentów i usług dla poszczególnych domen.
- Specyfikację komponentów architektury cyberbezpieczeństwa.
- Specyfikację usług otwartego, bezpiecznego dostępu do danych (z ang. *Open Data*).
- Zasady współdzielenia usług wspólnych dla miasta oraz gmin – udostępnianie i popularyzacja aktualizowanych na bieżąco przykładów z powodzeniem zrealizowanych wdrożeń (z ang. *success stories*) ze wskazaniem korzyści i nakładów – np. stworzenie publicznego katalogu rozwiązań wdrożonych i funkcjonujących w sferze samorządowej/miejskiej.

Projekt polskie miasta przyszłości.

Wsparcie rozwoju inteligentnych miast powinna realizować wydzielona jednostka publiczna o statusie fundacji, zarządzana przez apolitycznych ekspertów dziedzinowych, na podstawie statutu i zatwierdzonego przez fundatora kierunkowego programu działań (podobnie jak w przypadku Fundacji Polski Przemysł Przyszłości fundatorem mógłby być Skarb Państwa).

Wsparcie samorządów w (racjonalnym ekonomicznie) wykorzystaniu szans związanych z koncepcją *Smart City* powinno odbywać się dzięki stymulowaniu współdzielenia platform, usług i rozwiązań, przy wykorzystaniu różnorodnych technologii IoT. Powinno ono obejmować w szczególności udzielane przez Fundację proste i łatwe w rozliczeniu granty na przygotowanie projektów *Smart City*, w sposób zgodny z wypracowanymi ramami wzorcowymi platformy *Smart City*.

Rozwiązaniem może być zarówno stworzenie nowej jednostki organizacyjnej jak i uruchomienie projektu wsparcia Polskich Miast Przyszłości w ramach istniejących struktur, takich jak Fundacja Polski Przemysł Przyszłości.

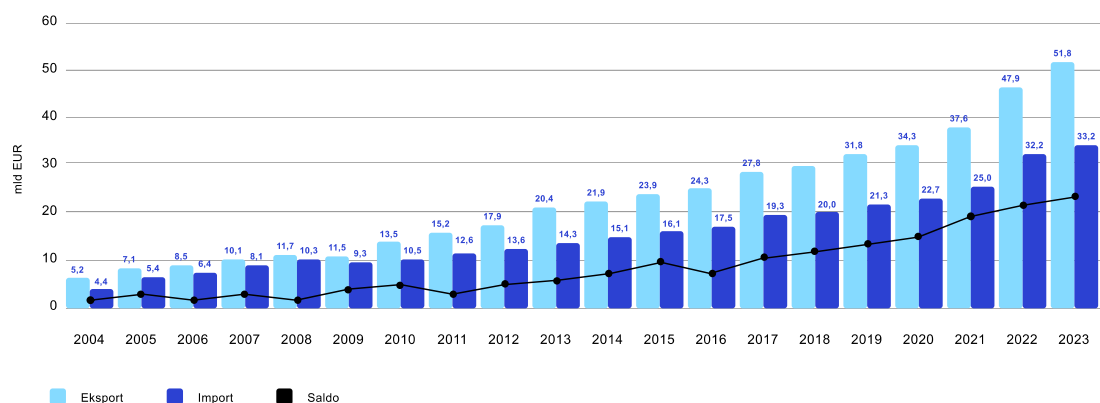
Rolnictwo i przetwórstwo żywności

Charakterystyka obszaru

Sektor spożywczy jest jedną z najważniejszych i najszybciej rosnących gałęzi polskiej gospodarki. Polska jest szóstym największym rynkiem w Europie, z potencjałem równym 38,5 mln mieszkańców. Polscy producenci charakteryzują się wysoką konkurencyjnością zarówno w UE, jak i na świecie. Według danych Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa, wartość eksportu polskiej żywności za granicę w 2022 roku wyniosła rekordowe 223 mld PLN (47,6 mld EUR), co oznacza 26,7% wzrost rok do roku. Ponad 74% polskiego eksportu rolno-spożywczego trafia na rynki unijne.

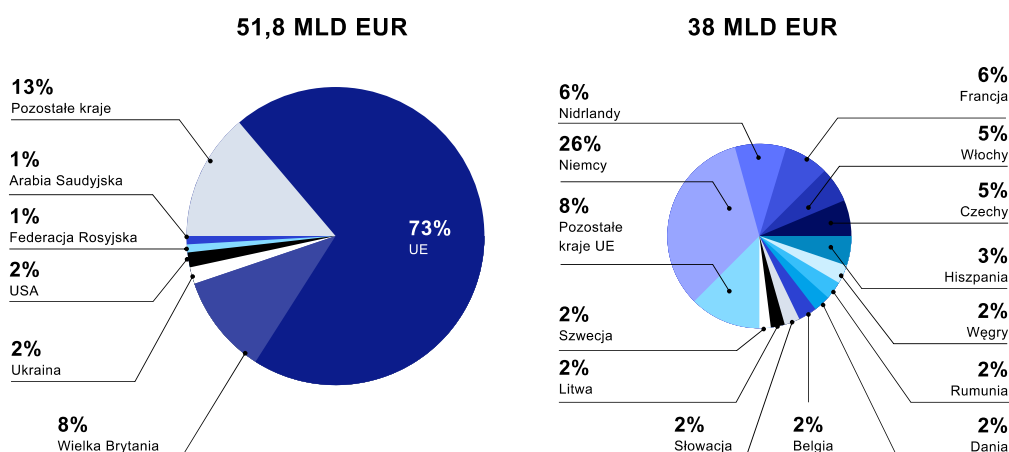
Polska ma istotne znaczenie na arenie europejskiej w kontekście produkcji i przetwórstwa żywności. Unia Europejska jest głównym zagranicznym rynkiem zbytu dla polskiej żywności, a państwa członkowskie, pomimo skutków spowolnienia gospodarczego, generują wysoki potencjał dla branży spożywczej z Polski.

Polski handel zagraniczny produktami rolno-spożywczymi (mld EUR)



Rys. 16. Polski handel zagraniczny produktami rolno-spożywczymi.

Źródło: [opracowanie Biura Analiz i Strategii KOWR na podstawie danych Ministerstwa Finansów](#)



Rys. 17. Struktura geograficzna polskiego eksportu rolno-spożywczego w 2022 roku.

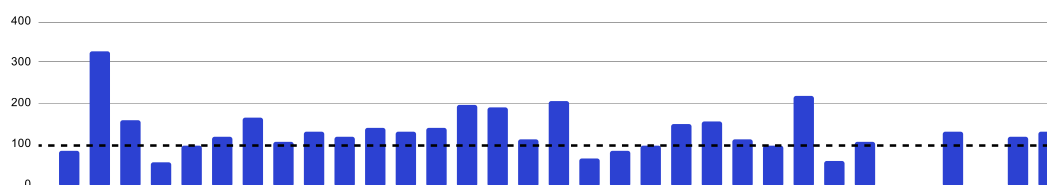
Źródło: opracowanie Biura Analiz i Strategii KOWR na podstawie wstępnych danych Ministerstwa Finansów.

Branża produkcji i przetwórstwa żywności ma duże znaczenie dla eksportu Polski. Polskie produkty spożywcze takie jak: mięso, zboża, owoce, warzywa, nabiał czy przetwory spożywcze, cieszą się uznaniem na rynkach zagranicznych. Udział eksportu w łącznych eksportowych wyniósł w roku 2023 14,7%, co stanowi wzrost o 9 punktów procentowych w stosunku do 2022 roku.

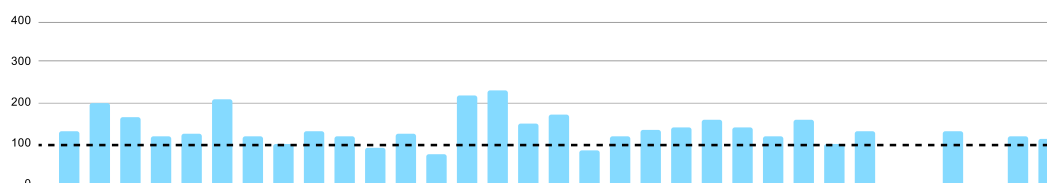
Polska branża produkcji i przetwórstwa żywności rozwija się pod względem nowoczesnych metod produkcji. Należy jednak podkreślić, że w tym obszarze pozostaje wiele do zrobienia, przede wszystkim w dziedzinie efektywności pracy w rolnictwie. Z udziałem 8,2% w rynku pracy i kontrybucją 3,6% PKB rolnictwo pozostaje wyraźnie w tyle za branżami produkcyjnymi w dziedzinie efektywności produkcji.

Produkcja i wydajność rolnictwa w krajach UE w latach 2010-2021

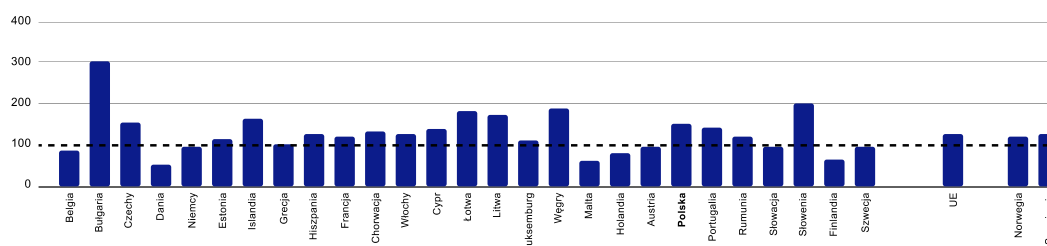
Wydajność pracy (2010r. = 100, ceny stałe, stała wartość euro)



Produkcja roślinna (2010r. = 100, ceny stałe, stała wartość euro)

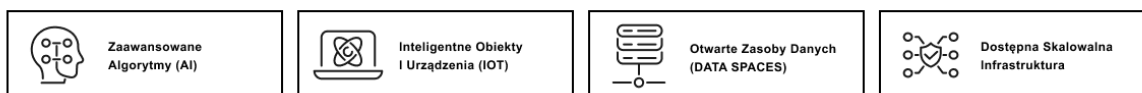


Produkcja zwierzęca (2010r. = 100, ceny stałe, stała wartość euro)



Rys. 18. Produkcja i wydajność rolnictwa w krajach UE w latach 2010-2021, Źródło Eurostat.

Przykłady inteligentnych rozwiązań dla rolnictwa i produkcji żywności



Przykłady systemowych rozwiązań w obszarze zrównoważonego rolnictwa i produkcji żywności, które łączą najnowsze technologie z zakresu Sztucznej Inteligencji, Internetu Rzeczy oraz infrastruktury cyfrowej, wdrażanych pilotażowo lub skalowanych w obszarze rolnictwa:

- **Precyzyjne rolnictwo.** Systemy, które dzięki zbieraniu danych o wysokiej rozdzielczości z użyciem georeferencji, zwiększają stopień automatyzacji i zamykają pętle decyzyjne w uprawie roślin. Przykładem jest mapowanie pola z centymetrową dokładnością w celu wyznaczenia jednorodnych stref produkcyjnych, co umożliwia zróżnicowane dawkowanie nawozów. To efektywniejsze wykorzystanie środków prowadzi do zmniejszenia negatywnego wpływu na środowisko. Inne zastosowania precyzyjnych danych obejmują optymalizację zużycia wody, środków ochrony roślin oraz strategii obsiewu, co maksymalizuje efektywność upraw.
- **Zarządzanie zasobami wodnymi.** Inteligentne systemy nawadniania oparte na czujnikach wilgotności gleby i algorytmach sterowania, w połączeniu z predykcją parowania, zwiększają efektywność wykorzystania wody w uprawach. Mają potencjał do wykorzystania modeli uczenia głębokiego, skalując systemy pomiarowe oraz integracji w systemach zarządzania gospodarstwem.
- **Rolnictwo wspierane przez drony i satelity.** Drony i satelity z kamerami multispektralnymi dostarczają szczegółowych danych na temat zdrowia roślin, stanu gleby i długoterminowych zmian wynikających z klimatu. Regularne mapowanie upraw zapewnia wgląd w ich stan, który wcześniej był niedostępny dla rolników. Rosnąca precyzja czasowa i przestrzenna danych satelitarnych stwarza możliwości tworzenia algorytmów automatyzujących analizy dla producentów rolnych. W warunkach klimatycznych, takich jak regularne zachmurzenie, drony mogą suplementować inspekcję satelitarną.
- **Autonomiczne maszyny i roboty rolnicze.** Autonomiczne ciągniki i kombajny, wyposażone w systemy GPS, AI i IoT, wykonują prace polowe takie jak siew, nawożenie czy zbiory, bez potrzeby ingerencji człowieka. Te maszyny optymalizują zużycie zasobów, zmniejszają koszty operacyjne i minimalizują wpływ na środowisko.
- **Zrównoważone uprawy miejskie i wertykalne** (z ang. *vertical farming*). IoT i AI odgrywają kluczową rolę w optymalizacji rolnictwa wertykalnego i miejskiego. Inteligentne systemy monitorują i zarządzają środowiskiem w zamkniętych uprawach (kontrola oświetlenia, wilgotności, składników odżywczych). To pozwala na produkcję żywności z mniejszym zużyciem zasobów, takich jak woda i ziemia, oraz z minimalnym wpływem na środowisko. Takie rozwiązania mogą znacząco poprawić dostępność żywności w miastach, zmniejszając zależność od transportu z obszarów wiejskich.
- **Rolnictwo regeneracyjne i zrównoważone praktyki glebowe.** Algorytmy wspierają regeneracyjne praktyki rolnicze, takie jak rotacyjne wypasanie i odpowiednie zarządzanie

glebą. Czujniki IoT monitorują zdrowie gleby, a AI analizuje dane, aby optymalizować rolnicze metody, które wspierają odbudowę ekosystemów glebowych, poprawiają retencję wody i zwiększają zdolność gleby do sekwestracji dwutlenku węgla.

- **Cyfrowe systemy wspierania decyzji rolniczych.** Platformy cyfrowe integrujące dane z różnych źródeł (czujniki, prognozy pogody, analizy gleby) wspierają rolników w podejmowaniu decyzji dotyczących momentu siewu, nawadniania, zbiorów czy stosowania środków ochrony roślin. AI analizuje te dane w czasie rzeczywistym i dostarcza spersonalizowanych rekomendacji. To zwiększa efektywność produkcji i jednocześnie minimalizuje negatywny wpływ na środowisko.

Priorytety dla programu SMART

Automatyzacja i skalowanie metod produkcji i przetwórstwa żywności przyjaznych środowisku i chroniących strategiczne zasoby naturalne, takie jak woda, gleba, bioróżnorodność ekosystemów mają kluczowe znaczenie dla zrównoważonego rozwoju sektora rolno-spożywczego. Ten priorytet obejmuje szereg powiązanych zagadnień.

1. Efektywność wykorzystania i ochrona zasobów naturalnych:

- Minimalizacja marnotrawstwa. Automatyzacja procesów produkcji i przetwórstwa żywności może przyczynić się do większego wykorzystania zasobów. Może to obejmować automatyczne sortowanie, pakowanie, etykietowanie, optymalizację zużycia energii, wody, środków chemicznych i innych surowców, a także zmniejszenie marnotrawstwa żywności.
- Precyzyjne nawadnianie. Wykorzystanie automatyzacji i technologii IoT w rolnictwie pozwala na precyzyjne monitorowanie i sterowanie nawadnianiem pól czy procesem fertygacji w uprawach pod przykryciem. Dzięki odpowiednim sensorom i systemom sterowania można dostosować ilość dostarczanych składników odżywczych (w uprawach szklarniowych) lub ilość wody do indywidualnych potrzeb roślin (w uprawach polowych). Tym samym ograniczyć nadmierne zużycie i straty wody oraz zanieczyszczenie wód wymywanymi biogenami czy odżywkami. Analiza danych zbieranych przez sensory i implementacja odpowiednich algorytmów pozwalają optymalizować procesy upraw zwiększając efektywność produkcji (w odniesieniu do plonu i kosztów), a nawet przewidywać występowanie anomalii.
- Utrzymywanie zdrowej gleby i podłoża uprawowego. Automatyzacja może wspomagać techniki zrównoważonego zarządzania glebą takie jak: ograniczanie

erozji, ochrona struktury gleby, a także stosowanie precyzyjnych i zrównoważonych metod nawożenia. Zastosowanie zaawansowanych sensorów jonoselektywnych, teledetekcji i narzędzi analitycznych może pomóc w monitorowaniu stanu podłoża uprawowego i dostosowywaniu działań rolnych do osiągnięcia najwyższego wskaźnika zdrowia gleby (z ang. *Soil Health Index*), zgodnie z celami Soil Mission Komisji Europejskiej.

- Monitorowanie i ochrona bioróżnorodności. Technologie monitorowania, takie jak kamery, drony, czujniki dźwięku czy inteligentne systemy wczesnego ostrzegania, mogą chronić bioróżnorodność ekosystemów. Automatyczne systemy monitorowania mogą pomóc w identyfikacji zagrożeń dla niej, takich jak stosowanie nieprzyjaznych środowisku środków produkcji, nadmierny odłów, nielegalne działalności czy niszczenie siedlisk.

2. Automatyzacja i transformacja procesów produkcji i logistyki poprzez:

- **Inteligentne systemy zarządzania produkcją i łańcuchem dostaw.** Automatyzacja i wykorzystanie zaawansowanych systemów zarządzania mogą wspomóc optymalizację procesów produkcyjnych oraz łańcucha dostaw. Dzięki monitorowaniu i analizie danych z różnych etapów produkcji i przetwórstwa, można identyfikować obszary optymalizacji, minimalizować straty i zapewniać skuteczne zarządzanie zasobami. Umożliwi to także szybkie wdrożenie unijnej strategii „od pola do stołu” (z ang. *Farm to Fork*), która jest częścią Europejskiego Zielonego Ładu (z ang. *The European Green Deal*) i upowszechnienie związanej z nią paszportyzacji żywności.
- **Zwiększenie wydajności.** Automatyzacja linii produkcyjnych oraz robotyzacja pozwalają na zwiększenie wydajności produkcji przy jednoczesnym obniżeniu kosztów pracy i czasu produkcji. Dzięki temu można maksymalizować produkcję przy minimalnym nakładzie sił.
- **Optymalizację logistyki.** Zautomatyzowane systemy wspierają efektywne zarządzanie logistyką, w tym transportem, magazynowaniem i dystrybucją. Inteligentne rozwiązania pozwalają zredukować straty i zoptymalizować wykorzystanie zasobów, co prowadzi do bardziej efektywnego łańcucha dostaw.

3. Zapewnienie bezpieczeństwa żywności gwarantowane poprzez:
 - **Precyzyjne sterowanie procesami produkcyjnymi.** Automatyzacja umożliwia precyzyjne monitorowanie kluczowych parametrów procesów produkcyjnych takich jak temperatura, wilgotność czy czas przetwarzania, co przekłada się na wysoką jakość i bezpieczeństwo żywności.
 - **Minimalizacja negatywnego wpływu na środowisko.** Zautomatyzowane systemy produkcyjne pozwalają na minimalizację emisji gazów cieplarnianych oraz zużycia zasobów naturalnych. Dzięki precyzyjnemu zarządzaniu możliwe jest ograniczenie marnotrawstwa energii i wody.
 - **Zwiększenie bezpieczeństwa żywności.** Automatyzacja procesów monitorowania i śledzenia produktów na każdym etapie produkcji umożliwia szybką reakcję na zagrożenia związane z jakością i bezpieczeństwem żywności.
4. Paszportyzacja żywności a rozwój rynku. Rozwój rynku żywności poprzez zapewnienie wiarygodnego systemu paszportyzacji. Umożliwi to zróżnicowanie oferty w zależności od stopnia zrównoważenia produkcji rolniczej, właściwych praktyk przechowywania, transportu i obróbki. Paszportyzacja może stanowić punkt zwrotny w przechodzeniu na rolnictwo ekologiczne, zakładane przez Europejski Zielony Ład. Ułatwi zbytność i dopasowanie cen rynkowych do rzeczywistej wartości odżywczej żywności. Ochroni także przed oszustwami.

Zapewnienie konkurencyjności polskich produktów i półproduktów spożywczych na rynku międzynarodowym poprzez rozwój systemów oceny i zapewnienia jakości produkcji rolnej

Zapewnienie konkurencyjności polskich produktów i półproduktów spożywczych na rynku europejskim jest ściśle powiązane z rozwojem systemów oceny i jakością produkcji rolniczej. Chodzi tu o standardy o charakterze regulacyjnym, które są związane z zagadnieniem bezpieczeństwa żywności, a także o standardy oraz normy branżowe, które wyznaczają hurtownicy, producenci i dystrybutorzy produktów rolnych.

Oto kilka kluczowych kwestii, które należy wziąć pod uwagę:

- **Systemy identyfikacji i śledzenia.** Wprowadzenie skutecznych systemów certyfikacji jakości może zwiększyć zaufanie konsumentów i odbiorców zagranicznych do polskich produktów spożywczych. Istnieje wiele międzynarodowych standardów jakości takich jak: ISO, HACCP czy GlobalGAP, które mogą być wykorzystane do oceny i certyfikacji

produktów rolniczych. W wielu wypadkach certyfikacja wymaga wdrożenia systemów identyfikacji i śledzenia produkcji rolniczej, która pozwala na precyzyjne monitorowanie procesów, od uprawy po przetwórstwo i dystrybucję. To umożliwia pełną kontrolę nad produkcją, a także umożliwia szybkie wykrycie i reakcję na ewentualne problemy jakościowe.

- **Badania i rozwój.** Inwestycje w badania i rozwój są niezbędne do poprawy jakości produkcji rolniczej. Opracowanie innowacyjnych technologii, takich jak precyzyjne rolnictwo, uprawy pod osłonami czy nowoczesne techniki przetwórstwa, może przyczynić się do poprawy jakości produktów i zwiększenia konkurencyjności na rynku.
- **Zrównoważona produkcja.** W kontekście konkurencyjności na rynku europejskim coraz większe znaczenie ma zrównoważona produkcja żywności. Promowanie praktyk rolnictwa ekologicznego, redukcja zużycia wody i energii, zmniejszenie zastosowania pestycydów i nawozów chemicznych oraz ochrona bioróżnorodności przyczyniają się do tworzenia ekologicznych i innowacyjnych produktów, które są coraz bardziej poszukiwane przez konsumentów. Polska zajmuje dalekie miejsce w produkcji organicznej, skupionej na realizacji postulatów zrównoważonej produkcji.
- **Współpraca branżowa i sieci wartości.** Tworzenie sieci współpracy pomiędzy rolnikami, producentami, przetwórcami i dystrybutorami sprzyja wymianie wiedzy oraz wspólnemu wdrażaniu innowacyjnych rozwiązań, co zwiększa jakość i efektywność produkcji.
- **Promowanie innowacji i nowoczesnych technologii.** Wprowadzanie innowacyjnych technologii w produkcji i przetwórstwie żywności przyczynia się do podniesienia jakości i konkurencyjności polskich produktów. Wykorzystanie automatyzacji, sztucznej inteligencji, Internetu rzeczy czy analizy danych może przyspieszyć procesy produkcyjne, zapewnić precyzyjne monitorowanie jakości i dostosowanie produkcji do zmieniających się potrzeb rynkowych.

Rozwój systemów oceny i zapewnienia jakości produkcji rolniczej jest kluczowym czynnikiem dla zapewnienia konkurencyjności polskich produktów i półproduktów spożywczych na rynku europejskim. Wdrażanie nowoczesnych technologii, promowanie zrównoważonej produkcji, edukacja, współpraca branżowa i skuteczne monitorowanie przepisów europejskich w celu sprawnego wdrażania do krajowego porządku prawnego, są nieodzowne dla osiągnięcia wysokiej jakości i renomy polskiej żywności na arenie międzynarodowej. Ważnym czynnikiem wspierającym ten priorytet jest edukacja i szkolenia: kształcenie rolników i pracowników z sektora rolniczego w zakresie nowoczesnych metod produkcji, zasad

higieny, bezpieczeństwa żywności oraz standardów jakości. Łatwy dostęp do szkoleń, kursów i doradztwa pozwala na podnoszenie kompetencji i wiedzy, co przekłada się na lepszą jakość produkcji.

Dlaczego to jest ważne?

Znaczenie sektora dla gospodarki

Produkcja i przetwórstwo żywności wytwarzają zaledwie 3% polskiego PKB, jednak Polska jest liczącym się producentem i eksporterem żywności w Europie. Nasz kraj wytwarza 6,6% produkcji sektora rolnego państw UE, przy udziale powierzchni użytków rolnych 8,3%, co wskazuje na niewykorzystanie potencjału produkcji. Udział polskich produktów w rynku europejskim stale zwiększa się. Dodatkowo saldo wymiany handlowej w 2021 roku zwiększyło się o 18,7%, do 15,5 mld EUR, tj. 70 mld zł. W strukturze gospodarki towarowej wzrasta udział produkcji zwierzęcej, której wartość stanowi 61% produkcji towarowej rolnictwa.

Aby utrzymać ten korzystny dla gospodarki trend, konieczne jest utrzymanie konkurencyjności polskich produktów, przede wszystkim ich jakości i dostępności w warunkach zmiany modelu produkcji żywności, przewidzianego w ramach Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ). Stwarza on szereg wyzwań technologicznych i ekonomicznych. Według raportu [Polityka Insight](#) wdrożenie ambitnych celów EZŁ obniży wartość produkcji rolnej aż o 13%, co przyczyni się do spadku dochodów rolników o co najmniej 11%. Spowoduje to zarówno wzrost cen żywności jak i pogorszenie międzynarodowej konkurencyjności polskiego rolnictwa. Kosztochłonność produkcji roślinnej w Polsce wynosi obecnie około 22 eurocentów na 1 euro produkcji i jest jedną z wyższych w Europie. Należy spodziewać się pogorszenia tego wskaźnika w wyniku wdrażania EZŁ.

W Polsce działa ponad 1,4 mln. gospodarstw rolnych, które stanowią istotne źródło utrzymania i bytu dla około 4 mln obywateli. Obszary wiejskie w 2022 roku zajmowały 93% powierzchni kraju i były zamieszkałe przez 40% ludności Polski. W porównaniu z 2015 roku na terenach tych przybyło ok. 6 tys. mieszkańców (przy spadku liczby ludności w miastach o 677 tys. osób). Na wzrost ten wpływ miały dwa czynniki: dodatnie saldo migracji notowane w latach 2015–2022 oraz dodatni przyrost naturalny w latach 2016-2018 (za Główny Urząd Statystyczny, Obszary Wiejskie w Polsce w roku 2022, publ. [29.03.2024](#)). W związku z pandemią zaobserwowano nasiloną migrację ludności miejskiej na obszary wiejskie. Większa populacja oznacza zarówno obciążenie dla infrastruktury komunalnej jak i zwiększone oczekiwania co do jakości środowiska na obszarach wiejskich.

Konieczność wdrożenia narzędzi Rolnictwa 4.0, które umożliwią zmniejszenie obciążenia środowiska przez praktyki rolnicze, jest nieunikniona.

Wyzwania

Niska wydajność produkcji i pracy w produkcji żywności w Polsce. Choć wydajność produkcji i pracy w produkcji żywności w Polsce jest wyższa niż średnia w UE, to jest zdecydowanie niższa od liderów (Bułgaria, Słowacja, Węgry) (Eurostat 2021). Jednocześnie, przy wzroście produkcji roślinnej (o 9,3 %) oraz zwierzęcej (o 6,2 %) względem roku 2020, wydajność pracy w sektorze zmalała.

Wprowadzenie założeń Europejskiego Zielonego Ładu do roku 2030 wymaga między innymi **zmniejszenia stosowania środków ochrony roślin o 50%, nawozów o 20%** oraz **zwiększenia udziału upraw ekologicznych do 25%** powierzchni użytków rolnych. Powoduje to konieczność szybkiego wdrożenia zaawansowanych narzędzi optymalizacji upraw.

Można wykorzystać w tym celu roboty do monitorowania postępu wegetacji oraz zawartości pestycydów w uprawach, jak również precyzyjne - oparte na sprzężeniu zwrotnym do nawadniania i fertygacji. Internet Rzeczy w rolnictwie to również latające drony ze specjalistycznymi aparatami spektrograficznymi, czy skoordynowane pozycjonowanie traktacji ciągników i innych maszyn rolniczych. To przykłady drogich rozwiązań, na które mogliby pozwolić sobie nieliczni przedsiębiorcy rolni. Jednak Internet Rzeczy w rolnictwie może być też wykorzystany do najprostszych potrzeb, takich jak pomiar warunków atmosferycznych i wilgotności gleby, zdalne sterowanie urządzeniami, podgląd stanu zaplecza itp., a samo wdrożenie w gospodarstwie może być relatywnie proste. Właśnie takie najprostsze czynności mogą być zaprzęgnięte w system zbudowany z czujników podłączonych do centralnej aplikacji sterującej, wykorzystującej tańszą łączność opartą o pasma nielicencjonowane.

Wdrażanie technologii IoT w rolnictwie i rozwiązań z zakresu Rolnictwa 4.0 napotyka na wiele przeszkód. Głównymi problemami są: **brak infrastruktury testowej**, przepaść między nauką a praktyką rolniczą oraz brak wiedzy i **niska świadomość rolników** w zakresie korzyści płynących z zastosowania przełomowych technologii. Brak jest kompleksowego, dedykowanego systemu **wsparcia inwestycji w tym obszarze dla małych i średnich gospodarstw**.

Zgodnie z raportem ["Technologie w rolnictwie" przygotowanym przez Fundację Startup Poland w 2021](#) roku sektor rolniczy charakteryzuje się niskim wykorzystaniem nowoczesnej technologii w porównaniu do pozostałej części gospodarki, a wielu rolników wykazuje do niej konserwatywne podejście. Należy jednak podkreślić duże zainteresowanie unowocześnianiem gospodarstw wśród młodych rolników. Zachowują oni jednak ostrożność i nie eksperymentują (tzw. wcześnie adaptatorzy, wg modelu klasyfikacji innowacji E.Rogersa). Brakuje rzeczowego, opartego o twarde dowody naukowe, **doradztwa w zakresie rozwiązań Rolnictwa 4.0** na rynku polskim. Brak jest także łatwej możliwości testowania rozwiązań IoT i AI w rolnictwie na dużą skalę, eksperymentowania i wprowadzania odpowiednich rozwiązań. Nie ma miejsc, w których dostawcy i potencjalni użytkownicy systemów Rolnictwa 4.0 mogliby ocenić jakość i przydatność rozwiązań w środowisku zbliżonym do docelowego.

Niska dostępność sieci telekomunikacyjnej. systemy działające na terenach upraw rolnych i w ośrodkach hodowlanych wymagają dostępu do sieci. Konieczność budowania infrastruktury sieciowej w tych obszarach – tradycyjnie słabo pokrywanych przez operatorów mobilnych – to dodatkowe utrudnienie i źródło kosztów obniżających zwrot inwestycji w **Rolnictwo 4.0**. Pomocnym rozwiązaniem mogą być sieci prywatne budowane zgodnie z ideą O-RAN 5G, a także sieci niskoenergetyczne dalekiego zasięgu w paśmie nielicencjonowanym, jak Sigfox czy LoRAWAN, czy nawet sieci 5G Mesh NR+.

Rozproszony, skomplikowany i nieskuteczny system kontroli żywności w Polsce.

Incydenty związane z bezpieczeństwem żywności nie ominęły Polski. Stwarzają one zagrożenie dla konsumentów, mogą być wykorzystywane w walce konkurencyjnej i negatywnie wpływać na możliwości eksportowe. Powodem takiej sytuacji jest wrażliwość konsumentów oraz działania protekcyjnoistyczne (nasilenie kontroli, działania w sferze PR) podejmowane w krajach, w których istnieją silne organizacje lobbystyczne producentów i przetwórców żywności.

Podsumowując, bezpośrednimi przyczynami wyzwań w zakresie zastosowania technologii Rolnictwa 4.0 są między innymi:

- obawy związane z **ryzykiem inwestycji** w zaawansowane technologie i brak wiedzy o nowoczesnych technologiach i korzyściach z ich stosowania,
- niewystarczająca promocja i **brak istniejących gospodarstw demonstracyjnych** prezentujących rozwiązania w zakresie technologii Rolnictwa 4.0, a także gospodarstw eksperymentalnych umożliwiających

testowanie nowych aplikacji
w bezpiecznym środowisku
regulacyjnym,

- ograniczone możliwości inwestycyjne właścicieli małych i średnich gospodarstw rolnych w Polsce i brak ofert na rynku rozwiązań cyfrowych z obszaru technologii przełomowych, które mogłyby być w prosty sposób wykorzystane w małych

gospodarstwach i przynosić korzyści dla ich wydajności / opłacalności produkcji,

- brak nowoczesnej stacjonarnej **infrastruktury teleinformatycznej i szerokopasmowej** lub nawet wąskopasmowej niezbędnej dla wielu zastosowań w rolnictwie, zwłaszcza na obszarach wiejskich.

Obszar wskazany w art. 1 ust. 2 rozporządzenie UE 2017/625	PIS	IW	IJHARS	PIORIN	IOŚ
Żywność	X	X	X	X	
Bezpieczeństwo żywności	X	X	X	X	X
Jakość zdrowotna	X	X	X		
Integralność żywności	X				
Materiały i wyroby do kontaktu z żywnością	X	X			
Zamierzone uwalnianie GMO do środowiska	X	X		X	X
Pasze	X	X			
Bezpieczeństwo pasz	X	X		X	X
Zdrowie i dobrostan zwierząt		X			
Produkty uboczne pochodzenia zwierzęcego i produkty pochodne	X	X			
Środki ochrony roślin	X	X	X	X	X
Zrównoważone stosowanie pestycydów		X		X	X
Produkcja ekologiczna		X	X	X	
Etykietowanie produktów ekologicznych		X	X		
Chronione nazwy pochodzenia, chronione oznaczenia geograficzne i gwarantowane tradycyjne specjalności			X		

Rys. 19. Kompetencje organów w zakresie urzędowej kontroli żywności.

Źródło: [Publikacja Najwyższej Izby Kontroli pt. Ocena działania urzędowej kontroli żywności](#)

Postulowane działania i inicjatywy Programu

Opracowanie rekomendacji dla tworzenia gospodarstw demonstracyjnych z infrastrukturą przeznaczoną do testów urządzeń i rozwiązań IoT i AI dedykowanych dla rolnictwa + propozycje projektów

W rolnictwie brakuje łatwej możliwości testowania nowych rozwiązań IoT i AI na dużą skalę, eksperymentowania i walidowania rozwiązań. Wspieranie gospodarstw demonstracyjnych pozwala na wypracowanie dobrych praktyk, weryfikację rozwiązań, dzięki sprawdzeniu ich w odpowiednich warunkach.

Postulujemy:

- Stworzenie ram technologicznych i organizacyjnych dla wdrażania technologii Rolnictwa 4.0 przez gospodarstwa demonstracyjne.
- Przeprowadzenie kilku projektów pilotażowych w istniejących lub nowych gospodarstwach demonstracyjnych w celu promocji nowych technologii.
- Utworzenie pilotażowych gospodarstw dla prowadzenia projektów eksperymentalnych (testy nowych technologii, zarówno funkcjonalności jak i skalowania się usług i rozwiązań).
- Docelowe stworzenie ram prawnych dla partnerstwa publiczno-prywatnego, które da możliwości łatwego testowania i demonstrowania pomysłów biznesowych

Wspólne zbiory danych

Tworzenie i udostępnianie wspólnych zbiorów danych jest zagadnieniem horyzontalnym programu SMART. W przypadku rolnictwa dotyczy on w szczególności danych, które pozwalają doskonalić algorytmy systemów wspierających produkcję żywności związanych z nawadnianiem, stosowaniem środków ochrony roślin i środków weterynaryjnych. Istotne jest także zapewnienie podstaw współdzielenia danych pochodzących z różnych źródeł:

- **Jakość oraz aktualność danych.** Postulujemy: wprowadzenie mechanizmów informowania o współczynniku wiarygodności oraz dokładności danego źródła danych (uwzględnianie np. starzenia się czujników) wraz z równoległym finansowaniem podmiotów publicznych w zakresie dostarczania i utrzymania takich baz oraz podnoszenia kompetencji instytucji w tej dziedzinie.

- **Infrastruktura informatyczna, związana z przechowywaniem i przetwarzaniem i współdzieleniem danych.** Postulujemy: wprowadzenie mechanizmów, infrastruktury i standardów bezpiecznego współdzielenia danych w ramach tak zwanych przestrzeni danych (z ang. *Data Spaces*) zgodnych z przyjmowanymi standardami [na poziomie europejskim](#) (z ang. *Agriculture Data Space*, na przykład użycie [standardów IDSA](#)), [AgriDataSpace](#), [Divine](#) <https://divine-project.eu/> czy [ScaleAgData](#).
- **Stosowanie metodyki gromadzenia danych.** Ważna jest interoperacyjność danych oraz możliwość agregowania danych pochodzących z różnych źródeł w celach analitycznych i zastosowanie w tym zakresie istniejących, otwartych standardów (na przykład wykorzystanie wypracowanego w ostatnich latach standardu [Agriculture Information Model](#) lub innych ogólnie uznanych standardów).

Promocja zrównoważonego rolnictwa

Zmiany klimatyczne, które wpływają na rolnictwo, między innymi w obszarze bioróżnorodności, wymagają transformacji modelu produkcji rolnej w celu zapewnienia jakości, efektywności z jednoczesną ochroną i odtwarzaniem zasobów naturalnych.

Potrzebne jest wspieranie tej transformacji przez promocję odpowiedzialnego, zrównoważonego rolnictwa.

Postulujemy:

- **Wdrożenie i promocję strategii Od Pola Do Stołu** (z ang. *Farm to Fork Strategy*) w oparciu o narzędzia IoT i paszportyzację w celu ożywienia rynku zdrowej żywności w UE produkowanej według zasad zrównoważonego rolnictwa
- **Opracowanie programów promocji dla transformacji obszarów przemysłowych i postindustrialnych** na przykład program od kopalni do farmy (tworzenie autonomicznych szklarni z zastosowaniem IoT, AI i zastosowań robotycznych)
- **Popularyzacja technologii Rolnictwa 4.0, w tym IoT**, która zapewniłaby optymalizację praktyk rolniczych
 - **Stworzenie Katalogu Technologii Rolnictwa Cyfrowego**, aktualizowanego co 6 miesięcy i utrzymywanego przez specjalistyczne jednostki naukowe
 - Promocja rozwiązań w zakresie monitorowania bioróżnorodności z wykorzystaniem IoT

- Promocje rozwiązań Rolnictwa 4.0 w czasie konferencji branżowych, targów rolniczych
- **Opracowanie i uruchomienie programu dofinansowania zakupu nowych technologii cyfrowych** przez wszystkie kategorie gospodarstw towarowych, w tym gospodarstw o małej sile ekonomicznej, których jest liczbowo najwięcej

Opracowanie standardów sieci na potrzeby rozwiązań Rolnictwa 4.0

Ważny dla tworzenia standardów na rzecz inteligentnego rolnictwa jest rozwój sieci komunikacji elektronicznej na potrzeby IoT. Zarówno sieci licencjonowanych (5/6G) jak i systematycznego rozwoju infrastruktury opartej o sieci nielicencjonowane. Ponadto niezbędny jest rozwój interoperacyjności różnorodnych rozwiązań. Jest to jednak działanie długofalowe.

Jednym z najważniejszych zagadnień związanych z rozwojem Rolnictwa 4.0 jest swobodne pozyskiwanie danych pomiarowych. Aby było to możliwe, potrzebny jest zestaw odpowiednich czujników pomiarowych i zapewnienie niezakłóconego przesyłania danych. Obszary rolnicze nie są zazwyczaj gęsto zaludnione. To sprawia, że są one nieatrakcyjne dla dostawców technologii łączności bezprzewodowej, która jest szczególnie przydatna przy zbieraniu danych z rozproszonych źródeł.

Obecnie do dyspozycji mamy technologie bazujące na pasmach licencjonowanych (sieci komórkowe działające w standardach LTE, 5G, a w przyszłości również 6G) oraz nielicencjonowanych (LoRa, Sigfox). W przypadku rozwiązań IoT, które nie wymagają stosowania urządzeń mobilnych (np. pomiary wilgotności gleby), można także użyć technologii wykorzystywanych w sieciach lokalnych (LAN), takich jak np. Wi-Fi 7E+, Bluetooth LE 6.0 czy Zigbee 5.0.

Istotnym parametrem, który wykorzystuje niektóre z tych technologii jest ich zapotrzebowanie energetyczne (LTE, 5G i 6G). Dlatego w przypadku technologii komórkowych do efektywnego zastosowania (szczególnie w rozwiązaniach zasilanych bateryjnie lub/i solarnie) nadają się jedynie technologie LTE Cat M1 i NB-IoT. Wchodzą one w skład grupy rozwiązań nazwanych LPWA (z ang. *low power wide area*), czyli niskoenergetycznych (po stronie sensorów) sieci rozległych (po stronie architektury). Do LPWA należą również rozwiązania w paśmie ISM (nielicencjonowanym), jak Sigfox czy LoRa. W przypadku LoRa/Sigfox w celu zapewnienia łączności wymagane jest stworzenie dedykowanych, prywatnych sieci. Podobnie jak w technologiach komórkowych zapotrzebowanie energetyczne urządzeń końcowych jest znikome, a komunikacja odbywa się na duże

odległości rzędu kilku, a nawet kilkudziesięciu kilometrów. Przewagą rozwiązań nielicencjonowanych (pomimo konieczności stworzenia dla nich dedykowanej sieci) jest ich prostota i łatwość integracji, dostępność rozwiązań typu open-source na poziomie aplikacji do autoryzacji i przechowywania danych, a przede wszystkim koszty. Zarówno, jeśli chodzi o sensory jak i bramki dostępne (z ang. *Gateways*), oferowane na rynku po kilkaset złotych. Koszty będą szczególnie istotne, jeśli weźmiemy pod uwagę charakterystykę grupy docelowej (patrz [wcześniej przytoczony raport Fundacji Startup Poland](#)).

Ze względu na demokratyzację i dostęp ważne będzie budowanie świadomości wśród potencjalnych odbiorców Rolnictwa 4.0 i wspieranie inicjatyw, które przy niewielkich nakładach dostarczają wartość i pozwalają osiągnąć korzyści. W większych gospodarstwach, które potrzebują zarówno najprostszych rozwiązań, jak i tych wymagających dużej przepustowości danych, można zastosować rozwiązania hybrydowe z optymalizacją kosztów realizacji konkretnych usług.

Wśród sieci komórkowych istnieje jeszcze jedna technologia, która idealnie nadawałaby się do zastosowań w instalacjach na terenach rolniczych. Mowa tu o LTE450, czyli paśmie licencjonowanym o bardzo korzystnych parametrach energetycznych i zasięgu, który pozwala dotrzeć nawet w najdalsze zakątki kraju. Niestety, to w pełni komercyjnie pasmo przewidziane jest do zastosowań specjalnych, na przykład opomiarowania mediów i telematyki energetycznej, wśród których nie znalazło się zastosowanie w rolnictwie. A szkoda, bo to bardzo obiecująca technologia.

Proponujemy następujące działania:

- **Zachęcanie operatorów komórkowych**, aby szeroko udostępnił posiadane technologie LPWAN szczególnie te, które pracują w niskich częstotliwościach, przede wszystkim w przypadku zastosowań dla urządzeń mobilnych lub wymagających dużego przepływu danych.
- **Zachęcanie i programy wspierające budowę dedykowanych sieci w pasmach nielicencjonowanych** (LoRa, Sigfox) dla małych lokalnych operatorów, integratorów a nawet samych rolników.
- **Alternatywnie: wykorzystanie technologii LPWAN do zastosowań agrotechnicznych** poprzez działania regulacyjne z zapewnieniem neutralności i szerokiego wsparcia rozwiązań.
- **Zaliczenie rozwiązań agrotechnicznych do tych, które mogą wykorzystywać LTE450.**

- **Konsekwentne stosowanie zasady neutralności technologicznej przy dofinansowaniu budowy infrastruktury bezprzewodowej.**

Pozwoli to na ograniczenie kosztów

wprowadzenia rozwiązań IoT w rolnictwie. Szczególnie w przypadkach, gdy nie jest potrzebna szerokopasmowa transmisja danych.

Niezależnie od działań długofalowych potrzebne są pragmatyczne rekomendacje dotyczące tworzenia:

- danych typu mesh w aktualnie dostępnej infrastrukturze telekomunikacyjnej (zasięg, częstotliwości odpowiednie dla transmisji danych, niska energochłonność, e-SIM),
- interfejsów integrujących różne technologie LPWAN.

Wprowadzenie i promocja sieci typu Mesh. Proste sieci dla rolnictwa i systemów Rolnictwa 4.0 często opierają się na architekturze sieci sensorowej (z ang. *mesh*). Dane zebrane przez sieć mesh są dostępne dla użytkowników przez aplikacje i interfejsy. Dzięki nim użytkownicy mogą monitorować stan swoich upraw i urządzeń, otrzymywać powiadomienia o zmianach, analizować dane i podejmować decyzje na podstawie zebranych informacji. W oparciu o analizę tych danych można przede wszystkim tworzyć algorytmy. Architektura sieci mesh w Rolnictwie 4.0 umożliwia elastyczne i niezawodne zbieranie danych z rozproszonych czujników oraz efektywną komunikację między nimi. Pozwala lepiej monitorować i zarządzać procesami rolnymi, optymalizować zasoby oraz podejmować decyzje oparte na rzeczywistych, twardych danych.

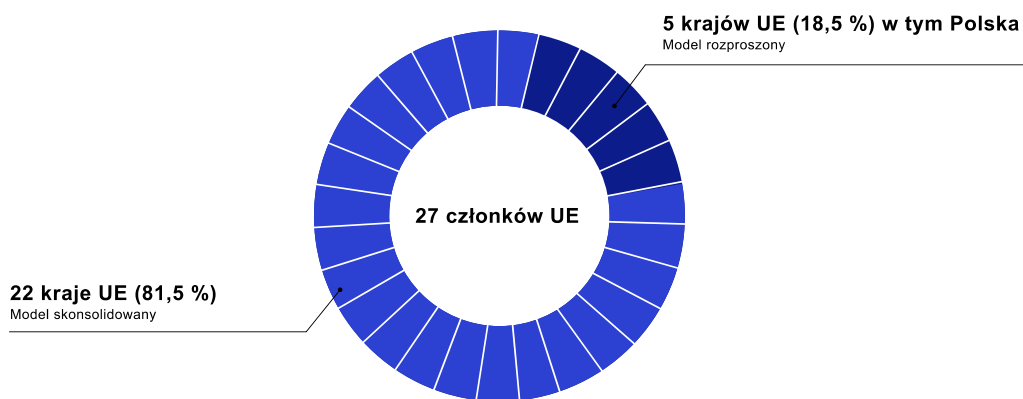
Ważne jest, aby we współpracy z operatorami telekomunikacyjnymi i dostawcami rozwiązań Rolnictwa 4.0 wypracować standardy, które pozwolą na szybkie i tanie budowanie oraz eksploatację takich sieci. Wymaga to w szczególności objęcia zasięgiem infrastruktury telekomunikacyjnej obszarów, które będą dobrą lokalizacją bramek tych sieci, uwalniania częstotliwości dostępnych dla komunikowania się urządzeń aktywnych sieci, a także stworzenia programów bezzwrotnej pomocy finansowej w zakresie sprzętu w tej infrastrukturze.

Ciekawym rozwiązaniem z wykorzystaniem sieci mesh, które jest wdrażane w krajach skandynawskich jest standard NR+ w paśmie 1,9 GHz nazwany (non-cellular) 5G Mesh. NR+. Jest on wspierany przez wiodącego globalnego dostawcę chipsetów Nordic Semiconductor, a całą inicjatywę zarządza organizacja [DECT Forum](#). Największą zaletą tego rozwiązania jest wykorzystywanie zakresu pasma z minimalnymi interferencjami, minimalna

infrastruktura (tylko sensory, bez bramek dostępowych i stacji bazowych) i całkowita kontrola sieci przez operatora, integratora lub użytkownika (w zależności od modelu).

Uproszczenie i zwiększenie skuteczności systemu kontroli żywności. Na bazie rekomendacji Najwyższej Izby Kontroli wskazujemy szereg niezbędnych zmian, które dotyczą systemu kontroli żywności i są oparte na dominujących w krajach UE praktykach.

Ujednolicenie jej struktur. Ustalenie procesu i procedur kontroli dostosowanych do struktury łańcucha żywnościowego oraz koordynacja działań kontrolnych przez jeden podmiot odpowiedzialny za bezpieczeństwo żywności.



Rys. 20. Dominujący model urzędowej kontroli żywności w krajach UE, [opracowanie NIK](#).

Taka reforma wymaga oczywiście wprowadzenia systemów informatycznych, które pozwalają na śledzenie żywności i wykorzystywanych w jej produkcji półproduktów, substancji i surowców w całym łańcuchu żywienia.

Warto w tym miejscu zwrócić uwagę, że Internet Rzeczy umożliwi ochronę konsumentów oraz kontrolę żywności już nie tylko przez instytucje kontrolne, ale także przez samych uczestników łańcucha wartości. Dzięki prostym rozwiązaniom IoT na poziomie opakowań (z ang. *smart packaging*), które kontrolują terminy przydatności, warunki przechowywania i transportu, czy wykrywają substancje i patogeny zagrażające bezpieczeństwu żywności.

Charakterystyka obszaru

Branża transportu i logistyki w Polsce odgrywa istotną rolę w gospodarce kraju. Według danych GUS udział sektora transportu i gospodarki magazynowej w PKB Polski wynosił w 2020 roku około 10%. Warto zauważyć, że branża ta generuje również liczne miejsca pracy. Dzięki niej wzrasta zatrudnienie i podnosi się poziom życia.

Polska branża transportu i logistyki odgrywa kluczową rolę w eksportowaniu towarów z kraju. Według danych Polskiej Izby Spedycji i Logistyki, udział sektora w polskim eksporcie wynosił w 2020 roku około 15%. To świadczy o znaczącej roli branży w zapewnianiu sprawnego przepływu towarów na rynki zagraniczne i handlu międzynarodowym. Zgodnie z danymi Eurostatu, Polska była jednym z największych przewoźników towarów w Europie w 2019 roku, zajmując czwarte miejsce pod względem przewiezionych tonokilometrów. Polska dysponuje rozbudowaną infrastrukturą transportową, w tym siecią autostrad, kolei oraz portów morskich, co umożliwia efektywne połączenia z innymi krajami europejskimi.

Ten obszar gospodarki dotyczy usług świadczonych na bazie infrastruktury sieci transportowej, której rozwój związany jest z wysokimi nakładami, wieloletnimi cyklami inwestycyjnymi i skomplikowanymi regulacjami. Procesy transportu wykorzystujące tę infrastrukturę to obszar wysoce konkurencyjnych usług, których dostępność i poziom cen w zasadniczy sposób wpływa na wiele innych sektorów, jako istotny element w łańcuchach wartości. Kluczowymi elementami infrastruktury transportowej są:

- **Systemy transportu** (sieć kolejowa z dworcami i terminalami, sieć drogowa z infrastrukturą dystrybucji paliw i energii, przestrzeń powietrzna z różnymi obszarami ruchu i siecią lotnisk oraz terminali)
- **Węzły logistyczne** (magazyny, centra dystrybucyjne, centra przeładunkowe)
- **Połączenia zapewniające realizację usług transportowych pomiędzy punktami sieci**
- **Zaplecze dla bezpiecznego i efektywnego transportu**
- **Środki transportu** (tradycyjne i autonomiczne)

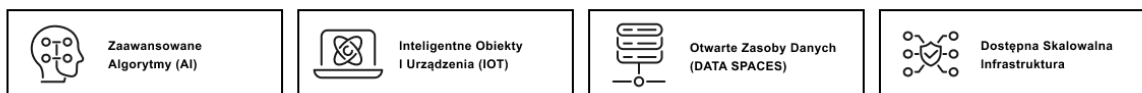
Wprowadzenie do niej czujników, automatycznych urządzeń o różnym stopniu „inteligencji” i integracji z siecią teleinformatyczną umożliwia budowę i świadczenie innowacyjnych usług. Mogą wykorzystywać je użytkownicy inteligentnej infrastruktury oraz jej operatorzy. Pozwala

ona tworzyć usługi koordynacji procesów logistycznych (np. kompleksowego monitorowania przewozów „end-to-end”). Gromadzone przez nią dane można wykorzystywać np. do zróżnicowania lub optymalizacji jej działania z perspektywy użytkowników. Kategorie usług obejmują zagadnienia takie jak:

- **Inteligentne drogi**
- **Operacje magazynowe i sterowanie przepływami towarów**
- **Transport intermodalny**

Wdrożenie nowych technologii, takich jak inteligentne systemy transportowe, automatyzacja procesów logistycznych, analiza danych czy rozwój e-commerce, zwiększa efektywność i konkurencyjność branży, a także poprawy jakość jej usług.

Przykłady inteligentnych rozwiązań



Oto przykłady inteligentnych rozwiązań dla obszaru. Te rozwiązania dotyczą koncepcji Inteligentnych Systemów Zarządzania Transportem (z ang. *Collaborative Intelligent Transport Systems, ITS*), który opisaliśmy w następnej sekcji (Priorytety dla programu SMART).

- **Zintegrowane platformy monitoringu transportu *end-to-end***
IoT, AI i GPS umożliwiają monitorowanie wszystkich etapów transportu towarów w czasie rzeczywistym, od załadunku po dostarczenie do odbiorcy. Zintegrowane platformy gromadzą dane o położeniu pojazdów, stanie ładunków oraz warunkach pogodowych. To umożliwia precyzyjne zarządzanie łańcuchem dostaw, minimalizację opóźnień oraz optymalizację tras transportowych.
- **Inteligentne systemy zarządzania transportem intermodalnym**
ITS wspiera efektywne zarządzanie transportem intermodalnym (drogowym, kolejowym, morskim) i koordynuje przepływ towarów między różnymi środkami transportu. Systemy te wykorzystują dane z czujników oraz technologie komunikacyjne do optymalizacji harmonogramów, co pozwala na bardziej efektywne wykorzystanie infrastruktury, redukcję kosztów operacyjnych i zmniejszenie emisji CO₂.

- **Autonomiczne pojazdy transportowe i magazynowe**

Rozwój autonomicznych ciężarówek oraz robotów magazynowych w węzłach logistycznych wspiera automatyzację procesów transportowych i magazynowych. Dzięki wykorzystaniu AI i systemów wizyjnych, autonomiczne pojazdy mogą realizować dostawy na długich trasach. To minimalizuje ryzyko wypadków oraz poprawia efektywność paliwową. W magazynach autonomiczne roboty optymalizują procesy załadunku, rozładunku i sortowania towarów.

- **Inteligentne drogi i systemy zarządzania ruchem**

Infrastruktura drogowa z czujnikami, która jest połączona z systemami ITS może dynamicznie zarządzać ruchem. Dostosowuje sygnalizację świetlną, kieruje pojazdy na mniej zatłoczone trasy i wspiera zarządzanie korkami. Systemy te współpracują z autonomicznymi pojazdami, komunikują się w czasie rzeczywistym i poprawiają płynność ruchu. To rozwiązanie pozwala zmniejszyć zużycie paliwa oraz ograniczyć emisję spalin.

- **Zautomatyzowane centra logistyczne i operacje magazynowe**

Inteligentne systemy zarządzania magazynami, wspierane przez IoT, AI i roboty, optymalizują zarządzanie zasobami, przepływ towarów oraz automatyzację procesów załadunku i rozładunku. Integracja tych systemów z platformami transportowymi umożliwia lepszą koordynację działań między magazynami a transportem, zwiększa efektywność operacyjną oraz skraca czas realizacji zamówień.

Priorytety dla programu SMART

Synergia z unijną wizją inteligentnego transportu

Aby wzmocnić swoją pozycję na rynku europejskiej logistyki, Polska musi dostosować rozwój sieci transportowej do unijnej wizji inteligentnej mobilności. Jest nią koncepcja CCAM (z ang. *Cooperative, Connected, and Automated Mobility*) Inicjatywa Unii Europejskiej, której celem jest rozwijanie i promowanie innowacyjnych rozwiązań w dziedzinie mobilności.

Opierają się one na współpracy, łączności oraz automatyzacji. CCAM ma na celu zwiększenie bezpieczeństwa ruchu drogowego, poprawę efektywności transportu, redukcję emisji gazów cieplarnianych oraz zwiększenie dostępności i komfortu podróżowania.

Koncepcja CCAM opiera się na trzech kluczowych elementach:

1. **Współpracy** (z ang. *Cooperative*). Polega na tworzeniu systemów, w których pojazdy, infrastruktura drogowa oraz inne urządzenia komunikują się ze sobą. To umożliwi wymianę informacji, takich jak dane o położeniu, prędkości, kierunku ruchu itp.

Dzięki temu pojazdy mogą współpracować ze sobą oraz z systemami zarządzania ruchem w celu zapewnienia bezpiecznego i płynnego przemieszczania się na drogach.

2. **Łączności** (z ang. *Connected*). W ramach CCAM rozwijane są technologie, które umożliwiają ciągłą łączność między pojazdami a infrastrukturą drogową oraz innymi uczestnikami ruchu, jak piesi i rowerzyści. To może obejmować komunikację przez sieci 5G, V2X (z ang. *Vehicle-to-Everything*) oraz inne rozwiązania, które pozwalają na bezpieczne udostępnianie informacji o ruchu.
3. **Automatyzacji** (z ang. *Automated*). W kontekście CCAM odnosi się ona do rozwoju pojazdów autonomicznych (samochodów bez kierowcy). Pojazdy te wykorzystują zaawansowane systemy sensoryczne, sztuczną inteligencję i algorytmy do bezpiecznego przemieszczania się po drogach. Automatyzacja ma potencjał zmniejszenia liczby wypadków drogowych oraz poprawienia płynności ruchu.

Cele koncepcji CCAM obejmują:

- Poprawę bezpieczeństwa na drogach poprzez redukcję liczby wypadków i kolizji
- Zwiększenie efektywności transportu, redukcję korków i opóźnień
- Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych poprzez optymalizację tras i stylu jazdy.

Komisja Europejska w komunikacie z 17.05.2018 roku „[Droga do zautomatyzowanej mobilności: strategia UE na rzecz mobilności w przyszłości](#)” stwierdza, że Europa powinna być światowym liderem we wdrażaniu autonomicznej i połączonej mobilności. Co będzie krokiem milowym w obniżaniu liczby ofiar wypadków drogowych, redukcji zanieczyszczeń powietrza, ograniczeniu zatłoczenia dróg czy włączania w życie społeczne osób starszych i niepełnosprawnych przez poprawę ich mobilności. Postulujemy podjęcie wszelkich działań, aby udział Polski w realizacji tego celu był znaczący.

Infrastruktura cyfrowa dla mobilności autonomicznej

Jednym z kluczowych wyzwań wdrażania autonomicznej mobilności jest zapewnienie systemu wysokiej jakości, precyzyjnych i stale aktualizowanych map dla samochodów autonomicznych, tzw. „map HD”. Mapy te stanowią infrastrukturę cyfrową, która pozwala pojazdom na lokalizację, w tym w przestrzeni 3D, nawigowanie oraz bezpieczne poruszanie się po polskich drogach, w szczególności w miastach. Dane te powinny być gromadzone, przetwarzane i udostępniane różnym podmiotom pod kontrolą instytucjonalną. Zapewni to ich odpowiednią jakość, bezpieczeństwo oraz otwartość. Co niezwykle istotne, wdrożenie standardów z zakresu map dla mobilności autonomicznej powinno odbywać się

równocześnie z wprowadzaniem standardów dla danych cyfrowych o drogach (jako następcy obowiązującej ewidencji dróg i obiektów mostowych).

Jednocześnie należy podkreślić, że rozwój mobilności autonomicznej (także w zakresie niezbędnej mapowej infrastruktury cyfrowej) jest ogromną szansą na rozwój polskiej gospodarki w dziedzinie najnowszych technologii związanych z pozyskiwaniem i przetwarzaniem danych o infrastrukturze i ruchu drogowym (ICT, AI, GIS). Budowa wartości publicznych i nowych usług, związana z mobilnością autonomiczną, może stanowić istotny impuls rozwojowy dla polskich przedsiębiorstw, instytucji naukowych, miast i regionów.

Konieczna jest integracja działań polskich firm i instytucji w zakresie prac badawczo-rozwojowych i wdrożeniowych, które doprowadziłyby do:

- opracowania standardów dla map HD w dziedzinie ich tworzenia, aktualizowania i dystrybuowania,
- opracowania wysokiej jakości map HD, które obejmą jak największy obszar Polski,
- budowy infrastruktury niezbędnej do dystrybucji danych w mapach HD oraz komunikacji między pojazdami a infrastrukturą techniczną,
- opracowania standardów dla cyfrowych danych drogowych (jako następcy ewidencji dróg) w relacji do standardów dla map HD.

Powyższe działania wymagają opracowania standardów technicznych. Do opracowania danych niezbędnych dla mobilności autonomicznej potrzebne będą (przynajmniej w pewnym stopniu) publiczne rejestry, w szczególności ewidencja pasa drogowego, którą mają obowiązek prowadzić zarządcy dróg.

Rozwój bezpiecznych, wydajnych, elastycznych i przyjaznych środowisku systemów transportu ludzi i towarów

Transport autonomiczny wymaga harmonijnego rozwoju środków transportu oraz wspierającej je infrastruktury prawnej i technicznej – w tym cyfrowych usług i platform wykorzystujących Internet Rzeczy.

Aby umożliwić rozwój autonomicznych systemów transportu, konieczne są odpowiednie regulacje prawne w zakresie:

- **Bezpieczeństwa.** Autonomiczne systemy transportu muszą spełniać wysokie standardy bezpieczeństwa, zarówno dla pasażerów, jak i dla innych użytkowników dróg. Regulacje powinny obejmować wymagania

dotyczące bezpieczeństwa technologicznego, testowania, certyfikacji oraz procedur monitorowania i raportowania incydentów. Należy także rozważyć odpowiednie zabezpieczenia przed cyberatakami.

- **Odpowiedzialności prawnej.** W przypadku wypadków lub incydentów związanych z autonomicznymi pojazdami, konieczne jest określenie, kto jest odpowiedzialny za szkody. Regulacje prawne powinny uwzględniać kwestie dotyczące ubezpieczenia, odpowiedzialności producentów, operatorów i użytkowników autonomicznych pojazdów oraz ustalać jasne zasady w tym zakresie.
- **Licencjonowanie i kwalifikacje.** Regulacje dotyczące licencjonowania i kwalifikacji kierowców mogą wymagać dostosowania do autonomicznych systemów transportu. W przypadku autonomicznych pojazdów, które nie wymagają człowieka za kierownicą, mogą być

konieczne nowe kategorie licencji, przepisy dotyczące szkolenia i uprawnień oraz określenie kompetencji niezbędnych do korzystania z tych pojazdów.

- **Prywatność i ochrona danych.** Autonomiczne systemy transportu generują znaczną ilość danych, takich jak dane lokalizacyjne czy informacje o zachowaniu kierowców. Regulacje powinny chronić prywatność i zapewnić odpowiednią ochronę danych osobowych i określać, jakie dane mogą być gromadzone, w jaki sposób mogą być wykorzystywane i komu mogą być udostępniane.
- **Infrastruktura i standardy.** Regulacje powinny uwzględniać standardy techniczne dla autonomicznych pojazdów oraz wymagania dotyczące infrastruktury drogowej. Mogą one obejmować wytyczne dotyczące znaków drogowych, sygnalizacji świetlnej, infrastruktury komunikacyjnej i bezpieczeństwa, aby zapewnić kompatybilność i interoperacyjność między różnymi systemami transportowymi.

Ważne jest również, aby regulacje prawne były elastyczne i dostosowywały się do dynamicznego rozwoju technologicznego. Konieczne jest utrzymanie równowagi między zapewnieniem innowacyjności i rozwoju autonomicznych systemów transportu a bezpieczeństwem.

Doświadczenia z takich środowisk jak zakłady przemysłowe wskazują na to, że opieranie systemów transportowych na urządzenia zdolnych do samodzielnej nawigacji w dynamicznym środowisku, z udziałem innych uczestników ruchu mogą być skutecznie wdrażane nawet bez dedykowanej infrastruktury. Są to jednak środowiska, w których parametry ruchu (trasy, prędkości, zasady pierwszeństwa) są silnie regulowane, a regulacje są skutecznie egzekwowane. W środowisku bardziej złożonej mobilności, które gwarantuje niezależność użytkownikom systemu transportowego infrastruktura oparta na IoT i AI odgrywa kluczową rolę w upowszechnianiu i rozwoju wydajnych, elastycznych i przyjaznych środowisku systemów transportowych dla przewozu ludzi i towarów. Oto niektóre elementy infrastruktury, które umożliwiają ten rozwój:

- **Inteligentne systemy monitorowania ruchu.** Za pomocą sensorów IoT można monitorować ruch drogowy, zarówno w czasie rzeczywistym, jak i w dłuższych przedziałach czasu. Dane zebrane przez te sensory mogą być wykorzystane do analizy i optymalizacji zarządzania ruchem drogowym. Na ich podstawie można podejmować decyzje o synchronizacji sygnalizacji świetlnej, optymalizacji tras i zarządzaniu natężeniem ruchu w celu zapewnienia płynności i bezpieczeństwa.
- **Inteligentne systemy bezpieczeństwa.** Wykorzystanie AI i IoT umożliwia wprowadzenie inteligentnych systemów bezpieczeństwa w środowiskach transportowych. Na przykład kamery monitorujące z wykorzystaniem technologii rozpoznawania obrazu i dźwięku mogą wykrywać niebezpieczne sytuacje, takie jak kolizje, nagłe hamowanie czy niebezpieczne zachowanie kierowców. Systemy te mogą generować alarmy i ostrzeżenia, co pozwala na szybką reakcję i minimalizowanie ryzyka wypadków.
- **Inteligentne parkingi.** IoT i AI mogą tworzyć inteligentne systemy zarządzania parkingami. Monitorować dostępność miejsc parkingowych w czasie rzeczywistym za pomocą sensorów, a także informować kierowców o wolnych miejscach parkingowych poprzez aplikacje mobilne. Dzięki temu można zredukować czas poszukiwania miejsca parkingowego, zmniejszyć zatłoczenie i poprawić wydajność transportu.
- **Zarządzanie energią i zrównoważony transport.** Infrastruktura oparta na IoT i wspiera zrównoważony transport poprzez monitorowanie i zarządzanie zużyciem energii. Na przykład, inteligentne systemy mogą optymalizować zużycie energii w oświetleniu drogowym i sygnalizacji świetlnej, a także w systemach transportu publicznego i ładowarkach pojazdów elektrycznych. To przyczynia się do redukcji emisji gazów cieplarnianych i zwiększenia efektywności energetycznej.

- **Personalizacja usług transportowych.** Wykorzystanie AI i IoT umożliwia personalizację usług transportowych, dzięki bezpiecznej identyfikacji użytkowników, możliwości śledzenia ich zachowań i dokonywanych wyborów oraz wykorzystaniu danych dla analizy preferencji (np. komfort, czas dojazdu, koszt, wpływ na środowisko itp.)

Harmonizacja rozwoju i wdrożeń systemów ITS z założeniami CCAM/C-ITS

Kluczowym elementem koncepcji [CCAM](#) Unii Europejskiej są systemy C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems). Stanowią one istotną część infrastruktury, która umożliwia współpracę, łączność i automatyzację w transporcie. Są także istotną częścią infrastruktury, która umożliwia współpracę, łączność i automatyzację w transporcie. Oto główne założenia systemów C-ITS.

1. **Współpraca.** Systemy C-ITS umożliwiają współpracę między różnymi uczestnikami ruchu drogowego, w tym między pojazdami, infrastrukturą drogową, pieszymi i rowerzystami. Dzięki temu pojazdy i inne elementy ekosystemu transportowego mogą współdziałać w celu zwiększenia bezpieczeństwa i efektywności ruchu.
2. **Łączność.** Systemy C-ITS opierają się na zaawansowanych technologiach łączności, takich jak sieci 5G, V2X (z ang. *Vehicle-to-Everything*) oraz komunikacja mobilna. Pozwalają one na bezprzewodową wymianę danych między pojazdami a infrastrukturą drogową oraz innymi pojazdami. Dzięki temu można przekazywać informacje o ruchu, ostrzeżenia o potencjalnych zagrożeniach, informacje o warunkach drogowych, itp.
3. **Bezpieczeństwo.** Jednym z głównych celów systemów C-ITS jest zwiększenie bezpieczeństwa na drogach. Dzięki dostępowi do danych o położeniu i zachowaniu innych pojazdów oraz użytkowników drogi, systemy te mogą ostrzegać kierowców przed potencjalnymi niebezpieczeństwami, takimi jak kolizje czy niebezpieczne warunki na drodze.
4. **Efektywność transportu.** Systemy C-ITS mają na celu poprawę efektywności transportu poprzez optymalizację ruchu drogowego. Mogą one dostarczać informacje o ruchu, korkach i alternatywnych trasach, co pozwala kierowcom podejmować bardziej świadome decyzje i unikać opóźnień.
5. **Redukcja emisji gazów cieplarnianych.** Systemy C-ITS mogą przyczynić się do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych, co jest istotne w kontekście walki z zmianami klimatycznymi, dzięki optymalizacji ruchu i bardziej efektywnemu wykorzystaniu pojazdów.

6. Wsparcie dla pojazdów autonomicznych. Systemy C-ITS stanowią ważne wsparcie dla pojazdów autonomicznych. Umożliwiają im uzyskiwanie danych z otoczenia i komunikację z innymi uczestnikami ruchu. To jest istotne dla bezpiecznego i skutecznego działania pojazdów autonomicznych na drogach.

Systemy C-ITS stanowią kluczowy element przyszłości mobilności, który może poprawić bezpieczeństwo, efektywność i prowadzić do zrównoważonego rozwoju transportu drogowego. Unia Europejska wspiera rozwijanie tych technologii i promuje ich wdrażanie w ramach strategii CCAM.

Dlatego wszelkie prace nad Krajowym System Zarządzania Ruchem a także wymagania dotyczące systemów ITS dla budowanych odcinków autostrad i dróg powinny opierać się o mapę drogową rozwoju usług C-ITS, koncepcję jednolitego portfela usług takich systemów oraz standardy bezpiecznego dostępu do usług i danych (API) o ruchu dla tworzonych niezależnie aplikacji i rozwiązań inteligentnej mobilności (z ang. *Smart mobility*).

Interoperacyjność systemów inteligentnego transportu (C-ITS)

Na wzór standardów zapewniających interoperacyjność usług sektora finansowego czy sieci telekomunikacyjnych również sieć transportowa potrzebuje interoperacyjności (a więc i standaryzacji metod dostępu) usług systemów inteligentnego transportu. Ze względu na innowacyjność rozwiązań oraz ekonomikę tej inwestycji (kosztów nabycia, eksploatacji i rozwoju) ważna jest tu konkurencyjność rynku. Interoperacyjność systemów ITS jest warunkiem ich skutecznego oddziaływania na parametry takie jak przepustowość, czas przejazdu czy efektywność energetyczna procesów transportowych w dużej skali.

Te cele – konkurencyjność rynku i interoperacyjność rozwiązań nie są ze sobą w sprzeczności, co jasno pokazują przykłady rozwiązań infrastrukturalnych w telekomunikacji czy w systemie finansowym. Standardy otwartej bankowości (dyrektywa PSD2) zwiększyły zarówno spójność systemów jak i atrakcyjność oferty dla odbiorców. Te cele wymagają następujących działań, które zrealizować można (podobnie jak miało to miejsce w przypadku projektu „[Polish API](#)”), dzięki współpracy instytucji publicznych odpowiedzialnych za ten obszar infrastruktury, przedstawicieli MC oraz partnerów przemysłowych. Działania te to:

- Identyfikacja bazowych usług, które są podstawą interoperacyjności.
- Standaryzacja tych usług z punktu widzenia technologicznego (API, protokoły dostępu, bezpieczeństwo).
- Zdefiniowanie regulacji obowiązku ich udostępniania przez właścicieli i operatorów infrastruktury, która tworzy systemy IT.

- Opracowanie i publikacja mapy drogowej interoperacyjności usług ITS.

Ważne jest, aby regulacje i standardy interoperacyjności umożliwiały budowę innowacyjnych rozwiązań *smart mobility*, które skierowane są zarówno do odbiorców indywidualnych jak i instytucjonalnych. W tym celu należy dokonać przeglądu i adaptacji istniejących standardów API dla systemów C-ITS, które są opracowywane i promowane na różnych poziomach. Zarówno na poziomie krajowym, regionalnym, jak i międzynarodowym. Te standardy API są kluczowe dla zapewnienia interoperacyjności i efektywnego funkcjonowania systemów C-ITS. Niektóre z głównych standardów API i protokołów stosowanych w systemach C-ITS to:

- **ITS-G5**. Jest to standard komunikacji bezprzewodowej V2X (z ang. Vehicle-to-Everything), który wykorzystuje częstotliwość 5,9 GHz. ITS-G5 jest szeroko stosowany w Europie jako protokół łączności dla systemów C-ITS. Opiera się na standardach IEEE 802.11p (WiFi-p) i zapewnia komunikację między pojazdami oraz infrastrukturą drogową.
- **DSRC** (z ang. Dedicated Short-Range Communication). To technologia komunikacji krótkiego zasięgu, która jest używana do wymiany danych w systemach C-ITS. Jest często wykorzystywana w Ameryce Północnej i opiera się na standardach IEEE 802.11p.
- **CAM** (z ang. Cooperative Awareness Message). To rodzaj wiadomości używanych w systemach C-ITS do przekazywania informacji o położeniu, prędkości i innych parametrach pojazdów. CAM jest często stosowany jako część interfejsu programistycznego w systemach C-ITS.
- **DENM** (z ang. Decentralized Environmental Notification Messages). Jest to standard przekazywania informacji o warunkach drogowych i zdarzeniach na drogach, takich jak wypadki czy prace drogowe. DENM jest często używany do tworzenia aplikacji wspierających bezpieczeństwo i efektywność ruchu drogowego.
- **Standardy wiodących dostawców C-ITS (C-ITS API)**. To ogólny termin, który odnosi się do interfejsów programistycznych używanych w systemach C-ITS. Te API mogą obejmować różne protokoły komunikacyjne i formaty danych, w zależności od specyfikacji i wymagań danego systemu C-ITS.

Warto zaznaczyć, że standardy i protokoły stosowane w systemach C-ITS mogą różnić się w zależności od regionu i kraju. Organizacje takie jak [ETSI](#) (Europejski Instytut Norm Telekomunikacyjnych) oraz organizacje na poziomie krajowym są zaangażowane w opracowywanie i promowanie tych standardów API. To zapewnia spójność i interoperacyjność systemów C-ITS. Podobne działanie dotyczące adaptacji i uzgodnienia

standardu C-ITS potrzebne jest również w Polsce, na wzór sprawnie zrealizowanej przez polską branżę bankową inicjatywy wdrożenia dyrektywy PSD 2, której efektem jest Polish API oraz dynamiczny rozwój startupów FinTech.

Płynne łączenie z międzynarodowymi systemami transportu

Z punktu widzenia rozwoju sektora ważne jest nie tylko dbanie o utrzymanie konkurencyjności usług polskich przewoźników. O rozwoju globalnej sieci transportowej decydować będzie w coraz większym stopniu także jakość infrastruktury logistycznej i łatwość jej wykorzystania w wielkoskalowych procesach dystrybucji, zaopatrzenia i przeładunku.

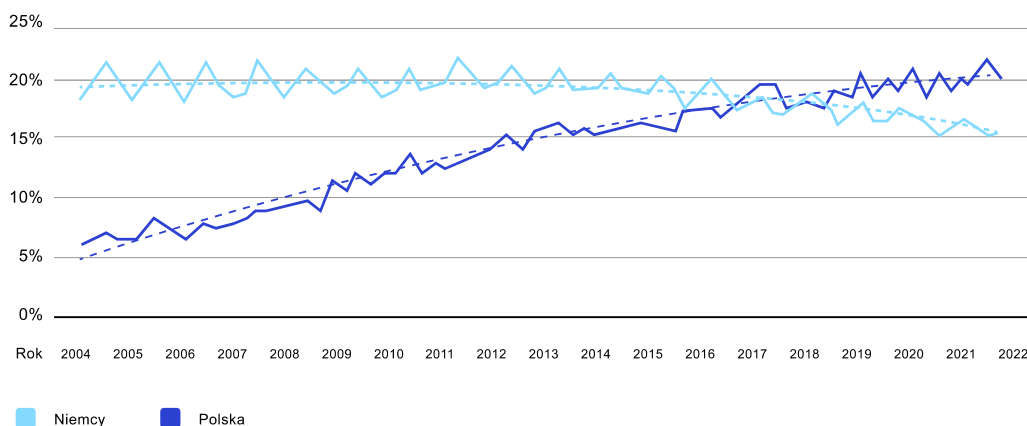
Dlatego potrzebna jest budowa sieci przyciągającej ruch komercyjny niskimi kosztami, przewidywalnością, wysoką przepustowością i jakością infrastruktury, która będzie wspierać nowoczesne aspekty transportu, takie jak elektromobilność, dostępność magazynów dystrybucyjnych i przeładunkowych (z ang. *cross dock*) wielomodalność czy zarządzanie płynnością ruchu.

Dlaczego to jest ważne?

Znaczenie dla gospodarki

Według raportu „[Transport Drogowy w Polsce 2023](#)” organizacji Transport Logistyka Polska, sektor TSL (transport, spedycja, logistyka, magazynowanie), transport, który obejmuje przewóz pasażerów i towarów oraz wszystkie usługi związane z jego obsługą, odpowiada za 7% PKB polskiej gospodarki (6,5% pod względem zatrudnienia). „W latach 2010-2022 sektor rozwijał się w średnim realnym tempie 4,9 % rocznie (po korekcie o inflację). Średnia dla całej gospodarki to 3,5 %. Szybciej od TSL rozwijały się tylko usługi informacyjne, informatyczne i usługi biznesowe.”

Od wstąpienia Polski do Unii udział polskich przewoźników w realizacji usług transportowych wzrósł z 5% do 20%. Niestety odpowiada on jedynie 8% wartości rynkowej. To pokazuje, że to niska cena jest dla polskich firm podstawą przewagi konkurencyjnej.



Rys. 21. Udział Polski i Niemiec w pracy przewozowej realizowanej przez firmy europejskie.

Źródło: „[Transport Drogowy w Polsce 2023](#)”, [Transport i Logistyka Polska](#)”

Polska jest też jednym z dużych beneficjentów rozwoju europejskiej infrastruktury logistycznej. Wskazuje na to choćby udział w inwestycjach w węzły logistyczne (magazyny A/A+). Według [raportu Newmark Polska](#) na koniec roku 2023 powierzchnie magazynowo-przemysłowe zajmowały 31,7 mln m², co oznacza wzrost 12% w ujęciu rok do roku. [Według danych BNP Paribas Real Estate](#) w czerwcu 2023 roku Polska przekroczyła 30,6 mln m² dostępnych powierzchni magazynowych i weszła do pierwszej trójki europejskich rynków.

Biorąc pod uwagę nasycenie powierzchnią magazynową w Polsce istnieje potencjał na realizację następnych kilkunastu milionów metrów kwadratowych w perspektywie kolejnych 5-10 lat.

Sprawna logistyka i transport to serce gospodarki, a jej efektywność i poziom kosztów są odczuwalne w ekonomice każdego innego sektora. Długofalowo drogę rozwoju wskazuje koncepcja CCAM. Rozwiązania z zakresu smart mobility, które poprawią efektywność i jakość transportu oraz logistyki to:

- **Monitorowanie i zarządzanie ruchem.** Sensory i kamery IoT mogą być wykorzystywane do monitorowania ruchu drogowego w czasie rzeczywistym. To pozwala na dynamiczne zarządzanie sygnalizacją świetlną, optymalizację tras i reagowanie na nagłe sytuacje na drodze. Dzięki temu transport staje się bardziej płynny, a kierowcy oszczędzają czas i paliwo.
- **Integracja transportu i zarządzania magazynem.** Rozwiązania *smart docking* i *yard management* pozwalają na budowę autonomicznych przestrzeni magazynowych, centrów dystrybucyjnych i hubów przeładunkowych. Dzięki nim ruch ładunku na terenie magazynu zintegrowany jest z automatyzacją załadunku i rozładunku, obsługą spedytorską oraz komunikacją z pojazdami. To zmniejsza czas dojazdu, parkowania, awizowania, postoju w dokach i odprawy.
- **Kooperacyjne systemy nawigacji.** Aplikacje nawigacyjne oparte na danych z systemów IoT dostarczają kierowcom informacje na temat aktualnego ruchu, korków i alternatywnych tras. To pomaga unikać opóźnień i zmniejsza liczbę wypadków na drogach.
- **Inteligentne parkingi.** Dzięki czujnikom IoT i aplikacjom mobilnym kierowcy mogą znaleźć wolne miejsce parkingowe bez konieczności krążenia w poszukiwaniu miejsca. To nie tylko zwiększa ich komfort, ale również pomaga zmniejszyć zanieczyszczenie powietrza spowodowane nadmiernym ruchem w poszukiwaniu parkingu. paliwa i zwiększenie wydajności dostaw.

- **Zarządzanie transportem publicznym.** IoT i inteligentne systemy mogą pomóc w lepszym zarządzaniu transportem publicznym. Pasażerowie mogą korzystać z aplikacji i śledzić rozkłady jazdy, opóźnienia i zmiany tras. To zwiększa komfort podróży i zachęca do korzystania z transportu publicznego.
- **Zarządzanie eksploatacją pojazdów.** W przypadku firm posiadających flotę pojazdów, IoT pozwala na monitorowanie stanu technicznego pojazdów i ich zużycia paliwa. To umożliwia planowanie konserwacji i napraw i przekłada się na oszczędności i dłuższą żywotność pojazdów.
- **Redukcja emisji i zanieczyszczenia.** Optymalizacja ruchu i efektywne korzystanie z zasobów transportowych pomagają zmniejszyć emisję szkodliwych substancji i zanieczyszczenie powietrza, co ma korzystny wpływ na środowisko.
- To tylko przykłady sposobów, w jakie rozwiązania smart mobility mogą poprawić efektywność i jakość transportu i logistyki. Są one kluczowe dla tworzenia bardziej zrównoważonych i efektywnych systemów transportowych.

Znaczenie dla bezpieczeństwa ruchu drogowego

Celem automatycznej kontroli przejazdów jest przede wszystkim wzrost bezpieczeństwa ruchu drogowego. Funkcjonariusze wspomagani nowymi technologiami są w stanie zdecydowanie skuteczniej interweniować w przypadku naruszeń i sankcjonować tych kierowców, którzy nie stosują się do przepisów.

Zgodnie z [raportem Komendy Głównej Policji dotyczącym wypadków drogowych za rok 2023](#) zdecydowana większość wypadków wynika z winy kierujących, co pokazuje poniższa tabela.

Tabela: Wypadki drogowe i ich skutki według sprawstwa.

Sprawstwo wypadków	Wypadki	%	Zabici	%	Ranni	%
Wina kierujących	19 058	91,0	1 622	85,7	22 328	92,6
Wina pieszych	1 007	4,8	206	10,9	820	3,4
Wina pasażerów	128	0,6	4	0,2	128	0,5
Wina osoby UWR	23	0,1	-	-	24	0,1
Współwina	193	0,9	9	0,5	240	1,0
Niesprawność techn.	46	0,2	4	0,2	63	0,3
Pozostałe przyczyny	481	2,3	48	2,5	522	2,2
OGÓLEM	20 936	100,0	1 893	100,0	24 125	100,0

[Wnioski z danych za rok 2019 publikowanych przez Parlament Europejski](#) wydają się zgodne z wnioskami z danych publikowanych przez polską Komendę Główną Policji. Według raportu Parlamentu Europejskiego 95% wypadków powodowanych jest przez błąd ludzki (czyli błąd kierującego, ale także pieszego, pasażera, osoby UWR).

Każde wsparcie służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo na drogach w wykrywaniu naruszeń – przede wszystkim przez kierujących, ale także przez innych uczestników ruchu – w sposób oczywisty może przyczynić się do zmniejszenia liczb w tragicznych statystykach drogowych. W cytowanym wyżej raporcie Parlamentu Europejskiego napisano „obowiązkowe technologie bezpieczeństwa mogą pomóc ocalić 25 000 istnień ludzkich i uniknąć co najmniej 140 000 poważnych obrażeń do 2038 roku”. Automatyzacja wykrywania naruszeń jest narzędziem, które daje wielkie możliwości, co przedstawimy poniżej we wnioskach z projektu pilotażowego. Poza najważniejszym aspektem poprawy bezpieczeństwa automatyczna kontrola przejazdów ma duże zastosowanie przy:

- poprawie płynności ruchu,
- kwestiach środowiskowych,

- opłatach za korzystanie z infrastruktury.

Automatyczna kontrola przejazdów realizowana poprzez systemy bazujące na technologii DLVP (z ang. *Deep Learning Video Processing*) zastosowana w zintegrowanych systemach zarządzania ruchem daje możliwość dynamicznej i automatycznej reakcji na sytuację na drogach i ulicach. Pomaga szybciej reagować w przypadku korków, wypadków, sytuacji niestandardowych. Dzięki automatycznej kontroli można skutecznie chronić strefy – czy to miejskie, czy to wydzielone na przykład ze względu na walory przyrodnicze – przed spalinami i zawartymi w nich gazami i pyłami zawieszonymi. Automatyczna kontrola przejazdów może wspomóc także pobór i kontrola uiszczania opłat za korzystanie z infrastruktury drogowej (parkingi, autostrady, drogi, tunele, mosty, strefy).

Kwestia automatycznej kontroli wagi pojazdów pozostaje nierozwiązana. W Polsce działają dziesiątki stacji preselekcyjnych, które wykonują tzw. ważenie dynamiczne pojazdów (z ang. *Weight-in-Motion, WIM*) i pozwalają na zważenie pojazdu przy jego pełnej prędkości. Jednak żadna z służb nie może ukarać kierowcy na podstawie rejestracji automatycznej przeciążenia. Nadal funkcjonuje u nas obowiązek skierowania pojazdu potencjalnie przeciążonego na stanowisko, gdzie znajduje się waga stacjonarna. Tam odbywa się ważenie przy fizycznej obecności funkcjonariuszy. To przyczyna minimalnej skuteczności wykrywania przeciążonych pojazdów (skalę tę można oszacować dzieląc liczbę nałożonych mandatów przez liczbę pojazdów przeciążonych zgłoszonych przez stacje preselekcyjne). Uczelnie – np. Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie – od lat prowadzą intensywne prace w kierunku umożliwienia administracyjnego ważenia dynamicznego pojazdów, aby podobnie, jak to się już dzieje w niektórych państwach w Europie, (np. Belgia, Francja, Niemcy czy Luksemburg) skutecznie egzekwować przepisy dotyczące obciążeń i w ten sposób eliminować zjawisko przeciążania pojazdów. Warto zwrócić uwagę, iż przeciążenie ponadnormatywne pojazdu to nie tylko zniszczenia nawierzchni – czasem o dużej skali, ale przede wszystkim wielkie zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Wyzwania

Złożoność procesów standaryzacji

W procesach wdrażania koncepcji CCAM/C-ITS uczestniczy wiele podmiotów. Są to dostawcy rozwiązań ITS dla różnych obszarów transportu, dostawcy pojazdów, właściciele infrastruktury transportowej, dostawcy rozwiązań telekomunikacyjnych. Tylko infrastrukturalna część tego ekosystemu jest reprezentowana w Polsce i może mieć realny wpływ na tworzenie standardów. Dlatego potrzebne jest silne zaangażowanie Polski jako

liczącego się gracza w europejskim rynku transportu i logistyki w europejskie projekty, grupy robocze i instytucje realizujące pilotaże i testy programu CCAM, jak choćby C- Roads Platform.

Mała liczba hubów intermodalnych

Kraje UE stopniowo ograniczają transport drogowy towarów w kontenerach na duże odległości (300 km lub więcej) na rzecz innych środków transportu. Tymczasem w Polsce wzrost popytu na usługi przewozowe konsumowany jest przede wszystkim przez transport drogowy. W latach 2011-2018 masa ładunków w transporcie drogowym przewieziona na odległość powyżej 300 km wzrosła czterokrotnie. Z pewnością część tego wzrostu mogłaby zasilać rozwój bardziej zrównoważonych przepływów towarowych – usług, które łączą transport drogowy (odcinki lokalne), kolejowy (długie odcinki), lotniczy i morski (połączenia międzynarodowe). Kluczem do takiej transformacji jest odpowiednia sieć hubów intermodalnych.

Polska ma relatywnie gęstą sieć kolejową, co łączy się z dogodnym położeniem naszego kraju na przecięciu szlaków transportowych o znaczeniu międzynarodowym. Sytuację komplikuje dzisiaj wojna i wynikające z niej sankcje, które obejmują przepływ towarów na granicy wschodniej. Przed 2022 rokiem stanowiła ona ważny punkt na trasach między krajami Dalekiego Wschodu (przede wszystkim Chinami) a Europą. Tym bardziej potrzebna jest dzisiaj aktualna strategia rozwoju transportu intermodalnego i plan budowy nowoczesnych, silnie wspartych technologią i nastawionych na zautomatyzowane, czy wręcz autonomiczne operacje hubów zapewniających płynne łączenie różnych form i środków transportu.

Dostępność infrastruktury dla elektromobilności

Dostępność wydajnych punktów ładowania jest ciągle dzisiaj wyzwaniem. To sprawia, że elektromobilność i rozwój mobilności opartej o spalanie wodoru w Polsce jest propozycją atrakcyjną głównie z punktu widzenia indywidualnego bądź zbiorowego transportu w aglomeracjach dla użytkowników posiadających możliwość ładowania akumulatorów we własnych domach (noc) lub zakładach pracy (dzień). Problemem pozostaje dostępność wydajnych punktów ładowania w ruchu międzymiejskim, nawet na autostradach i trasach szybkiego ruchu.

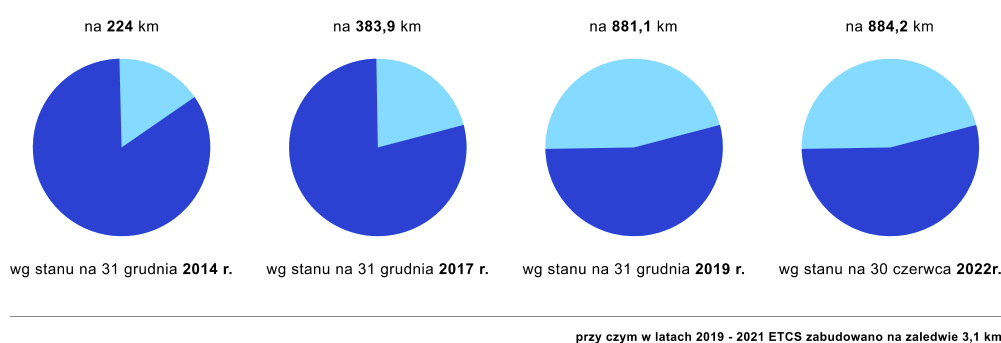
Infrastruktura ta wymaga w sposób oczywisty rozbudowy, przy czym ważne jest, aby jej elementem stały się również cyfrowe usługi integrujące wiarygodne informacje o dostępności, wydajności, czasach oczekiwania.

Bezpieczeństwo infrastruktury zarządzania ruchem w transporcie kolejowym

Ataki, jakie wstrzymywały w lecie w 2023 roku ruch pociągów (nieuprawnione nadawanie sygnału RADIOSTOP) obnażyły zasadniczą słabość niezabezpieczonych analogowych elementów infrastruktury zarządzania ruchem na kolei. Przy okazji wzbudziły dyskusję na temat koniecznej modernizacji sieci dyspozytorskich. Projekt trwa od wielu lat i daleki jest do pełnej realizacji. To negatywnie wpływa na jakość i efektywność transportu kolejowego.

Zabudowa systemu ETCS w latach 2015-2022 (I półrocze)

System ETCS zabudowano łącznie:



Rys. 22. Źródło: [„Spóźniony pociąg do bezpieczeństwa cyfrowego”](#),
[Najwyższa Izba Kontroli, sierpień 2023](#)

Postulowane działania i inicjatywy programu

Standaryzacja usług systemów C-ITS dLa dróg i autostrad

Opracowanie wspólnie z dostawcami systemów ITS API zapewniających interoperacyjność i jednolitą integrację z Krajowym Systemem Zarządzania Ruchem. Opracowanie i opublikowanie standardu usług dostępu do danych systemów ITS / KSZR dla dostawców aplikacji i systemów inteligentnego transportu wraz z mechanizmem certyfikacji, który zapewnia bezpieczeństwo tych systemów.

Zdefiniowanie i uruchomienie programu rozwoju hubów intermodalnych

Zdefiniowanie strategii transportu intermodalnego w Polsce, która będzie zgodna z założeniami CCAM i planami rozwoju rynku logistyki w Europie oraz jego regulacji, a także określenie na jej podstawie programu budowy terminali (hubów) łączących transport drogowy i kolejowy.

Opublikowanie Mapy Drogowej inteligentnego transportu

Zdefiniowanie i opublikowanie mapy drogowej inteligentnego transportu opartej o cele wynikające z CCAM i strategii unijnych. Przygotowanie na tej podstawie założeń programu operacyjnego, który optymalnie wykorzystuje europejskie środki na odbudowę i zrównoważony rozwój.

Mapa drogowa powinna uwzględniać konieczność modernizacji wszelkich analogowych elementów infrastruktury zarządzania ruchem na rozwiązania cyfrowe, które będą odpowiednio zabezpieczone przed cyberatakami.

Wprowadzenie ram prawnych dla systemów automatycznego wykrywania naruszeń

Przygotowanie propozycji zmian prawnych, które umożliwiają stosowanie narzędzi zautomatyzowanego nadzoru nad ruchem (w tym detekcji wykroczeń) przez zarządcę infrastruktury (miasto). W tym także w odniesieniu do obszaru objętego ustanowioną strefą czystego transportu. Ponadto przygotowanie propozycji zapisów odpowiednich rozporządzeń, umożliwiających automatyczną kontrolę wagi pojazdów w ruchu drogowym. Zmiany powinny dotyczyć co najmniej następujących ustaw: Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, Ustawy o drogach publicznych i Prawa o ruchu drogowym.

Charakterystyka

Ochrona zdrowia jest definiowana jako "ogólnokrajowy system instytucji i osób, którego celem jest promocja zdrowia, zapobieganie chorobom, leczenie chorych i rehabilitacja osób niepełnosprawnych". (Ustawa o świadczeniach opieki zdrowotnej finansowanych ze środków publicznych z dnia 27 sierpnia 2004 r.).

Ochrona zdrowia obejmuje zarówno działania medyczne - profilaktyczne i lecznicze, jak i działania niemedyczne – planowanie i zarządzanie systemem ochrony zdrowia, finansowanie świadczeń zdrowotnych, edukację pracowników ochrony zdrowia, itp.

Główne cele tego sektora to:

- **Zapewnienie uniwersalnego dostępu do opieki.** Najważniejszym celem jest zapewnienie uniwersalnego i równego dostępu do opieki zdrowotnej. To zgodne z postulatami Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), która uznaje zdrowie za podstawowe prawo człowieka.
- **Poprawa jakości opieki.** Zapewnienie wysokiej jakości opieki medycznej. Obejmuje wprowadzenie nowoczesnych technologii, jak również ciągłe szkolenie personelu medycznego.
- **Profilaktyka i kontrola chorób.** Wczesna diagnostyka i zapobieganie chorobom są ważniejsze niż leczenie. Programy szczepień, edukacja zdrowotna i działania profilaktyczne są istotne w kontrolowaniu rozprzestrzeniania się chorób.
- **Promowanie zdrowego trybu życia.** Edukacja i świadomość zdrowotna w społeczeństwie są ważne dla promowania zdrowego trybu życia. Może to znacząco zmniejszyć obciążenie dla systemu ochrony zdrowia w dłuższej perspektywie.
- **Efektywność kosztowa.** Ze względu na ograniczone zasoby, efektywność kosztowa jest ważnym celem. Optymalizacja procesów, poprawa zarządzania i wykorzystanie danych do podejmowania decyzji są kluczowe dla osiągnięcia tego celu.

- **Zintegrowana opieka zdrowotna.** Idea zintegrowanej opieki zdrowotnej polega na koordynacji różnych poziomów opieki – od podstawowej przez specjalistyczną, aż po opiekę długoterminową, tak aby pacjent otrzymał specjalistyczną pomoc.
- **Badania i rozwój.** Stałe inwestycje w badania i rozwój są niezbędne dla

postępu w medycynie. Obejmuje to rozwój nowych leków, technik leczenia oraz zrozumienie mechanizmów chorób.

- Każdy z tych celów jest istotny i wymaga skoordynowanego podejścia ze strony różnych aktorów w ochronie zdrowia. Dotyczy to zarówno sektora publicznego, jak i prywatnego.

Ochrona zdrowia w Polsce jest zorganizowana w oparciu o system powszechnego ubezpieczenia zdrowotnego. Głównym źródłem finansowania ochrony zdrowia są składki na ubezpieczenie zdrowotne, które opłacają pracodawcy i pracownicy. Dodatkowe środki pochodzą z budżetu państwa, samorządów oraz z prywatnych firm ubezpieczeniowych.

Ochrona zdrowia w Polsce jest podzielona na dwa podstawowe sektory: publiczny i prywatny. Sektor publiczny obejmuje szpitale, przychodnie, ośrodki zdrowia i inne placówki świadczące opiekę zdrowotną finansowaną ze środków publicznych. Sektor prywatny obejmuje placówki świadczące opiekę zdrowotną odpłatnie.

W Polsce podstawowe placówki ochrony zdrowia obejmują różne typy jednostek, które są zorientowane na różne rodzaje opieki medycznej. Poniżej przedstawiono kilka z nich:

- **Przychodnie podstawowej opieki zdrowotnej (POZ).** Są to najbardziej podstawowe jednostki ochrony zdrowia, pierwszy punkt kontaktu dla pacjentów. Oferują one podstawową diagnostykę i leczenie, a także kierują pacjentów do specjalistów. Lekarze rodzinni, pediatrzy i interniści to główni lekarze pracujący w POZ.
- **Przychodnie specjalistyczne.** W tych placówkach pracują lekarze specjaliści różnych dziedzin, takich jak

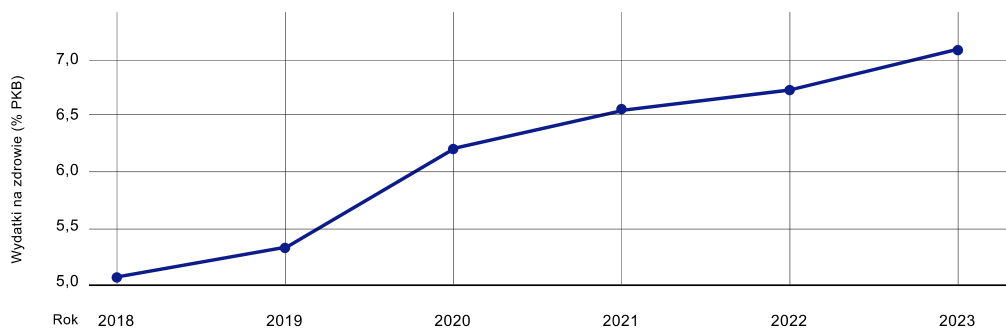
kardiologia, endokrynologia, ortopedia itd. Pacjenci są zwykle kierowani do nich przez lekarzy podstawowej opieki zdrowotnej.

- **Szpitale.** Oferują szeroką gamę usług, od podstawowej opieki po skomplikowane zabiegi chirurgiczne i intensywne terapie. W Polsce funkcjonują różne rodzaje szpitali: ogólne, specjalistyczne, kliniczne i uniwersyteckie.

- **Ośrodki zdrowia.** Są to mniejsze jednostki, często funkcjonujące w mniejszych miejscowościach, które oferują podstawową opiekę zdrowotną. Często są multidyscyplinarne i oferują szeroką gamę usług na niższym poziomie specjalizacji.
- **Zakłady opieki zdrowotnej (ZOZ).** Placówki, które mogą oferować zarówno opiekę podstawową, jak i specjalistyczną. Mogą one być własnością państwową, samorządową lub prywatną.
- **Centra medyczne i kliniki.** Są to zwykle duże, zintegrowane jednostki oferujące szeroką gamę usług medycznych, od diagnostyki po specjalistyczne leczenie. Mogą być one zarówno publiczne, jak i prywatne.
- **Apteki.** Chociaż nie świadczą bezpośredniej opieki zdrowotnej, apteki są kluczowym elementem systemu ochrony zdrowia, które zapewniają dostęp do leków i doradztwo farmaceutyczne.

Wszystkie te placówki są różnie regulowane i finansowane, głównie przez Ministerstwo Zdrowia i Narodowy Fundusz Zdrowia, a także przez lokalne samorzady. Każda z nich odgrywa ważną rolę w zapewnieniu kompleksowej opieki zdrowotnej dla mieszkańców Polski. Wydatki publiczne na ochronę zdrowia w Polsce w relacji do PKB w ostatnich latach wykazują tendencję wzrostową. W 2018 roku wynosiły około 4,8% PKB. W 2019 roku wzrosły do 5,1%, a w 2020 roku, w dużej mierze w związku z pandemią COVID-19, osiągnęły 6,1%. W 2021 roku odsetek ten wyniósł już 6,5%, a w 2022 roku wzrósł do 6,7%. Najnowsze dostępne dane z 2023 roku wskazują, że wydatki te osiągnęły poziom około 7,1% PKB

Wydatki publiczne na ochronę zdrowia w Polsce w relacji do PKB (2018-2023)



Rys. 23. Źródło [Current health expenditure, World Bank Group](#).

Wydatki są zróżnicowane i obejmują zarówno opiekę podstawową, jak i specjalistyczną, leki, aparaturę medyczną i badania. Wykres ilustruje wzrost udziału wydatków publicznych na ochronę zdrowia w Polsce w relacji do PKB w latach 2018-2023. Widoczna tendencja wzrostowa odzwierciedla zwiększoną presję na system ochrony zdrowia, która była szczególnie widoczna w czasie pandemii COVID-19.

- Lata 2018-2019 – wydatki rosły stopniowo, od 4,8% PKB w 2018 roku do 5,1% w 2019 roku. Było to związane z planowanymi inwestycjami w służbę zdrowia oraz rosnącym zapotrzebowaniem na usługi medyczne w kontekście starzejącego się społeczeństwa.
- Rok 2020 – pandemia COVID-19 znacząco zwiększyła obciążenie systemu ochrony zdrowia, co znalazło odzwierciedlenie we wzroście wydatków do 6,1% PKB. W tym czasie rząd musiał finansować liczne dodatkowe programy, takie jak zakup sprzętu medycznego, testy, szczepienia oraz rozbudowę infrastruktury medycznej.
- Lata 2021-2023 – po początkowym wzroście w czasie pandemii wydatki na ochronę zdrowia utrzymywały się na wysokim poziomie i osiągnęły 6,7% PKB w 2022 roku i 7,1% w 2023 roku. Wzrost ten wynika z potrzeby modernizacji i dalszego finansowania systemu ochrony zdrowia, który musiał sprostać nie tylko pandemii, ale i długoterminowym wyzwaniom związanym z chorobami przewlekłymi i starzeniem się społeczeństwa.

Ogólnie, wykres pokazuje, że Polska zwiększa swoje wydatki na zdrowie, co może przyczynić się do poprawy jakości usług medycznych. To równocześnie stawia wyzwania związane z efektywnością zarządzania tymi środkami. W porównaniu do innych krajów, takich jak Niemcy czy Francja, które przeznaczają na zdrowie powyżej 10% PKB, Polska wciąż pozostaje z tyłu, choć widać tendencję do zwiększania tych nakładów.

Priorytety dla programu SMART

Z perspektywy dobrostanu społecznego, priorytety w obszarze ochrony zdrowia obejmują rozwój systemów opieki zdrowotnej, które są bardziej dostępne, skuteczne, wydajne i zrównoważone. Do priorytetów można zaliczyć:

- **Telemedycynę i zdalną opiekę zdrowotną.** Rozwój systemów zdalnej opieki zdrowotnej, w tym telemedycyny, może pomóc w poprawie dostępności usług zdrowotnych dla mieszkańców miasta i terenów wiejskich. Dotyczy to szczególnie osób

starszych, niepełnosprawnych i tych mieszkających w odległych dzielnicach czy poza miastem. Systemy te mogą również pomóc w lepszym wykorzystaniu zasobów i ograniczeniu kosztów. W tym celu [Ministerstwo Zdrowia realizuje działania zmierzające do rozwoju telemedycyny w Polsce](#): pilotaże w ramach Domowej Opieki Medycznej (DOM), inicjatywy takie jak np. Okrągły Stół Telemedyczny, itp.

- **Inteligentne systemy zarządzania opieką zdrowotną.** Wdrażanie inteligentnych systemów zarządzania opieką zdrowotną może pomóc w zapewnieniu lepszej koordynacji opieki między różnymi placówkami opieki zdrowotnej. Zapewni także bardziej spersonalizowane usługi dla pacjentów. Ministerstwo Zdrowia stale rozwija ofertę usług cyfrowych, które wspierają zarówno pacjenta, jak i lekarza. Wdrożenie systemu wsparcia lekarza i narzędzi analizy stanu zdrowia pacjenta przewidziane są w ramach KPO (Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności).
- **Systemy monitorowania zdrowia.** Rozwój inteligentnych systemów monitorowania parametrów życiowych, takich jak urządzenia ubieralne (z ang. *wearables*) i urządzenia do zdalnego monitorowania pacjentów, może pomóc w identyfikacji i zapobieganiu chorobom oraz w lepszym zarządzaniu chorobami przewlekłymi. Analizowane są innowacyjne rozwiązania pod kątem ich zastosowania w ochronie zdrowia. Wybrane koncepcje są już testowane w ramach programów pilotażowych.
- **Zrównoważona opieka zdrowotna.** Powinna dążyć do zapewnienia opieki zdrowotnej, która jest zrównoważona ekonomicznie, społecznie i ekologicznie. Oznacza ograniczenie kosztów, poprawę jakości usług oraz zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko naturalne. Transformacja sektora ochrony zdrowia w kierunku rozwiązań przewidujących, wyprzedzających, spersonalizowanych i partycypacyjnych jest jednym z kierunków działań Ministerstwa Zdrowia w Polsce.
- **Dostępność i możliwość wykorzystania danych dot. Zdrowia.** Dane są cennym zasobem, który umożliwia poprawę jakości, dostępności i efektywności kosztowej świadczeń zdrowotnych. Równy i transparentny dostęp do danych wzmacnia również konkurencyjność. Przyczynia się do powstawania innowacji i tworzenia miejsc pracy oraz stymulowania wzrostu gospodarczego. Dane dotyczące zdrowia są jednocześnie szczególnie wrażliwymi i w związku z tym muszą podlegać szczególnej ochronie. Wdrażanie wszelkich rozwiązań zwiększających dostępność i możliwość wykorzystania danych o zdrowiu powinno odbywać się z poszanowaniem prywatności pacjentów i zgodnie z obowiązującymi regulacjami o ochronie danych osobowych.

- **Wykorzystanie zanonimizowanych danych pacjentów.** W celu szkolenia z technologii cyfrowych oraz spełnienia wymogów dyrektywy o transgraniczności usług z wykorzystaniem technologii cyfrowych, konieczna jest zgoda na wykorzystanie zanonimizowanych danych pacjentów. Współpraca z Urzędem Komunikacji Elektronicznej (UKE) oraz Urzędem Ochrony Danych Osobowych (UODO) zapewni:
 - **Zabezpieczenie danych.** Wszystkie dane będą odpowiednio zanonimizowane, aby zapewnić pełną ochronę prywatności pacjentów, zgodnie z przepisami o ochronie danych osobowych.
 - **Zgodność z przepisami.** Działania te będą prowadzone w pełnej zgodności z krajowymi i unijnymi regulacjami, takimi jak GDPR. To zapewni, że wykorzystanie danych przyczyni się do rozwoju technologii zdrowotnych bez naruszenia praw pacjentów.
 - **Rozwój technologii.** Użycie tych danych pozwoli na rozwój algorytmów i systemów AI, które mogą analizować trendy zdrowotne, przewidywać epidemie, oraz personalizować leczenie. To przyczyni się do poprawy efektywności i jakości opieki zdrowotnej.
 - **Transgraniczność.** Umożliwi wymianę doświadczeń i danych między różnymi systemami zdrowotnymi w UE. Jest to kluczowe dla realizacji dyrektywy o transgraniczności usług zdrowotnych i wspiera jednolity rynek cyfrowy w Europie.
- Integracja systemów w ramach NASK, Centrum e-Zdrowia oraz NFZ. Integracja systemów informatycznych prowadzonych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR), Centrum e-Zdrowia oraz Narodowy Fundusz Zdrowia (NFZ) może znacząco poprawić przepływ informacji między różnymi jednostkami ochrony zdrowia. To pozwoli na:
 - **Ujednoczenie danych pacjentów.** Zapewnienie, że dane medyczne są spójne, aktualne i dostępne dla uprawnionych jednostek, co jest kluczowe dla opieki koordynowanej.
 - **Efektywniejszą koordynację opieki.** Umożliwienie płynnego przekazywania informacji między szpitalami, przychodniami i innymi placówkami, co jest istotne dla modelu opieki koordynowanej, gdzie pacjent jest prowadzony przez cały proces leczenia przez różne poziomy opieki zdrowotnej.

- **Zmniejszenie zużycia papieru.** Wprowadzenie cyfrowych podpisów opartych na biometrii może przyspieszyć procesy administracyjne, zwiększyć bezpieczeństwo danych oraz zredukować „papierologię” co przyczyni się do bardziej ekologicznego i efektywnego zarządzania dokumentacją medyczną.
- **Opieka koordynowana.** Skupienie się na tworzeniu centrów konsorcjów koordynowanej ochrony zdrowia na poziomie wojewódzkim i powiatowym wymaga:
 - **Systemów informatycznych** wspierających opiekę nad pacjentem w całym cyklu leczenia, od diagnostyki, przez leczenie, po rehabilitację i opiekę paliatywną. Systemy te powinny umożliwiać śledzenie pacjenta przez różne jednostki służby zdrowia i zapewnić ciągłość opieki.
 - **Eksperymentalnych wdrożeń.** Pozwolenia na pilotażowe i eksperymentalne wdrożenia nowych cyfrowych rozwiązań w ochronie zdrowia, które mogą być testowane w kontrolowanych środowiskach przed pełnym wdrożeniem na większą skalę. To podejście sprzyja innowacji i pozwala na dostosowanie technologii do realnych potrzeb systemu zdrowotnego.
- **Decyzje Ministra Zdrowia** – konieczność wsparcia ze strony Ministerstwa Zdrowia dla inicjatyw integracyjnych jest kluczowa. Ministerstwo powinno:
 - Bezpośrednio współpracować z Ministerstwem Cyfryzacji: Współpraca międzyresortowa dla Digitalizacji Zdrowia:
 - Strategiczne partnerstwo – utworzenie wspólnego zespołu roboczego lub komitetu sterującego, który będzie odpowiedzialny za synchronizację działań digitalizacyjnych w ochronie zdrowia. Ta współpraca może obejmować:
 - Wspólne planowanie – koordynację polityk digitalizacji z ogólną strategią cyfryzacji kraju, co może prowadzić do bardziej spójnego i efektywnego wdrażania technologii.
 - Współdzielone zasoby – udostępnianie zasobów technicznych, ekspertyz oraz infrastruktury, co może przyspieszyć wdrożenie projektów zdrowotnych, takich jak telemedycyna, e-recepty czy systemy zarządzania danymi pacjentów.

- Standaryzacja i interoperacyjność – praca nad wspólnymi standardami technologicznymi, które zapewnią interoperacyjność systemów zdrowotnych z innymi systemami cyfrowymi w kraju, co jest kluczowe dla bezproblemowej wymiany danych.
- Cyberbezpieczeństwo – współpraca w zakresie cyberbezpieczeństwa, aby chronić wrażliwe dane zdrowotne. Ministerstwo Cyfryzacji może dostarczyć instruktaże oraz narzędzia do ochrony infrastruktury IT sektora zdrowia.
- Edukacja i szkolenia – wspólne inicjatywy na rzecz edukacji personelu medycznego w zakresie nowych technologii cyfrowych, co przyspieszy adopcję i efektywne wykorzystanie nowych systemów w praktyce klinicznej.
- Regulacje i prawo – współpraca przy tworzeniu i dostosowywaniu przepisów, które wspierają cyfryzację w zdrowiu, takich jak regulacje dotyczące telemedycyny, ochrony danych, czy e-dokumentacji medycznej.
- Finansowanie i dotacje – zapewnienie wsparcia finansowego dla projektów zdrowotnych poprzez wspólne fundusze lub programy grantowe, które mogą być lepiej dostosowane do potrzeb sektora zdrowia, dzięki współpracy obu ministerstw.
- Innowacje i pilotaże:
 - Wspólne programy pilotażowe – wdrażanie i testowanie nowych technologii w sektorze zdrowia w ramach wspólnych projektów pilotowych, które mogą służyć jako modele do późniejszego wdrożenia na większą skalę.
- Promocja Zdrowia Cyfrowego:
 - Kampanie Informacyjne – wspólne kampanie w celu promowania korzyści płynących z cyfryzacji w zdrowiu wśród społeczeństwa oraz pracowników służby zdrowia, co może zwiększyć akceptację i wykorzystanie nowych technologii.
 - Kierować polityką – która zapewni jednolite standardy w zakresie integracji systemów zdrowotnych oraz wspierającą innowacyjne rozwiązania cyfrowe.

- Finansowanie i regulacje – zapewnienie odpowiednie fundusze oraz regulacji prawnych, które ułatwią integrację oraz wdrożenie nowoczesnych technologii w ochronie zdrowia, z poszanowaniem prywatności i bezpieczeństwa danych.
- **Współpraca międzynarodowa** – w kontekście dyrektywy o transgraniczności usług zdrowotnych, ważna jest współpraca z innymi krajami UE w zakresie wymiany danych zdrowotnych. Taka współpraca powinna:
 - Ujednolicić standardy – dążenie do ujednoczenia standardów dotyczących wymiany danych zdrowotnych, co ułatwi przepływ informacji medycznych między krajami, poprawiając opiekę nad pacjentami przemieszczającymi się w obrębie UE.
 - Promować innowacje – współpraca ta może również stymulować rozwój i wdrożenie nowych technologii zdrowotnych na skalę europejską, korzystając z doświadczeń i najlepszych praktyk różnych systemów zdrowotnych.

W Unii Europejskiej trwa obecnie formułowanie nowego podejścia do zarządzania danymi. Opracowano europejską strategię w zakresie danych wraz z horyzontalnymi aktami prawnymi takimi jak rozporządzenie w sprawie europejskiej przestrzeni danych dotyczących zdrowia (z ang. *European Health Data Space*, EHDS). Europejska przestrzeń danych dotyczących zdrowia jest obszarem szczególnym, wymienionym w europejskiej strategii o danych, a Ministerstwo Zdrowia jest wiodącym organem w zakresie negocjacji tekstu rozporządzenia oraz późniejszego wdrożenia EHDS. EHDS zwiększy dostępność indywidualnych danych medycznych dla podmiotów leczniczych z Unii Europejskiej, które będą mogły mieć dostęp do tych danych w celu świadczenia opieki zdrowotnej. EHDS stworzy też możliwość wykorzystywania danych dot. zdrowia do celów badań naukowych, rozwijania nowych leków i wyrobów medycznych, rozwijania zindywidualizowanej opieki zdrowotnej, zapewnienia wysokiego poziomu jakości i bezpieczeństwa opieki zdrowotnej oraz produktów leczniczych lub wyrobów medycznych i tworzenia polityki zdrowotnej.

Wdrażanie wszelkich rozwiązań zwiększających dostępność i możliwość wykorzystania danych dot. zdrowia powinno odbywać się z poszanowaniem prywatności pacjentów. Dane udostępniane w tych celach będą szyfrowane w taki sposób, aby niemożliwe było zidentyfikowanie ludzi, do których należą, a samo wykorzystanie danych będzie możliwe tylko pod nadzorem odpowiednich instytucji zarządzających danymi. Wdrażanie tych priorytetów może pomóc w rozwoju bardziej inteligentnych i zrównoważonych systemów opieki zdrowotnej, które są bardziej dostępne, skuteczne i efektywne.

Dlaczego to jest ważne?

Znaczenie dla gospodarki

Sektor ochrony zdrowia jest ważnym elementem gospodarki, ponieważ wpływa na zdrowie i dobre samopoczucie populacji. To z kolei ma wpływ na produktywność i rozwój kraju.

Poniżej przedstawiliśmy kilka sposobów, jak ochrona zdrowia może wpływać na gospodarkę:

- **Zwiększenie aktywności zawodowej.** Dzięki zmniejszeniu i zapobieganiu negatywnych konsekwencji chorób, urazów i wypadków, sektor ochrony zdrowia ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia wysokiego współczynnika aktywności zawodowej społeczeństwa. Efektywnie działający sektor ochrony zdrowia pozwala zmniejszyć ilość osób przejściowo lub permanentnie nieaktywnych zawodowo. Minimalizuje również liczbę osób, które musiały zrezygnować z pracy zawodowej ze względu na konieczność opieki nad osobami, którym stan zdrowia nie pozwala na samodzielne funkcjonowanie.
- **Zwiększenie zatrudnienia.** Sektor ochrony zdrowia zapewnia zatrudnienie dla wielu ludzi, w tym lekarzy, pielęgniarek, techników medycznych i innych pracowników. W niektórych krajach, sektor ten może stanowić duży procent zatrudnienia, co wpływa na rozwój gospodarczy.
- **Wzrost inwestycji.** Rozwój sektora ochrony zdrowia wymaga inwestycji w budynki, urządzenia medyczne, leki i szkolenia dla pracowników medycznych. To z kolei prowadzi do wzrostu inwestycji, co może pomóc w rozwoju innych sektorów gospodarki.
- **Wzrost wydatków konsumpcyjnych.** Wydatki na opiekę zdrowotną są jednym z największych w większości krajów. Wzrost wydatków konsumpcyjnych na ochronę zdrowia może prowadzić do zwiększenia popytu na usługi zdrowotne, co z kolei może przyczynić się do wzrostu zatrudnienia i rozwoju innych sektorów gospodarki.
- **Innowacje.** Sektor ochrony zdrowia wymaga ciągłych inwestycji w badania i rozwój, aby poprawić jakość usług i ich wydajność. To prowadzi do innowacji, które mogą pomóc w rozwoju innych sektorów gospodarki.

- **Zmniejszenie kosztów.** Efektywna opieka zdrowotna, szczególnie prewencyjna, może znacząco obniżyć koszty leczenia chorób w późniejszych stadiach. To zmniejsza obciążenie zarówno dla budżetu państwa, jak i dla gospodarstw domowych, uwalniając zasoby na inne cele gospodarcze.
- **Zdrowie publiczne i stabilność.** Dobrze funkcjonujący system zdrowotny jest kluczowy dla zarządzania kryzysami zdrowotnymi, takimi jak pandemia, co ma bezpośredni wpływ na stabilność gospodarczą. Zdolność do szybkiej reakcji na zagrożenia zdrowotne chroni siłę roboczą i utrzymuje ciągłość działalności gospodarczej.
- **Globalna konkurencyjność.** Kraje z rozwiniętymi systemami zdrowotnymi są bardziej atrakcyjne dla inwestycji zagranicznych i mogą lepiej konkurować na arenie międzynarodowej, oferując wyższy standard życia i zdrowia swoim obywatelom.

Wyzwania

W świecie zdominowanym przez postęp i technologie cyfrowe, ochrona zdrowia również w znaczący sposób się zmienia. Jednym z największych wyzwań jest zarządzanie rozproszonymi bazami danych medycznych. W praktyce oznacza to, że informacje o pacjentach są przechowywane w różnych miejscach: w szpitalach, przychodniach, laboratoriach diagnostycznych, a nawet na urządzeniach przenośnych i aplikacjach zdrowotnych. Rozproszenie tych baz danych stwarza kilka poważnych problemów. Pierwszym z nich jest kwestia integracji tych informacji w jednym miejscu. Mimo że istnieją próby stworzenia scentralizowanych systemów EHR (z ang. *Electronic Health Records*), w praktyce często brakuje efektywnych mechanizmów, które pozwalają na ich integrację, zarówno w Polsce, jak i w innych krajach.

Różnice w formatach danych, brak standardów oraz kwestie związane z prywatnością i zgodą pacjenta na udostępnianie danych to tylko niektóre z wyzwań. Problemem jest także jakość i aktualność danych. Nawet jeśli uda się je zintegrować, informacje mogą być niekompletne, nieaktualne lub zawierać błędy. Na przykład, wyniki badań mogą być zapisane w różnych jednostkach, co utrudnia ich interpretację i porównanie. Dodatkowo, jakość danych zależy również od ich źródła. W tym kontekście, dane zebranych z urządzeń kategorii IoMT (z ang. *Internet of Medical Things*), takich jak inteligentne opaski czy glukometry, mogą być różnorodne pod względem jakości i wymagać dodatkowej weryfikacji.

Kwestia rozproszonych baz danych jest szczególnie istotna w kontekście zdalnej opieki medycznej oraz monitorowania stanu zdrowia pacjentów w domu. Bez efektywnej integracji

i zarządzania danymi, trudno o pełny obraz stanu zdrowia pacjenta i skuteczne leczenie. Ostatecznie, to pacjenci ponoszą konsekwencje tych wyzwań, mogą np. nie otrzymać najbardziej efektywnej opieki. Stąd też istnieje pilna potrzeba rozwoju technologii i standardów, które umożliwią lepszą integrację i zarządzanie danymi medycznymi. To wyzwanie nie tylko dla inżynierów, ale też decydentów w ochronie zdrowia, wymagające wieloaspektowego podejścia i ścisłej współpracy między różnymi podmiotami.

Równie istotnym wyzwaniem jest zagadnienie cyberbezpieczeństwa związanego z usługami cyfrowymi jak i infrastrukturą wykorzystywaną w jego ramach, np. w telemedycynie. To stwierdzenie nabiera znaczenia szczególnie, gdy rozważymy, jak wielkie korzyści, ale też i ryzyka, niesie za sobą przeniesienie danych i usług medycznych do sfery cyfrowej. Jednym z najbardziej palących problemów jest ochrona danych pacjentów. Te bardzo wrażliwe informacje są nie tylko atrakcyjnym celem dla cyberprzestępców, ale ich niewłaściwe zabezpieczenie i ewentualna utrata mogą mieć także bezpośredni wpływ na zdrowie i życie pacjentów. Wyobraźmy sobie sytuację, w której z powodu ataku hakerskiego, dostęp do elektronicznych kart pacjentów jest niemożliwy, co z kolei paraliżuje pracę szpitali i innych placówek medycznych.

Nie mniej ważne jest zagadnienie związane z infrastrukturą używaną w telemedycynie. Jeżeli, na przykład, połączenie wideo pomiędzy lekarzem a pacjentem zostanie przerwane lub zakłócone, to nie tylko obniża to jakość świadczonej opieki, ale również może stanowić zagrożenie dla życia w przypadku krytycznych sytuacji medycznych. Ostatecznie, digitalizacja ochrony zdrowia oznacza również zwiększenie liczby punktów dostępu do sieci i systemów, co z kolei rozszerza pole działania dla potencjalnych ataków. W tej sytuacji, niezbędne staje się wprowadzenie skomplikowanych mechanizmów zabezpieczeń, szkolenie personelu w zakresie cyberbezpieczeństwa i ciągłe monitorowanie systemów w celu wykrywania i eliminowania zagrożeń. W obliczu dynamicznego rozwoju technologii IoT i AI/GenAI, zaleca się wprowadzenie piaskownic regulacyjnych w sektorze zdrowia. Te dedykowane obszary testowe pozwalają firmom na eksperymentowanie z nowatorskimi rozwiązaniami w kontrolowanym środowisku i umożliwiają testowanie nowych technologii bez konieczności natychmiastowego przestrzegania pełnych regulacji. Takie podejście sprzyja innowacyjności oraz lepszemu dostosowaniu przepisów do realiów technologicznych. Dzięki piaskownicom, zarówno regulatorzy, jak i przedsiębiorcy mogą uzyskać głębsze zrozumienie konsekwencji wdrażania IoT i AI/GenAI w ochronie zdrowia, co umożliwi tworzenie bardziej elastycznych i trafnych regulacji, wspierających bezpieczeństwo i rozwój technologii.

Podsumowując, choć digitalizacja przynosi ochronie zdrowia wiele korzyści, jak łatwiejszy dostęp do danych czy lepszą komunikację między placówkami, towarzyszy jej również konieczność ciągłego zabezpieczania cyfrowej infrastruktury. Tym samym, cyberbezpieczeństwo staje się integralną częścią strategii każdej nowoczesnej instytucji medycznej, wymagającą nieustannego nadzoru i inwestycji.

Rozwój technologii Internetu Rzeczy (IoT) w ochronie zdrowia stanowi niewątpliwie jedno z najbardziej obiecujących pól na przecięciu innowacji i medycyny. W tym kontekście kwestie wpływu regulacji UE w szczególności [rozporządzenia w sprawie wyrobów medycznych \(MDR\)](#) i [rozporządzenia w sprawie wyrobów medycznych do diagnostyki in vitro \(IVDR\)](#) oraz rozporządzenie w sprawie europejskiej przestrzeni danych dotyczących zdrowia (ang. [European Health Data Space, EHDS](#)) stają się kluczowe.

Rozporządzenia MDR i IVDR wprowadzają szereg norm i standardów, które urządzenia i inteligentne rozwiązania muszą spełniać, by być dopuszczonymi do użytku w obszarze medycznym w Unii Europejskiej. Te regulacje mają na celu zagwarantowanie, że wszelkie urządzenia medyczne są nie tylko skuteczne, ale również bezpieczne dla pacjentów. Oznacza to jednak, że producenci tych technologii muszą poświęcić więcej zasobów na badania i rozwój, co może spowolnić tempo innowacji. Z drugiej strony, planowane rozporządzenie EHDS ma na celu stworzenie jednolitej, europejskiej przestrzeni danych medycznych, które będą mogły być wykorzystywane w celu zapewnienia jak najwyższej jakości, dostępności i efektywności kosztowej świadczeń zdrowotnych dla pacjentów. Jest to szczególnie istotne dla technologii IoT, które generują ogromne ilości danych zdrowotnych. Taka integracja wymaga jednak wysokiego poziomu bezpieczeństwa danych i zgodności z regulacjami dotyczącymi prywatności, takimi jak RODO. W rezultacie, firmy technologiczne muszą być gotowe do wprowadzenia złożonych mechanizmów zabezpieczających i zgodności z regulacjami, co również jest procesem kosztownym i czasochłonnym. Ostatecznie, chociaż regulacje UE wprowadzają pewne ograniczenia i wyzwania, mają one również pozytywny wpływ na standardy bezpieczeństwa i jakości w dziedzinie technologii IoT w ochronie zdrowia. Poprzez zobowiązanie do przestrzegania tych regulacji, producenci i dostawcy tych technologii mogą podnieść poziom zaufania do swoich produktów. To w dłuższej perspektywie może sprzyjać ich komercjalizacji i powszechnemu użyciu. EHDS jest również szansą dla producentów technologii IoT w ochronie zdrowia, ponieważ może pozwolić na wykorzystanie danych generowanych przez sektor ochrony zdrowia do rozwijania nowych technologii IoT i narzędzi służących świadczeniu zindywidualizowanej opieki zdrowotnej i zapewnieniu wysokiego poziomu jakości i bezpieczeństwa opieki zdrowotnej oraz wyrobów medycznych.

Postulowane działania i inicjatywy programu

Rekomendacje wykorzystania karty cyfrowej pacjenta

Pierwszym postulatem jest przygotowanie rekomendacji z możliwymi scenariuszami wykorzystania cyfrowej karty pacjenta. Terminy "Elektroniczna Dokumentacja Medyczna" (EDM) i "Elektroniczna Karta Pacjenta" (EKP) są często używane zamiennie, ale mają różne znaczenia i zakresy zastosowań w kontekście opieki zdrowotnej. EDM to bardziej kompleksowy system zarządzania danymi medycznymi, podczas gdy EKP to bardziej skoncentrowany na pacjencie zestaw informacji, który jest często częścią większego systemu EDM. Zanim przejdziemy do EKP kilka informacji odnośnie EDM.

Elektroniczna Dokumentacja Medyczna (EDM) odgrywa istotną rolę w nowoczesnym systemie opieki zdrowotnej. To umożliwia efektywne zarządzanie informacjami pacjentów i zwiększa jakość opieki medycznej. W Polsce, jak i w innych krajach, wdrożenie EDM stało się priorytetem w kontekście cyfryzacji sektora zdrowia.

Oto kilka postulatów i rekomendacji odnośnie rozszerzenia zakresu EDM i jej dalszego rozwijania:

- **Standaryzacja i interoperacyjność**
 - Standaryzacja formatów. Istnieje potrzeba ujednoczenia formatów danych, aby różne systemy mogły ze sobą współpracować.
 - Interoperacyjność z innymi systemami. Wysoki poziom interoperacyjności z innymi systemami zdrowia, takimi jak apteki, laboratoria i inne instytucje medyczne.
- **Rozszerzenie funkcjonalności**
 - Telemedycyna. Włączenie opcji zarządzania wizytami online, monitorowania parametrów zdrowia na odległość i konsultacji zdalnych.
 - Historia medyczna. Rozszerzenie zakresu o wszelkie informacje medyczne, nie tylko dotyczące leczenia szpitalnego, ale również historii chorób, szczepień, itd.
- **Bezpieczeństwo i Prywatność**
 - Ochrona danych. Silne mechanizmy uwierzytelniania i zabezpieczenia danych, aby zapewnić prywatność i bezpieczeństwo informacji pacjentów.

- Kontrola dostępu. Umożliwienie pacjentom kontroli nad swoimi danymi, w tym możliwość udzielania i odwoływania zgody na ich udostępnianie.
- **Edukacja i Szkolenia**
 - Szkolenia dla personelu. Programy szkoleniowe dla pracowników ochrony zdrowia w zakresie korzystania z EDM.
 - Edukacja pacjentów. Informowanie pacjentów o tym, jak korzystać z systemu i jakie są korzyści z centralizacji ich danych medycznych.
- **Dostępność i Użyteczność**
 - Dostęp przez wiele urządzeń. Możliwość dostępu do EDM z różnych urządzeń, w tym smartfonów i tabletów.
 - Wsparcie dla starszych osób i osób niepełnosprawnych. Interfejs użytkownika powinien być dostosowany również dla osób starszych i niepełnosprawnych.
- **Ocena i Monitoring**
 - Regularne audyty. Ocena bezpieczeństwa i efektywności systemu przez niezależne organizacje.
 - Statystyki i raporty. Generowanie raportów, które mogą pomóc w analizie efektywności opieki zdrowotnej i planowaniu dalszych działań.

Ostatecznym celem powinno być stworzenie zintegrowanego, efektywnego i bezpiecznego systemu zarządzania danymi medycznymi, który umożliwi lepszą koordynację opieki i poprawi jakość życia pacjentów. Odpowiednie zaprojektowanie i wdrożenie zintegrowanego, efektywnego i bezpiecznego systemu zarządzania danymi medycznymi pozwoli również na szybkie wdrożenie EHDS (po tym jak rozporządzenie EHDS zostanie przyjęte przez Unię Europejską).

Cyfrowa karta pacjenta (EKP) to elektroniczny dokument, który zawiera podstawowe informacje o stanie zdrowia pacjenta. Tworzy ją lekarz pierwszego kontaktu (POZ) na podstawie wywiadu z pacjentem oraz jego dokumentacji medycznej. EKP zawiera następujące informacje:

- **Dane identyfikacyjne pacjenta:** imię, nazwisko, PESEL, adres zamieszkania, numer telefonu, adres e-mail

- **Historia zdrowia pacjenta:** choroby przewlekłe, alergie, leki przyjmowane na stałe
- **Wyniki badań:** wyniki badań laboratoryjnych, obrazowych, genetycznych
- **Zapisy z wizyt lekarskich:** informacje o wizytach lekarskich, przepisanych lekach, zaleceniach.

EKP jest przechowywana w systemie e-Zdrowia. Pacjent może uzyskać dostęp do swojej EKP przez [Internetowe Konto Pacjenta \(IKP\)](#). EKP jest dokumentem elektronicznym, dlatego nie ma ona fizycznej postaci. Jest ona dostępna w systemie e-Zdrowia, do którego dostęp mają lekarze, pielęgniarki i inne osoby upoważnione do udzielania świadczeń zdrowotnych. EKP ma na celu usprawnienie dostępu pacjentów do informacji o swoim stanie zdrowia.

Dzięki EKP:

- Pacjenci mogą łatwiej i szybciej uzyskiwać dostęp do swojej dokumentacji medycznej,
- Lekarze mogą uzyskać szybszy dostęp do informacji o stanie zdrowia pacjenta, co może poprawić jakość opieki zdrowotnej,
- Pacjenci mogą udzielić dostępu do swojej dokumentacji medycznej innym lekarzom, co może ułatwić konsultacje i leczenie.

EKP jest nadal rozwijanym projektem. W przyszłości EKP będzie zawierać więcej informacji o stanie zdrowia pacjenta, a także będzie dostępna w szerszym zakresie. Warto uwzględnić w przyszłości również informacje, które dzięki technologii IoT mogą być zarządzane efektywniej i tym samym mogą mieć istotny wpływ na poprawę np. trafności stawianych diagnoz.

Kilka przykładowych scenariuszy związanych z EKP:

- **Scenariusz 1.** Pacjent ma wizytę u nowego lekarza. Lekarz prosi pacjenta o dostarczenie swojej karty pacjenta. Pacjent nie ma karty pacjenta, ponieważ jest to jego pierwsza wizyta u lekarza w tym kraju. Lekarz musi poprosić pacjenta o podanie wszystkich swoich danych medycznych, w tym historii chorób, przyjmowanych leków i alergii. Pacjent może nie pamiętać wszystkich tych informacji, co może utrudnić lekarzowi prawidłowe zdiagnozowanie choroby i zalecenie odpowiedniego leczenia.
 - **W tym scenariuszu cyfrowa karta pacjenta może poprawić opiekę medyczną, zapewniając lekarzowi dostęp do wszystkich danych medycznych pacjenta.**

Dzięki temu lekarz będzie mógł szybciej i łatwiej zdiagnozować chorobę i zalecić odpowiednie leczenie.

- Obecnie trwają prace nad wdrożeniem karty pacjenta. Rozporządzenie w sprawie Europejskiej Przestrzeni Danych dotyczących Zdrowia, którego ostateczny kształt jest w fazie negocjacji, będzie określało zasady wymiany danych w kontekście transgranicznym.
- W kontekście krajowym każdy obywatel ma dostęp do swojej dokumentacji medycznej poprzez IKP, w którym znajdzie informacje nt. wystawionych e-recept, e-skierowań czy historię wizyt.
- **Scenariusz 2.** Pacjent jest hospitalizowany. Lekarz musi uzyskać dostęp do danych medycznych pacjenta, aby móc prawidłowo zdiagnozować chorobę i zalecić odpowiednie leczenie. Dane medyczne pacjenta znajdują się w różnych placówkach medycznych, co utrudnia lekarzowi ich uzyskanie.
 - **W tym scenariuszu cyfrowa karta pacjenta może poprawić opiekę medyczną, zapewniając lekarzowi dostęp do wszystkich danych medycznych pacjenta w jednym miejscu. Dzięki temu lekarz będzie mógł szybciej i łatwiej zdiagnozować chorobę i zalecić odpowiednie leczenie.**
 - Każdy obywatel ma dostęp do swojej dokumentacji medycznej poprzez IKP, w którym znajdzie informacje nt. wystawionych e-recept, e-skierowań czy historię wizyt. Pacjent może udostępnić informacje wybranemu lekarzowi.
- **Scenariusz 3.** Pacjent jest leczony na przewlekłą chorobę. Musi regularnie odwiedzać lekarza, aby przyjmować leki i kontrolować stan zdrowia. Pacjent musi również nosić ze sobą wiele papierowych dokumentów np. wyniki badań.
 - **W tym scenariuszu cyfrowa karta pacjenta może poprawić komfort pacjenta, zapewniając mu dostęp do wszystkich swoich danych medycznych w jednym miejscu. Dzięki temu pacjent nie będzie musiał nosić ze sobą wielu papierowych dokumentów, co może ułatwić mu zarządzanie swoją chorobą.**
 - Wraz z rozwojem Internetowego Konta Pacjenta, wprowadzeniem obowiązku raportowania zdarzeń medycznych, rozwojem gabinet.gov.pl coraz większy wolumen dokumentacji pacjenta jest dostępny elektronicznie. Dzięki wprowadzeniu e-recept i e-skierowań pacjent nie musi nosić ze sobą pełnej dokumentacji medycznej – w łatwy sposób może uzyskać do nich dostęp poprzez IKP lub aplikację mojejIKP.

Opracowanie rekomendacji w zakresie cyberbezpieczeństwa

Drugim postulatem jest przygotowanie rekomendacji adresującej wyzwania z zakresu cyberbezpieczeństwa szpitali i innych jednostek (np. konieczność budowania sieci kampusowych, dla bezpieczeństwa urządzeń IoT, automatyzacja procesów nadzoru i opieki zdrowotnej, zwłaszcza w obszarze związanym z „opieką senioralną”). Ponadto w rozważaniach również należy uwzględnić wątek odpowiedzialności za poprawność funkcjonowania ekosystemu cyfrowego wspierającego usługi w obszarze ochrony zdrowia.

Aby poprawić cyberbezpieczeństwo szpitali i innych jednostek, należy podjąć następujące działania:

- Szpitale i inne jednostki ochrony zdrowia powinny inwestować w nowoczesne technologie bezpieczeństwa, takie jak firewalle, skanery antywirusowe i urządzenia zapobiegające włamaniom.
- Pracownicy szpitali i innych jednostek ochrony zdrowia powinni być regularnie szkoleni w zakresie cyberbezpieczeństwa. Powinni oni wiedzieć, jak rozpoznawać i unikać ataków cybernetycznych.
- W szpitalach i innych jednostkach ochrony zdrowia należy zbudować kulturę bezpieczeństwa. Oznacza to, że wszyscy pracownicy powinni być świadomi zagrożeń cybernetycznych i powinni być zaangażowani w działania na rzecz poprawy bezpieczeństwa.
- Szpitale i inne jednostki ochrony zdrowia powinny współpracować z innymi podmiotami, takimi jak dostawcy usług IT, firmy ubezpieczeniowe i władze publiczne, w celu poprawy cyberbezpieczeństwa.
- W szpitalach i innych jednostkach ochrony zdrowia należy zbudować kulturę bezpieczeństwa. Oznacza to, że wszyscy pracownicy powinni być świadomi zagrożeń cybernetycznych i powinni być zaangażowani w działania na rzecz poprawy bezpieczeństwa.

Odpowiedzialność za poprawność funkcjonowania ekosystemu cyfrowego, który wspiera usługi w obszarze ochrony zdrowia, powiązana jest z wieloma podmiotami:

- Szpitale i inne jednostki ochrony zdrowia są odpowiedzialne za zapewnienie bezpieczeństwa swoich systemów informatycznych i danych pacjentów.

- Dostawcy usług IT są odpowiedzialni za dostarczanie szpitalom i innym jednostkom ochrony zdrowia bezpiecznych systemów informatycznych i usług.
- Firmy ubezpieczeniowe są odpowiedzialne za ubezpieczanie szpitali i innych jednostek ochrony zdrowia od szkód spowodowanych atakami cybernetycznymi.
- Władze publiczne są odpowiedzialne za tworzenie ram prawnych i regulacyjnych, które wspierają cyberbezpieczeństwo.

Działania w obszarze wzmocnienia cyberbezpieczeństwa oraz podnoszenia kompetencji personelu placówek w tym obszarze to jeden z priorytetów Ministerstwa Zdrowia. W ramach projektów w programach dofinansowanych ze środków UE 2021-2027 przewidywana jest realizacja działań w tym zakresie.

W celu skutecznej implementacji wymogów dyrektywy NIS2 w polskim sektorze zdrowia, zaleca się utworzenie specjalnej grupy roboczej, opartej na Koalicji Cyberbezpieczeństwa w Ochronie Zdrowia. Grupa ta powinna zrzeszać kluczowych interesariuszy, umożliwiając szeroką współpracę i prowadzenie konsultacji społecznych. Ważnym elementem tego procesu jest zapewnienie, że potrzeby i opinie społeczności sektora zdrowia będą brane pod uwagę podczas wdrażania nowych standardów. Rozwiązania w zakresie cyberbezpieczeństwa muszą być dostosowane do specyficznych wymagań branży, co obejmuje zarówno techniczne zabezpieczenia, jak i edukację personelu oraz wsparcie finansowe i technologiczne dla placówek. Kluczowe jest również przeprowadzenie oceny skutków regulacji, aby dostosować je do realnych możliwości jednostek ochrony zdrowia. Wprowadzone rozwiązania powinny być stale monitorowane i modyfikowane w odpowiedzi na zmieniające się zagrożenia oraz opinie użytkowników. Tego rodzaju kompleksowe i partycypacyjne podejście pozwoli nie tylko na spełnienie unijnych wymogów, ale także na realne zwiększenie poziomu cyberbezpieczeństwa w sektorze zdrowia, z uwzględnieniem potrzeb i uwarunkowań społeczności medycznej.

Rekomendacje dla regulacji IoT w obszarze ochrony zdrowia

Trzeci postulat związany jest z przygotowaniem syntetycznego manifestu (z ang. *one pager*), który zawiera kluczowe wyzwania, jakie należy uwzględnić w kontekście rozwoju technologii IoT w obszarze ochrony zdrowia. Rozważania w oparciu o regulacje nad jakimi pracuje UE. Unia Europejska pracuje nad regulacjami, które mają zapewnić bezpieczeństwo i prywatność pacjentów w kontekście technologii IoT. Do najważniejszych regulacji należą:

- **Rozporządzenie o ochronie danych osobowych (RODO).** RODO zapewnia ochronę danych osobowych obywateli UE. Regulacje obejmują również urządzenia IoT, które zbierają dane osobowe pacjentów.
- **Rozporządzenie o wyrobach medycznych (MDR).** MDR reguluje wprowadzanie na rynek wyrobów medycznych, w tym urządzeń IoT. Regulacje mają zapewnić bezpieczeństwo i skuteczność wyrobów medycznych.
- **Dyrektywa w sprawie środków na rzecz wysokiego wspólnego poziomu cyberbezpieczeństwa na terytorium Unii (NIS 2).** NIS 2 reguluje systemy i usługi informatyczne, które są krytyczne dla funkcjonowania infrastruktury krytycznej UE. Regulacje mają zapewnić bezpieczeństwo tych systemów i usług przed atakami cybernetycznymi

Ponadto UE pracuje nad opracowaniem konkretnych przepisów dotyczących technologii IoT w obszarze ochrony zdrowia. W 2021 roku Komisja Europejska opublikowała białą księgę „[Zdrowie 2030: Europejska strategia zdrowia](#)”, w której podkreśliła rolę technologii IoT w transformacji opieki zdrowotnej. W białym kompendium przedstawiono szereg zaleceń dotyczących rozwoju technologii IoT w obszarze zdrowia, w tym: IoT w obszarze zdrowia, w tym:

- Wdrożenie jednolitych standardów dla urządzeń IoT.
- Wprowadzenie przepisów dotyczących ochrony danych zbieranych przez urządzenia IoT.
- Wprowadzenie przepisów dotyczących bezpieczeństwa urządzeń IoT.
- Zmniejszenie kosztów urządzeń IoT.
- Wsparcie badań i rozwoju w zakresie technologii IoT.

Poniżej przedstawiono dwa wybrane rozwiązania, które są polskimi rozwiązaniami o odpowiednim poziomie dojrzałości cyfrowej. Mogą one np. adresować wybrane wyzwania, z jakim mierzy się obszar ochrony zdrowia tj. kolejki do specjalistów i niezaprzeczalność danych współdzielonych w ekosystemie ochrony zdrowia.

Rozwiązanie 1 -> E-kolejkowanie system równomiernej i kontrolowanej dystrybucji usług medycznych oferowanych przez Samodzielne Zespoły Publicznych Zakładów Lecznictwa Otwartego w aglomeracjach miejskich przygotowany przez TORN Sp. z o. o.

System e-kolejkowanie w swoim założeniu miał uporządkować proces dostępu do usług medycznych realizowanych przez grupę Samodzielnych Zespołów Publicznych Zakładów Lecznictwa Otwartego w Warszawie poprzez:

- Umożliwienie rejestracji pacjentów w serwisie.
- Pozwolenie na samodzielne zapisy pacjentów do lekarzy POZ.
- Przeglądanie i umawianie wizyt lekarskich.
- Rejestracja zrealizowanych wizyt i usług medycznych.
- Rozliczanie usług z Narodowym Funduszem Zdrowia.
- Wprowadzenie elektronicznego obiegu dokumentów na potrzeby ZOZ.

Praktyczny, gwarantujący realizację projektu model warunków koniecznych, wynikających z analizy procesów dostępu do usług medycznych, był oparty na następujących założeniach:

- Przechowywanie wybranych danych wspólnych w bazie centralnej z historią pochodzenia danych.
- Synchronizacja danych pacjentów baz poszczególnych ZOZ z bazą centralną z zachowaniem replikacji danych na temat grafików wizyt w danym ZOZ do bazy centralnej. ZOZY decydują, które z wizyt mogą być dostępne dla innych ZOZów lub być widoczne dla rejestracji w portalu pacjenta.
- Umawianie wizyt może być realizowane:
 - przez pracownika we własnym ZOZie,
 - przez pracownika w innym ZOZie,
 - przez pacjenta w e-portalu.

Przy umawianiu wizyt system powinien sprawdzać, czy pacjent nie ma przypadkiem już umówionej wizyty do tego samego specjalisty w innym ZOZie, a jeżeli ma to powinien zablokować umówienie takiej wizyty.

- Informacje o personelu medycznym nie są replikowane pomiędzy ZOZami, ale są podstawą do budowania grafików dla danych przychodni.

System e-kolejkowanie swoim zasięgiem w latach 2013-2017 obejmował 950 000 pacjentów leczących się w czterech Warszawskich SZPZLO, a dokładnie w ZOZ Mokotów, ZOZ Wola, ZOZ Ochota oraz ZOZ Żoliborz rejestrując ponad 10 mln wizyt, które zostały zrealizowane przy udziale ponad 3 tysięcznego personelu medycznego pracującego w 60 przychodniach (system został wyłączony tuż po zakończeniu projektu).

Jednym z efektów uruchomienia e-kolejkowania była między innymi możliwość określenia wskaźnika wykorzystania oferty leczniczej liczonego jako stosunek wizyt zrealizowanych do wizyt umówionych. I tak w styczniu 2015 roku wyniósł on 80% (4,3 mln /5,4 mln), podobnie jak, ponad rok później, we wrześniu 2016 roku(6,1mln/7,6mln).

W efekcie doświadczeń zebranych w trakcie trwania projektu powstał [system jHIS™ \(system dla e-Zdrowia\)](#), zintegrowany z systemami e-Zdrowie. Posiada w sobie mechanizmy systemu równomiernej i kontrolowanej dystrybucji usług medycznych oferowanych przez wielooddziałowe, rozległe terytorialnie podmioty medyczne – wiedzę i doświadczenie swojego protoplasty systemu e-kolejkowanie.

Wykorzystywane mechanizmy w jHIS™, a w szczególności [w pełni działający model wirtualizacji](#) mogą być bazą do zdefiniowania modelu centralnego podejścia do systemu e-kolejkowanie (wersji 2), a nawet do zbudowania kolejnego systemu referencyjnego.

Rozwiązanie 2. System wykorzystuje technologię Blockchain, dzięki któremu przy zachowaniu zasad najwyższego bezpieczeństwa, administrator rozwiązania będzie miał pełen wgląd zarówno historię zmian dokumentacji medycznej, jak również składanych podpisów i innych operacji technicznych. Rozwiązanie zostało opracowane przez KLG Solutions.

Obecnie dostęp do kompletnej i aktualnej dokumentacji medycznej stanowi duże wyzwanie zarówno dla pacjentów, jak i dostawców usług medycznych. Brak standaryzacji i integracji między systemami prywatnymi i publicznymi często utrudnia efektywną komunikację i wymianę informacji. Rozwiązanie opracowane przez polską firmę, wykorzystuje technologię blockchain do stworzenia jednolitej, bezpiecznej i łatwo dostępnej platformy do zarządzania dokumentacją medyczną.

Wykorzystanie technologii blockchain zapewnia trwałość, bezpieczeństwo i integralność danych. Każdy wpis jest chroniony przed zmianą i nieautoryzowanym dostępem. Decentralizacja zapewnia, że żadna pojedyncza jednostka nie ma kontroli nad całością danych, co zwiększa odporność systemu na ataki i awarie.

Funkcje platformy:

- **Dostęp dla pacjentów**
 - Możliwość przeglądania i zarządzania własną dokumentacją medyczną w jednym miejscu.
 - Integracja z różnymi systemami publicznymi i prywatnymi za pomocą API.
 - Możliwość dodawania dokumentów i notatek własnego autorstwa.
- **Dostęp dla dostawców usług medycznych**
 - Możliwość przeglądania dokumentacji pacjenta po otrzymaniu odpowiednich uprawnień.
 - Mechanizmy do szybkiego dzielenia się ważnymi danymi klinicznymi między różnymi placówkami.
- **Standardy bezpieczeństwa**
 - Autoryzacja wielopoziomowa i szyfrowanie danych.
 - Zgodność z obowiązującymi regulacjami, takimi jak GDPR (z ang. [General Data Protection Regulation](#)) czy HIPAA. (z ang. [Health Insurance Portability and Accountability Act](#))
- **Architektura systemu**
 - **Warstwa Blockchain.** Podstawa dla przechowywania zaszyfrowanych rekordów medycznych.
 - **Warstwa API.** Umożliwia integrację z istniejącymi systemami medycznymi.
 - **Interfejs użytkownika.** Intuicyjne środowisko dla pacjentów i dostawców usług medycznych.

Rozwiązanie oferowane przez polską firmę ma potencjał, aby zrewolucjonizować zarządzanie dokumentacją medyczną przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa, dostępności i integralności danych, które jest obecnie trudny do osiągnięcia. Wykorzystując technologię blockchain, możemy stworzyć system, który będzie korzystny zarówno dla pacjentów, jak i dla profesjonalistów medycznych. To rozwiązanie może również stanowić komplementarną usługę w kontekście wymagań *European Health Data Space* i oczekiwań jakie stawia Komisja Europejska przed każdym z krajów członkowskich odnośnie europejskiej przestrzeni danych dotyczących zdrowia.

Inicjatywy i zagadnienia horyzontalne

Wstęp

Niewątpliwe korzyści, które Internet Rzeczy (IoT) mógłby przynieść polskiej gospodarce w połączeniu z innymi technologiami niezbędnymi dla rozwoju inteligentnych rozwiązań i objętych programem SMART, zostały opisane w rozdziałach powyżej. Mówiąc o „innych technologiach” mamy na myśli przede wszystkim paletę technik i narzędzi AI, oraz nowoczesną infrastrukturę dla świadczenia usług cyfrowych usług i zarządzania danymi, w różnych modelach, od centralizacji w publicznych platformach chmurowych po modele peer-to-peer i przetwarzanie brzegowe.

Rozwój infrastruktury na potrzeby Internetu Rzeczy wymaga wsparcia rynkowego i regulacyjnego, z poszanowaniem zasady neutralności technologicznej. Poniższe obszary zagadnień mają znaczenie praktycznie dla wszystkich wertykalnych obszarów programu SMART. Zaniedbania i opóźnienia w poniższych obszarach będą hamować rozwój całego programu, natomiast skuteczna i sprawna realizacja wskazanych inicjatyw może być dźwignią rozwojową, która wspiera realizację szczegółowych celów „branżowych”.

Rozwój krajowego systemu wsparcia innowacji

Produkty inteligentne i nisze innowacji

Jeden z dwóch podstawowych rezultatów programu to powstawanie w ważnych dla gospodarki „niszach innowacji” nowych produktów inteligentnych. „Nisze innowacji” to po prostu przecięcie wyzwań rozwojowych obszarów oraz potencjalnych inteligentnych rozwiązań, które są odpowiedzią na te wyzwania. Przykładem może być np. budowa i wdrażanie systemów autonomicznej intralogistyki, które są skalowanymi produktami (roboty mobilne, wraz z nawigacją i systemem zarządzania operacjami transportowymi).

Postulowane działania i inicjatywy programu

Nisze innowacji powinny być podstawą dla sformułowania celowych programów inwestycyjnych realizowanych przez instytucje i podmioty, które tworzą system wsparcia innowacji Państwa. Jego centrum to mechanizmy finansowania transferu technologii, rozwoju i wdrażania innowacyjnych produktów i usług. Celem programu powinno być doprowadzenie do zaadresowania zdefiniowanych wyzwań rozwojowych i wykreowanie co najmniej jednego podmiotu, który jest w pierwszej trójce europejskich liderów w danej klasie

inteligentnych rozwiązań (np. dostawców systemów wspierających autonomiczną nawigację pojazdów).

W ramach wdrażania programu opartego o koncepcję opisaną w niniejszym studium potrzebne są następujące działania:

- Identyfikacja nisz innowacji, ich priorytetyzacja i wybór najważniejszych elementów programu transformacji gospodarczej SMART.
- Określenie zapotrzebowania kapitałowego na realizację zadań w poszczególnych niszach i powołanie programu inwestycyjnego bazującego na środkach PFR, inwestycjach prywatnych w ramach KFK i środkach alokowanych do nisz przez fundusze korporacyjne spółek SP (Enterprise VC), środki unijne dla badań i rozwoju w dyspozycji PARP, NCBiR, oraz fundusz AI.
- Uzgodnienie strategii inwestycyjnych, które zapewniają rozdzielenie kapitału na minimalnym oczekiwanym poziomie dla poszczególnych nisz innowacji oraz elastyczne reagowanie na zdarzenia związane z rozwojem finansowanych projektów.
- Zapewnienie programu umiędzynarodowienia produktów poprzez współfinansowanie planów ekspansji obejmujących tworzenie przyczółków biznesowych (ośrodki demonstracyjne, zespoły rozwoju biznesu, marketing i PR) na kluczowych rynkach dla produktów o długich cyklach sprzedaży, wymagających budowy marki, ale też i prowadzących do długofalowych relacji biznesowych.

Zarządzanie i operacjonalizacja programu SMART

Program SMART wymaga skutecznych mechanizmów koordynacji i monitorowania.

Powinien być powierzony podmiotom, które mają wiedzę i zasoby pozwalające na jego skuteczną realizację. W tym celu warto rozważyć przeprowadzenie konkursu na realizację komponentów programu transformacji SMART przez działające w Polsce europejskie centra innowacji cyfrowych (European Digital Innovation Hubs) i inne jednostki z odpowiednimi kwalifikacjami merytorycznymi i ekosystemami partnerskie. Zlecanymi komponentami mogą być grupy nisz innowacji (np. rozwiązania łączące AI z Internetem Rzeczy dla budownictwa, realizujące cele określone dla danej niszy).

Do sformułowania, koordynacji i monitorowania programu niezbędne jest utworzenie zespołu o charakterze międzysektorowym, aby zapewnić wsparcie i zaangażowanie wszystkich istotnych interesariuszy związanych z politykami rozwoju gospodarki i technologii. Zespół umocowany na poziomie KPRM, na wzór KRMC mógłby realnie wziąć odpowiedzialność i zapewnić sprawczość w realizacji wszystkich elementów programu, takich jak:

- Zdefiniowanie programu i priorytetów dla nisz innowacji.
- Stworzenie planu wykorzystania nisz innowacji dla Polski jako lidera w wybranych niszach inteligentnych rozwiązań.
- Sformułowanie wymagań dla jednostek, którym powierzona zostanie realizacja programu (inkubacja, akceleracja, pozyskanie inwestorów i partnerów wdrożeniowych. umiędzynarodowienie i skalowanie) oraz przeprowadzenie konkursu na jednostki odpowiedzialne za realizację programu.
- Uruchomienie i bieżące monitorowanie oraz korygowanie realizacji celów programu, które obejmuje selekcjonowanie i promowanie rozwiązań zarówno w biznesie jak i nauce. To między innymi w tych dziedzinach Polska aspiruje na pozycję lidera w rozwiązaniach AI+. W ramach monitorowania realizacji programu zespół zapewni identyfikację i promowanie dobrych praktyk komercjalizacji i budowy rozwiązań AI+ zgodnie z zasadami odpowiedzialnej inżynierii AI.

Rozwój sieci 5G/6G

Kluczowe cechy sieci nowych generacji

Sieci 5G i przyszłe sieci 6G mają ogromne znaczenie dla rozwoju usług IoT. Obszernie opisaliśmy ten fakt w pierwszym raporcie Grupy Roboczej ds. Internetu Rzeczy [„IoT w polskiej gospodarce”](#). Warto przypomnieć podstawowe, istotne dla IoT cechy nowych generacji sieci:

- **Szybkość i niskie opóźnienia.** Sieci 5G i 6G oferują znacznie wyższą przepustowość i znacznie niższe opóźnienia w porównaniu do poprzednich generacji sieci komórkowych. Dla IoT oznacza to możliwość przesyłania i odbierania danych w czasie rzeczywistym, co jest kluczowe dla aplikacji wymagających natychmiastowej reakcji, takich jak inteligentne miasta, pojazdy autonomiczne i systemy zdalnego monitoringu.
- **Obsługa większej liczby urządzeń.** Sieci 5G i 6G w porównaniu do poprzednich generacji sieci komórkowych są bardziej skalowalne i mogą obsługiwać jednocześnie

znacznie większą liczbę urządzeń IoT. To bardzo istotne w kontekście rozwoju IoT. Przewiduje się, że w przyszłości będą działać miliardy urządzeń IoT, a te sieci umożliwią ich efektywne zarządzanie.

- **Niskie zużycie energii.** Nowe sieci mobilne są projektowane z myślą o minimalnym zużyciu energii, co jest kluczowe dla urządzeń IoT, które często działają na bateriach. Dzięki temu urządzenia IoT będą mogły działać dłużej na jednym naładowaniu baterii.
- **Bezpieczeństwo.** Sieci 5G i 6G oferują wyższy poziom bezpieczeństwa w porównaniu do poprzednich generacji. To ważne, ponieważ IoT obejmuje wiele urządzeń, które mogą być potencjalnie narażone na ataki hakerów. Wyższe standardy bezpieczeństwa pomagają chronić dane przesyłane między urządzeniami IoT oraz infrastrukturą sieciową.
- **Nowe możliwości komunikacji.** Sieci 6G, które są w fazie badań i rozwoju, mogą wprowadzić jeszcze bardziej zaawansowane możliwości komunikacji, takie jak komunikacja przez fale milimetrowe. To może zwiększyć przepustowość i dokładność lokalizacji. Otwiera także nowe perspektywy dla bardziej zaawansowanych zastosowań IoT, takich jak rozszerzona rzeczywistość (z ang. *augmented reality*, AR), telemedycyna i zaawansowane systemy monitorowania.
- **Globalne pokrycie.** W miarę rozwoju sieci 5G i 6G można spodziewać się ich globalnego zasięgu. To oznacza, że usługi IoT będą mogły działać na szeroką skalę, niezależnie od lokalizacji urządzeń. Istotnym elementem jest tutaj wykorzystanie inicjatyw „New Space”.
- **Komplementarność.** Sieci 5G i 6G można z powodzeniem łączyć z wykorzystaniem innych standardów, takich jak np. LoRa i Sigfox.

Open RAN

Inicjatywa Open RAN (z ang. *Open Radio Access Network*) ma duże znaczenie w kontekście rozwoju usług IoT w sieciach 5G i przyszłych 6G. Open RAN to podejście do budowy infrastruktury sieci radiowej, które opiera się na otwartych standardach i programowalności.

Inicjatywa Open RAN dla IoT to:

- **Większa elastyczność.** Open RAN umożliwia dostawcom usług telekomunikacyjnych wybór różnych dostawców sprzętu i oprogramowania, co zwiększa elastyczność i konkurencyjność rynku. To może prowadzić do obniżenia kosztów budowy i zarządzania infrastrukturą sieciową, co jest istotne w przypadku dużych wdrożeń IoT.
- **Dostosowanie do potrzeb IoT:** Open RAN pozwala na dostosowanie sieci radiowej do konkretnych wymagań związanych z IoT. Różne rodzaje urządzeń IoT mogą wymagać różnych parametrów transmisji, a Open RAN umożliwia dostosowanie sieci do tych potrzeb.
- **Wsparcie dla różnych technologii IoT.** IoT wykorzystuje różne technologie komunikacyjne, takie jak Narrowband IoT (NB-IoT), LTE-M czy 5G NR (z ang. New Radio). Open RAN może integrować te różne technologie w jednej sieci, co ułatwia zarządzanie i rozwijanie różnych rodzajów urządzeń IoT.
- **Skalowalność.** Infrastruktura Open RAN jest bardziej skalowalna. Oznacza to, że można ją łatwo rozbudowywać w miarę wzrostu liczby urządzeń IoT i zapotrzebowania na przepustowość sieciową.
- **Innowacje i rozwój.** Open RAN stwarza środowisko sprzyjające innowacjom. Dzięki otwartej naturze tego podejścia, różni dostawcy mogą wprowadzać nowe rozwiązania funkcje, co przyspiesza rozwój nowych usług IoT.
- **Zwiększona konkurencja.** Konkurencja między dostawcami sprzętu i oprogramowania w ramach Open RAN może prowadzić do niższych kosztów i większej różnorodności oferty dla operatorów sieci telekomunikacyjnych, co przekłada się na korzyści dla klientów IoT.

W rezultacie inicjatywa Open RAN pomaga stworzyć bardziej otwarte, elastyczne i innowacyjne środowisko dla rozwoju usług IoT w sieciach 5G i 6G. Dzięki temu IoT może wykorzystywać pełny potencjał tych zaawansowanych sieci komórkowych, a w warstwie aplikacji Open RAN z łatwością można połączyć w system hybrydowy wspierający inne technologie radiowe (jak Sigfox czy LoRAWAN) i zapewnić tym samym olbrzymią elastyczność oraz dostęp do rozwiązań praktycznie „od ręki”.

Wykorzystanie technologii i inicjatyw „new space” do budowy orbitalnej infrastruktury dla IoT

Rozwój technologii kosmicznych, zdynamizowany przez “New Space”, czyli komercyjne, prywatne inicjatywy kosmiczne, może znacząco przyczynić się do upowszechnienia i rozwoju technologii 6G i przyspieszyć globalne pokrycie siecią. Sztuczne satelity nowej generacji mogą zapewnić globalny zasięg 6G, szczególnie w trudno dostępnych miejscach, gdzie infrastruktura naziemna jest ograniczona. Technologie kosmiczne mają z punktu widzenia potrzeb IoT szereg ciekawych właściwości:

- **Niezawodność i szybkość.** Sieci 6G będą wymagały ultraszybkiej komunikacji, co satelity mogą wspierać poprzez przesyłanie danych na duże odległości z minimalnym opóźnieniem. Jest to szczególnie istotne w przypadku zastosowań takich jak autonomiczne pojazdy naziemne i powietrzne, gdzie niezawodność i działanie w czasie rzeczywistym są fundamentalnie ważne.
- **Integracja IoT.** New Space umożliwi masowe połączenia urządzeń w skali globalnej, wspierając 6G w integracji zaawansowanych systemów IoT, które będą wymagały szybszych i bardziej efektywnych połączeń.
- **Przetwarzanie danych w chmurze kosmicznej.** Dzięki wykorzystaniu satelitów możliwe będzie przetwarzanie danych bezpośrednio w kosmosie, co odciąży naziemną infrastrukturę 6G i zwiększy jej efektywność.
- W Europie istnieje kilka inicjatyw, które realizują pomysły związane z wykorzystaniem przestrzeni kosmicznej do wspierania rozwoju technologii 6G dla Internetu Rzeczy.
- **European Space Agency (ESA) – ESA** prowadzi projekty związane z satelitarną łącznością nowej generacji, wspierając rozwój technologii, które mogą mieć zastosowanie w przyszłych sieciach 6G. Współpracuje również z partnerami komercyjnymi, aby rozwijać satelitarne systemy komunikacji.

Horizon Europe – Program badawczo-innowacyjny Unii Europejskiej wspiera wiele projektów związanych z telekomunikacją i technologiami kosmicznymi. Jednym z obszarów zainteresowania jest rozwój technologii 6G, w tym badania nad integracją systemów satelitarnych z naziemnymi sieciami komunikacyjnymi.

European Quantum Communication Infrastructure (EuroQCI). Choć głównie koncentruje się na komunikacji kwantowej, projekt ten jest częścią szerszej strategii Unii Europejskiej w zakresie łączności. EuroQCI ma na celu zapewnienie bezpiecznej i superszybkiej komunikacji za pośrednictwem satelitów, co może mieć zastosowanie w przyszłych sieciach 6G.

OneWeb. Choć to głównie brytyjska firma, działa w ścisłej współpracy z europejskimi partnerami i agencjami. OneWeb buduje konstelację niskoorbitalnych satelitów, które mogą być kluczowym elementem infrastruktury wspierającej globalne pokrycie siecią 6G.

6G-IA (6G Infrastructure Association). Stowarzyszenie 6G-IA w ramach projektu Hexa-X, finansowanego przez Komisję Europejską bada różne aspekty sieci 6G, w tym integrację satelitów z naziemną infrastrukturą. Hexa-X to europejska inicjatywa mająca na celu stworzenie podstaw dla sieci 6G, z naciskiem na łączność kosmiczną i innowacyjne technologie.

W skrócie, sieci 5G i przyszłe sieci 6G przyczyniają się do przekształcenia IoT, umożliwiając bardziej zaawansowane, skalowalne i szybkie aplikacje. Dzięki nim IoT może stać się kluczowym elementem rozwoju inteligentnych miast, Przemysłu 4.0, zdrowia cyfrowego i wielu innych dziedzin na potrzeby zastosowań wymagających łączności szerokopasmowej.

Postulowane działania i inicjatywy programu

Rozwój technologii 5G w Polsce wymaga zarówno działań rynkowych, jak i regulacyjnych. Kluczowe inicjatywy i działania regulacyjne dla rozwoju 5G w Polsce obejmują:

- Zasady inwestycji i budowy infrastruktury. Polska potrzebuje zachęcających regulacji, które umożliwią operatorom budowę infrastruktury 5G, w tym stacji bazowych i sieci światłowodowych. To jest istotne, aby zapewnić dostępność sieci na obszarach wiejskich i miejskich. Powinny one być wypracowywane we współpracy z samorządami, aby zachęcać do współpracy między operatorami a samorządami i ułatwić rozmieszczanie infrastruktury. Regulacje mogą dążyć do uproszczenia procedur i przyspieszenia procesów związanych z uzyskiwaniem zezwoleń na budowę stacji bazowych i sieci 5G.
- Bezpieczeństwo i ochrona danych: Wdrażanie 5G wymaga odpowiednich środków bezpieczeństwa i ochrony danych, zwłaszcza w przypadku zastosowań krytycznych, takich jak IoT w sektorze zdrowia czy przemysłu. Działania regulacyjne powinny uwzględniać te kwestie.

- Edukacja i świadomość społeczna. Dla sukcesu technologii 5G ważna jest edukacja społeczeństwa i budowanie świadomości na temat korzyści i wyzwań z nią związanych. Regulacje mogą wspierać programy edukacyjne i informacyjne i przeciwstawiać się nienaukowym tezom szerzonym przez organizacje przeciwników rozwoju komunikacji wykorzystującej promieniowanie elektromagnetyczne.

Kluczowe inicjatywy i działania regulacyjne muszą wspierać rozwijającą się infrastrukturę 5G, promować inwestycje w tę technologię oraz dbać o bezpieczeństwo i prywatność danych użytkowników. Wszystko to umożliwi pełne wykorzystanie potencjału 5G w Polsce.

Technologie sieciowe dedykowane dla IoT

Charakterystyka

Rozwój Internetu Rzeczy w Polsce powinien łączyć się z technologiami dedykowanymi IoT oraz komunikacją między urządzeniami (z ang. *Machine to Machine*, M2M). Technologie te charakteryzują się niskim zużyciem energii oraz niskim kosztem wdrożenia i są idealne dla rozwiązań niewymagających transmisji szerokopasmowej (LoRa, Sigfox). Na potrzeby IoT można z powodzeniem zastosować popularne już technologie, takie jak ZigBee, Wi-Fi, Bluetooth, RFID, NFC. Szczególnie w przypadku rozwiązań, których czujniki/ terminale nie muszą się przemieszczać na duże odległości. Kwestie z tym związane były szeroko omawiane we wspomnianym już wcześniej raporcie „IoT w polskiej gospodarce” z 2019 roku wraz z konkretnymi przykładami zastosowań, w których takie standardy zostały wykorzystane. Przykłady dotyczyły obszarów takich jak: inteligentne miasta, inteligentne opomiarowanie, rolnictwo i ochrona środowiska.

Raport wskazywał z jednej strony na dużą różnorodność urządzeń, które zapewniają łączność realizowaną za pośrednictwem różnych protokołów w paśmie nielicencjonowanym, takich jak: LoRa, Sigfox, ZigBee, Wi-Fi, RFID, NFC i Bluetooth 4.0. Warto w tym miejscu przypomnieć krótką charakterystykę najważniejszych z nich:

- **LoRaWAN**

LoRaWAN jest standardem otwartym rozwijanym przez konsorcjum „LoRa Alliance”. Jest to standard w pasmach ISM poniżej 1 GHz. W Europie system ten pracuje w paśmie 433 lub 868 MHz. Podobnie jak NB-IoT wdrażany przez operatorów mobilnych jest standardem dla sieci typu LPWAN. Jest on nastawiony na transmisję małych porcji danych od urządzeń końcowych. Standard ten oferuje przepływności niższe niż NB-IoT, także z rzadszą możliwością połączeń i niższą gwarancją, co spowodowane jest

wymaganiami dla pasm ISM. Zastosowania LoRAWAN są w zdecydowanej większości takie same jak NB-IoT, dlatego wprost można rozważać ten standard jako konkurencyjny wobec NB-IoT w zastosowaniach niewymagających wysokiej gwarancji zasobów.

Specyfikacja LoRaWAN nastawiona jest na proste rozwiązania radiowe, które umożliwiają znaczne obniżenie kosztów produkcji samych modułów radiowych. Dłuższy rozwój w porównaniu do komórkowych odpowiedników skutkuje w chwili obecnej znacznie niższymi kosztami modułów radiowych. Standard w zależności od opracowań zapewnia budżet łącza od 10 do 20 dB wyższy niż technologie komórkowe (2G/4G), czyli podobnie jak NB-IoT i CaT-M. Niski jest również koszt stworzenia sieci, ponieważ LoRa wykorzystuje pasmo nielicencjonowane, niskie są także koszty ustanowienia stacji bazowej.

Sieci LoRaWAN mogą być tworzone przez organizacje non-profit, małych operatorów oraz użytkowników prywatnych (przykład Helium Network na podstawie ogólnie dostępnych urządzeń, podobnie jak ma się to w przypadku standardu Wi-Fi. Standard LoRa stosują jednak przede wszystkim mniejsi operatorzy telekomunikacyjni, którzy świadczą z jego wykorzystaniem komercyjne usługi. Aktualnie w Polsce sieci LoRaWAN są wykorzystywane najszerzej na potrzeby odczytu wodomierzy, stacji pogodowych czy monitoringu miejsc parkingowych.

- **SigFox**

SigFox jest standardem dla sieci typu LPWAN. Jest to standard częściowo zamknięty, dopiero 13 stycznia 2019 roku, otwarto radiową część standardu pozwalającą na tworzenie własnych implementacji urządzeń końcowych. Właściciel standardu buduje własne sieci dostępne samodzielnie lub na zasadzie partnerstwa z lokalnymi operatorami. W Polsce sieci SigFox nie są jeszcze dostępne, chociaż według doniesień medialnych firma jest zainteresowana wejściem na rynek polski w najbliższym czasie.

Standard ten pracuje na paśmie ISM 868 MHz. SigFox bazuje na bardzo krótkich wiadomościach. Użyteczna porcja danych, która może zostać przesłana w ramach jednej wiadomości to tylko 12 oktetów. Z wszystkich opisanych w tym rozdziale standardów bezprzewodowych jest to standard o najmniejszych możliwościach transmisyjnych. Zastosowanie SigFox to przede wszystkim bardzo proste urządzenia typu czujniki, czy też tagi geolokalizacyjne.

- **Inne**

Standardy krótkozasięgowe takie jak: Bluetooth, ZigBee oraz inne, traktowane są przez branżę telekomunikacyjną jako standardy dedykowane pod konkretne systemy czy produkty (np. rozwiązania typu Smart Home czy beacons, czyli sensory marketingowe często umieszczone w przestrzeniach komercyjnych do komunikacji z potencjalnymi klientami) i w głównej mierze o lokalnym zasięgu.

Według [danych portalu Exactitude](#) udział technologii LoRaWAN w globalnym rynku w 2022 roku wynosił 37, zaś SigFox odpowiednio 22%. Warto podkreślić, że udział LoRaWAN przekroczył udział technologii NB-IoT (32%) zaś łączny udział LoRaWAN, Sigfox i innych technologii LPWAN jest ponad dwukrotnie większy od NB-IoT. Tak więc w perspektywie globalnej rozwiązania dedykowane rozwiązaniom IoT, takie jak LoRaWAN i SigFox, charakteryzują się dużym potencjałem wzrostu.

Źr. Exactitude, LPWAN Market Analysis, 2023,
<https://exactitudeconsultancy.com/reports/32172/lpwan-market>

W Polsce skala wdrożenia technologii dedykowanych rozwiązaniom IoT jest na względnie niskim poziomie. Wynika to z początkowego stadium rozwoju takich rozwiązań w naszym kraju. Istnieje jednak grono dostawców oferujących technologię LoRaWAN, w tym współpracujących w ramach sojuszu LoRa Alliance. Według informacji Krajowej Izby Komunikacji Ethernetowej należą do nich zarówno duzi gracze tacy jak Orange, Emitel, Bosch jak i podmioty MŚP takie jak Projekt Mdl należący do grupy MIŚOT.

Działanie na rzecz szybszej adopcji technologii nielicencjonowanych jest istotnym elementem zapewnienia neutralności technologicznej oraz konkurencyjnego rynku urządzeń i usług infrastruktury Internetu Rzeczy w Polsce.

Dlaczego to jest ważne

O Internecie Rzeczy nie bez kozery mówi się jako Internecie Wszechrzeczy. Oferowanie i rozwijanie tanich standardów dedykowanych rozwiązaniom IoT, operujących w pasmach nielicencjonowanych, takich jak LoRa (z ang. *Long Range*), w kontekście mnogości zastosowań IoT i potrzeb użytkowników końcowych, jest ważne z kilku powodów:

- **Różnorodność zastosowań.** LoRa i podobne technologie są projektowane do zastosowań, w których wymagane jest długodystansowe połączenie i niskie zużycie energii, a niekoniecznie wysokie przepustowości. To idealnie nadaje się do IoT, gdzie urządzenia często muszą przesyłać niewielkie ilości danych przez długie okresy

na baterii. W szczególności rozwiązania nielicencjonowane są w dużej mierze skoncentrowane na potrzebach i wymaganiach związanych z telemetrią, co jest istotnym zagadnieniem w wielu rozwiązaniach wykorzystujących dane z rozproszonych, aktywnych urządzeń.

- **Dekoncentracja i odporność sieci.** Rozwój i wdrożenie różnorodnych technologii komunikacyjnych sprzyja dekoncentracji infrastruktury sieciowej, co może zwiększyć jej odporność na awarie i ataki, a także ograniczyć monopolistyczne tendencje na rynku telekomunikacyjnym.
- **Zasięg i penetracja.** Technologie takie jak LoRa mogą oferować lepszy zasięg i penetrację w trudnych warunkach, np. w środowiskach miejskich z wieloma przeszkodami lub na obszarach wiejskich, gdzie budowa infrastruktury dla 5G/6G może być nieekonomiczna.
- **Niski koszt.** Urządzenia wykorzystujące technologie nielicencjonowane jak LoRa (zarówno urządzenia końcowe, jak i stacje bazowe) są często tańsze w produkcji i wdrożeniu niż te oparte na standardach wymagających licencji, takich jak 5G/6G. To sprawia, że są one bardziej dostępne dla szerokiego zakresu zastosowań i użytkowników.
- **Komplementarność technologii.** LoRa i podobne technologie można z powodzeniem łączyć z wykorzystaniem innych standardów, takich jak 5G i 6G, oferując skrojone na miarę hybrydowe rozwiązania dla specyficznych potrzeb. Na przykład, mogą one zapewniać backupowe kanały komunikacyjne dla krytycznych aplikacji w przypadku awarii sieci głównej.
- **Otwartość i innowacje.** Technologie nielicencjonowane często są rozwijane i wdrażane w ramach otwartych standardów. To sprzyja innowacjom i współpracy między różnymi podmiotami i umożliwia szybsze dostosowanie do zmieniających się potrzeb użytkowników i rynku.
- **Globalne pokrycie.** Trwają prace nad stworzeniem globalnej sieci Helium w oparciu o standard LoRa. W miarę rozwoju sieci LoRaWAN usługi IoT będą mogły działać na szeroką skalę, niezależnie od lokalizacji urządzeń.

Rozwijanie technologii dedykowanych rozwiązaniom IoT jest kluczowe dla stworzenia zrównoważonej, elastycznej i przystępnej cenowo globalnej infrastruktury komunikacyjnej M2M, która może sprostać różnorodnym i dynamicznie zmieniającym się potrzebom społeczeństwa i gospodarki. Co ważne, z perspektywy użytkownika najważniejszy element

to dane (podgląd do monitorowanych parametrów). Można zatem założyć, że technologie „nielicencjonowane” będą uzupełniały „licencjonowane” i będą działały wspólnie w ramach rozwiązań hybrydowych, zapewniając odbiorcom maksimum korzyści i wartości.

Postulowane działania

Autorzy raportu „[IoT w polskiej gospodarce](#)” z 2019 roku wskazywali, że technologie IoT, jak LoRa lub Sigfox, wymagają inwestycji prywatnych podmiotów w rozwój infrastruktury, a do takiej decyzji może skłonić wyłącznie portfolio długoterminowych i wolumenowych kontraktów. W 2024 roku upowszechnienie tych rozwiązań dalej pozostaje wyzwaniem. Dla zastosowań masowych w aglomeracjach miejskich, rozległej infrastrukturze energetycznej, wodociągowej, czy w dużych gospodarstwach rolnych istotnym zagadnieniem jest zdolność do zapewnienia odpowiedniej podaży urządzeń oraz profesjonalnych usług wspierających wdrożenie i eksploatację. Bez stymulacji popytowej te kosztochłonne elementy (skalowanie produkcji i obsługi klientów) będą rozwijać się wolno.

Tym samym zasadna pozostaje teza, o kluczowej roli przedsiębiorstw Skarbu Państwa. Szczególnie tych o zasięgu ogólnokrajowym, realizujących projekty inwestycyjne IoT, dla kreowania konkurencyjnego rynku rozwiązań IoT. Państwo powinno zadbać, aby specyfikacje wymagań dotyczące urządzeń i standardów sieciowych, w praktyce zakupowej spółek z udziałem Skarbu Państwa, nie wykluczały dostawców rozwiązań alternatywnych zapewniając neutralność technologiczną, a same wdrożenia skupiały się na rozwiązywaniu problemów czy zaspokajaniu potrzeb.

Tworzenie branżowych zbiorów danych (Data Spaces)

Charakterystyka

Przestrzeń danych (z ang. *Dataspace*) jest elementem cyfrowego ekosystemu, który obejmuje wszystkie komponenty, które generują, przechowują, zarządzają lub wykorzystują dane. Kluczową częścią infrastruktury danych są platformy cyfrowe, charakteryzujące się interoperacyjnością i zapewniające suwerenność danych.

Jest to bezpieczna infrastruktura technologiczna umożliwiająca transakcje między różnymi stronami ekosystemu danych w oparciu o ramy zarządzania przestrzenią danych. Wymiana danych w przestrzeniach powinna zapewniać zgodność z przepisami dotyczącymi danych osobowych, kontroli danych i ich późniejszego wykorzystania. [Wspólne europejskie przestrzenie danych](#) umożliwią wymianę danych z całej UE, zarówno z sektora publicznego,

jak i przedsiębiorstw. Mechanizm zarządzania danymi, obejmuje zestaw zasad administracyjnych i umownych, które określają prawa dostępu, przetwarzania, wykorzystywania i udostępniania danych w sposób godny zaufania, przejrzysty i zgodny z obowiązującymi przepisami. Posiadacze danych mają kontrolę nad tym, kto może mieć dostęp do ich danych, w jakim celu i na jakich warunkach mogą one być wykorzystywane. Dane są udostępniane dobrowolnie i mogą być ponownie wykorzystywane za wynagrodzeniem lub nieodpłatnie, w zależności od decyzji posiadacza danych. W ramach przestrzeni danych możliwe jest otwarte uczestnictwo dowolnej liczby organizacji/osób fizycznych przy pełnym poszanowaniu zasad konkurencji i zapewnieniu wszystkim uczestnikom niedyskryminującego dostępu.

W ramach projektów UE powstają mechanizmy ułatwiające ponowne wykorzystanie niektórych danych sektora publicznego, które nie mogą zostać udostępnione jako otwarte dane. Na przykład ponowne wykorzystanie danych dotyczących zdrowia mogłoby przyspieszyć badania mające na celu znalezienie leków na rzadkie lub przewlekłe choroby. Pośrednicy danych będą funkcjonowali jako godni zaufania organizatorzy udostępniania lub gromadzenia danych w ramach wspólnych europejskich przestrzeni danych.

Na poziomie EU tworzone są europejskie przestrzenie danych w takich obszarach jak:

- **Przemysłowa przestrzeń danych** wspierająca konkurencyjność i wydajność przemysłu UE.
- **Przestrzeń danych Zielonego Ładu**, wsparcia priorytetowych działań Zielonego Ładu w kwestiach takich jak zmiana klimatu, gospodarka o obiegu zamkniętym, zanieczyszczenie, różnorodność biologiczna i wylesianie.
- **Przestrzeń danych dotyczących mobilności** – wsparcie rozwoju inteligentnego systemu transportowego.
- **Przestrzeń danych dotyczących zdrowia** niezbędna do postępów w zapobieganiu, wykrywaniu i leczeniu chorób,
- **Przestrzeń danych finansowych**, aby stymulować innowacje, przejrzystość rynku, zrównoważone finansowanie, a także dostęp do finansowania dla europejskich przedsiębiorstw i bardziej zintegrowany rynek.
- **Przestrzeń danych dotyczących energii**, aby promować większą dostępność i międzysektorowe udostępnianie danych w sposób zorientowany na klienta, bezpieczny i godny zaufania.

- **Przestrzeń danych rolnictwa**, aby poprawić wyniki zrównoważonego rozwoju i konkurencyjność sektora rolnego poprzez przetwarzanie i analizę danych.
- **Przestrzenie danych dla administracji publicznej** w celu poprawy przejrzystości i rozliczalności wydatków publicznych oraz jakości wydatków, walki z korupcją, zarówno na szczeblu unijnym, jak i krajowym.
- **Przestrzeń danych dotyczących umiejętności.**

W ramach sektorowych przestrzeni danych uzgadniane są standardy opisu i dostępu do danych. W założeniu przestrzeni danych, duże ilości danych nie są przesyłane pomiędzy uczestnikami, nie są też gromadzone w ramach jednego repozytorium operacyjnego danych źródłowych (*data lake*). Każdy uczestnik przestrzeni danych udostępnia łącznik (z ang. *connector*), który zapewnia dostęp do danych. Użytkownicy przestrzeni danych mogą uruchamiać algorytmy na udostępnionych danych na poziomie łącznika.

Cyberbezpieczeństwo

Zalecamy kontynuowanie działań opracowanych w dokumencie „Strategia Cyberbezpieczeństwa Rzeczypospolitej Polskiej na lata 2019-2024” oraz opracowanie w 2025 roku nowej strategii na kolejne pięć lat. Kwestie cyberbezpieczeństwa wymagają nowelizacji zapisów Krajowego Systemu Cyberbezpieczeństwa oraz wdrożenia NIS2, CRA (Cyber Resilience Act) czy DORA. Przy wdrażaniu wyżej wymienionych aktów należy zapewnić zgodność polskiego prawa z unijnym oraz unikać nadregulacji (ang. *goldplating*). Przy tym stawiać na certyfikację i akredytację podmiotów i systemów tworzących krajowy system cyberbezpieczeństwa na przesłankach merytorycznych, które są oparte na faktach.

Znaczenie przestrzeni dla gospodarki

Przy wykładniczym wzroście ilości generowanych danych, dostępność danych o wysokiej jakości jest jednym z głównych dźwigni innowacji, wzrostu gospodarczego i rozwoju. Kwestia bezpiecznego udostępniania danych ma zasadnicze znaczenie dla rozwoju usług cyfrowych, w szczególności tych opartych o sztuczną inteligencję.

Przestrzenie danych są alternatywą dla monolitycznych platform. Tworzą nowe modele współpracy biznesowej pomiędzy różnymi ich uczestnikami.

Postulowane działania i inicjatywy programu

Zaangażowanie polskich podmiotów w tworzenie i wdrażanie inicjatyw przestrzeni danych (z ang. *Data Spaces*).

Inicjatywa służy uzyskaniu wpływu na kształt inicjatyw *Data Spaces* oraz zapewnieniu szybkiego transferu wiedzy do interesariuszy tych inicjatyw w Polsce. Obejmuje następujące zagadnienia:

- Synchronizację działań i mobilizacji polskich instytucji i firm do udziału w inicjatywach *Data Spaces* na poziomie krajowym i europejskim.
- Stymulację tworzenia branżowych przestrzeni danych na poziomie krajowym poprzez promocję dobrych praktyk (przede wszystkim dla kluczowych branż takich jak zdrowie, energia) i korzyści wynikających z udostępniania danych, wsparcie projektów związanych z tworzeniem kluczowych elementów krajowych przestrzeni danych.
- Propagowanie idei udziału polskich podmiotów w globalnych inicjatywach wyznaczających kierunki działania takich jak IDSA.

Wsparcie projektów związanych z współtworzeniem i wykorzystaniem danych w ramach inicjatyw *Data Spaces*

- Dofinansowanie polskich projektów, które rozwijają elementy i oprogramowanie dla przestrzeni danych ze środków rozwojowych (NCBiR, PFR, PARP), jak również udziału polskich instytucji i firm w tworzeniu przestrzeni danych w ramach programów takich jak Cyfrowa Europa jest niezbędne, żeby wzmocnić pozycję polskich podmiotów i wpływ na kierunki rozwoju ekosystemu przestrzeni danych (tworzenie technologii i trendów, a nie tylko użycie). Działanie realizowane poprzez uwzględnienie obszaru *Data Spaces* w priorytetach konkursów na dofinansowanie projektów.
- Finansowanie instytucji zajmujących się zaufanym pośrednictwem danych (w szczególności dla danych sektora publicznego) ze względu na ograniczenia wynikające z [Aktu w sprawie zarządzania danymi](#) i ograniczenie modeli biznesowych.
- Aktywności mające na celu udostępnianie danych otwartych (na przykład na data.gov.pl) z zapewnieniem interoperacyjności minimum na poziomie przynajmniej średniozaawansowanym (możliwość odczytu maszynowego - interoperacyjność interfejsu), promujące interoperacyjność zaawansowaną (modele danych-

interoperacyjność składniowa tj. ustrukturyzowane interfejsy API) lub pełną (wspólne ontologie, słowniki, interoperacyjność semantyczna).

Związki z kluczowymi działaniami Ministerstwa Cyfryzacji

Specyfika inteligentnych rozwiązań sprawia, że program SMART wymaga zaadresowania wielu zagadnień wykraczających poza ramy tego studium. Należą do nich:

- **Cyberbezpieczeństwo** –rozwiązania inteligentne w naturalny sposób tworzą wyzwania w zakresie cyberbezpieczeństwa. Pierwszy raport zespołu poruszał to zagadnienie stosunkowo szeroko. Stanowi on jednak obszar bardzo intensywnej pracy zespołów Ministerstwa Cyfryzacji. Ich kompetencje i dorobek powinny zostać wykorzystane przy formułowaniu szczegółowych wyzwań dla nisz innowacji, które zostaną wyłonione w procesie przekształcania tego studium w realny program transformacji gospodarki.
- **Odpowiedzialna, godna zaufania i bezpieczna Sztuczna Inteligencja** – to oczywiste, że wszelkie normy, zasady i postulaty etyczne, które staną się częścią regulacji w zakresie AI, będą w naturalny sposób obejmowały także rozwiązania inteligentne. Ich powstanie i rozwój zainicjowałby program SMART. Dokument ten nie zawiera propozycji, które byłyby z nimi sprzeczne, co wynika z poziomu jego ogólności. Dlatego koordynacyjna rola zespołu zarządzającego programem SMART wymagałaby troski o to, aby wszystkie podmioty zaangażowane w formułowanie wymagań związanych z inwestycjami w innowacyjne rozwiązania inteligentne dbały o to, by były one projektowane w sposób odpowiedzialny (*responsible AI by design*).
- **[Polityka dla rozwoju Sztucznej Inteligencji w Polsce od roku 2020 \(Polityka AI\)](#)** – należy zadbać o spójność w aktualizacji tego dokumentu i programu utworzonego na podstawie tego studium. Jeśli zaktualizowana Polityka AI będzie zawierać filar gospodarczy (transformacja gospodarcza, kreowanie polskich produktów AI) wówczas w naturalny sposób program SMART mógłby stanowić uszczegółowienie i operacjonalizację Polityki AI. Wymaga to harmonizacji celów (powinny być spójne lub wręcz tożsame) oraz założeń operacyjnych (np. kształtu systemu wsparcia innowacji, który polityka zapewne powinna zdefiniować), natomiast program SMART wykorzystywał w swoich działaniach.
- **Strategia cyfryzacji państwa** – podobnie jak w przypadku polityki AI, spójność i harmonizacja celów powinna zostać zachowana na poziomie strategii cyfryzacji państwa, która obejmuje zarówno kwestie infrastruktury obliczeniowej, Internetu Rzeczy,

jak i AI. Studium SMART można traktować jako inspirację dla tych komponentów strategii, których celem jest wsparcie modernizacji i rozwoju gospodarki i pomoc w opracowaniu mapy drogowej takiej transformacji. Ewentualny program SMART powinien stanowić mechanizm realizacji określonej tak mapy drogowej, w sposób, który uwzględnia złożoną strukturę interesariuszy programu.

Dalsze kroki

Dokument ten jest propozycją merytorycznych ram dla programu rozwoju przełomowych technologii – przede wszystkim konglomeratu AI, IoT i infrastruktury cyfrowej (dane i sieci).

Wdrożenie jej w realnych działaniach, w których liderem lub istotnym interesariuszem jest Minister Cyfryzacji, powinno odbywać się poprzez włączenie ram SMART do procesu definiowania polityk w zakresie rozwoju technologii przełomowych, w szczególności aktualizowanej polityki AI i polityki rozwoju.

W tym celu proponujemy następujące kroki:

- Przegląd zaproponowanych w dokumencie kierunków i działań branżowych i horyzontalnych oraz zdefiniowanie ich priorytetów i celów w kontekście transformacyjnych celów gospodarczo-społecznych przyjętych przez rząd (np. [celów przyjętych w ramach „cyfrowej dekady 2030”](#)).
- Zdefiniowanie mapy drogowej, która łączy poszczególne priorytety i cele w spójny program rozwoju. Mapa powinna obejmować warstwy przesłanek (*know why*), rezultatów (*know what*) metod realizacji (*know how*), niezbędnych zasobów (*know who*) i horyzontów czasowych (*know when*).
- Zdefiniowane koncepcji właścicielstwa i zarządzania programem, która jest niezbędna dla skutecznej realizacji mapy drogowej. Określenie miejsca w tej strukturze dla gremiów społecznych, takich jak GRAI i Rada do Spraw Cyfryzacji.
- Zdefiniowanie i powołanie projektów realizujących najbliższe cele mapy drogowej.



Komentarze i propozycje działań prosimy kierować na adres: grai@cyfra.gov.pl

**Transformacja Polski dzięki wykorzystaniu
inteligentnych rozwiązań cyfrowych**

Grupa robocza ds. Sztucznej Inteligencji
przy Ministerstwie Cyfryzacji

Warszawa, październik 2024

