

**Mapa rozwoju rynku  
i technologii dla obszaru  
inteligentnych czujników**

Niniejsze opracowanie jest współfinansowane z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego ze środków Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020.

Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości nie ponosi odpowiedzialności za opinie wyrażone w publikacji, które są opiniami autorów i jako takie nie odzwierciedlają stanowiska Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości, ani też nie są dla niej w żaden sposób wiążące.

---

### **Zamawiający**

Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości

### **Wykonawca**

PwC Advisory spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp.k.

---

### **Autorzy**

Rozdziały 2.6 i 3.8 – adwokat, rzecznik patentowy Klaudia Błach-Morysińska

Pozostałe rozdziały – dr hab. inż. Robert Bogdanowicz oraz Zespół Innowacji PwC Polska

### **Współpraca merytoryczna PARP**

Dorota Frączek

Wojciech Sadowiec

Aleksandra Walczyk-Jansson

Copyright by Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, 2022

Niniejsze opracowanie jest rezultatem tzw. Procesu Przedsiębiorczego Odkrywania (PPO), prowadzonego przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii w partnerstwie z Polską Agencją Rozwoju Przedsiębiorczości, w ramach projektu pozakonkursowego pn. *Monitoring Krajowej Inteligentnej Specjalizacji*.

Celem projektu pozakonkursowego jest monitorowanie i aktualizacja obszarów B+R+I priorytetowych dla rozwoju polskiej gospodarki, tzw. Krajowych Inteligentnych Specjalizacji (KIS). Lista tych obszarów ma charakter otwarty i jest aktualizowana stosownie do zachodzących zmian społeczno-gospodarczych.

# Streszczenie

Niniejsze opracowanie stanowi ekspertyzę Business Technology Roadmap (BTR), tj. w przyjętym tłumaczeniu na język polski Mapę rozwoju rynku i technologii, podsumowującą cykl spotkań warsztatowych Smart Lab (SL) z udziałem przedstawicieli przedsiębiorstw, instytucji otoczenia biznesu oraz środowisk naukowych funkcjonujących w obszarze inteligentnych czujników w Polsce. Celem ekspertyzy BTR jest określenie nisz technologicznych w obszarze inteligentnych czujników, które stanowić mogą polskie specjalizacje i przewagi konkurencyjne względem podmiotów funkcjonujących na rynku globalnym. Wnioski płynące ze spotkań warsztatowych zostały pogłębione o wyniki własnych analiz autorów ekspertyzy, co pozwoliło na dokładniejsze oszacowanie potencjału oraz wyzwań dla tego obszaru.

Ekspertyza została sporządzona w ramach projektu pozakonkursowego Monitoring Krajowej Inteligentnej Specjalizacji. Projekt ten realizowany jest wspólnie przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii oraz Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości.

Niniejszy dokument powstawał pomiędzy sierpniem 2021 r. a styczniem 2022 r. W tym czasie przeprowadzono prace przygotowawcze oraz zorganizowano cztery spotkania warsztatowe Smart Lab, który jest jednym z etapów Procesu Przedsiębiorczego Odkrywania. W ramach prac przygotowawczych oraz realizowanych spotkań, przeprowadzono szereg analiz, m.in. raportów rynkowych i publikacji powiązanych z tematem SL, materiałów z konferencji i wydarzeń targowych skupionych wokół analizowanego obszaru, a także korzystano z wiedzy eksperckiej przedstawicieli podmiotów funkcjonujących w obszarze inteligentnych czujników. W trakcie spotkań SL jego uczestnicy dzielili się swoją wiedzą z zespołem ekspertów przy wykorzystaniu różnorodnych technik moderacji dyskusji i pracy, zarówno grupowej, jak i indywidualnej, m.in. z użyciem narzędzi Design Thinking oraz rozwiązań informatycznych dedykowanych współpracy w środowisku online. Kluczowe wnioski płynące z rezultatów prac uczestników spotkań SL zostały poddane krytycznej ocenie i agregacji przez interdyscyplinarny zespół ekspertów PwC pod nadzorem merytorycznym dr hab. inż. Roberta Bogdanowicza.

Efekty tych działań znalazły swoje odzwierciedlenie na kartach sporządzonej ekspertyzy BTR. W dokumencie można wyodrębnić trzy główne sekcje tematyczne. Sekcja pierwsza i druga zawiera wieloaspektową analizę obszaru inteligentnych czujników, odpowiednio w kontekście globalnym i krajowym. Sekcja trzecia obejmuje swym zakresem opis scenariuszy rozwoju ww. obszaru i mapę BTR.

Pojęcie „inteligentne czujniki”, stanowiące nazwę obszaru, wokół którego skupia się niniejsza ekspertyza, jest pojęciem niezwykle szerokim. Nie odnosi się ono do konkretnego rynku, a do szeregu jego różnych sektorów, które funkcjonują w często bardzo odmiennych merytorycznie obszarach. Rozwiązania wpisujące się w obszar inteligentnych czujników obejmują bowiem różnorodne technologie i obszary aplikacyjne, począwszy od zastosowań w sektorze elektroniki użytkowej – np. w systemach tzw. inteligentnych domów, przez sektor Internetu Rzeczy

czy specjalistycznych rozwiązań dedykowanych zastosowaniom przemysłowym (np. w procesach produkcyjnych), aż po technologie medyczne (np. bioczuJNIKI). Niezależnie jednak od wykorzystywanej technologii czy obszaru aplikacji, inteligentne czujniki można interpretować jako szeroki trend, w ramach którego tworzy się rozwiązania łączące kompetencje technologiczne związane z pozyskiwaniem, przetwarzaniem i interpretacją danych. Obserwując obszar rozwiązań określanych jako inteligentne czujniki można stwierdzić, iż obszar ten rozwija się niezwykle dynamicznie, zarówno w skali globalnej, jak i lokalnie – w Polsce. Wpływ na to ma bardzo gwałtowne tempo postępu technologicznego, a także trendy ekonomiczne, środowiskowe i demograficzne – np. w zakresie dążenia do minimalizacji kosztów, wpływu na środowisko i śladu węglowego oraz niedobory wykwalifikowanych specjalistów.

Do głównych trendów warunkujących rozwój obszaru inteligentnych czujników należy zaliczyć m.in. wciąż postępującą cyfryzację przemysłu i rozwój koncepcji Przemysłu 4.0, miniaturyzację, postęp technologiczny w zakresie inżynierii materiałowej lub wzrost mocy obliczeniowej procesorów, które pozwalają na stosowanie czujników w coraz to nowych obszarach czy postęp w zakresie algorytmów sztucznej inteligencji, które powodują, że rozwiązania czujnikowe stają się poniekąd autonomiczne, zapewniając systemom lepsze „rozumowanie” oraz decyzyjność. Nie bez znaczenia są także wyzwania, przed którymi stoi ludzkość, jak ochrona środowiska i poniekąd powiązany z nią rozwój tzw. Smart Cities czy konieczność zapewniania bezpieczeństwa, np. poprzez rozwiązania weryfikujące tożsamość na bazie danych biometrycznych.

Po przeprowadzeniu spotkań warsztatowych i sporządzeniu dodatkowych analiz, wyselekcjonowano cztery scenariusze rozwoju dla obszaru inteligentnych czujników. Stanowią one zagregowane rodziny potencjalnych projektów badawczo-rozwojowych i innowacyjnych, które mogą być realizowane w Polsce. Wyselekcjonowane scenariusze przedstawiają się następująco:

- **Czujniki fotoniczne do zastosowań specjalnych** – scenariusz skupiony wokół technologii fotonicznych do różnorodnych zastosowań. Scenariusz obejmuje projekty z zakresu m.in. zaawansowanej analizy sygnałów optycznych i obrazów dla czujników przestrzennie rozłożonych czy światłowodowych systemów czujnikowych.
- **BioczuJNIKI w medycynie** – scenariusz skupiony wokół technologii do zastosowania w medycynie lub diagnostyce. Scenariusz obejmuje projekty m.in. z zakresu algorytmów klasyfikacyjnych do oznaczania interakcji oraz analizy populacyjnej parametrów fizjologicznych i diagnostycznych czy z zakresu innowacyjnych bioczuJNIKÓW i testów diagnostycznych chorób cywilizacyjnych oraz zatruć.
- **Czujniki dla Przemysłu 4.0 i Robotyzacji** – scenariusz skupiony wokół technologii do zastosowania w procesach produkcyjnych, logistycznych oraz robotyzacji. W ramach scenariusza planowane są m.in. projekty z zakresu czujników dedykowanych zwiększeniu bezpieczeństwa przemysłu 4.0 lub czujników i algorytmów do monitorowania i analizy procesów produkcyjnych.
- **Rozwiązania czujnikowe w monitoringu Smart City, pomiarach środowiskowych i zmian klimatu** – scenariusz obejmujący technologie związane m.in. z monitoringiem klimatu

i środowiska. Scenariusz uwzględnia projekty skupione m.in. wokół systemów czujnikowych dla kontroli jakości powietrza oraz skalibrowanej detekcji gazów niebezpiecznych czy rozwiązania analityczne wykorzystujące sztuczną inteligencję wspierające adaptację do zmian klimatu przy wykorzystaniu czujników środowiskowych.

Wypracowane scenariusze zakładają realizację 687 projektów w okresie najbliższych 8 lat, których budżety opiewają łącznie na kwotę 2,296 mld PLN.

Mając na uwadze zakres merytoryczny samego obszaru inteligentnych czujników, jak również zakres projektów planowanych do realizacji w ramach poszczególnych scenariuszy, analizie poddano również obszary technologiczne wyszczególnione w ramach Krajowych i Regionalnych Inteligentnych Specjalizacji. Przeprowadzone analizy wykazały, że technologie proponowane w ramach scenariuszy są już, pośrednio lub bezpośrednio, wskazane jako priorytetowe, m.in. w ramach Krajowych oraz Regionalnych Inteligentnych Specjalizacjach, w związku z czym zidentyfikowano oraz zaproponowano jedynie niewielkie modyfikacje oraz uzupełnienia do Krajowych Inteligentnych Specjalizacji.

Kluczowe wnioski płynące z ekspertyzy zostały opisane w postaci rekomendacji i w zdecydowanej większości mają charakter horyzontalny i skupiony wokół wsparcia funkcjonowania przedsiębiorstw z obszaru inteligentnych czujników. Wsparcie to powinno mieć charakter zarówno finansowy (m.in. wsparcie ekspansji zagranicznej, wsparcie finansowania projektów badawczo-rozwojowych czy wdrożeń pilotażowych), jak i niefinansowy – m.in. w zakresie wdrażania dobrych praktyk i efektywnych modeli transferu wiedzy i technologii.

Co najważniejsze przeprowadzone analizy wskazują, że polskie podmioty funkcjonujące w obszarze inteligentnych czujników posiadają często imponującą wiedzę i kompetencje, a posiadany przez firmy know-how realnie może stanowić przewagę konkurencyjną w skali globalnej. Należy zatem dołożyć wszelkich starań, aby ten potencjał udało się przekuć w realny sukces gospodarczy.

# Summary

This document constitutes the Business Technology Roadmap (BTR) expertise, summarizing a series of workshop meetings with the representatives of enterprises, business environment institutions and scientific organizations operating in the field of smart sensors in Poland. The aim of BTR expertise is to define technological niches concerned with the smart sensors, which may constitute Polish specialization and competitive advantages over entities operating globally. The conclusions from the workshop meetings were subjected to the in-depth analysis of experts, allowing for even more accurate estimation of potential and challenges of the smart sensors area.

The expertise has been developed under the non-competitive project Monitoring of the National smart Specialization, implemented by the Ministry of Development and Technology and Polish Agency for Enterprise Development.

This document has been prepared between August 2021 and January 2022. During this time, preparatory work has been carried out and four Smart Lab workshop meetings were held, being a part of the Entrepreneurial Discovery Process. Within the preparatory work and meetings, various analyzes have been conducted, including the analysis of market reports and publications related to the Smart Lab topic, materials from conferences and events focused around the analyzed area, as well as the expert knowledge of representatives of entities and institutions operating within a given area has been utilized. During Smart Lab meetings, participants shared their knowledge with a team of experts using various techniques of moderating discussions and work (both – in groups and individually), including the use of Design Thinking tools and IT solutions dedicated to cooperation in the online environment. The key conclusions developed by the SL participants have been subject to a critical assessment and aggregation by an interdisciplinary team of PwC experts under the substantive content supervision of Robert Bogdanowicz, DSc, PhD, Eng.

The effects of the aforementioned actions have been illustrated in the BTR expertise. The expertise can be divided into 3 main sections: a description of aspects related to the analyzed area in the global context, in the Polish context, as well as a substantive section containing a description of development scenarios for the analyzed area and a BTR graphic map.

The term “smart sensors” is relatively broad. It does not describe a specific market, but several different market sectors, which often operate in very substantially different areas. Solutions belonging to the area of smart sensors cover a variety of technologies and application areas, ranging from applications in the consumer electronics sector - e.g. in the so-called smart homes, the Internet of Things sector, solutions dedicated to industrial applications (e.g. in production processes), or to medical technologies (e.g. biosensors). Regardless of the technology or application, smart sensors can be interpreted as a broad trend, within which solutions which combine technological competences related to the acquisition, processing and interpretation of data are being developed. Observing the area of solutions referred to as smart sensors, it can be concluded that this area is developing with a high dynamic, both on a global scale and locally -

in Poland. It is influenced by the very rapid pace of technological progress, as well as economic, environmental and demographic trends - e.g. in the area of cost cutting, environmental impact and carbon footprint, and the shortage of qualified specialists.

The main trends determining the development of the smart sensors area include, among others, the ever-progressing digitization of industry and the development of the Industry 4.0 concept, miniaturization, technological progress in the field of material engineering or an increase in the computing power of processors. Those aspects allow for the use of sensors in the brand new areas, as well as support development of artificial intelligence algorithms that make sensor solutions autonomous, providing systems with better "reasoning" and decision-making. The challenges faced by humanity play an important role as well, such as environmental protection and the development of the so-called Smart Cities, or the need to ensure security, e.g. through identity verification solutions based on biometric data.

After conducting workshop meetings and preparing additional analyzes, four Development Scenarios for the smart sensors area were selected, which constitute aggregated groups of potential R&D&I projects that can be carried out in Poland:

- **Photonic sensors for special applications** - scenario focused on photonic technologies for a variety of applications. This scenario includes projects in the field of, among others, advanced analysis of optical signals and images for spatially distributed sensors or fiber optic sensor systems.
- **Biosensors in the medical applications** - a scenario involving technologies for applications in medicine or diagnostics. This scenario includes projects in the field of classification algorithms for determining interactions and population analysis of physiological and diagnostic parameters, or in the field of innovative biosensors and diagnostic tests of civilization diseases and poisoning.
- **Sensors for Industry 4.0 and Robotization** - a scenario covering technologies for use in manufacturing, logistics and robotization processes. The scenario covers projects in the field of sensors dedicated to increasing the security of industry 4.0 or sensors and algorithms for monitoring and analysis of production processes.
- **Sensor-based solutions in the monitoring of Smart Cities, environmental and climate change measurements** - scenario covering technologies related to, inter alia, monitoring of climate and environment. The scenario includes projects focused on sensor systems for air quality control and calibrated detection of hazardous gases, or AI analytical solutions supporting adaptation to climate change using environmental sensors.

The developed scenarios assume the implementation of 687 projects within the period of 8 years with their budgets totaling nearly PLN 2.296 billion.

Considering the scope of the area of Smart Sensors itself, as well as the scope of projects planned for implementation under individual scenarios, the technological areas specified under National and Regional Smart Specializations have also been analyzed. The conducted analyzes showed that



the technologies proposed under the scenarios are already, directly or indirectly, indicated as priorities in the relevant documents, therefore only minor changes to National Smart Specializations have been identified and recommended.

The key conclusions of the expertise have been described in the form of recommendations, are mostly of horizontal nature and are focused on supporting the functioning of enterprises in the area of smart sensors. The support should be potentially provided both in the financial dimension (e.g. support for overseas expansion, support for financing research and development projects or pilot implementations) and non-financial - e.g. in implementing good practices and effective models of knowledge and technology transfer.

Importantly, conducted analyses indicate that Polish entities operating in the field of smart sensors often possess impressive knowledge and competences, and their know-how can realistically constitute a competitive advantage on a global scale. Therefore, every effort should be made to turn this potential into real economic success.

# Spis treści

1. Cel i zakres BTR .....	11
2. Charakterystyka rynku globalnego .....	12
2.1. Rys historyczny oraz analiza dostępnych produktów i technologii.....	12
2.2. Podstawowa analiza wielkości i dynamiki rynku.....	17
2.3. Analiza cyklu życia produktów.....	19
2.4. Analiza barier rynkowych .....	21
2.5. Kluczowi gracze rynkowi.....	24
2.6. Otoczenie prawne i ochrona własności intelektualnej .....	28
2.6.1. Analiza otoczenia prawnego.....	28
2.6.2. Wprowadzenie metodologiczne do analizy otoczenia patentowego .....	31
2.6.3. Analiza otoczenia patentowego .....	31
2.7. Analiza trendów rozwojowych .....	41
3. Charakterystyka rynku krajowego .....	45
3.1. Rys historyczny oraz analiza dostępnych produktów i technologii.....	45
3.2. Podstawowa analiza wielkości i dynamiki rynku.....	48
3.3. Analiza cyklu życia produktów.....	52
3.4. Analiza barier rynkowych .....	53
3.5. Kluczowi gracze rynkowi.....	56
3.6. Analiza powiązań kooperacyjnych .....	61
3.7. Najważniejsze cykliczne wydarzenia branżowe .....	63
3.8. Otoczenie prawne i ochrona własności intelektualnej .....	66
3.9. Analiza trendów rozwojowych .....	72
3.10. Analiza SWOT i PESTEL .....	74
4. Przegląd dostępnych źródeł wsparcia niekomercyjnego.....	79
5. Program rozwoju dla obszaru inteligentnych czujników w perspektywie 8 lat .....	86
5.1. Scenariusze rozwoju obszaru inteligentnych czujników .....	87
5.1.1. Scenariusz 1 – Scenariusz horyzontalny: Czujniki fotoniczne do zastosowań specjalnych .....	88
5.1.2. Scenariusz 2 – Scenariusz aplikacyjny: Bioczujniki w medycynie .....	97
5.1.3. Scenariusz 3 – Scenariusz aplikacyjny: Czujniki dla Przemysłu 4.0 i Robotyzacji .....	107
5.1.4. Scenariusz 4 – Scenariusz aplikacyjny: Rozwiązania czujnikowe w monitoringu Smart City oraz w pomiarach środowiskowych i zmian klimatu .....	117
5.2. Mapa drogowa .....	127









6. Ocena potencjału obszaru inteligentnych czujników w kontekście KIS oraz RIS .....	129
7. Wnioski i rekomendacje.....	133
8. Metodyka .....	137
9. Słownik pojęć/ wykaz skrótów.....	142
10. Spis tabel .....	146
11. Spis rysunków .....	147



## 1. Cel i zakres BTR

Niniejsza ekspertyza Business Technology Roadmap (BTR) podsumowuje cykl spotkań Smart Lab z udziałem przedstawicieli przedsiębiorstw, instytucji otoczenia biznesu oraz środowisk naukowych funkcjonujących w obszarze inteligentnych czujników. Jej celem jest określenie niszy technologicznych tego obszaru, które stanowić mogą polskie specjalizacje i przewagi konkurencyjne względem podmiotów funkcjonujących na rynku globalnym. Wiedza na temat potencjału analizowanego obszaru w Polsce może posłużyć do wsparcia procesów decyzyjnych instytucji publicznych w zakresie planowania i wdrażania mechanizmów wspierających rozwój polskiej gospodarki, w tym m.in. przez różnorodne instrumenty wsparcia finansowego dla projektów badawczo-rozwojowych i innowacyjnych.

### **Zakres przedmiotowej ekspertyzy obejmuje w szczególności:**

-  Charakterystykę globalnego oraz krajowego rynku dla inteligentnych czujników, w tym przedstawienie rysu historycznego, analizę dostępnych produktów i technologii, analizę wielkości i dynamiki rynku czy analizę cyklu życia produktów w ujęciu globalnym i krajowym.
-  Analizę barier i trendów rynkowych.
-  Opis kluczowych podmiotów funkcjonujących na rynku z perspektywy globalnej oraz krajowej.
-  Analizę otoczenia prawnego oraz w zakresie ochrony własności intelektualnej, z perspektywy globalnej oraz krajowej.
-  Analizę oraz charakterystykę kierunków rozwoju technologii z obszaru inteligentnych czujników w Polsce w oparciu o wypracowane podczas warsztatów SL Scenariusze Rozwoju.
-  Mapę Drogową, stanowiącą pewnego rodzaju uproszczony harmonogram prac i projektów B+R planowanych do realizacji i określonych jako kluczowe dla rozwoju obszaru inteligentnych czujników w Polsce.
-  Rekomendacje dotyczące działań, które należy podjąć w celu usprawnienia funkcjonowania przedsiębiorstw z segmentu inteligentnych czujników w Polsce.
-  Rekomendacje w zakresie potencjalnych zmian w Krajowych Inteligentnych Specjalizacjach w odniesieniu do usprawnienia opracowywania lub wdrażania technologii wymienianych w Mapie Drogowej.



## 2. Charakterystyka rynku globalnego

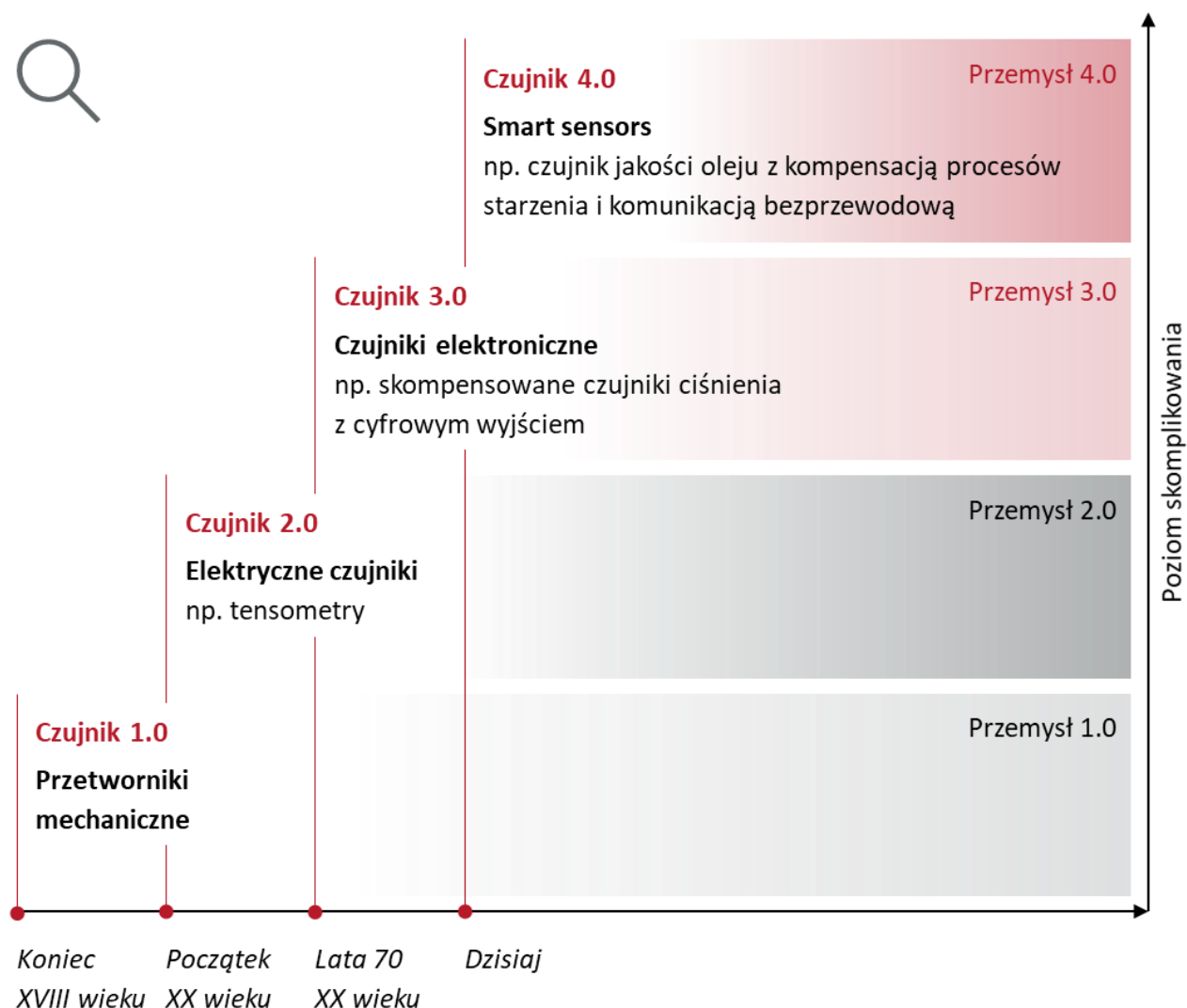
W rozdziałach od 2.1 do 2.7 zaprezentowana została charakterystyka rynku globalnego w obszarze inteligentnych czujników, w tym przedstawiony został rys historyczny obszaru wraz z analizą dostępnych produktów i technologii. Przedstawiono podstawową analizę wielkości oraz dynamiki rynku, a także dokonano analizy cyklu życia produktów oraz barier rynkowych. Omówiono również profile kluczowych podmiotów funkcjonujących w tym obszarze oraz dokonano analiz otoczenia prawnego i związanej z nim ochrony własności intelektualnej. Całość zwieńczono przeprowadzeniem analizy trendów rozwojowych dla obszaru inteligentnych czujników w skali globalnej.

### 2.1. Rys historyczny oraz analiza dostępnych produktów i technologii

Czujniki to elementy przetwarzające wielkości nieelektryczne (temperatura, ciśnienie, promieniowanie optyczne, koncentracje substancji chemicznych lub biologicznych itp.) na informację w postaci obrazu lub sygnału elektrycznego. Historycznie w rozwoju obszaru czujników wyróżnia się czterostopniowy postęp technologiczny. Czujniki pierwszej generacji (Czujniki 1.0 w przemyśle 1.0 pod koniec XVIII wieku i cały wiek XIX) pracowały w większości jako przetworniki mechaniczne i tylko wyświetlały informację. Druga generacja czujników (Czujniki 2.0 w przemyśle 2.0 na początku XX wieku) była elektryczna lub posiadała prostą elektronikę analogową umożliwiając przewodową komunikację i odczyt (np. tensometry). Czujniki trzeciej generacji (Czujniki 3.0 w przemyśle 3.0 w latach 70 XX wieku) są w pełni elektroniczne, wyposażone w cyfrową elektronikę i oprogramowanie analityczne umożliwiające automatyczne procesy linearyzacji i kompensacji odczytu (np. skompensowane czujniki ciśnienia z cyfrowym wyjściem). Czujniki czwartej generacji (Czujniki 4.0 w obecnym Przemysle 4.0), to rozwiązania funkcjonujące w połączeniu ze współpracującymi obwodami elektronicznymi oraz oprogramowaniem do analizy sygnałów, które nazywane są „inteligentnymi czujnikami” (np. czujnik jakości oleju z kompensacją procesów starzenia i komunikacją bezprzewodową). Inteligentne czujniki (ang. *smart sensors*) są zdefiniowane w standardzie IEEE 1451 jako czujniki z pamięcią oraz elektronicznym interfejsem, aby umożliwić komunikację z procesorem i siecią danych. Takie czujniki są zdolne do realizacji funkcji logicznych, dwukierunkowej komunikacji i podejmowania decyzji wpływającej na przebieg innych procesów. Aktualne trendy wskazują

na stosowanie niskokosztowych technologii czujnikowych o miniaturowych rozmiarach umożliwiającą ich umieszczenie w dowolnym miejscu. Czujniki mają „wpasowywać się” w istniejącą infrastrukturę nie zaburzając ich funkcjonowania i nie zmuszając do ich przebudowy czy zmiany konfiguracji.

Rysunek 1. Fazy rozwoju technologii czujnikowych



Źródło: opracowanie własne

W rozwiązaniach technicznych krytycznym parametrem czujników jest dwukierunkowa komunikacja bezprzewodowa z różnymi ogólnie przyjętymi standardami dominującymi w określonym obszarze (np. WiFi, GSM, Bluetooth itd.). W rozwiązaniach bezprzewodowych duże znaczenie odgrywa niski pobór mocy czujników inteligentnych oraz dostarczanie zasilania. Stosuje się również wstępne przetwarzanie danych w celu zmniejszenia obciążenia bramek, sterowników PLC i zasobów przechowywanych w chmurze danych. Najszerszej stosowane w czujnikach

---

beprzewodowych są różne rozwiązania bateryjne, jednakże pojawił się silny trend uzyskiwania zasilania bezbaterijnego z użyciem modułów termoelektrycznych lub ogniw fotoelektrycznych. Niskie zużycie energii przez czujnik jest krytyczne, dzięki czemu może on funkcjonować długi okres bez wymiany baterii. Niemniej szereg aktualnych rozwiązań czujnikowych jest zasilany z ogólnie dostępnej sieci energetycznej. Są to jednakże rozwiązania niskonapięciowe i niskomocowe. Do kolejnych ważnych parametrów należą: możliwość automatycznej samoidentyfikacji, samowalidacji oraz samokalibracji czujników. Dla wielu dziedzin gospodarczych ważne jest ograniczenie prac serwisowych stosując wbudowane mechanizmy samodiagnostyki oraz samonaprawy. Połączenie wielu czujników tego samego typu lub różnych typów tworzy systemy czujnikowe, które mogą pracować w układzie rozłożonym lub lokalnym. Informacje z wielu czujników można łączyć i korelować w celu wyciągnięcia szerszych wniosków. W niektórych przypadkach dwie funkcje czujnika są dostępne w jednym urządzeniu, w innych funkcje są łączone w oprogramowaniu, aby stworzyć wielomodalny czujnik.

Zintegrowane układy czujnikowe składają się z wielu czujników w jednym chipie elektronicznym, co zapewnia wyższą dokładność, wielomodalność i optymalizację zużycia mocy oraz upraszcza układy analizy. Wykorzystują one zarówno standardowe magistrale komunikacyjne, jak i bezprzewodowe do transferu danych pomiędzy czujnikami oraz elektroniką (mikrokontroler, wzmacniacze, przetworniki analogowo-cyfrowe itd.). Takie zintegrowane układy tworzą funkcjonalne inteligentne czujniki składające się z modułów analogowych i cyfrowych.

Do głównych segmentów produktowych/ aplikacyjnych dotyczących obszaru inteligentnych czujników należy zaliczyć:



**Inteligentne miasta (ang. *Smart Cities*)** - m.in. wykrywanie smartfonów, inteligentne oświetlenie, gospodarowanie odpadami oraz inteligentne drogi.



**Inteligentne rozwiązania środowiskowe** - m.in. wykrywanie pożarów lasów, monitorowanie zanieczyszczenia powietrza, monitorowanie poziomu śniegu, zapobieganie osuwiskom, wykrywanie trzęsień ziemi.



**Inteligentny monitoring wody** - m.in. przenośne urządzenia do monitorowania wody, wykrywania wycieków wody, poziomu zanieczyszczenia wody, powodzi rzecznych.



**Inteligentne czujniki do zastosowań w obszarze bezpieczeństwa i wykrywania sytuacji awaryjnych** - m.in. kontrola dostępu granic, poziomu promieniowania, toksyn, gazów wybuchowych i niebezpiecznych.



**Inteligentne czujniki dla Przemysłu 4.0 i Przemysłowego Internetu Rzeczy (IIoT) w kontekście automatyzacji procesów produkcyjnych** - m.in. agregacja danych z maszyn na hali produkcyjnej (np. w systemach MES), sterowanie procesami produkcyjnymi oraz monitoring pracy linii montażowych, czujniki do zadań specjalnych (np. czujniki wibracji i temperatury do monitorowania stanu kluczowych napędów, czujniki kontroli pobrań, RFID, fotoelektryczne, indukcyjne).

W zakresie segmentów technologicznych wyróżnia się następujące rozwiązania czujnikowe umożliwiające pomiary wielkości nieelektrycznych:

-  **Czujniki elektroniczne temperatury** - elementy używane do pomiaru ilości energii cieplnej, które pozwalają wykryć fizyczną zmianę temperatury z określonego źródła i przetwarzają ją na informację dla urządzenia lub użytkownika (np. termistory, czujniki podczerwieni IR, półprzewodnikowe układy zintegrowane).
-  **Czujniki zbliżeniowe** - czujniki wykrywające obecność lub nieobecność pobliskiego obiektu lub właściwości tego obiektu i przekształcające je w sygnał, który może być łatwo odczytany przez użytkownika lub prosty przyrząd elektroniczny bez kontaktu z nimi (np. czujnik ultradźwiękowy, czujnik fotoelektryczny, pojemnościowe czujniki zbliżeniowe). Czujniki zbliżeniowe wykorzystywane są najczęściej w sterowaniu ruchem urządzeń, na liniach produkcji ciągłej oraz przy procesach produkcji seryjnej. Do najczęściej wykorzystywanych w tym zakresie urządzeń i technologii należą: wyłączniki krańcowe, czujniki indukcyjne oraz wyłączniki bezpieczeństwa. Coraz większego znaczenia w tym zakresie nabierają również wszelkiego typu systemy wizyjne.
-  **Czujniki ciśnienia** - urządzenia wyczuwające ciśnienie i przekształcające je na sygnał elektryczny (np. tensometryczne czujniki ciśnienia, czujniki piezorezystancyjne, czujniki pojemnościowe).
-  **Czujniki elektrochemiczne gazu i dymu** - urządzenia monitorujące zmiany jakości powietrza i wykrywające obecność różnych gazów. Czujnik dymu to urządzenie wykrywające dym (pyły i gazy w powietrzu) i jego poziom.
-  **Czujniki akcelerometryczne** - czujniki bazujące na przetwornikach do pomiaru fizycznego przyspieszenia obiektu. Czujniki tego typu przekształcają przyspieszony ruch mechaniczny na sygnał elektryczny (np. liniowy akcelerometr z efektem Halla, akcelerometr piezoelektryczny, akcelerometr pojemnościowy).
-  **Czujniki optyczne (fotoniczne)** - czujniki bazujące na interakcji czynnika mierzonego ze światłem i przekształcające informację o mierzonym parametrze na sygnał elektryczny, który może być łatwo odczytany przez użytkownika lub urządzenie elektroniczne (np. sonda światłowodowa, fotodetektor, pirometr, czujnik zbliżeniowy na podczerwień).
-  **Czujniki biomedyczne (bioczujniki)** - platformy detekcyjne, które zwykle zawierają komponent biologiczny służący wykrywaniu różnych innych komponentów pochodzenia biologicznego. Bioczujniki oparte są na kluczowych czynnikach biologicznych połączonych z odczytem elektronicznym. Elementy te będą reagować z obiektem docelowym lub badaną próbką, jeśli istnieje powinowactwo. Na podstawie tego sprzężenia element przetwornika przekształca sygnał na czytelny sygnał wyjściowy. Bioczujniki posiadają szereg zastosowań, od zdrowia osobistego po diagnostykę kliniczną, motoryzację, bezpieczeństwo wewnętrzne oraz badania żywności przy użyciu różnych metod, takich jak: elektrochemiczne, optyczne/światłowodowe, termiczne lub piezoelektryczne.





**Czujniki światłowodowe** - urządzenia mające szereg zalet w porównaniu z czujnikami elektronicznymi i układami pomiarowymi wykorzystującymi elementy optyki objętościowej. Ze względu na wykonanie z materiałów dielektrycznych są niewrażliwe na pole elektryczne i magnetyczne oraz nie generują zakłóceń elektromagnetycznych. W zależności od zastosowanych materiałów mogą one pracować w obecności promieniowania jonizującego i charakteryzować się znaczną odpornością na narażenia chemiczne. Niewielkie wymiary (dziesiątki  $\mu\text{m}$ ) przetworników pomiarowych stosowanych w konstrukcjach czujników światłowodowych minimalizują ich wpływ na obiekt mierzony. Czujniki światłowodowe mogą także charakteryzować się wysoką czułością. Możliwa jest realizacja np. bioczujników dokonujących pomiarów koncentracji molekuł z rozdzielczością  $100 \text{ fg/mm}^2$ . Należy pamiętać, iż w wielu zastosowaniach medycznych, naukowych i przemysłowych konieczne jest dostosowanie światłowodowych czujników interferometrycznych do specyficznych wymogów. Wymaga to wykorzystania warstw materiałów dielektrycznych modyfikujących właściwości metrologiczne tych czujników lub zabezpieczających te czujniki przed zagrożeniami występującymi w środowisku ich pracy. Istnieje tendencja do wzbogacania istniejących sieci światłowodowych o technologię wykrywania zakłóceń środowiskowych w celu detekcji obecności ludzi, obiektów i zdarzeń oraz jednoczesnej analizy drgań, zmian akustycznych, temperatury i naprężeń (monitoring infrastruktury krytycznej).



**Czujniki chemiczne** - czujniki wykorzystujące reakcje i interakcje chemiczne do badania składu cieczy, gazów i ciał stałych. Szeroko stosowane m.in. do badania jakości wody i monitorowania jonów w systemach dystrybucji (np. czujnik elektrochemiczny, czujnik pH, czujnik zmętnienia, czujnik przewodności wody).

Podsumowując, światowy rynek czujników rozwija się bardzo aktywnie i prężnie w wymienionych obszarach. Krytyczne dla inteligentnych czujników są elementy elektroniczne oraz mikroprocesorowe obsługujące odbierane przez czujniki sygnały. Zaburzenia funkcjonowania rynku inteligentnych czujników oraz jego rozwoju mogą być spowodowane globalizacją produkcji układów półprzewodnikowych, a w związku z tym opóźnieniami dostaw wynikającymi z różnego rodzaju sytuacji i ograniczeń, np. epidemiologicznych. Sytuacja zostanie prawdopodobnie rozwiązana poprzez migrację części produkcji z Azji do Europy oraz USA. Kryzys unaoczni słabość modelu opartego na podzleceniu produkcji chipów (ang. *fabless manufacturing/ outsourcing*) do wyspecjalizowanych podmiotów mających swoje siedziby głównie w Azji Wschodniej. Unia Europejska i pozostałe kraje europejskie deklarują zamiar wsparcia rozbudowy mocy produkcyjnych chipów na Starym Kontynencie w celu podwojenia udziału w globalnym rynku<sup>1</sup>.

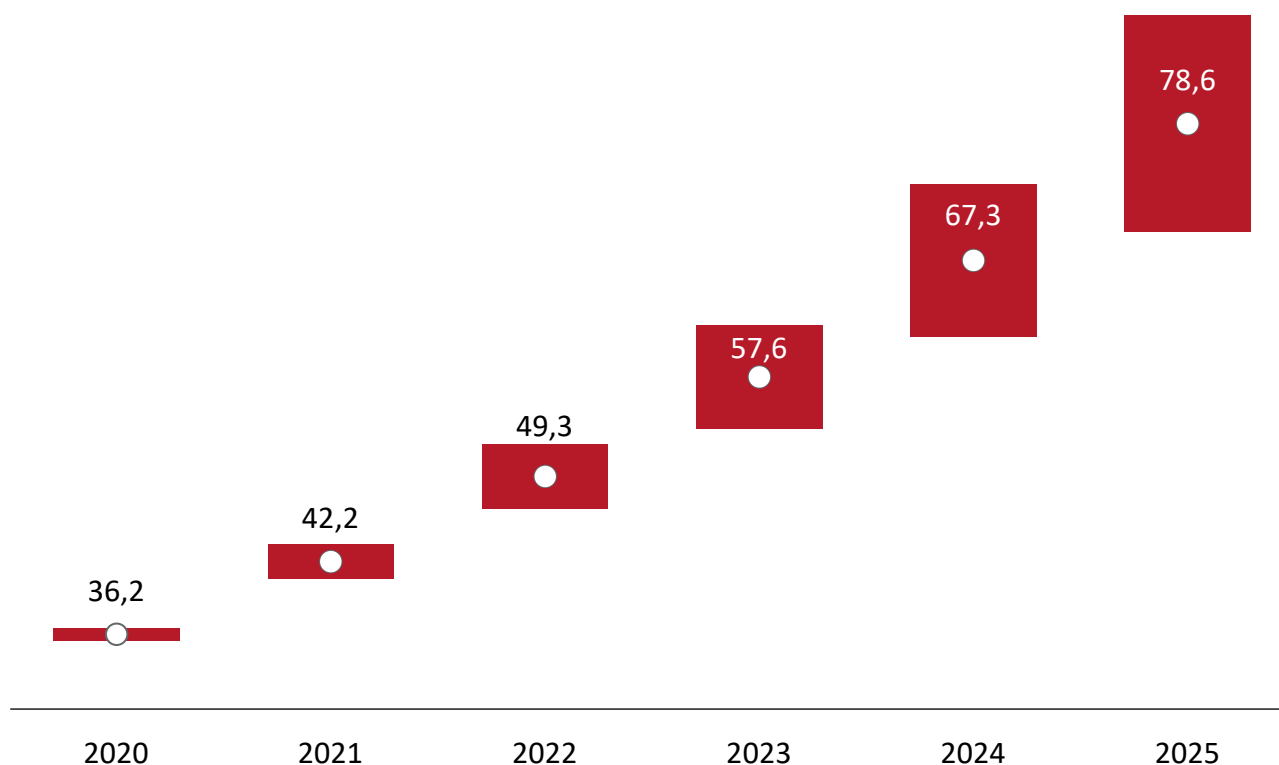
---

<sup>1</sup> Strona internetowa Reuters.com, <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/intel-says-it-will-reserve-ireland-chip-factory-capacity-automakers-2021-09-07/>. Dostęp: 6.10.2021.

## 2.2. Podstawowa analiza wielkości i dynamiki rynku

Rynek inteligentnych czujników należy do rynków wysokich technologii i w skali globalnej wykazuje szybkie tempo wzrostu. Według danych Allied Market Research<sup>2</sup> w roku 2019 rynek ten był wyceniany na ponad 37 miliardów USD, zaś do roku 2027 jego wartość ma wzrosnąć do ponad 91 miliardów USD. Przekłada się to na jego średnią roczną stopę wzrostu na poziomie 14,3%. Z kolei eksperci firmy analitycznej Markets and Markets<sup>3</sup> szacują, że w latach 2020 – 2025 globalny rynek inteligentnych czujników odnotuje średnie roczne tempo wzrostu na poziomie 19%, osiągając wartość ponad 87,5 miliardów USD do roku 2025. Pomimo różnic w tych dwóch szacunkach, wartości prognozowane przez ekspertów są do siebie zbliżone, a ich tempo wzrostu jest imponujące. Dane zostały zaprezentowane na Rysunku 2.

Rysunek 2. Prognoza wartości rynku inteligentnych czujników w latach 2020-2025 (mld USD)



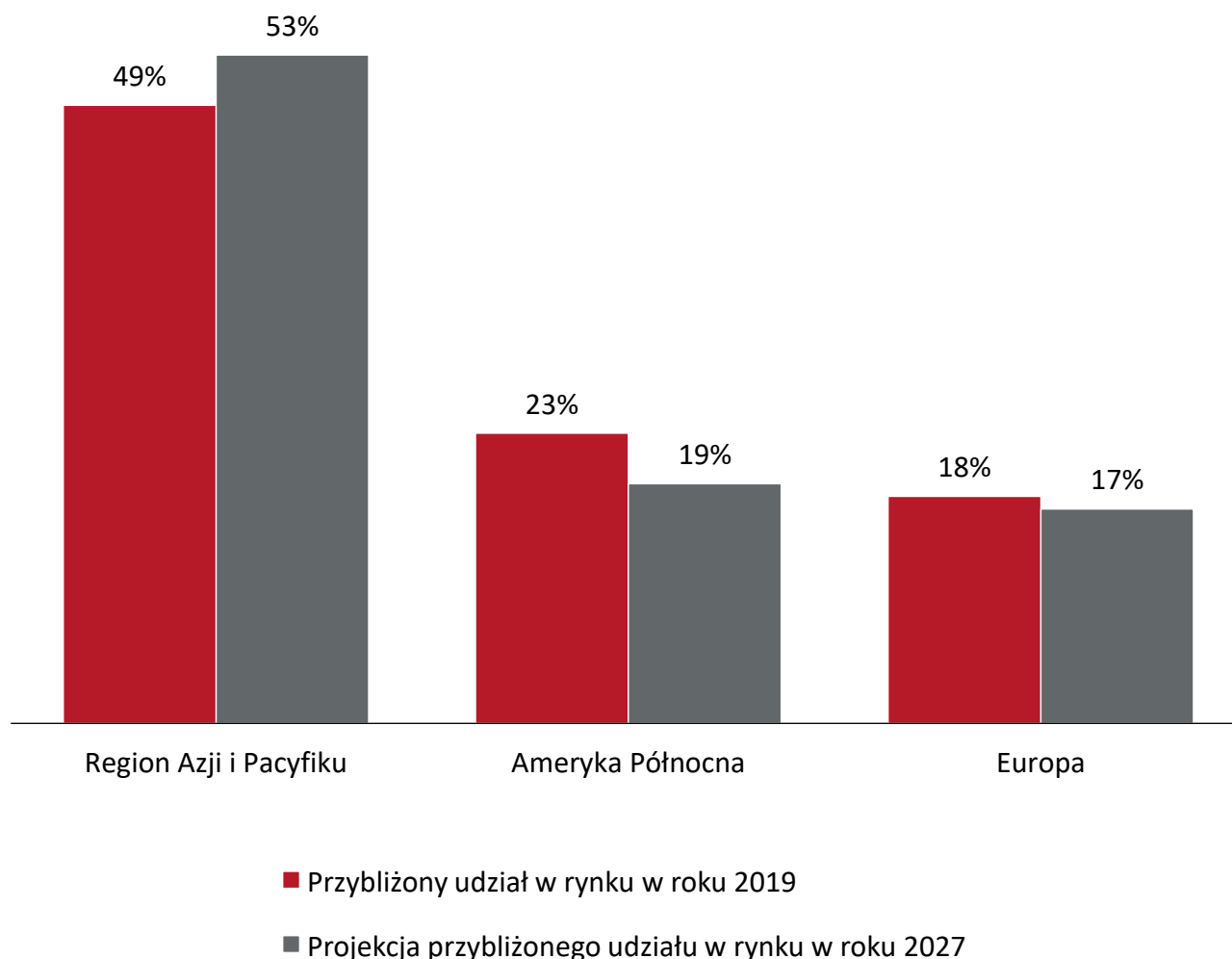
Źródło: opracowanie własne na podstawie Allied Market Research oraz Markets and Markets

<sup>2</sup> Strona internetowa Allied Market Research. <https://www.alliedmarketresearch.com/smart-sensors-market>. Dostęp: 29.09.2021.

<sup>3</sup> Strona internetowa Markets and Markets. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/smart-sensor-market-43119772.html>. Dostęp: 29.09.2021.

Z perspektywy prezentacji atrakcyjności i potencjału wzrostu rynku, istotna jest segmentacja geograficzna, która obrazuje, z których kierunków należy spodziewać się największej konkurencji. Dane dotyczące rynku inteligentnych czujników w ujęciu geograficznym zostały zaprezentowane na Rysunku 3.

Rysunek 3. Udział poszczególnych regionów geograficznych w generowaniu wartości rynku globalnego w roku 2019 i 2027 (projekcja)



Źródło: opracowanie własne na podstawie Allied Market Research oraz Markets and Markets

Pomimo oczekiwanego wzrostu wartości całego globalnego rynku inteligentnych czujników, a także wzrostu wartości każdego z regionów geograficznych, w perspektywie do roku 2027 Europa i Ameryka Północna zmniejszą swój udział w generowaniu wartości rynku globalnego odpowiednio o 1 i 4 punkty procentowe. Zostaną one wyprzedzone przez regiony wschodzące, w których wiele krajów odnotowuje szybki wzrost gospodarczy. Region Azji i Pacyfiku, pomimo

---

zajmowanego już obecnie 1 miejsca pod względem udziału w generowanej wartości rynku, zwiększy swój udział o dodatkowe 4 punkty procentowe.

Mając na uwadze powyższe dane, można zauważyć, podobnie jak w wielu innych branżach technologicznych, wyraźną dominację krajów azjatyckich. O ich przewadze stanowią bowiem już nie tylko stosunkowo niskie koszty pracy, lecz coraz częściej azjatyckie firmy same opracowują przełomowe technologie, które cieszą się zainteresowaniem odbiorców ze względu na swoje cechy użytkowe lub parametry. Z perspektywy przewidywanego spadku udziału Europy w generowaniu globalnej wartości rynku inteligentnych czujników, podjęcie działań mających na celu ustalenie strategicznych kierunków rozwoju dla polskich przedsiębiorstw funkcjonujących na tym rynku wydaje się być właściwym krokiem do budowy ich przewag konkurencyjnych.

## 2.3. Analiza cyklu życia produktów

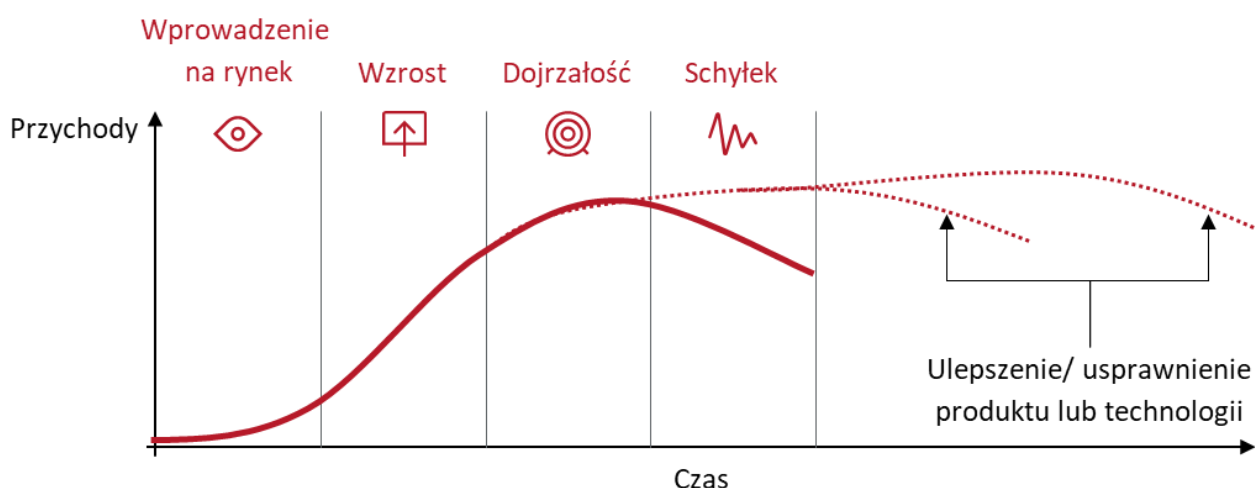
Standardowy cykl życia produktów lub technologii można podzielić na cztery główne fazy, zależnie od czasu, jaki dany produkt/ technologia istnieje na rynku oraz od generowanych przychodów:

- **Wprowadzenie na rynek** – produkt (lub technologia) jest nowością i został wprowadzony na rynek dopiero niedawno. Potencjalni nabywcy jeszcze „przekonują się” do niego. Następują wdrożenia pilotażowe, zarówno na zasadach niekomercyjnych (w celu uzyskania rzeczywistych danych na temat użycia lub pozyskania pierwszych referencji), jak i komercyjnych. Produkt zdobywa coraz więcej zaufania ze strony klientów, jednak przychody generowane są głównie przez tzw. „early adopters” – grupę użytkowników, która z chęcią i łatwością wdraża oraz wykorzystuje najnowocześniejsze technologie, aby zdobyć przewagę względem konkurencji.
- **Wzrost** – produkt zaczyna być dobrze znany i rozpoznawany na rynku, wskutek czego zaobserwować można tzw. efekt kuli śnieżnej – coraz większa skala wykorzystania produktu powoduje, że również znacząco rośnie rzesza jego nowych użytkowników. W odniesieniu do technologii wraz ze wzrostem popularności, rośnie również potencjalnie jej zakres zastosowania (np. wykorzystanie tej samej technologii w różnych dziedzinach). Wdrożenia odbywają się niemal wyłącznie na zasadach komercyjnych. Na rynku zaczyna pojawiać się w tej fazie presja ze strony konkurencji, która stara się proponować swoje alternatywne wersje danego produktu czy technologii, podążając za trendem wzrostowym.
- **Dojrzałość** – produkt jest bardzo dobrze znany i powszechnie wykorzystywany na rynku. Nie jest już rozpatrywany jako innowacja czy przełom w kontekście technologicznym, a staje się jednym z rynkowych standardów. Z jednej strony generowane przychody ze sprzedaży produktu notują „historyczne maksimum”, jednak produkt jednocześnie musi liczyć się z silną konkurencją, gdyż rozwiązania konkurencyjne znajdują się w fazie wzrostu i przechodzą do fazy dojrzałości.

- **Schyłek** – z uwagi na fakt, że produkt lub technologia istnieje na rynku już od dłuższego czasu, dostępne stają się nowe lub ulepszone produkty i technologie o lepszych parametrach lub cechach użytkowych. Przychody ze sprzedaży spadają, gdyż klienci wybierają nowsze rozwiązania.

Odnosząc powyżej opisane fazy do sektora wysokich technologii, do którego należą inteligentne czujniki, należy wspomnieć również o zjawisku, czy też mechanizmie, który powszechnie wykorzystywany jest przez producentów w celu wydłużenia cyklu życia produktu lub technologii. Projekty badawczo-rozwojowe nie muszą przebiegać liniowo, od początku do końca, gdzie dopiero po finalizacji projektu można przystąpić do dalszego rozwoju technologii. Wiele projektów nie wykazuje charakteru liniowego, a cykliczny - w fazie badań przemysłowych czy też prac rozwojowych, z uwagi na postęp technologiczny, równoległe do realizowanego projektu rozpoczynają się prace nad ulepszoną lub nową generacją danej technologii. W rezultacie możliwe jest zatem efektywne finansowo wydłużenie cyklu życia produktu. Gdy pierwszy z produktów osiąga fazę dojrzałości i zbliża się ku schyłkowi, producent może wdrożyć na rynek jego nową generację, wydłużając fazę dojrzałości, w której generowane są najwyższe przychody z jego sprzedaży. W rezultacie taki cykliczny charakter projektów pozwala w wielu przypadkach na oszczędność nakładów na B+R, ponieważ nie trzeba realizować części prac projektowych, które zostały przeprowadzone dla wcześniejszej generacji tej samej technologii czy produktu, a jednocześnie wydłużony czas zdolności rozwiązania do zaspokojenia potrzeb rynku pozwala na osiągnięcie wyższych przychodów ze sprzedaży.

**Rysunek 4. Uproszczony schemat obrazujący cykl życia produktu/ technologii oraz skutek wdrożenia ulepszonej lub nowej jego wersji**



Źródło: opracowanie własne

Mając na uwadze powyższe, określenie standardowego czasu trwania pełnego cyklu życia produktu czy technologii z obszaru inteligentnych czujników jest niemożliwe do określenia. Różne produkty czy technologie z obszaru inteligentnych czujników mają zastosowanie

---

w różnych branżach, podobnie jak czas trwania projektów B+R zmierzających do opracowania produktów jest diametralnie różny, zależnie od obszaru zastosowania. Biorąc te kwestie pod uwagę, nie można precyzyjnie określić standardowego czasu trwania cyklu życia produktów dla inteligentnych czujników. Przykładowo, szereg rozwiązań fizycznych przetworników umieszczonych w czujnikach (np. rezystancyjne, pojemnościowe) jest od wielu lat z powodzeniem stosowanych w różnych aplikacjach w standardzie analogowym w miejscach, w których krytycznym parametrem jest długofalowa stabilność infrastruktury (przemysł, kopalnie, wojsko). Tego typu rozwiązania cechują się zatem długim cyklem życia. Dla kontrastu, dynamiczne zmiany technologii czujnikowych pojawiają się w rozwijających się branżach produkcji przemysłowej tzw. wysokich technologii (ang. *hi-tech*), urządzeń mobilnych oraz biomedycznych, gdzie rynek i klient wymagają i poszukują nowych rozwiązań poprawiających funkcjonowanie, obniżających koszty lub wprowadzających nowe modalności (wyższe czułości i szybkości, bezprzewodowość, tańsze materiały), co wpływa na stosunkowo krótki cykl życia tych technologii. Dotyczy to m.in. fotonicznych i elektronicznych czujników zintegrowanych, MEMS, sond światłowodowych, czujników elektrochemicznych wspieranych zaawansowanym przetwarzaniem cyfrowym z użyciem uczenia maszynowego.

## 2.4. Analiza barier rynkowych

Pomimo faktu, że analiza „5 Sił Portera” służy do określenia atrakcyjności danego sektora, jest ona również miarodajnym, uogólnionym odzwierciedleniem barier rynkowych funkcjonujących w sektorze w skali makro. Analiza siły przetargowej dostawców, nabywców, ryzyka pojawienia się nowych konkurentów, dóbr substytucyjnych czy rywalizacji wewnątrz sektora pozwala bowiem na przyjrzenie się z pewnej perspektywy całemu sektorowi oraz jego otoczeniu. Jest to podejście o ograniczonej możliwości dokładnego przeanalizowania barier rynkowych, jednak sprawdza się w przypadku obszarów o bardzo wysokim stopniu zróżnicowania, jakim jest m.in. obszar inteligentnych czujników, którego produkty i technologie dedykowane są szerokiemu spektrum odbiorców i branż. Na potrzeby niniejszej analizy każda z „sił” została oceniona w trójstopniowej skali (poziom oddziaływania niski, średni oraz wysoki).

Przechodząc do samej analizy, **siła przetargowa dostawców** określona została jako **średnia**. Liczba dostawców surowców i prefabrykatów dla wytwarzania inteligentnych czujników jest wysoka, jednak widoczne jest również duże zróżnicowanie podstawowych komponentów - oferowane przez dostawców produkty bardzo różnią się od siebie jakością, co znajduje swoje odzwierciedlenie w cenie. Chęć korzystania wyłącznie z dostawców dostarczających produkty najwyższej jakości znacząco zawęży liczbę potencjalnych kontrahentów, jednocześnie rzutując na opłacalność produkcji rozwiązań z obszaru inteligentnych czujników. Siła przetargowa dostawców, w rozumieniu producentów inteligentnych czujników, różni się i zależy np. od poziomu innowacyjności produktów i ochrony związanych z nimi praw własności intelektualnej oraz ilości dostawców czujników danego typu.

---

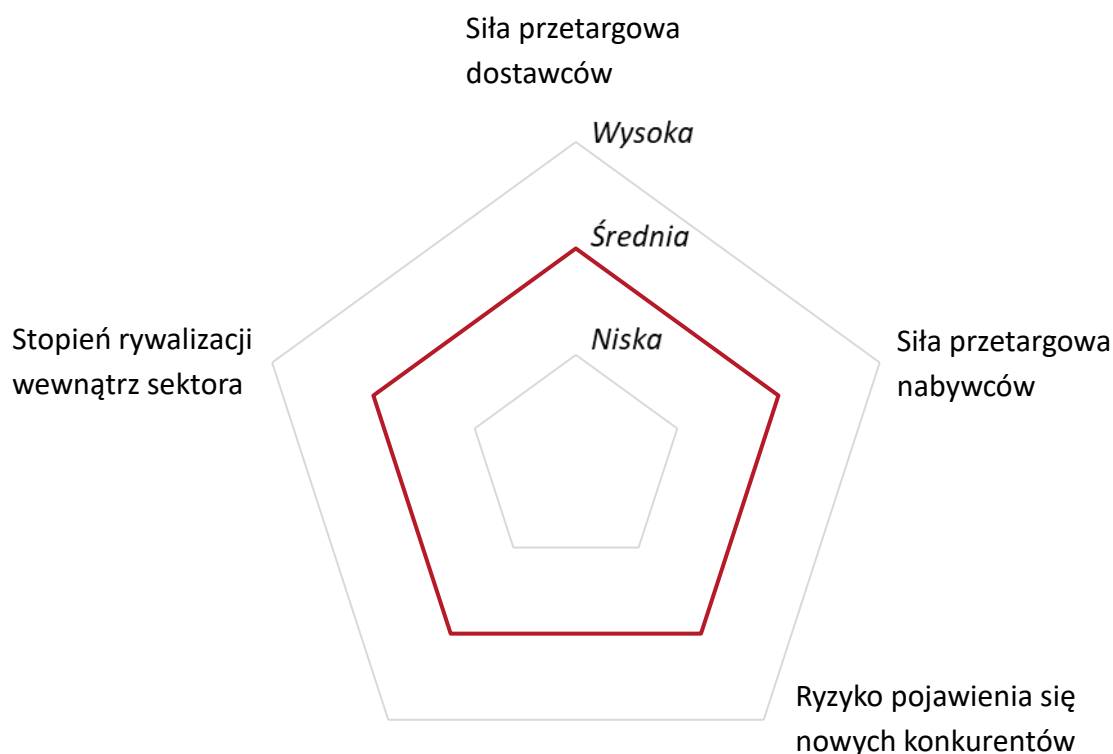
**Siła przetargowa nabywców** jest określana w skali globalnej jako **średnia**. Pomimo, że rozwiązania czujnikowe znajdują bardzo szerokie spektrum zastosowania, to liczba odbiorców produktów z obszaru inteligentnych czujników jest silnie zależna od sektora, któremu dany typ rozwiązań jest oferowany. Najczęściej są to silnie wyspecjalizowane podmioty, które na dodatek zamawiają średnie lub małe partie czujników, zaś w wielu przypadkach zamówienia dotyczą wręcz pojedynczych sztuk, co utrudnia uzyskanie efektu skali, zmniejszając siłę przetargową nabywców względem producentów inteligentnych czujników. Na korzyść producentów rozwiązań z tego obszaru przemawia również fakt, że wielu z nich posiada silną specjalizację, przez co klienci mogą mieć ograniczoną możliwość skorzystania z oferty konkurencji.

Odnosząc się do kwestii **ryzyka pojawienia się nowych konkurentów**, również można je określić jako **średnie**. Z jednej strony brak jest silnej legislacji bezpośrednio regulującej wiele aspektów związanych z inteligentnymi czujnikami, a samo prawo często wręcz nie nadąża za postępem technologicznym w tym obszarze, co potencjalnie mogłoby skutkować niskimi barierami wejścia. Z drugiej zaś strony nakłady potrzebne na opracowanie technologii czujnikowych oraz uruchomienie produkcji są stosunkowo wysokie – w wielu przypadkach produkcja musi odbywać się w warunkach niemal sterylnych, w tzw. pomieszczeniach czystych (ang. *clean room*) czy wyspecjalizowanych laboratoriach. Pomimo wysokiego (i wciąż rosnącego) popytu na rozwiązania czujnikowe, istotną rolę pełni kwestia jakości produktów, co przekłada się na silne przywiązanie klientów do marki.

Ryzyko **pojawienia się dóbr substytucyjnych** (rozumianych jako inteligentne czujniki, które mogą zastąpić oferowane przez danego przedsiębiorcę rozwiązanie) jest bardzo mocno zależne od sektora zastosowania danego rozwiązania, lecz w ogólnym rozrachunku można je określić jako **średnie**. Wysoka dostępność podstawowych komponentów niskiej jakości, lecz tanich, powoduje, że szczególnie w krajach azjatyckich dostępność rozwiązań czujnikowych jest bardzo wysoka, co sprzyja powstawaniu tańszych substytutów produktów bazujących na inteligentnych czujnikach do zastosowań np. w elektronice użytkowej. Ryzyko pojawienia się substytucyjnych czujników jest również określane jako średnie z uwagi na specyfikę technologii czujnikowych, gdzie do pomiaru danego parametru mogą być wykorzystywane czujniki bazujące na różnych technologiach, dających ten sam efekt (będąc różnymi, aczkolwiek substytucyjnymi rozwiązaniami).



**Stopień rywalizacji wewnątrz sektora** również określić można jako **średni**. Liczba podmiotów funkcjonujących w obszarze inteligentnych czujników jest stosunkowo wysoka, głównie za sprawą krajów azjatyckich. Mając na uwadze, że produkty sektora należą do tzw. wysokiej technologii, podstawowe znaczenie w zdobywaniu przewag konkurencyjnych ma poziom innowacyjności oferowanych rozwiązań, co jest także charakterystyczne dla fazy wzrostu, w której znajduje się rynek. Bariery wejścia są relatywnie niskie, jeśli chodzi o rozwiązania bazujące na oprogramowaniu, jednak są one zdecydowanie większe dla rozwiązań fizycznych (ang. *hardware*). W ogólnym rozrachunku popyt wydaje się jednak być na bieżąco zaspokajany przez podaż, przez co rynek jest względnie w stanie równowagi.

Rysunek 5. Uproszczona analiza „5 sił Portera” dla obszaru inteligentnych czujników



Źródło: opracowanie własne

Poruszając kwestię barier rynkowych na poziomie ogólności uwzględniającym różnorodne zastosowania inteligentnych czujników, należy wspomnieć również o następujących zjawiskach stanowiących bariery lub wyzwania rozwojowe dla rynku:

-  **Rozwiązania czujnikowe jako czynnik podnoszący koszt zakupu urządzeń elektronicznych** – pomimo trendu związanego z coraz większym „oczujnikowaniem” różnego rodzaju urządzeń, stosowanie czujników powoduje wzrost kosztu zakupu urządzeń, a w wielu przypadkach przekłada się także na skrócenie cyklu życia tych urządzeń (czy to w związku z zastosowaniem tanich czujników niskiej jakości w obawie przed podniesieniem ceny, czy z powodu wrażliwości niektórych rodzajów czujników np. na temperaturę przy ciągłym użyciu w smartfonach).
-  **Zwiększone zapotrzebowanie na energię w urządzeniach wykorzystujących inteligentne czujniki** – każdy pomiar lub odczyt pomiaru rejestrowanego przez czujnik związany jest z wydatkiem energetycznym, obciążonym dodatkowo transmisją danych, która obciąża również źródło energii. Jest to czynnikiem skutecznie zapobiegającym umieszczaniu inteligentnych czujników w różnego rodzaju urządzeniach, w których istotna jest kwestia wydajności energetycznej. Co prawda prowadzone są prace nad technologiami czujników



autonomicznych energetycznie, jednak w chwili obecnej technologie te nie są rozwinięte do poziomu, który pozwalałby na stosowanie czujników bez obaw o wydatek energetyczny.



**Obawy związane z cyberbezpieczeństwem danych agregowanych przez inteligentne czujniki** – każde urządzenie podłączone do internetu stanowić może cel cyberataku.

Inteligentne czujniki nie są pod tym względem wyjątkiem - w wielu przypadkach wyposażenie urządzenia czy systemu w inteligentne czujniki powoduje, że takie czujniki mogą stać się dodatkowym czynnikiem wpływającym na zwiększoną podatność na atak. W efekcie inteligentne czujniki są wykorzystywane głównie w obszarach, w których są niezbędne z przyczyn technologicznych lub użytkowych, a liczba ich wdrożeń w obszarach, gdzie stanowiłyby niewielką wartość dodaną jest ograniczona, spowalniając rozwój rynku.



**Braki kadrowe i kompetencyjne** - nowe rozwiązania czujnikowe wymagają często przeszkolenia kadr serwisowych oraz utrzymania monitorowania systemów. To generuje koszty i wymaga migracji lub rozbudowy kadr.



**Wymogi i ograniczenia prawne** - nowe systemy czujnikowe lub wizyjne systemy monitorujące, które rejestrują dane osobowe wymagają dodatkowej obsługi prawnej, co komplikuje procesy wdrażania i tworzy bariery decyzyjne wśród potencjalnych odbiorców inteligentnych czujników.

## 2.5. Kluczowi gracze rynkowi

Najważniejsze podmioty zajmujące się rozwojem, produkcją, wdrażaniem oraz sprzedażą czujników w skali globalnej wymieniono poniżej wraz z ich podziałem na specjalizacje branżowe.

### Główni gracze w obszarze rozwiązań czujnikowych dla medycyny:



**Abbott** – amerykańska, międzynarodowa firma zajmująca się sprzętem medycznym i opieką zdrowotną z siedzibą w Abbott Park, Illinois, Stany Zjednoczone. Sprzedaje wyroby medyczne, markowe leki generyczne, produkty spożywcze oraz aparaturę do badań diagnostycznych. W ofercie firmy Abbott jest m.in. system monitorowania glukozy FreeStyle Libre przeznaczony do odczytywania poziomu glukozy przez samoprzylepny czujnik i nie wymaga standardowych nakłuć palca.



**Bayer Healthcare** - niemiecki producent farmaceutyków i wyrobów medycznych z siedzibą w Leverkusen. Biorąc pod uwagę rosnące zainteresowanie rynku mobilnymi aplikacjami z obszaru zdrowia Bayer Healthcare uruchomił związany z nimi akcelerator start-upów. Firma opracowała pierwszy aktywator glukokinazy o nowatorskim sposobie działania na potrzeby czujnika glukozy.



**Roche Diagnostics** – szwajcarska firma z siedzibą w Bazylei, opracowuje czujniki do zapobiegania chorobom, szybkiej diagnostyki i monitoringu pacjentów. Prowadzi badania nad nowymi bioczujnikami oraz rozwija produkty i usługi, które przynoszą pacjentom znaczące korzyści i poprawiają wydajność laboratorium (np. czujniki onkologiczne, cukrzycy, patogenów itd.).



**Johnson & Johnson** - amerykańska międzynarodowa firma z siedzibą w New Brunswick, produkująca wyroby medyczne, farmaceutyczne i konsumenckie. Firma opracowała zautomatyzowany proces monitorowania parametrów życiowych wyposażony w inteligentne czujniki, które zapewniają kompleksową usługę, aby pomóc szpitalom poprawić wydajność i skuteczność operacyjną.



**Medtronic** – amerykańsko-irlandzka firma z siedzibą w Dublinie, współpracuje z globalną społecznością, aby zmienić sposób, w jaki ludzie radzą sobie z cukrzycą. Przekształca opiekę diabetologiczną, opracowując nowe czujniki, inteligentne systemy monitorowania glukozy i dostarczania insuliny.



**Nova Biomedical** – amerykańska firma z siedzibą w Waltham, światowy lider technologiczny w opracowywaniu szybkich analizatorów krwi pełnej, wspierających opiekę nad hospitalizowanymi i krytycznie chorymi pacjentami. Analizatory Nova oferują najbardziej rozbudowane menu testów statystycznych. Nova dostarcza również ręczne systemy pomiarowe oparte na miernikach i paskach do pomiarów glukozy, ketonów, mleczanów i kreatyniny.



**Siemens Healthcare** – niemieckie przedsiębiorstwo z siedzibą w Erlangen, umożliwia świadczeniodawcom zwiększenie wartości poprzez wyposażenie w innowacyjne technologie i usługi z zakresu diagnostyki i obrazowania terapeutycznego, diagnostyki laboratoryjnej i medycyny molekularnej, a także cyfrowych usług zdrowotnych.

### Główni gracze w obszarze produkcji czujników dla transportu i samochodów:



**Bosch Sensortec** – niemieckie przedsiębiorstwo z siedzibą w Reutlingen, opracowuje i sprzedaje szeroką gamę czujników i rozwiązań MEMS do zastosowań w pojazdach osobowych, ciężarówkach, pojazdach autonomicznych, dronach oraz robotach transportowych.



**Infineon Technologies** – niemiecka firma z siedzibą w Neubiberg, zajmująca się rozwojem czujników dla motoryzacji (akcelerometry, akcelerometry dla motoryzacji, IoT przemysłowe i medyczne). Dostarcza również czujniki ciśnienia - manometry, dyferencjały, czujniki magnetyczne, czujniki kątowe, czujniki prędkości, magnetometry, eCompass oraz cyfrowe i krzemowe czujniki temperatury.



**NXP Semiconductors** – holenderskie przedsiębiorstwo z Eindhoven, oferujące szeroką gamę rozwiązań półprzewodnikowych, mikrokontrolerów, czujników oraz układów scalonych Automotive & Power Management (czujniki magnetyczne, czujniki prądu, mikrofony MEMS, czujniki ciśnienia, czujnik CO<sub>2</sub>, czujniki radarowe i czujniki obrazu).



**Sensata Technologies** – amerykańska firma z siedzibą w Attleboro, jeden z wiodących światowych dostawców czujników, zabezpieczeń elektrycznych, rozwiązań sterowania i zarządzania energią. Produkty Sensata poprawiają bezpieczeństwo, wydajność i komfort milionów ludzi każdego dnia w branży motoryzacyjnej, urządzeń, samolotów, pojazdów przemysłowych, wojskowych, pojazdów ciężkich, ogrzewania, klimatyzacji, transmisji danych, telekomunikacji, pojazdów rekreacyjnych i morskich.



**Denso** – japoński koncern z siedzibą w Kariya, projektujący i produkujący czujniki dla technologii motoryzacyjnych, nie tylko dla samochodów, ale także dla różnych branż wymagających pomiaru ciśnienia, temperatury, poziomu płynu, prądu czy też przyspieszenia.

### Główni gracze w obszarze zastosowań specjalnych (awionika, energetyka, przemysł rafineryjny i paliwowy):



**Honeywell** – amerykański koncern z Morristown, wiodący dostawca rozwiązań dla producentów silników i pomocniczych jednostek napędowych do układów paliwowych, powietrznych i smarowania. Firma zaspokaja potrzeby wykrywania parametrów silników oraz systemów kierowania ruchem lotniczym (czujniki temperatury, przetworniki położenia, czujniki prędkości, czujniki poziomu oleju, przetworniki ciśnienia i poziomu).



**Kulite** – amerykańska firma z siedzibą w Leonii, opracowała wysokowydajne, najnowocześniejsze produkty niestandardowe, w tym przetworniki pomiarowe do ekstremalnych i trudnych warunków środowiskowych w wielu dziedzinach i branżach na całym świecie (~350 patentów), w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym, wojskowym, morskim i kontroli procesów.



**Thales** – francuski koncern elektroniczny z Paryża, oferujący autonomiczny system monitoringu zmniejszający ryzyko wypadków na niezabezpieczonych przejazdach i przejściach kolejowych poprzez ostrzeganie kierowców i pieszych. Firma opracowała rozwiązanie, które łączy wbudowane przetwarzanie obrazu oparte na sztucznej inteligencji, fuzję czujników IoT i koncepcję autonomicznego zasilania. National University of Singapore i Thales podpisały porozumienie inicjujące dwuletnie partnerstwo na rzecz wspólnego opracowywania i testowania technologii wykrywania kwantowego do zastosowań komercyjnych.



**Thales Visionix** – spółka należąca do opisanego powyżej koncernu Thales, jest wiodącym producentem innowacyjnych czujników bezwładnościowych i systemów śledzenia dla rynków wojskowych, przemysłowych i badawczo-rozwojowych.



**GE Sensing and Inspection Technologies** – spółka należąca do amerykańskiego konglomeratu GE, z siedzibą w Fairfield, działa na pograniczu inżynierii materiałowej,

czujników, elektroniki, robotyki i analityki, dostarcza technologie kontrolne obejmujące badania nieniszczące i ocenę nieniszczącą. Firma produkuje m.in. czujniki ciśnienia, systemy testowania atmosfery oraz testery szczelności powietrza. Zapewnia również konserwację, konsultacje techniczne, testy systemu i inne, dodatkowe usługi.



**NEC** – japońska firma z Minato, oferuje m.in. technologie inteligentnego wykrywania z użyciem światłowodów firmy, które umożliwiają identyfikację ludzi, przedmiotów i zdarzeń w różnych środowiskach. Firma rozwija opartą na sztucznej inteligencji analizę wibracji, temperatury i dźwięków wykrywanych przez istniejące sieci światłowodowe.

### Główni gracze w obszarze czujników dla procesów przemysłowych:



**Amphenol** – amerykańska firma z Wallingford, oferująca szeroką gamę standardowych i niestandardowych produktów do najbardziej wymagających zastosowań regulacyjnych i przemysłowych na świecie. Czujniki Amphenol dostarczają krytyczne informacje do podejmowania decyzji w czasie rzeczywistym (HVAC, automatyka budynków, sterowanie urządzeniami, chłodnictwo i elektronika).



**TE Connectivity** – amerykańska firma z siedzibą w szwajcarskim Schaffhausen, oferuje czujniki wykorzystywane w wielu branżach, w tym motoryzacyjnej, sprzętu przemysłowego, transportu komercyjnego, rozwiązań medycznych, lotnictwa i obrony oraz zastosowań konsumenckich. Produkty są stosowane w systemach automatyki przemysłowej i kontroli procesów, takich jak sterowanie przemysłowe, robotyka, interfejs człowiek-maszyna, komunikacja przemysłowa i dystrybucja energii. Rozwiązania do inteligentnych produktów budowlanych służą do łączenia oświetlenia, HVAC, wind, schodów ruchomych i ochrony. Produkty szynowe są stosowane w pociągach dużych prędkości, pociągach metra, lekkich pojazdach szynowych, lokomotywach i urządzeniach przełączających sygnalizację.



**OMRON** – japońska firma z Kioto, inicjator koncepcji pod nazwą Innovative-Automation. Koncepcja składa się z trzech „i”: integracji (ewolucji sterowania), inteligencji (rozwoju inteligencji za pomocą technologii informacyjno-komunikacyjnych) oraz interaktywności (nowej harmonii między ludźmi a maszynami). Firma oferuje produkty do poprawy produktywności i jakości w zakładach produkcyjnych poprzez zastosowanie technologii IoT.



**Texas Instruments** – amerykańskie przedsiębiorstwo z siedzibą w Dallas, opracowujące chipy analogowe i procesory wbudowane. Przełomowe odkrycia firmy w zakresie półprzewodników do przetwarzania analogowego i wbudowanego pomagają firmom tworzyć innowacyjne, zróżnicowane aplikacje. Technologie firmy działają w każdym rodzaju systemu elektronicznego na rynkach: przemysłowym, motoryzacyjnym, elektroniki osobistej, sprzętu komunikacyjnego i systemów dla przedsiębiorstw.

### Główni gracze w obszarze czujnikowych zastosowań środowiskowych:



**ScioSense** – holenderska firma z Eindhoven, oferuje szereg gotowych rozwiązań czujników środowiskowych do monitorowania jakości powietrza oraz zmian wilgotności względnej

i temperatury w aplikacjach, w tym w kontrolerach domowych, oczyszczaczach powietrza, inteligentnych termostatach, pojazdach, smartfonach i urządzeniach nasobnych. Układy scalone interfejsu czujnika umożliwiają systemowi odczytywanie informacji z sygnału wejściowego generowanego przez złożone czujniki, zapewniając odpowiedni sygnał wyjściowy, który jest łatwy do wyświetlenia lub przetworzenia przez system hosta. Interfejsy czujników ScioSense oferują wysoką dokładność, precyzję i czułość nawet podczas pracy w trudnych warunkach.



**Sensirion** – szwajcarski holding z siedzibą w Staefa, oferuje rozwiązania czujnikowe dostarczające szczegółowych i wiarygodnych danych dotyczących kluczowych parametrów środowiskowych, takich jak wilgotność, temperatura, lotne związki organiczne, formaldehyd, cząstki stałe i CO<sub>2</sub>. Czujniki środowiskowe otwierają nowe możliwości tworzenia inteligentniejszych urządzeń, które poprawiają komfort i samopoczucie użytkowników, a także zwiększają efektywność energetyczną w wielu różnych zastosowaniach.



**Senseair** – wiodący światowy dostawca technologii wykrywania powietrza i gazów z siedzibą w Delsbo w Szwecji. Ich celem jest analiza powietrza poprzez zapewnienie najlepszych możliwych rozwiązań pomiarowych. Dzięki ponad 25-letniemu doświadczeniu Senseair stał się centrum doskonałości w dziedzinie niedyspersyjnej technologii podczerwieni.

## 2.6. Otoczenie prawne i ochrona własności intelektualnej

W rozdziałach od 2.6.1 do 2.6.3 przedstawiona została analiza globalnego otoczenia prawnego, wstęp metodologiczny do analizy otoczenia patentowego oraz sama analiza otoczenia patentowego.

### 2.6.1. Analiza otoczenia prawnego

Inteligentne czujniki znajdują zastosowanie w wielu obszarach gospodarki, w tym między innymi w przemyśle, medycynie czy ochronie środowiska. Każdy z tych obszarów regulowany jest przez akty prawne, które określają zakres działania przedsiębiorców.

W przemyśle coraz częściej znajdują zastosowanie czujniki, które wykorzystywane są czy to w kontroli procesów lub pracowników, w monitoringu sieci przesyłowych i budowl, czy też w kopalniach. Przy wykorzystaniu inteligentnych czujników w przemyśle, coraz większe zastosowanie ma sztuczna inteligencja (AI). Nie istnieją globalne regulacje dotyczące sztucznej inteligencji. Należy zwrócić uwagę na przygotowany przez WIPO Draft Issues Paper on Intellectual

---

Property Policy and Artificial Intelligence<sup>4</sup> (wstępny dokument dotyczący zagadnień polityki własności intelektualnej i sztucznej inteligencji), który odnosi się do kluczowych kwestii związanych z AI i IP, takich jak patenty, wzornictwo przemysłowe, tajemnica przedsiębiorstwa, prawo autorskie czy znaki towarowe.

W obszarze wyrobów medycznych brak jest globalnych aktów prawnych regulujących zasady odnoszące się do inteligentnych czujników. Konieczne jest zatem przeprowadzenie analizy przepisów krajowych przed wejściem na dany rynek. Dla przykładu w kontekście bioczujników, Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) przygotowując wytyczne w tym zakresie zwróciła uwagę na dwa kluczowe elementy wymagające regulacji, tj. produkt oraz jego użycie<sup>5</sup>. Regulacje dotyczące wyrobów medycznych obejmują zazwyczaj rozwój produktów medycznych, produkcję, opakowanie i znakowanie, jak również reklamę, sprzedaż, używanie oraz rozporządzanie. Twórcy i producenci inteligentnych czujników w medycynie muszą zapewnić, że ich produkty spełniają wymogi standardu Międzynarodowej Organizacji Standaryzacyjnej dotyczącego procesów cyklu życia oprogramowania wyrobów medycznych<sup>6</sup>.

Procesy standaryzacyjne powodują, że przedsiębiorcy, którzy chcą być aktywni na określonych rynkach, muszą uzyskać dostęp do technologii będących standardami. Rozwiązania tworzące te technologie są przede wszystkim chronione patentami. Działalność na wielu rynkach uzależniona jest głównie od tego czy możliwe będzie zawarcie umowy licencyjnej zezwalającej na stosowanie chronionych rozwiązań. Właściciele patentów przystępujący do procesu wyłaniania standardu zobowiązują się, że w razie włączenia ich chronionych rozwiązań do standardu będą udzielać licencji na korzystanie z owych rozwiązań na rozsądnych warunkach, uczciwych oraz jednakowych dla wszystkich zainteresowanych (FRAND – ang. *fair, reasonable and non-discriminatory* (uczciwe, rozsądne i niedyskryminacyjne)).

Inteligentne czujniki zbierają dużą ilość danych, w tym wrażliwych danych osobowych czy danych nieosobowych, jak np. czujniki medyczne wykorzystywane w leczeniu, czujniki wykorzystywane w monitoringu czy kontroli dostępu. Dlatego też należy pamiętać o przestrzeganiu przepisów regulujących przetwarzanie i przepływ danych osobowych. Nie ma globalnych regulacji w tym zakresie, stąd konieczna jest każdorazowa analiza krajowych regulacji prawnych przed rozpoczęciem działalności na danym terytorium. W dniu 27 września 2021 r. doszło do istotnej zmiany w zakresie podstaw prawnych transferu danych osobowych do państwa trzeciego, tj. poza Europejski Obszar Gospodarczy (np. USA). Z dniem 27 września 2021 r. przestały obowiązywać decyzje Komisji Europejskiej dotyczące transferów danych osobowych do państwa trzeciego (decyzje nr 2001/497/WE oraz 2010/87/WE). Zastępuje je decyzja Komisji UE nr 2021/914.

---

<sup>4</sup> Strona internetowa WIPO: [https://www.wipo.int/meetings/en/doc\\_details.jsp?doc\\_id=470053](https://www.wipo.int/meetings/en/doc_details.jsp?doc_id=470053). Dostęp: 4.10.2021.

<sup>5</sup> *Medical Device Regulations, Global overview and guiding principles*, World Health Organization, ISBN 92 4 154618 2 (NLM Classification: WA 26), 2003.

<sup>6</sup> Strona internetowa ISO: <https://www.iso.org/standard/38421.html>. Dostęp: 4.10.2021.



Podobnie jak to było w poprzednim stanie prawnym, oparcie transferów na podstawie klauzul dołączonych do decyzji 2021/914/UE daje możliwość przekazania danych osobowych do państwa trzeciego bez konieczności spełnienia dodatkowych wymogów.

Podstawowymi międzynarodowymi aktami prawnymi dotyczącymi ochrony prawa własności przemysłowej i intelektualnej jest Konwencja paryska o ochronie własności przemysłowej<sup>7</sup> oraz Porozumienie w sprawie Handlowych Aspektów Praw Własności Intelektualnej (TRIPS)<sup>8</sup>, które dają wytyczne do ochrony własności przemysłowej i intelektualnej. Międzynarodowa ochrona patentowa regulowana jest przez Układ o współpracy patentowej (PCT)<sup>9</sup>, dzięki któremu dokonując jednego międzynarodowego zgłoszenia patentowego w ramach PCT, zgłaszający mogą jednocześnie ubiegać się o ochronę wynalazku w ponad 150 krajach. Międzynarodowa ochrona znaków towarowych możliwa jest na podstawie madryckiego systemu ochrony znaków towarowych<sup>10</sup>, dzięki któremu na podstawie jednego zgłoszenia można ubiegać się o uzyskanie ochrony w 124 krajach. Natomiast haski system międzynarodowej rejestracji wzorów przemysłowych<sup>11</sup> zapewnia praktyczne rozwiązanie umożliwiające rejestrację wzorów w 92 krajach, poprzez dokonanie jednego zgłoszenia międzynarodowego. Należy pamiętać, że przed skorzystaniem z procedur międzynarodowych konieczne jest dokonanie krajowego lub regionalnego zgłoszenia praw własności przemysłowej.

---

<sup>7</sup> Konwencja paryska o ochronie własności przemysłowej z dnia 20 marca 1883 r. zmieniona w Brukseli dnia 14 grudnia 1900 r., w Waszyngtonie dnia 2 czerwca 1911 r., w Hadze dnia 6 listopada 1925 r., w Londynie dnia 2 czerwca 1934 r., w Lizbonie dnia 31 października 1958 r. i w Sztokholmie dnia 14 lipca 1967 r. - Akt sztokholmski z dnia 14 lipca 1967 r. (Dz. U. z 1975 r. Nr 9, poz. 51).

<sup>8</sup> Porozumienie w sprawie Handlowych Aspektów Praw Własności Intelektualnej z dnia 22 grudnia 1994 r. (ang. Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights, TRIPS) – załącznik do porozumienia w sprawie utworzenia Światowej Organizacji Handlu (WTO) (Dz. Urz. UE. L Nr 336, str. 214).

<sup>9</sup> Układ o współpracy patentowej sporządzony w Waszyngtonie dnia 19 czerwca 1970 r., poprawiony dnia 2 października 1979 r. i zmieniony dnia 3 lutego 1984 r. (Dz.U.1991.70.303).

<sup>10</sup> Porozumienie madryckie o międzynarodowej rejestracji znaków. 1891.04.14. (Dz.U.1993.116.514) oraz Protokół do Porozumienia madryckiego o międzynarodowej rejestracji znaków. Madryt dnia 27 czerwca 1989 (Dz.U.2003.13.129).

<sup>11</sup> Akt genewski Porozumienia haskiego w sprawie międzynarodowej rejestracji wzorów przemysłowych. Genewa.1999.07.02. (Dz.U.2009.198.1522 z dnia 2009.11.26).

---

## 2.6.2. Wprowadzenie metodologiczne do analizy otoczenia patentowego

Aby przystąpić do analizy otoczenia patentowego należy dokonać wprowadzenia metodologicznego. Źródłem prezentowanych danych jest badanie własne na podstawie danych z bazy Derwent Innovation<sup>12</sup>. Zgłoszenia patentowe publikowane są po 18 miesiącach od daty pierwszeństwa do uzyskania patentu, do tego czasu są tajne, o ile zgłaszający nie złoży wniosku o wcześniejszą publikację (co ma miejsce w nielicznych przypadkach). W związku z tym publikacje zgłoszeń patentowych np. w roku 2020 dotyczą zgłoszeń dokonanych w latach 2018 i 2019 (a zatem wynalazków dokonanych w tych latach).

Udział rozwiązań z zakresu programów komputerowych (software) był określany poprzez dodanie do kryteriów wyszukiwania warunku, aby w skrócie lub zastrzeżeniach patentowych występowało określenie „computer implemented/ computer-implemented/ computer program/ program code/ code means/ instructions/ algorithm” (zaimplementowane komputerowo/ zaimplementowane-komputerowo/ program komputerowy/ kod programu/ środki kodowe/ instrukcje/ algorytm). Należy zauważyć, że nie wszystkie wynalazki oparte o program komputerowy odwołują się wprost do programu komputerowego w treści zastrzeżenia, często są definiowane jako sposób przetwarzania pewnych danych – a zatem, to kryterium pozwala zidentyfikować minimalną ilość zgłoszeń opartych o programy komputerowe, nie wykluczając możliwości istnienia wielu innych.

Udział rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji (AI) był określany poprzez dodanie do kryteriów wyszukiwania warunku, aby w skrócie lub zastrzeżeniach patentowych występowało określenie „artificial intelligence/ machine learning/ neural network” (sztuczna inteligencja/ uczenie maszynowe/ sieć neuronowa).

## 2.6.3. Analiza otoczenia patentowego

Widoczny jest systematyczny wzrost liczby dokumentów patentowych (zgłoszeń patentowych i patentów) opublikowanych na świecie w kolejnych latach, które dotyczyły bezpośrednio czujników, jak również ich zastosowań (kryterium wyboru: słowo „sensor” w skrócie zgłoszenia patentowego). Przykładowo w roku 2002 takich publikacji było na świecie ponad 50 tys., w roku 2010 ponad 100 tys., a w roku 2020 około 350 tys. Wyniki analizy pozwoliły zaobserwować, że ochroną objęte są zarówno materiały do pomiarów, przyrządy wykorzystujące te materiały, układy elektroniczne do przetwarzania i transmisji sygnałów pomiarowych, jak również programy komputerowe (o charakterze technicznym) do analizy wyników pomiarów. Rozwiązania ze wspomnianych kategorii przedstawiane są jako przeznaczone do celów ogólnych lub też dla specyficznych zastosowań. Widoczny jest wyraźny wzrost ilości publikacji dokumentów

---

<sup>12</sup> Strona internetowa Clarivate: <https://clarivate.com/derwent/solutions/derwent-innovation/>. Dostęp: 11.10.2021.



---

patentowych dotyczących wszelkiego rodzaju aspektów nadających czujnikom miano „inteligentnych” (jak zostało to omówione we wcześniejszych rozdziałach).

W niniejszym badaniu skupiono się dokładnie na czterech wybranych obszarach dotyczących wskazanych w dalszej części ekspertyzy BTR scenariuszy rozwoju: czujniki fotoniczne, bioczujniki w medycynie, przemysł 4.0 i robotyzacja oraz pomiary środowiskowe i zmian klimatu. Obszary te zostały wskazane jako szczególnie interesujące dla polskich podmiotów ze względu na dostępne kompetencje i możliwości techniczne do ich realizacji. Biorąc pod uwagę publikacje dokumentów patentowych, wskazanie akurat na te cztery obszary należy uznać za słuszne, gdyż widoczna jest w tych obszarach w ostatnich latach jeszcze większa dynamika wzrostu niż dynamika dotycząca liczby publikacji dokumentów patentowych dotyczących czujników w ujęciu ogólnym.

Tylko w ostatnim roku, w wyselekcjonowanych obszarach opublikowano na świecie tysiące dokumentów patentowych (zgłoszeń patentowych i patentów):

- Czujniki fotoniczne – ponad 2 000 dokumentów patentowych.
- Bioczujniki w medycynie – ponad 30 000 dokumentów patentowych.
- Przemysł 4.0 i robotyzacja – ponad 3 000 bezpośrednio powiązanych dokumentów patentowych.
- Pomiary środowiskowe i monitoring zmian klimatu - ponad 9 000 bezpośrednio powiązanych dokumentów patentowych.

Podobnie jak w wielu innych dziedzinach, wiodącą rolę pod względem ilości zgłoszeń patentowych dokonanych w ciągu ostatnich trzech lat pełnią podmioty z Chin - przede wszystkim chińskie uniwersytety. Podmioty te dokonują zgłoszeń patentowych głównie w chińskim urzędzie patentowym, który obecnie publikuje kilkakrotnie więcej dokumentów od każdego z pozostałych urzędów. Chińskie dokumenty patentowe stanowią zatem obecnie istotne źródło informacji o najnowszych rozwiązaniach ze stanu techniki. Bazy informacji patentowych (choćby ogólnodostępne bazy Espacenet czy Google Patents) pozwalają już na dostęp do tłumaczeń maszynowych tych dokumentów na język angielski.

Istotny i coraz większy udział w obrębie wszystkich zgłoszeń patentowych mają rozwiązania związane z programami komputerowymi. Należy mieć na uwadze, że co do zasady wszystkie programy komputerowe powiązane z inteligentnymi czujnikami mają zdolność patentową w większości urzędów krajowych na całym świecie. W szczególności ze względu na to, że takie oprogramowanie dotyczy przetwarzania danych pomiarowych z czujników, należy uznać, że ma charakter techniczny i z tego powodu posiada zdolność patentową przed europejskim urzędem patentowym, a od niedawna również przed polskim urzędem patentowym. Ponadto, ze względu na to, że takie oprogramowanie ma charakter nieabstrakcyjny (przetwarza rzeczywiste dane), ma zdolność patentową przed urzędem patentowym w USA. Ponadto zaobserwować można istotny udział rozwiązań opartych o moduły sztucznej inteligencji.

Przykłady zakresu rozwiązań chronionych przez firmy z całego świata w dziedzinie inteligentnych czujników wskazują zatem na to, że chronić przy pomocy patentów można rozwiązania nie tylko w zakresie układów elektronicznych (takie jak rodzaje materiałów stosowanych w czujnikach, układy elektroniczne do zbierania, wzmacniania i przesyłania sygnałów pomiarowych, obudowy czujników itp.), lecz również w zakresie oprogramowania (takie jak algorytmy do zbierania, przetwarzania, analizowania czy prezentowania danych zebranych za pomocą czujników). Istnieje zatem dla polskich firm potencjał ochrony wypracowanej własności intelektualnej za pomocą najsilniejszego (choć też najbardziej kosztownego) narzędzia, jakim są patenty, w praktycznie każdym aspekcie (układy fizyczne/ oprogramowanie) działalności w tej dziedzinie.

Poniżej przedstawione zostały wyniki analiz przeprowadzonych dla wybranych obszarów badania technologii inteligentnych czujników.



### Obszar 1

#### Czujniki fotoniczne

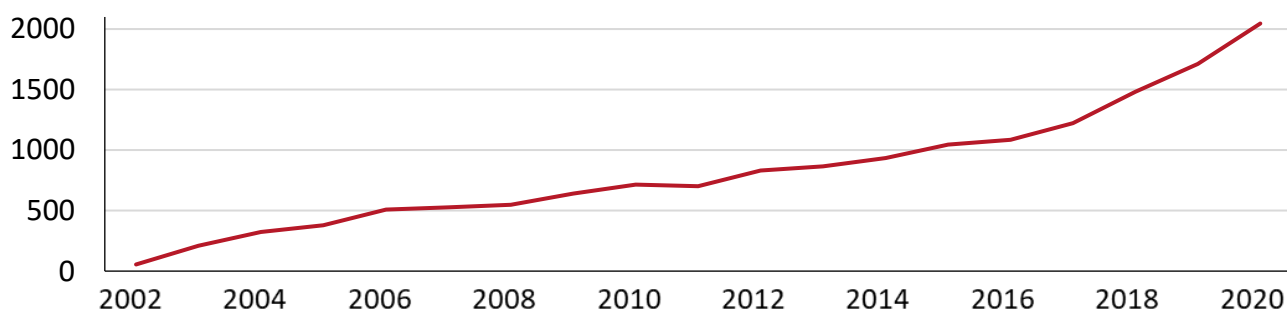
W ramach tego obszaru wyselekcjonowano dokumenty patentowe z klasy G01N21 (Investigating or analysing materials by the use of optical means (Badanie lub analiza materiałów za pomocą środków optycznych)), których zastrzeżenia patentowe zawierały słowa „optical” (optyczny) oraz co najmniej jedno słowo z grupy obejmującej „fiber/ fibre/ waveguide/ probe” (włókno/ włókno/ falowód/ sonda).

Zbadano dokumenty zgłoszone w latach 2002 - 2020. W ramach zadania dokonano przeglądu dokumentów patentowych z całego świata.

Zidentyfikowano 38 480 dokumentów należących do 17 637 rodzin patentowych (w skład jednej rodziny patentowej może wchodzić kilka dokumentów patentowych - zgłoszeń patentowych lub patentów, z jednego lub więcej krajów, dotyczących tego samego wynalazku).

Liczba opublikowanych nowych rodzin patentowych w poszczególnych latach została zaprezentowana na Rysunku 6.

Rysunek 6. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie czujników fotonicznych (2002-2020)



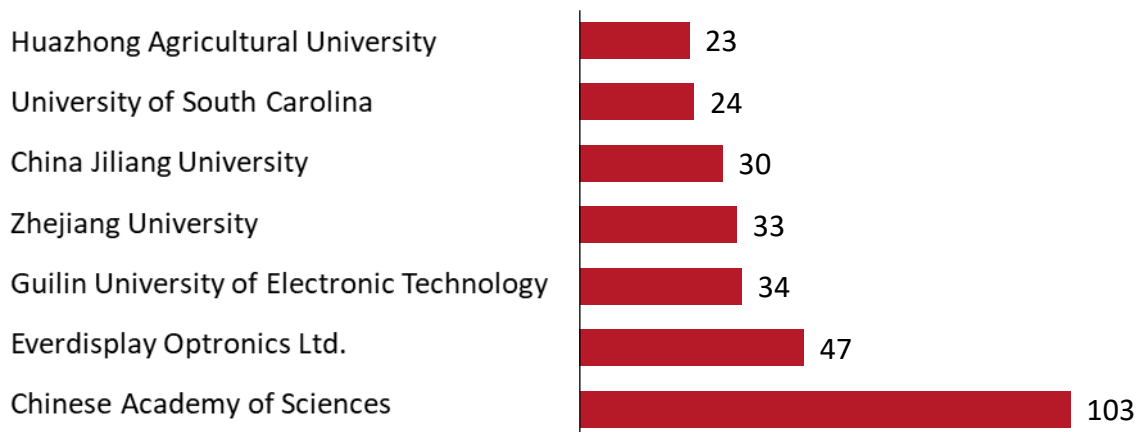
Źródło: opracowanie własne

Z Rysunku 6 wynika, że badana dziedzina intensywnie się rozwija, widoczny jest stały coroczny przyrost ilości opracowywanych wynalazków.

Aby oszacować aktualne trendy w tej dziedzinie, przeanalizowano zgłoszenia patentowe dokonane i opublikowane w ciągu ostatnich 3 lat – grupa 3 327 opublikowanych rodzin patentowych.

Aktualnie, najbardziej aktywne podmioty dokonujące zgłoszeń patentowych zostały zaprezentowane na Rysunku 7.

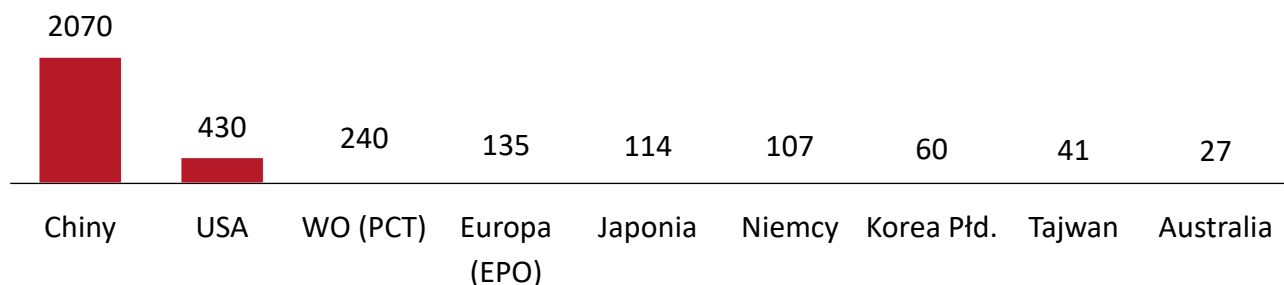
**Rysunek 7. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie czujników fotonicznych**



Źródło: opracowanie własne

Liczba zgłoszeń patentowych w zakresie czujników fotonicznych dokonanych i opublikowanych w ciągu ostatnich 3 lat, w podziale na kraje, regiony lub zrzeszenia została zaprezentowana na Rysunku 8.

**Rysunek 8. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie czujników fotonicznych**



Źródło: opracowanie własne

- 287 rozwiązań spośród powyższych (czyli ok. 9%) obejmuje co najmniej częściowo rozwiązanie związane z oprogramowaniem.

- 85 rozwiązań spośród powyższych (czyli ok. 3%) obejmuje wykorzystanie sztucznej inteligencji.



## Obszar 2

### BioczuJNIKI w medycynie

W ramach tego obszaru wyselekcjonowano dokumenty patentowe:

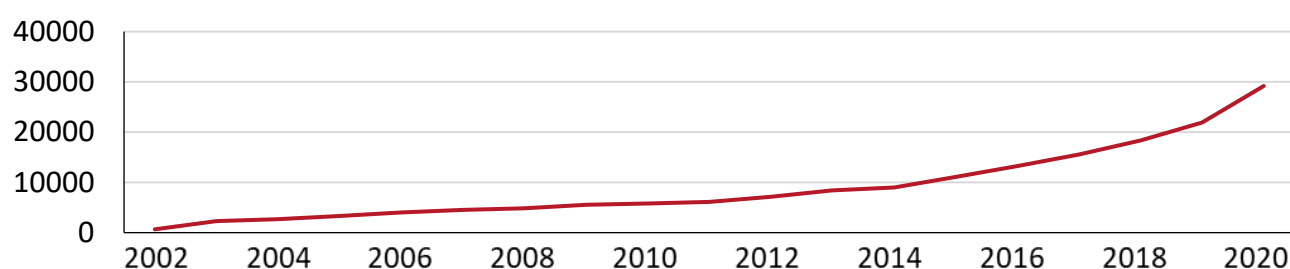
- Z klasy A61B5 (Measuring for diagnostic purposes (Pomiar do celów diagnostycznych)), których zastrzeżenia patentowe zawierały słowa „sensor/ assay” (czujnik/ test).
- Z klasy G01N33/50 (Chemical analysis of biological material (Analiza chemiczna materiału biologicznego)), których zastrzeżenia patentowe zawierały słowa „sensor/ assay” (czujnik/ test).
- Z klasy G01N27/327 (Biochemical electrodes (Elektrody biochemiczne)) – wszystkie dokumenty patentowe.
- Z klasy B01L2200/10 (Integrating sample preparation and analysis in single entity, e.g. lab-on-a-chip concept (integracja przygotowania i analizy próbek w jednym podmiocie, m.in. koncepcja laboratorium na chipie)) – wszystkie dokumenty patentowe.

Zbadano dokumenty zgłoszone w latach 2002 - 2020. W ramach zadania dokonano przeglądu dokumentów patentowych z całego świata.

Zidentyfikowano 514 888 dokumentów należących do 202 713 rodzin patentowych.

Liczba opublikowanych nowych rodzin patentowych w poszczególnych latach została zaprezentowana na Rysunku 9.

**Rysunek 9. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie bioczuJNIKÓW (2002-2020)**

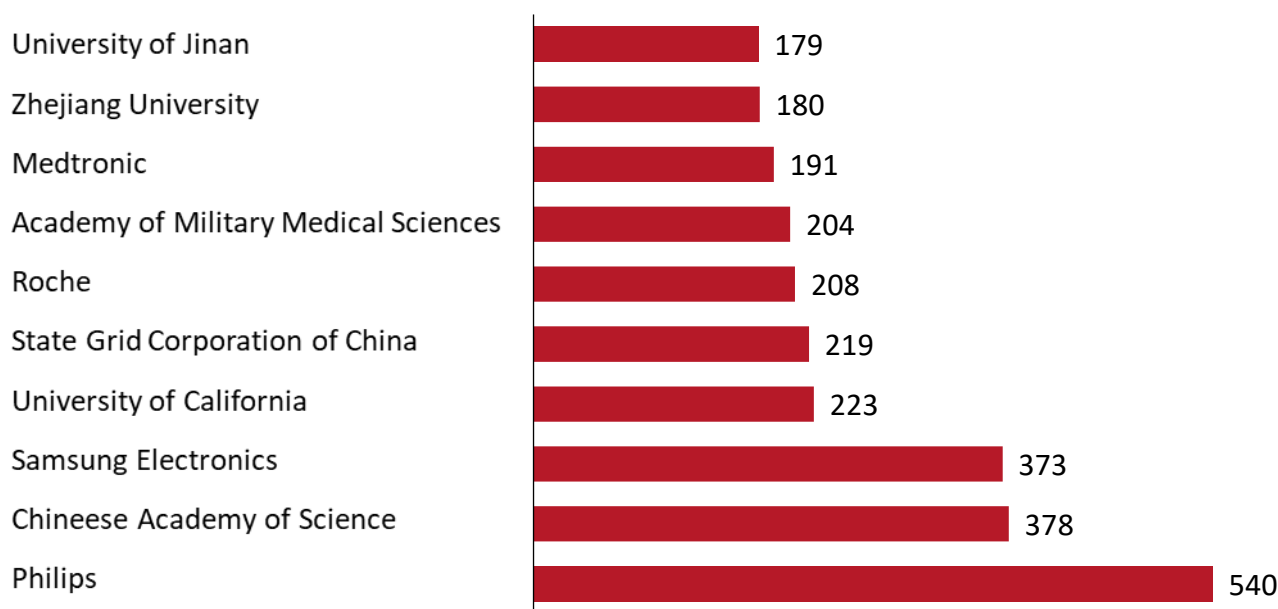


Źródło: opracowanie własne

Z Rysunku 9 wynika, że badana dziedzina intensywnie się rozwija, widoczny jest stały coroczny przyrost ilości opracowywanych wynalazków.

Aby oszacować aktualne trendy w tej dziedzinie, przeanalizowano zgłoszenia patentowe dokonane i opublikowane w ciągu ostatnich 3 lat – grupa 56 037 opublikowanych rodzin patentowych. Najbardziej aktywne podmioty dokonujące zgłoszeń patentowych w obszarze bioczuźników zostały zaprezentowane na Rysunku 10.

**Rysunek 10. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie bioczuźników**



Źródło: opracowanie własne

Warto zauważyć, że w tej dziedzinie najbardziej aktywni zgłaszający pochodzą z różnych obszarów świata: Europa (Philips), Chiny (Chinese Academy of Science), Korea (Samsung), USA (University of California).

Kraje z największą liczbą zgłoszeń patentowych dokonanych i opublikowanych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie bioczuźników zostały zaprezentowane na Rysunku 11.

**Rysunek 11. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie bioczuźników**



Źródło: opracowanie własne

- 7 672 rozwiązań spośród powyższych (czyli ok. 14%) obejmuje co najmniej częściowo rozwiązanie związane z oprogramowaniem.
- 2 460 rozwiązań spośród powyższych (czyli ok. 4%) obejmuje wykorzystanie sztucznej inteligencji.



### Obszar 3

#### Przemysł 4.0 i Robotyzacja

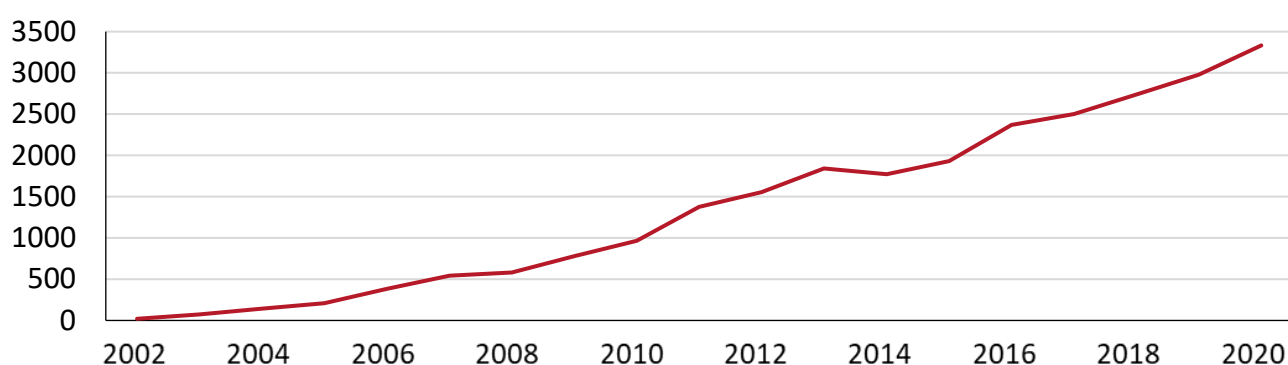
W ramach tego obszaru wyselekcjonowano dokumenty patentowe, których tytuły zawierają słowo kluczowe „sensor”, a zastrzeżenia patentowe zawierają słowa wireless/ IoT/ self-powered (bezprowadowy/ Internet rzeczy/ samoszasilający), co stanowi dość duże zawężenie względem całkowitej ilości dokumentów patentowych (obejmujących patenty i zgłoszenia patentowe) dot. czujników stosowanych w przemyśle, lecz w przeciwnym wypadku (np. poszukiwania słowa czujnik w zastrzeżeniach) zbiór danych miałby setki tysięcy dokumentów i zawierałby zbyt wiele rekordów oddalonych od istoty badania.

Zbadano dokumenty zgłoszone w latach 2002 - 2020. W ramach zadania dokonano przeglądu dokumentów patentowych z całego świata.

Zidentyfikowano 49 813 dokumentów należących do 29 008 rodzin patentowych.

Liczba opublikowanych nowych rodzin patentowych w poszczególnych latach została zaprezentowana na Rysunku 12.

**Rysunek 12. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie czujników dla przemysłu i robotyzacji (2002-2020)**



Źródło: opracowanie własne

Z Rysunku 12 wynika, że badana dziedzina intensywnie się rozwija, widoczny jest stały coroczny przyrost ilości opracowywanych wynalazków.

Aby oszacować aktualne trendy w tej dziedzinie, przeanalizowano zgłoszenia patentowe dokonane i opublikowane w ciągu ostatnich 3 lat – grupa 6 330 opublikowanych rodzin patentowych.

Najbardziej aktywne podmioty dokonujące zgłoszeń patentowych zostały zaprezentowane na Rysunku 13.

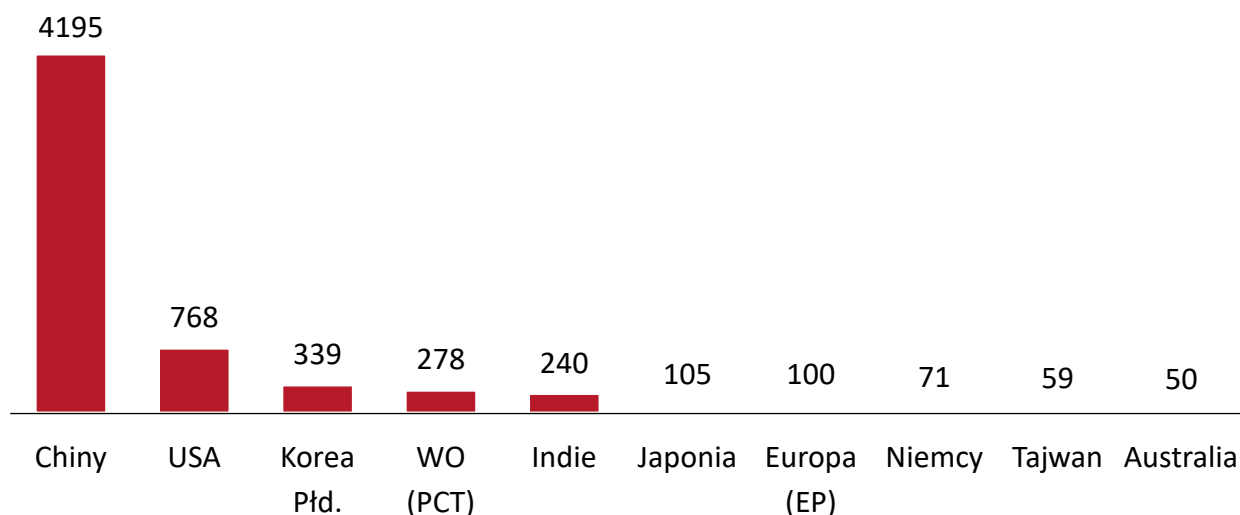
**Rysunek 13. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie bioczuźników, czujników dla przemysłu i robotyzacji**



Źródło: opracowanie własne

Kraje z największą liczbą zgłoszeń patentowych dokonanych i opublikowanych w ciągu ostatnich 3 lat w obszarze czujników dla przemysłu zostały zaprezentowane na Rysunku 14.

**Rysunek 14. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie czujników dla przemysłu i robotyzacji**



Źródło: opracowanie własne

- 1 209 rozwiązań spośród powyższych (czyli ok. 19%) obejmuje co najmniej częściowo rozwiązanie związane z oprogramowaniem.

- 233 rozwiązań spośród powyższych (czyli ok. 4%) obejmuje wykorzystanie sztucznej inteligencji.



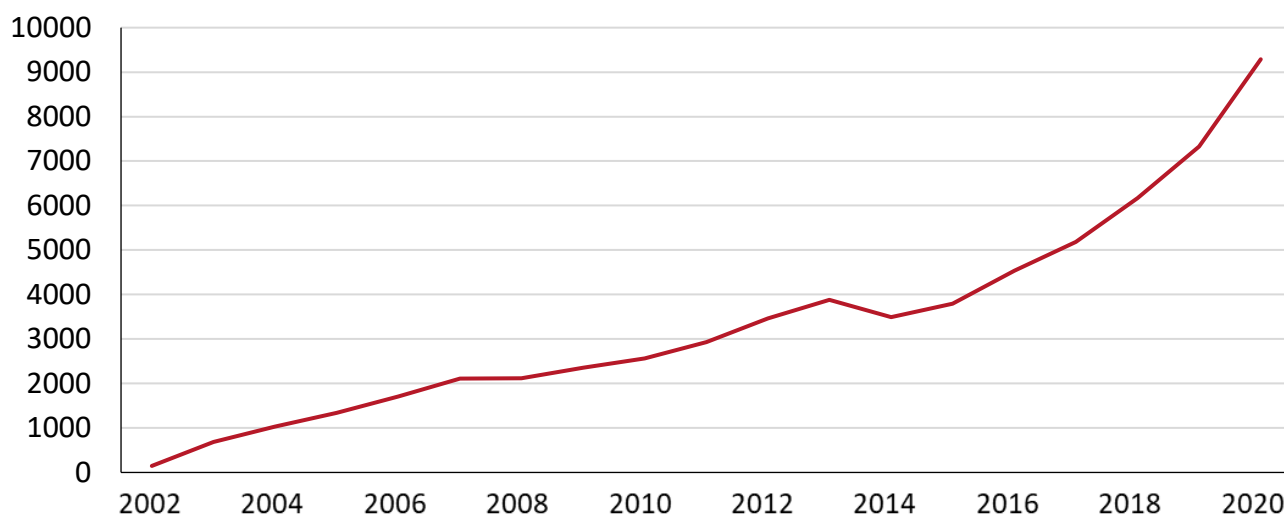
#### Obszar 4

#### Pomiary środowiskowe i monitoring zmian klimatu

W ramach tego obszaru wyselekcjonowano dokumenty patentowe, których tytuły zawierają słowo kluczowe /sensor/, a zastrzeżenia patentowe zawierają słowa environment/ gas/ sewage/ flood/ noise (środowisko/ gaz/ ścieki/ powódź/ hałas), co stanowi dość duże zawężenie względem całkowitej ilości dokumentów patentowych dot. czujników stosowanych w pomiarach środowiskowych i monitoringu zmian klimatu, lecz w przeciwnym wypadku (np. poszukiwania słowa czujnik w zastrzeżeniach) zbiór danych miałby setki tysięcy dokumentów i zawierałby zbyt wiele rekordów oddalonych od istoty badania.

Zbadano dokumenty zgłoszone w latach 2002 - 2020. W ramach zadania dokonano przeglądu dokumentów patentowych z całego świata. Zidentyfikowano 136 445 dokumentów należących do 72 323 rodzin patentowych. Liczba opublikowanych nowych rodzin patentowych w poszczególnych latach została zaprezentowana na Rysunku 15.

**Rysunek 15. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie czujników do pomiarów środowiskowych (2002-2020)**



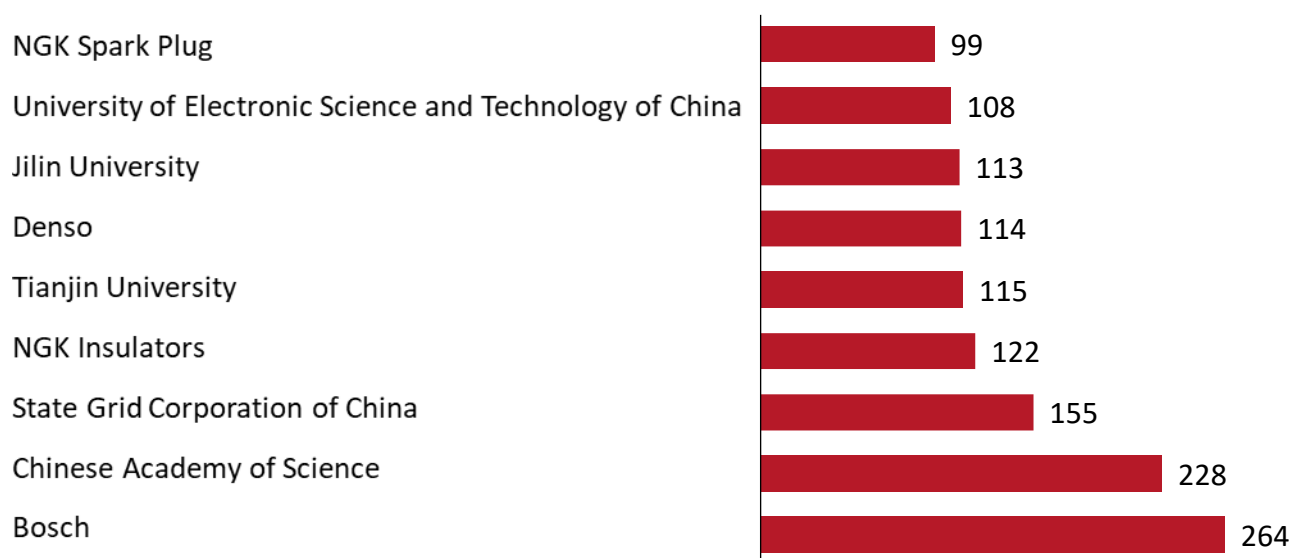
Źródło: opracowanie własne

Aby oszacować aktualne trendy w tej dziedzinie, przeanalizowano zgłoszenia patentowe dokonane i opublikowane w ciągu ostatnich 3 lat – grupa 16 727 opublikowanych rodzin patentowych.



Najbardziej aktywne podmioty dokonujące zgłoszeń patentowych w obszarze czujników do pomiarów środowiskowych zostały zaprezentowane na Rysunku 16.

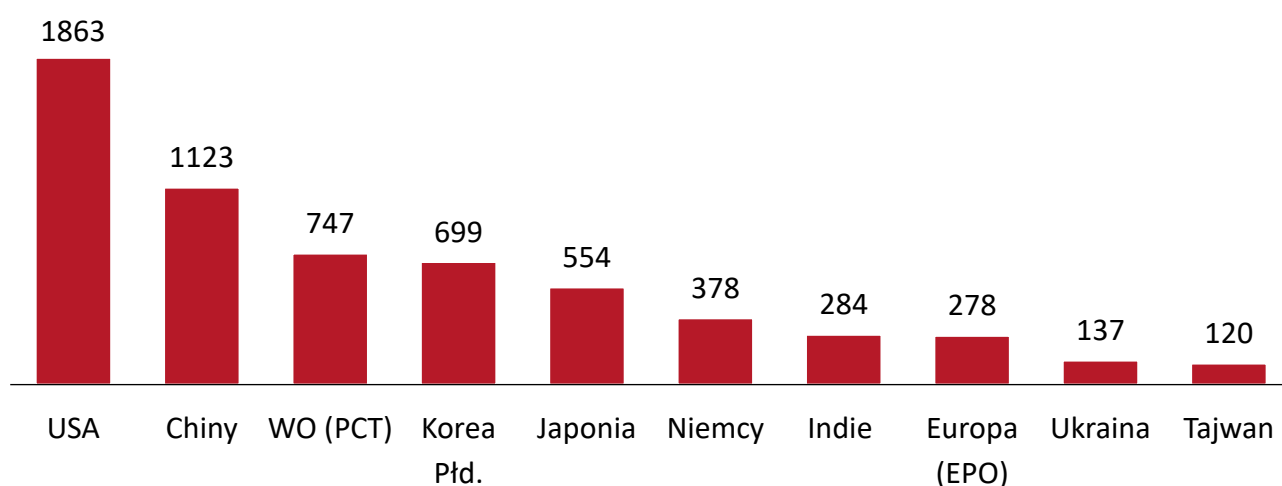
**Rysunek 16. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie bioczujników i czujników do pomiarów środowiskowych**



Źródło: opracowanie własne

Kraje z największą liczbą zgłoszeń patentowych dokonanych i opublikowanych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie czujników do pomiarów środowiskowych zostały zaprezentowane na Rysunku 17.

**Rysunek 17. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie czujników do pomiarów środowiskowych**



Źródło: opracowanie własne

- 2 236 rozwiązań spośród powyższych (czyli ok. 13%) obejmuje co najmniej częściowo rozwiązanie związane z oprogramowaniem.
- 536 rozwiązań spośród powyższych (czyli ok. 3%) obejmuje wykorzystanie sztucznej inteligencji.

Analiza otoczenia patentowego w dziedzinie inteligentnych czujników wskazuje na bardzo szybki przyrost ilości wynalazków w tej dziedzinie, szybszy niż średnia dla innych dziedzin techniki. Od blisko 20 lat z każdym kolejnym rokiem rośnie ilość zgłoszeń patentowych względem poprzedniego roku. W ostatnich latach najwięcej dokumentów patentowych z dziedziny inteligentnych czujników publikowanych jest w Chinach.

## 2.7. Analiza trendów rozwojowych

Istnieje wiele znaczących innowacji i wynalazków, które powstają każdego dnia. Mikro- i nanotechnologia, nowatorskie materiały oraz mniejsze, inteligentniejsze i wydajniejsze systemy elektroniczne będą odgrywać ważną rolę w przyszłości czujników. Wszechobecność systemów czujników zapewni szerszą świadomość sytuacyjną, która może być osiągnięta jedynie poprzez dalszą miniaturyzację takich układów oraz wprowadzenie pełnej integracji sieciowej (np. czujniki IoT dla przemysłu 4.0.).

Przegląd najważniejszych trendów rozwojowych na świecie w obszarze inteligentnych czujników, zidentyfikowanych w ramach SL, przedstawiono poniżej:



### Trendy rozwoju nowych materiałów czujnikowych

Nanomateriały, które mają wyjątkowe właściwości detekcyjne w gazach i cieczach, mogą zapewnić wyższą czułość, większą selektywność i prawdopodobnie lepszą stabilność przy niższych kosztach. Takie ulepszenia są konieczne dla przyszłości czujników. Czujniki poprawią świat poprzez diagnostykę w zastosowaniach medycznych, co wpłynie na poprawę zdrowia i bezpieczeństwa ludzi. Poprawią również wydajność źródeł energii, takich jak ogniwa paliwowe i baterie słoneczne oraz zwiększą efektywność monitoringu środowiska. Aktualnie aktywnie rozwijają się bioelektroniczne oraz kwantowe technologie czujnikowe, które obejmują inteligentne systemy samomonitorujące, samokorygujące i samonaprawiające oraz samomodyfikujące lub zmieniające się, podobnie jak czujące istoty. Poprawia się zdolność systemów do widzenia (technologia fotoniczna), czucia (pomiar fizyczny), zapachu (elektroniczne nosy), słyszenia (ultradźwięki), myślenia/ komunikowania się (inteligentna elektronika i łączność bezprzewodowa) oraz poruszania się (czujniki zintegrowane z siłownikami).



### Trendy rozwoju inteligentnych sieci czujnikowych

Pewnym jest, że nastąpi kolejna ewolucyjna zmiana generacji czujnikowej w zakresie pełnej integracji sieciowej inteligentnych czujników. Przejdziemy ze świata, w którym obowiązują przede wszystkim analogowe zasady pomiaru, do ery w pełni cyfrowej obsługiwanej przez wspierane AI

---

sieci czujnikowe. Cyfryzacja wpływa pozytywnie m.in. na koszty, jakość i czas realizacji produkcji, aby produkować więcej i szybciej. Daje to więcej czasu na zaangażowanie się w inne działania i dlatego rośnie zapotrzebowanie na inteligentne czujniki. W przyszłości czujniki będą pracować autonomicznie i będą algorytmicznie wspierane w samouczące się systemy zdolne do samodzielnego podejmowania decyzji. Sztuczna inteligencja z algorytmami głębokiego uczenia w czujnikach to niedaleka przyszłość. Technologia czujników autonomicznych stanie się powszechna, a ich zasilanie będzie bezbateryjne, co umożliwi wieloletnią pracę bezpieczną dla środowiska. Czujniki będą się same uczyć przez cały okres eksploatacji bez konserwacji, modyfikacji lub kalibracji. Dzięki integracji wielu nanourządzeń w czujniku będzie możliwa złożona detekcja wielu czynników z użyciem różnych technologii. Inteligentne czujniki będą w większym stopniu zapewniać lepsze zrozumienie naszego zachowania i stanu otoczenia. Doprowadzi to nas do ustanowienia lepszych wymagań w zakresie jakości powietrza, podróży, konserwacji samochodów, stylu życia, ubezpieczenia, zużycia energii itp. Możliwe będzie w pełni zautomatyzowane zarządzanie inwentarzem. Czujniki będą coraz częściej wykorzystywane do badania jakości gleby, klimatu, upraw, chorób, plag i chwastów. Nowe systemy lidarowe wyposażą pojazdy autonomiczne w prawdziwą „wizję”. Miasta staną się bardziej inteligentne, a my będziemy mogli „uzupełnić” ekosystem. Na przykład zostaną wdrożone systemy czujnikowe do kontroli stanów powodziowych, jakości powietrza, parkingów, placów zabaw czy ruchu drogowego. Inteligentne czujniki przejmą rolę ludzkich zmysłów. Dane z czujników staną się bardziej wiarygodne i gromadzone w sposób ciągły. Dane zostaną przekształcone na przydatne informacje za pomocą inteligentnego oprogramowania i algorytmów. Coraz więcej decyzji będziemy podejmować na podstawie informacji z czujników, które teraz sami zbieramy. Czujniki będą automatycznie poprawiać stan środowiska, zarządzanie energią i kreować zielone biurowce. Czujniki będą w pełni zintegrowanymi i rekonfigurowalnymi modułami pomiarowymi, które są łatwe w użyciu i można je szybko dostosować do używanej aplikacji. Czujniki będą inteligentnymi jednostkami pomiarowymi, które samodzielnie monitorują i przesyłają zdiagnozowany stan do systemu operacyjnego oraz tworzą niezawodną sieć danych pomiarowych i kalibracyjnych. Sieci czujników kognitywnych są wykorzystywane do uzyskiwania informacji o środowisku poprzez inteligentne, przestrzenne rozmieszczenie dużej liczby czujników. Obsługa dużej liczby czujników bezprzewodowych, to złożone zadanie. Dwa dobrze znane przykłady wykrywania kognitywnego to inteligencja roju i wykrywanie kworum: inteligencja roju jest ustanowiona w sztucznej inteligencji w celu badania zbiorowego zachowania zreorganizowanych systemów, a wykrywanie kworum jest przykładem wykrywania i tworzenia sieci inspirowanych biologią.



### **Trendy rozwoju bioczujników oraz sieci bioczujnikowych**

Istotnym trendem jest również technologia czujników biometrycznych. Zarówno rządy, jak i sektor prywatny zwracają się ku mobilnej biometrii, aby przyspieszyć obsługę identyfikacji ludzi. Biometria mobilna oznacza po prostu uzyskanie indywidualnej identyfikacji biometrycznej na urządzeniu mobilnym z wygodą łatwego przenoszenia lub przenoszenia z jednego miejsca na drugie. Funkcjonalność biometryczną można uzyskać na urządzeniu mobilnym za pomocą

---

wbudowanych czujników biometrycznych lub przypisując do niego przenośny sprzęt biometryczny za pomocą kabla USB lub połączenia Wi-Fi. Trend ten jest wywoływany przez fakt, że biometryczna identyfikacja człowieka nie zawsze może być przeprowadzona w mierzonym środowisku biurowym. Czasami identyfikacja biometryczna może być niezbędna, aby uzyskać ograniczony dostęp np. do miejsc pracy. W takich okolicznościach biometria mobilna może być skuteczna i może przyspieszyć proces dokumentacji. Zastosowania medyczne czujników staną się liczne. Potencjał wykrywania bezprzewodowego rozciąga się również na dziedzinę medyczną, gdzie urządzenia elektroniczne do noszenia (ang. *wearables*) będą miały ogromny wpływ na zdalne monitorowanie biologiczne pacjentów i wykrywanie biochemiczne. Ze względu na zdiagnozowane potrzeby rynku prowadzone są badania nad nowoczesnym sprzętem do oceny poziomu markerów patogenów, ale są one nadal w fazie koncepcyjnej i wymagają szeregu dodatkowych, długoterminowych badań i testów.



### **Trendy rozwoju integracji sieci czujnikowych na terenach wysoce zurbanizowanych**

W skali globalnej istotnym trendem rynkowym jest również tworzenie i rozwój koncepcji inteligentnych miast i wsi (ang. *Smart Cities i Smart Villages*). Inteligentne miasta i wsie definiuje się jako przestrzeń do życia i pracy wykorzystujące nowoczesne technologie w celu poprawy jakości życia, pracy i funkcjonowania w sposób zrównoważony. Osiągnięcie tych celów możliwe jest przy wykorzystaniu na dużą skalę m.in. właśnie inteligentnych czujników, począwszy od czujników ruchu (np. uruchamiających oświetlenie nocą lub sterujące sygnalizacją świetlną), przez czujniki temperatury sterujące klimatyzacją, aż po rozbudowaną sieć czujników monitorujących jakość powietrza i wody. Wiele z inicjatyw w obszarze Smart Cities jest realizowanych jako projekty o bardzo dużej skali, czego przykładem może być projekt realizowany w Indiach „100 Smart Cities Mission”, którego celem jest rozwój i rewitalizacja miast i wsi w Indiach, aby uczynić je zgodne z koncepcją Smart Cities o budżecie wynoszącym ponad 100 miliardów USD<sup>13</sup>. Również Komisja Europejska aktywnie partycypuje w rozwoju koncepcji Smart Cities, głównie pełniąc funkcję animatora współpracy różnych środowisk skupionych wokół tego obszaru<sup>14</sup>. Innymi przykładami tego typu inicjatyw może być partnerstwo firmy Current (należącej do koncernu General Electric) z Nokią w celu rozwoju koncepcji Smart Cities w Kanadzie<sup>15</sup>, czy partnerstwo Cisco z firmą Plug and Play w celu rozwoju koncepcji Smart Cities w chińskim Guangzhou<sup>16</sup>. W kontekście trendów związanych ze Smart Cities należy podkreślić,

---

<sup>13</sup> Strona internetowa 1000 Smart Cities Mission, <https://smartcities.gov.in/>. Dostęp: 25.10.2021.

<sup>14</sup> Strona internetowa Smart Cities Marketplace, <https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/>. Dostęp: 1.10.2021.

<sup>15</sup> Strona internetowa Businesswire.

<https://www.businesswire.com/news/home/20180724005164/en/Current-by-GE-Partners-with-Nokia-to-Unleash-Smart-City-Technology-Across-Canada>. Dostęp: 1.10.2021.

<sup>16</sup> Strona internetowa Medium.com. <https://medium.com/@PlugandPlay/cisco-partners-with-plug-and-play-to-develop-a-smart-city-in-guangzhou-fa1561fa41f0>. Dostęp: 1.10.2021.

---

że rozwiązania czujnikowe wykorzystywane przy realizacji tej koncepcji są standardowymi rozwiązaniami, tzn. nie istnieją rozwiązania z obszaru inteligentnych czujników dedykowane koncepcji Smart Cities. Znacząca ilość inteligentnych czujników wykorzystywana w Smart Cities i Smart Villages jest rozwiązaniami dedykowanymi zastosowaniom przemysłowym, np. monitoringowi procesów logistycznych w produkcji czy wizualnej identyfikacji. Trend ten należy zatem traktować głównie jako przyczyniający się do wzrostu popularności rozwiązań z obszaru inteligentnych czujników. Potencjalnie najbardziej „dedykowaną” grupą rozwiązań dla zastosowania w Smart Cities są rozwiązania czujnikowe z obszaru monitoringu klimatu i środowiska.



## 3. Charakterystyka rynku krajowego

### 3.1. Rys historyczny oraz analiza dostępnych produktów i technologii

Świat technologii i zastosowań czujników jest niezwykle różnorodny, szybko się zmienia i coraz częściej staje się częścią naszego codziennego życia w pracy i w domu. W ostatnich dziesięcioleciach nastąpiła przemiana gospodarcza w Polsce i konwergencja kilku kluczowych obszarów technologii — informatyki, komunikacji i produkcji — która umożliwiła szerokie stosowanie czujników, którego jesteśmy dziś świadkami. Chociaż era nowoczesnych komputerów i technologii informatycznych rozpoczęła się w latach 60 i 70 XX w., postępy w technologii półprzewodnikowej przygotowały grunt pod erę mikroelektroniki w latach 80-tych XX w. W Polsce dopiero w latach 90-tych XX w. zaczęto szeroko wprowadzać rozwiązania elektroniczne w związku z pełnym otwarciem rynków zagranicznych. Postęp w technologii laserowej, światłowodowej i zaawansowanych sieci fotonicznych, którego jesteśmy aktywnym uczestnikiem, ma niezwykle ważne znaczenie dla rozwoju obszaru inteligentnych czujników. Szybkie sieci optyczne i satelitarne umożliwiły rozwój globalnego Internetu i rozkwit szerokiej gamy technologii łączności komórkowej i bezprzewodowej, z których wszystkie służą obecnie jako szkielet cyfrowego świata. Wkraczamy teraz w erę czujników - trzecią erę technologii informatycznych, w której świat cyfrowy i fizyczny przecinają się i łączą w różnych sektorach przemysłowych i konsumenckich. Czujniki i dane czujnikowe znajdują się na styku świata fizycznego i cyfrowego, przekształcając niezliczone mierzalne zjawiska w strumienie danych, które można przekazywać, analizować i zwrotnie wykorzystywać. Opracowane w Polsce czujniki MEMS czy PIC zapewniają możliwość monitorowania, sterowania, optymalizacji i zapewnienia autonomii inteligentnym, podłączonym urządzeniom i maszynom. Dzięki postępom w miniaturyzacji komponentów, układom mikroelektromechanicznym (MEMS), masowej produkcji czujników, urządzeniom o niskim poborze mocy, przetwarzaniu na pokładzie i przetwarzaniu w „chmurze” połączonym z Internetem, miliardy inteligentnych, połączonych urządzeń z funkcjami wykrywania tworzą obecnie „Internet rzeczy” (IoT), Internet przemysłowy i systemy autonomiczne. To z kolei napędza szybki postęp w analizie Big Data i algorytmach uczenia maszynowego, które przetwarzają wszystkie dane z podłączonych urządzeń i zwiększają autonomiczność systemów. Te zadania są aktywnie rozwijane dzięki posiadanej w kraju doskonałej kadrze ICT.

---

Rynek inteligentnych czujników w Polsce wykazuje silną segmentację, a komercyjne bioczujniki do detekcji antybiotyków, hormonów i mikroorganizmów stanowią ułamek oferty wiodących firm i dotyczą głównie produkcji mięsnej oraz kontroli jakości produktów spożywczych.

Przeprowadzona analiza rynku wskazuje, że większość bioczujników światłowodowych i elektrochemicznych skupia się na detekcji substancji priorytetowych, pestycydach, herbicydach lub substancjach szczególnie toksycznych. Polski potencjał firm technologicznych i biotechnologicznych pozwala jednak na rozwój i budowę bioczujników do detekcji antybiotyków, hormonów i mikroorganizmów w wodzie oraz płynach fizjologicznych (krew, mocz, ślina).

W Polsce aktywnie rozwijane są technologie materiałów optycznych i optoelektronicznych, w tym szkiele, półprzewodników oraz metamateriałów. Zespoły naukowe pracują również nad technologiami wytwarzania elementów i urządzeń światłowodowych oraz fotonicznych. Do nowych opracowanych technologii w kraju można zaliczyć systemy przetwarzania obrazu i budowy dużych instalacji fotonicznych<sup>17 18</sup>. Komponenty fotoniczne obejmują specjalistyczne szkła do czujników, światłowody i światłowodowe siatki Bragga. Wiele polskich podmiotów zajmuje się poprawą i korektą obrazu, budową systemów widzenia maszynowego i zrobotyzowanego obrazowania, ulepszeń obrazu, zaawansowanego przetwarzania obrazu dla badań i warunków przemysłowych. Przetwarzanie obrazu zostało np. zastosowane jako poszczególne warstwy w systemach cyberbezpieczeństwa. Duże systemy fotoniczne dotyczą inteligentnego oświetlenia w inteligentnym mieście, globalnej komunikacji świetlnej, komunikacji światła widzialnego oraz masowych wdrożeń Li-Fi.

W Polsce projektuje się systemy komputerowe do obsługi fotoniki i związanego z nią sprzętu dla zwiększenia niezawodności, możliwości dodawania nowych funkcjonalności, zmniejszenia zużycia energii, zwiększenia dokładności, uproszczenia użytkowania, możliwości dodawania warstw sieciowych oraz dopasowywania komponentów i urządzeń do IoT. Fotonika w pełni integruje się ze sztuczną inteligencją i Internetem Rzeczy. Jednym z rozwojowych kierunków aplikacji czujników światłowodowych, w tym plastikowych, jest detekcja materiałów niebezpiecznych, trujących, wybuchowych, w tym trotylu, a także plastikowych materiałów wybuchowych. Aplikacje takich rozłożonych sieci pomiarowych, to np. porty lotnicze i morskie, przejścia graniczne, miejsca dużych zgromadzeń ludzkich itp. Wieloparametrowe czujniki fotoniczne są stosowane w przemyśle spożywczym do kontroli jakości procesów technologicznych, w przemysłach chemicznym, farmaceutycznym itp.

Polskie instytucje naukowe rozwijają technologie zapewniające bezpieczeństwo technologiczne, szybkie wykrywanie potencjalnych zagrożeń procesów technologicznych i podejmowanie działań

---

<sup>17</sup> Strona internetowa Sigma-Not.pl. <https://sigma-not.pl/publikacja-133516-zastosowania-fotoniki-i-in%C5%BCynieria-internetu-%E2%80%93-wilqa-2021-elektronika-konstrukcje-technologie-zastosowania-2021-9.html>. Dostęp: 6.10.2021.

<sup>18</sup> Strona internetowa SPIE. <https://spie.org/Publications/Proceedings/Paper/10.1117/12.2557684?SSO=1>. Dostęp: 6.10.2021.



---

zapobiegających, tzn. wykrywanie i wskazywanie przyczyn awarii przewidywanych lub zaistniałych, powodowanych różnego rodzaju uszkodzeniami sprzętu (czujniki, elementy wykonawcze, elementy aparatury technologicznej) i sugerowanie personelowi odpowiednich rozwiązań czy nawet podejmowanie pewnych działań automatycznie. Foresight technologiczny przemysłu – InSight2030<sup>19</sup> wyraźnie wskazuje potencjał Polski w tworzeniu inteligentnych sieci czujników monitorujących zmienność danych w środowiskach o trudnym dostępie, samokonfigurujących się systemów wbudowanych oraz systemów adaptowalnych robotów przemysłowych i usługowych stanowiących gałąź naukowo-gospodarczą o dużym tempie rozwoju. Nowoczesne zarządzanie gospodarką energii w inteligentnych sieciach energetycznych współpracujących z samooptymalizującymi wykorzystanie energii urządzeniami odbiorczymi jest krytyczne dla stabilizacji procesów i ich optymalizacji kosztowej.

Raport grupy roboczej do spraw Internetu Rzeczy przy Ministerstwie Cyfryzacji<sup>20</sup> potwierdza wzrost zainteresowania możliwościami zastosowania IoT, generujący popyt na usługi projektowania i wytwarzania dedykowanych komponentów elektronicznych i elektromechanicznych (czujniki, aktywatory, konsole, autonomiczne urządzenia mobilne i stacjonarne itp.). Otwartość polskich organizacji na procesy cyfrowej transformacji wpływa korzystnie na oczekiwany wysoki poziom adopcji IoT na naszym rynku.

Ważną wiedzą posiadaną w kraju jest technologia wykrywania gazów i związków lotnych z użyciem elektrolitów stałych. Istnieje wiele rozwiązań opracowanych i doskonalonych, które obejmują m.in.: detektory fotojonizacyjne (PID), niedyspersyjne detektory podczerwieni (NDIR), przetworniki/ czujniki elektrochemiczne, rurki do detektorów kolorymetrycznych lub półprzewodniki z tlenków metali (MOS). Takie czujniki służą do wykrywania setek różnych gatunków gazu. Wspólne cele monitorowania przemysłu i zdrowia ludzkiego obejmują wykrywanie O<sub>2</sub>, ozonu, CO, H<sub>2</sub>S oraz szeroką gamę kompleksów VOC i gazów węglowodorowych. Zastosowania przemysłowe do wykrywania gazów obejmują wiele sektorów, w tym emisje i kontrole środowiska, jakość powietrza w pomieszczeniach i na zewnątrz, bezpieczeństwo pracowników, diagnostykę procesów i monitorowanie wydajności. Poza branżą istnieją znaczące możliwości zastosowań w zakresie wykrywania gazów, w tym zastosowań konsumenckich (domowych i osobistych), zdrowotnych (przyrząd/ urządzenie medyczne) i biomedycznych (badania). Pozwoli to rozwiązać wyzwania w temacie ochrony środowiska w Polsce, takie jak poprawa jakości powietrza, lokalizacja głównych źródeł zanieczyszczenia pyłami, gazami toksycznymi i lotnymi związkami organicznymi

---

<sup>19</sup> Raport „Foresight technologiczny przemysłu – InSight2030”, dostępny pod adresem: [http://konfederacja Lewiatan.pl/legislacja/stanowiska/fundusze-strukturalne/files/2013\\_01/MG\\_Foresight\\_Technologiczny\\_2030\\_werjsa\\_elektroniczna.pdf](http://konfederacja Lewiatan.pl/legislacja/stanowiska/fundusze-strukturalne/files/2013_01/MG_Foresight_Technologiczny_2030_werjsa_elektroniczna.pdf). Dostęp: 6.10.2021.

<sup>20</sup> Raport grupy roboczej do spraw internetu rzeczy przy Ministerstwie Cyfryzacji „IoT W POLSCE I I GOSPODARCE”, dostępny do pobrania ze strony <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/grupa-robocza-ds-internetu-rzeczy-internet-of-things-iot>. Dostęp: 6.10.2021.



---

(ang. VOC, np. benzo(a)piren), neutralizacja zagrożenia ze strony susz i zanieczyszczenia wód, ograniczenie erozji gleby oraz eutrofizacji wód. Jesteśmy liderem w kategorii zanieczyszczenia powietrza, 36 z 50 najbardziej zanieczyszczonych miast europejskich znajduje się w Polsce<sup>21 22 23</sup>.

Obecnie w Polsce komórkowe technologie dla czujników IoT zostały wdrożone częściowo w T-Mobile Polska, które pokryło obszar swojej sieci zasięgiem NB-IoT, a także przez Orange Polska, które testuje technologię Cat-M. W miastach firmy prywatne lub organizacje udostępniają punkty dostępowe LoRaWAN, co umożliwia korzystanie oraz dostęp do usług komórkowego IoT na terenie Polski.

Implikacje dla praktycznego wdrożenia obejmują potrzebę dodatkowego wsparcia w obszarze wyzwań technologicznych, finansowych i zasobów ludzkich. Warto podkreślić, że w kraju brak jest linii produkcyjnych oraz brak dużego krajowego gracza zaangażowanego w sektor produkcji czujników. Oznacza to konieczność wprowadzenia odpowiednich programów wspierających wdrażanie produkcji czujników w polskich przedsiębiorstwach przemysłowych.

## 3.2. Podstawowa analiza wielkości i dynamiki rynku

Polski rynek inteligentnych czujników nie należy ani do światowej czołówki, ani do liderów europejskich. W branżowych raportach traktujących o rynku w perspektywie globalnej, takich jak przygotowany przez Allied Market Research<sup>24</sup>, określany jest on jako mieszczący się w kategorii „pozostałych krajów europejskich”, które w 2019 roku wspólnie odpowiadały za 17,5% wartości całego rynku europejskiego (czyli 1,2 mld USD z wartości całego regionu Europy, sięgającej prawie 6,9 mld USD). Nie oznacza to jednak, że Polska należy do wąskiej grupy krajów o ograniczonym wpływie na rozwój całego rynku – wręcz przeciwnie, ponieważ aktualnie wyróżnia się jedynie cztery europejskie kraje o wartościach lokalnego rynku na tyle dużych, aby w perspektywie zestawień globalnych adekwatne było ich indywidualne analizowanie (są to kolejno, od największego, Niemcy, Wielka Brytania, Francja oraz Włochy). Jednocześnie kraje te mają na tyle silną pozycję rynkową, że odgrywają również pierwszoplanową rolę w perspektywie całego globalnego rynku (wartość samego rynku niemieckiego odpowiadała w 2019 roku za ponad 9%

---

<sup>21</sup> Strona internetowa wp.pl: <https://tech.wp.pl/najnowszy-ranking-50-najbardziej-zanieczyszczonych-miast-polska-dominuje-6249269556491905a>. Dostęp 7.10.2021.

<sup>22</sup> Strona internetowa New York Times: <https://www.nytimes.com/2018/04/22/world/europe/poland-pollution.html>. Dostęp 7.10.2021.

<sup>23</sup> Strona internetowa Wyborcza.pl: <http://krakow.wyborcza.pl/krakow/7,44425,24384495,najbardziej-zanieczyszczone-miasta-swiata-krakow-na-drugim.html>. Dostęp 7.10.2021.

<sup>24</sup> Strona internetowa Allied Market Research. <https://www.alliedmarketresearch.com/smart-sensors-market>. Dostęp: 01.10.2021.

---

rynku globalnego). Oznacza to, że w gronie „pozostałych krajów europejskich”, razem z Polską znajduje się znakomita większość krajów europejskich, a przez to również ważnych regionalnie graczy. Dodatkowo brak danych co do wartości rynku krajowego nie przekreśla rynku polskiego jako wartego uwagi czy też perspektywicznego. W szczególności w kontekście perspektyw na najbliższe lata należy nadmienić, że Polska wymieniana jest wraz z czołowymi globalnymi wschodzącymi gospodarkami (m.in. Singapur, Indie, RPA) jako jeden z najszybciej rozwijających się rynków krajowych w branży inteligentnych czujników.

Do analogicznych wniosków doszli wspólnie uczestnicy spotkań Smart Lab – zgadzają się oni, że w ostatniej dekadzie zdecydowanie widoczny był rozwój całego krajowego rynku inteligentnych czujników, na którym z każdym rokiem nie tylko pojawiają się nowe technologie, ale również rozszerzają się możliwości implementacyjne. Powoduje to, że polski rynek dorównuje interdyscyplinarnością innym czołowym rynkom zagranicznym, zarówno w kontekście mnogości branż klienckich, jak i różnorodności wykorzystywanych typów czujników czy ich stopnia zaawansowania technologicznego.

Gdy w przypadku rynku globalnego istotny pod kątem prezentacji perspektyw i dynamiki rozwoju był kontekst geograficzny, to w przypadku rynku krajowego należy pochylić się przede wszystkim nad segmentacją według obszaru zastosowania, a więc branżom klienckim. Wzrost wartości branż generujących największy popyt na inteligentne czujniki będzie pozytywnie korelował z rozwojem samego rynku inteligentnych czujników, a wszelkie trendy wskazujące na akcelerację obecnej wielkości popytu będą jedynie potęgować ten efekt. Uczestnicy spotkań Smart Lab, na bazie swoich doświadczeń i analiz klientów, zgodzili się, że za kluczowe branże klienckie na krajowym rynku można uznać:

- Sektor Medyczny (generujący popyt na bioczujniki i urządzenia PoC).
- Sektor Przemysłu 4.0 (w tym przede wszystkim czujniki służące automatyzacji i robotyzacji).
- Sektor Środowiskowy (inteligentne rozwiązania czujnikowe w pomiarach środowiskowych oraz monitoringu zmian klimatu).

Pierwszy z nich, sektor medyczny, to jeden z tych obszarów gospodarczych, który od drugiego kwartału 2020 roku przeżywa prawdziwą akcelerację rozwoju i rewolucję popytową. Medyczne obszary technologiczne, których produkty i usługi miały realne szanse na wsparcie walki z pandemią COVID-19, odnotowały znaczący wzrost zainteresowania, a niektóre nisze ewoluowały do rangi podstawowych segmentów produktowych. Na polskim rynku dynamicznie zwiększały się wydatki zarówno klientów prywatnych, jak i biznesowych, jednak nie dotyczyły one tych samych grup produktowych. W przypadku otoczenia konsumenckiego szczególnie rosła wartość rynku usług medycznych (prognozuje się, że wydatki na prywatną opiekę medyczną wzrosną w 2021 roku

o 2 mld zł względem początku 2020 roku, a cały rynek usług medycznych wzrośnie o ponad 10%<sup>25</sup>) oraz wartość rynku farmaceutycznego (przychody ze sprzedaży leków w 2020 roku wzrosły o rekordowe 6% w porównaniu do danych na koniec 2019 roku<sup>26</sup>). W otoczeniu biznesowym szczególnie na znaczeniu zyskały rynki ściśle produktowe, w tym materiałowe (zwiększony popyt u dostawców przy zwiększeniu skali produkcji) oraz branża gotowego sprzętu medycznego (której rozwój został dodatkowo przyspieszony, gdyż już od dłuższego czasu stawiała się ona nie tylko kluczowym segmentem medycyny o wartości przekraczającej 3 miliardy EUR, ale również krajową specjalnością eksportową, odpowiadając w 2019 roku za ponad 1% całej sprzedaży zagranicznej<sup>27</sup>).

Sektor Przemysłu 4.0 jest obszarem, z którym cały krajowy przemysł wiąże duże nadzieje, a sam proces transformacji technologiczno-organizacyjnej, będący fundamentem całego sektora, pozostaje jednym z najważniejszych trendów w większości przemysłowych nisz. Coraz więcej polskich przedsiębiorstw decyduje się na cyfryzację swoich produktów i usług, automatyzację procesów, wprowadzanie nowych modeli biznesowych czy integrację łańcucha wartości. Proces ten na zauważalną skalę odbywał się już przed pandemią COVID-19 – w 2019 roku ponad połowa polskich przedsiębiorstw deklarowała znajomość terminu „Przemysł 4.0”, w tym aż 70% z nich zdążyło (lub planowało w ciągu 12 miesięcy) wdrożyć pierwsze rozwiązania z tego obszaru, w czym największy udział miały duże firmy o międzynarodowej skali działalności (87% z nich deklaruje inwestycje w obszarze digitalizacji i automatyzacji)<sup>28</sup>. Niższy stopień wdrożenia technologii Przemysłu 4.0 deklarowały przedsiębiorstwa ograniczające się wyłącznie do krajowego rynku lub po prostu o mniejszej skali produkcyjnej – sytuacja ta jednak zmieniła się drastycznie wraz z nadejściem restrykcji związanych z pandemią COVID-19, które zmusiły przedsiębiorców do inwestycji w stronę rozwiązań uniezależniających ciągłość produkcji od fizycznej obecności każdego z pracowników. Automatyzacja produkcji i cyfryzacja strategicznych procesów pozwoliła polskiemu przemysłowi szybko zareagować na zmieniające się realia pracy w warunkach pandemicznych, co spowodowało nie tylko odwrócenie prognozowanego trendu spadkowego (recesja całej gospodarki), ale wręcz wygenerowanie nadwyżki handlowej wynoszącej 6,9% PKB (eksperci z Platformy Przemysłu Przyszłości twierdzą wręcz, że w długiej perspektywie pandemia

---

<sup>25</sup> POLMED, Polacy wydadzą w tym roku na prywatną opiekę zdrowotną 2 mld zł więcej niż przed pandemią, <https://polmed.org.pl/polacy-wydadza-w-tym-roku-na-prywatna-opieke-zdrowotna-2-mld-zl-wiecej-niz-przed-pandemia/>. Dostęp: 01.10.2021.

<sup>26</sup> Na podstawie raportów miesięcznych „Cały rynek apteczny (raport sell-out)” za 2020 rok opracowanych przez PEX PharmaSequence, dostępne na stronie <https://www.pexps.pl/>. Dostęp: 01.10.2021.

<sup>27</sup> Raport Medical Devices and Equipment in Poland 2021, Polska Agencja Rozwoju Regionalnego, [https://medical.trade.gov.pl/pl/f/v/611037/PPE\\_PL\\_Medical%20Devices%20and%20Equipment%20in%20Poland%20-%20Report%202021%20OK%20NEW.pdf](https://medical.trade.gov.pl/pl/f/v/611037/PPE_PL_Medical%20Devices%20and%20Equipment%20in%20Poland%20-%20Report%202021%20OK%20NEW.pdf). Dostęp: 01.10.2021.

<sup>28</sup> Raport Polska produkcja gotowa na Przemysł 4.0?, PSI Polska, <https://www.psi.pl/pl/blog/psi-polska-blog/post/polska-produkcja-gotowa-na-przemysl-40/>. Dostęp: 04.10.2021.

---

COVID-19 znacząco przyspieszyła w Polsce rozwój sektora Przemysłu 4.0)<sup>29</sup>. Nie bez powodu Przemysł 4.0 jest jednym z najważniejszych obszarów wdrożeniowych również dla rynku inteligentnych czujników – bezpośrednio wpływają one na możliwości automatyzacji (w tym przede wszystkim czujniki produkcyjne), jak i cyfryzacji (np. technologie fotoniczne) przedsiębiorstw. Według firmy PSI Polska (producent oprogramowania), polski sektor przemysłu poszukuje aktualnie rozwiązań podnoszących wydajność procesów i wspierających efektywne wykorzystanie zasobów<sup>30</sup>, czyli pozwalających z każdym dniem zacierać granicę pomiędzy pracą ludzką i maszynową – a czujniki w tym procesie odgrywają kluczową rolę.

Sektor środowiskowy jest niemniej ważnym obszarem i rynkiem gospodarczym. Świadomość klimatyczna i ochrona środowiska przenikają obecnie niemalże wszystkie branże i już od dłuższego czasu przestały być domeną wyłącznie przemysłową. W Polsce oraz całym regionie europejskim, kluczowym motorem tych pozytywnych dla środowiska zmian jest przede wszystkim legislacja krajowa oraz paneuropejska (m.in. rozporządzenie SFDR (EU) 2019/2088 obligujące inwestorów do uwzględniania ryzyk środowiskowych), która zbudowała fundament dla rewolucyjnych trendów, które obecnie w głównej mierze zawierają się w terminie „ESG”. Trend ten wpływa bezpośrednio na funkcjonowanie nie tylko przedsiębiorstw, których główny obszar działalności jest powiązany z sektorem klimatu czy ochroną środowiska, ale również (a wręcz przede wszystkim) wpływa na te przedsiębiorstwa, które do tej pory marginalizowały znaczenie kwestii środowiskowych w swojej działalności. Najnowsze krajowe regulacje powiązane z ESG nakładają na przedsiębiorstwa wymogi w zakresie raportowania działań w obszarze środowiska, społeczeństwa oraz ładu korporacyjnego – w czym polski rynek goni rynki zagraniczne, które powyższymi aspektami zaczęły poważnie interesować się już wcześniej<sup>31</sup>. Uczestnicy spotkań Smart Lab wspólnie zgodzili się, że czujniki odgrywają fundamentalną rolę w automatyzacji podstawowej działalności przedsiębiorstw, dla których kwestie środowiskowe i klimatyczne są podstawowym obszarem działalności (np. przedsiębiorstwa wodociągowe i czujniki do wód opadowych). Jednocześnie uczestnicy SL zauważyli, że technologie czujnikowe równie często zaczynają stanowić podstawę inwestycji środowiskowo-klimatycznych w przedsiębiorstwach czysto komercyjnych, np. w detekcji gazów czy w wykrywaniu nieprawidłowości w obszarach zagrażających bezpieczeństwu pracy.

---

<sup>29</sup> Strona internetowa hurtidetal.pl. [https://hurtidetal.pl/article/art\\_id,32222-97/przemysl-4.0-szansa-na-wyjscie-polski-z-pandemicznego-kryzysu/](https://hurtidetal.pl/article/art_id,32222-97/przemysl-4.0-szansa-na-wyjscie-polski-z-pandemicznego-kryzysu/). Dostęp: 04.10.2021.

<sup>30</sup> Strona internetowa PSI oraz Raport Polska produkcja gotowa na Przemysł 4.0?, PSI Polska, <https://www.psi.pl/pl/blog/psi-polska-blog/post/polska-produkcja-gotowa-na-przemysl-40/>. Dostęp: 04.10.2021.

<sup>31</sup> Raport ESG – miecz Damoklesa czy szansa na strategiczną zmianę? Dostępny na stronie: [https://www.pwc.pl/pl/pdf-nf/2021/ESG\\_Miecz\\_Damoklesa\\_raport\\_PwC\\_2021.pdf](https://www.pwc.pl/pl/pdf-nf/2021/ESG_Miecz_Damoklesa_raport_PwC_2021.pdf). Dostęp: 04.10.2021.

Jak zostało wcześniej podkreślone, powyższe sektory to jedynie wybrane, najważniejsze branże wdrożeniowe krajowego rynku inteligentnych czujników. Czujniki są równie ważną technologią rozwojową dla wielu innych branż i wraz ze zwiększającą się świadomością klientów końcowych do powyższego grona dołączać będą kolejne sektory gospodarcze, co będzie jedynie zwiększać potencjał rozwoju rynku dla technologii związanych z inteligentnymi czujnikami.

### 3.3. Analiza cyklu życia produktów

Cykl życia technologii i produktów z obszaru inteligentnych czujników w Polsce jest podobny do tego, jaki obserwowany jest na rynku globalnym, co zostało opisane w rozdziale 2.3 dot. analizy cyklu życia produktów na rynku globalnym. Tempo postępu technologicznego bardzo szybko weryfikuje zdolność producentów do oferowania konkurencyjnych technologicznie i cenowo rozwiązań. Przed przejściem do samego cyklu życia produktu od momentu jego komercjalizacji, warto również zauważyć, że bazując na materiałach wypracowanych z uczestnikami warsztatów Smart Lab, sam proces opracowania nowych technologii lub rozwiązań z obszaru inteligentnych czujników jest bardzo różny i trudno jest mówić o wartościach dla całego obszaru.

Posługując się jednak przedziałami czasu, czas trwania poszczególnych faz projektów B+R można określić zgodnie z Tabelą 1.

Tabela 1. Średni przedział czasu trwania faz projektów B+R dla obszaru inteligentnych czujników

Faza projektu B+R	Średni przedział czasu trwania fazy w latach
Badania podstawowe	2 – 5
Badania przemysłowe	2 – 3
Prace rozwojowe	1 – 3

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych warsztatów Smart Lab

W kontekście przytoczonych powyżej danych należy jednak zwrócić szczególną uwagę na fakt, że sumaryczny czas realizacji projektów B+R w obszarze inteligentnych czujników nie jest równy sumie długości trwania poszczególnych faz. Wynika to z faktu, że część badań przemysłowych może być realizowana równolegle z trwającymi badaniami podstawowymi, zaś część prac rozwojowych może być realizowana równolegle z badaniami przemysłowymi. W efekcie planowane do realizacji przez uczestników SL projekty B+R (po zsumowaniu działań w ramach wszystkich faz) trwają na ogół od 4 do 8 lat. Podobnie jak dla rynku globalnego, precyzyjne określenie czasu trwania cyklu życia danego produktu czy technologii już po zakończeniu prac B+R jest niemożliwe do określenia, w szczególności w kontekście dużej różnorodności technologicznej produktów czujnikowych oraz sektorów, które korzystają z inteligentnych czujników – od sektora

przemysłowego, przez motoryzacyjny, medyczny czy elektroniki użytkowej. Co więcej, niektóre z opracowywanych technologii mają na celu niemal wyłącznie wydłużenie cyklu życia rozwiązań czujnikowych, czego przykładem mogą być wysiłki zmierzające do utworzenia czujników autonomicznych energetycznie, które mogą funkcjonować bez nadzoru nawet 10 lat i więcej. Należy tutaj również wspomnieć, że wiele rozwiązań czujnikowych dedykowanych jednemu sektorowi, po kilku latach znajduje zastosowanie również w innych, gdzie np. dokładność pomiaru nie jest kwestią pierwszorzędą (np. czujniki klasy przemysłowej mogą być stosowane nawet po upływie wielu lat w elektronice użytkowej), co dodatkowo wydłuża ich cykl życia. Cykl życia czujników na polskim rynku jest nieznacznie dłuższy niż obserwowany w skali globalnej, biorąc pod uwagę dużą ilość producentów z sektora MŚP o ograniczonych budżetach inwestycyjnych. W przypadku takich firm cykl życia czujników, z których korzystają, wynosi 10-15 lat biorąc pod uwagę ich stabilność oraz trwałość elektroniki sterującej. Duże, bogate firmy posiadające wiele linii produkcyjnych częściej modyfikują je, uzbrajając w czujniki, jednocześnie optymalizując kosztowo i czasowo proces produkcyjny, co jest nierzadko wymuszone wymaganiami zagranicznej centrali lub rosnącym oczekiwaniom klientów. W takim przypadku cykl życia rozwiązań czujnikowych dedykowanych tej grupie odbiorców wynosi około 5 lat. W wielu przypadkach cykl życia inteligentnych czujników jest ograniczony wymaganiami środowiskowymi i klimatycznymi, które w naszym kraju są dość wymagające (szerokie gradienty temperatury i wilgotności). To ogranicza często cykl życia wybranych technologii do 5-10 lat. Reasumując, podobnie jak w przypadku rynku globalnego, nie jest możliwe wskazanie standardowego czasu trwania cyklu życia produktów i technologii dot. inteligentnych czujników w Polsce, a jedynie wskazanie, że w zależności od sektora oraz typu technologii jest to okres od kilku do nawet kilkunastu lat.

### 3.4. Analiza barier rynkowych

Bariery rynkowe dla podmiotów działających w obszarze inteligentnych czujników w Polsce, w kontekście „5 Sił Portera” (w skali makro) są tożsame z obserwowanymi na poziomie globalnym (opisanymi w rozdziale 2.4). Jednak rozmowy z przedsiębiorcami podczas Smart Labu uwidoczniły dodatkowe bariery w kontekście rynku polskiego, które przedstawiono poniżej:



Wiele podmiotów należących do sektora MŚP napotyka trudności w dotarciu do lub nawiązaniu relacji biznesowych z odbiorcami swoich produktów za granicą.

Doświadczenie wielu z nich pokazuje również, że samo wystawiennictwo na wydarzeniach branżowych (targach czy udział w konferencjach) nie zawsze przekłada się na rezultat biznesowy.



Przedsiębiorcy niejednokrotnie wskazują, że potencjalni klienci na rozwiązania czujnikowe nie posiadają strategii cyfryzacji biznesu, ani określonych celów biznesowych związanych z wdrażaniem rozwiązań czujnikowych. W rezultacie widoczny jest ich opór związany z wdrażaniem tak zaawansowanych rozwiązań bez klarownego planu transformacji cyfrowej. Wdrażanie rozwiązań czujnikowych, będące nierzadko właśnie elementem transformacji cyfrowej, przekłada się bowiem często na zwiększony stopień automatyzacji procesów i jednocześnie zmniejszenie



---

ilości pracy wykonywanej dotychczas manualnie. Kadra zarządzająca napotyka w związku z tym dwa problemy: pozyskanie funduszy na inwestycję w inteligentne rozwiązania czujnikowe, a także zagospodarowanie „nadmiarów kadrowych” powstałych wskutek automatyzacji. Takie trudności powodować mogą, że wiele podmiotów, w szczególności należących do Skarbu Państwa, boi się podejmować tak szeroko zakrojonych działań modernizacyjnych i czeka na zwiększenie standaryzacji rozwiązań techniczno-administracyjnych oraz upowszechnienie się technologii (jednocześnie potencjalnie tracąc możliwość uzyskania przewag konkurencyjnych).



Polskie przedsiębiorstwa funkcjonujące w obszarze inteligentnych czujników (głównie z sektora MŚP) posiadają na ogół niewielkie doświadczenie w ochronie własności intelektualnej. Nie korzystały one w znacznej części z żadnej formy ochrony patentowej, jak również nie są do końca świadome możliwości wynikających z ochrony patentowej. Wiele z nich wykazuje także brak wiedzy na temat korzyści i dobrych praktyk w tym zakresie.



W Polsce brak jest wypracowanej kultury i dobrych praktyk w zakresie modeli skutecznego transferu technologii, w efekcie czego współpraca między środowiskiem naukowym, a biznesem nie jest efektywna, zaś potencjał jednostek naukowych do realizacji badań podstawowych (prowadzenia których biznes nie zawsze chce się podejmować) nie jest wykorzystywany. Co istotne, bariera ta zauważana jest zarówno przez reprezentantów świata biznesu, jak i nauki oraz Instytucji Otoczenia Biznesu.



W wielu przypadkach dostępność technologii lub koszt zakupu licencji/ praw do korzystania z opatentowanych technologii stanowi istotną barierę ekonomiczną dla MŚP, a dostępne na rynku instrumenty finansowania (np. leasingi technologiczne) nie stanowią odpowiedzi na to wyzwanie.



Procesy certyfikacji często nie nadążają za rozwojem technologii, przez co są nieefektywne. Dodatkowo wiele uwarunkowań prawnych (specyficznych dla poszczególnych branż) wręcz blokuje lub komplikuje wdrażanie nowoczesnych rozwiązań opartych o inteligentne czujniki, jak np. prawo budowlane. W efekcie nowoczesne, bardzo dokładne rozwiązania nie mogą być stosowane jako rynkowy standard mimo swojej dostępności i efektywności. Dodatkowo w Polsce brakuje silnego ciała standaryzującego technologie z obszaru inteligentnych czujników, przez co standardy narzucane są przez podmioty z krajów zachodnich. Jest to potencjalnie dużym źródłem braku efektywności funkcjonowania tego obszaru w Polsce.



Przedsiębiorcy zwrócili również uwagę na brak wyspecjalizowanego zaplecza laboratoryjnego pozwalającego na funkcjonowanie w skali przemysłowej czy też brak infrastruktury produkcyjnej do wytwarzania detektorów i układów odczytowych.



Brak jest w Polsce uznanych i liczących się na świecie centrów testowania rozwiązań z obszaru Przemysłu 4.0 (których istotną część stanowią inteligentne czujniki), zaś niewielu przedsiębiorców – klientów na tego typu rozwiązania chce, aby nowe technologie były u nich stosowane pilotażowo. W efekcie komercjalizacja gotowych produktów czy technologii jest znacząco utrudniona.



Na przestrzeni ostatnich lat dużym wsparciem dla przedsiębiorców były różnego rodzaju programy dotacyjne i instrumenty wsparcia dofinansowujące projekty badawczo-rozwojowe. Przedsiębiorcy zwracają jednak uwagę, że dostępne instrumenty nie przewidują w ogóle lub w niewystarczającym zakresie, możliwości dofinansowania działań przedwdrożeniowych oraz wdrożeniowych, co dodatkowo osłabia potencjał do komercjalizacji wyników prac projektów B+R.



Przedstawiciele sektora podkreślają również wysoki poziom konkurencji międzynarodowej, zarówno w odniesieniu do ceny, jak i jakości. Pod względem ceny polskie rozwiązania są często znacząco droższe od rozwiązań produkowanych w Azji i nie są w stanie z nimi konkurować w tym aspekcie. W porównaniu jednak do rozwiązań „zachodnich”, ceny rozwiązań polskich wypadają korzystnie, a ich jakość jest bardzo wysoka. Bariery często jest jednak możliwość zdobycia zaufania klientów zagranicznych, gdyż na rynku rozwiązań czujnikowych stopień przywiązania klienta do marki jest bardzo wysoki.



Kolejną barierą zidentyfikowaną przez uczestników warsztatów Smart Lab jest dostępność kadry pracowniczej. Jest to czynnik, który odnosi się do wielu dziedzin gospodarki, jednak stanowi on istotny problem, gdyż oddziałuje na rozwój działalności produkcyjnej nie tylko po stronie podażowej – producentów rozwiązań czujnikowych, lecz również na stronę popytową – ograniczając możliwości rozwoju skali produkcji po stronie firm będących odbiorcami inteligentnych czujników.



Globalni gracze mają już szerokie portfolio produktów bazujących na różnych technologiach z prawami własności intelektualnej, które pokrywają większość potrzeb rynkowych. Wymusza to na polskich podmiotach szukanie nisz oraz rozwój innowacyjnych rozwiązań, by móc konkurować na rynku lokalnym, a tym bardziej na zagranicznych rynkach rozwiniętych. Polskie podmioty często nie są w stanie uzyskać przewagi konkurencyjnej względem dużych producentów o silnej marce i ugruntowanej pozycji na rynku dlatego też poszukiwanie niezagospodarowanych nisz stanowić może o sukcesie rynkowym polskiego producenta.



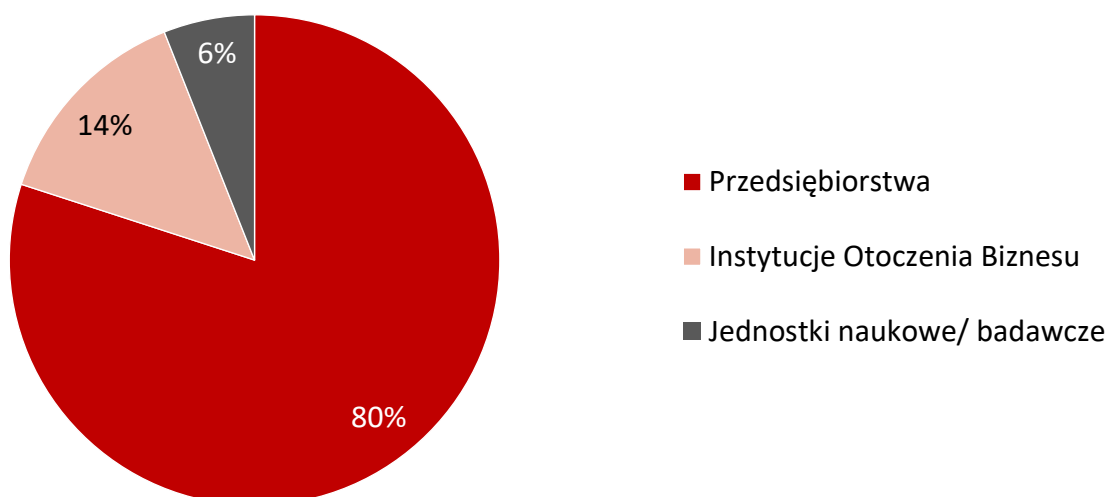
Polski kapitał niechętnie inwestuje w najbardziej przełomowe, a co za tym idzie cechujące się wysokim ryzykiem, technologie, a zagraniczny kapitał jest dość ostrożny ze względu na komplikację naszego systemu podatkowego i prawnego. Co do zasady, im wyższy poziom zaawansowania technologicznego danego rozwiązania, tym wyższe nakłady potrzebne są do jego opracowania. Dodatkowo należy mieć na uwadze, że charakter prac B+R ma to do siebie, że nie zawsze kończy się sukcesem rozumianym jako realizacja wszystkich celów i założeń projektu. W efekcie na rynku istnieje obawa przed inwestowaniem w projekty wysokiego ryzyka przez rodzime podmioty – nawet gdy część kosztów takich projektów może być sfinansowana, np. w ramach grantu.



### 3.5. Kluczowi gracze rynkowi

Podczas rekrutacji uczestników spotkań Smart Lab w obszarze inteligentnych czujników zidentyfikowano blisko 200 podmiotów funkcjonujących w tym obszarze w Polsce. Spośród tej grupy ponad 80% stanowiły przedsiębiorstwa (zarówno z sektora MŚP, jak i duże), zajmujące się badaniami i rozwojem czujników, produkcją lub specjalistycznym doradztwem technicznym i wdrożeniowym. Blisko 14% z całkowitej liczby podmiotów stanowiły Instytucje Otoczenia Biznesu, zaś 6% stanowiły jednostki naukowe/ badawcze. Udział procentowy poszczególnych grup interesariuszy, spośród których rekrutowano uczestników spotkań SL został przedstawiony na Rysunku 18. Mając na uwadze, że obszar inteligentnych czujników jest bardzo szeroki i swoim zakresem merytorycznym obejmuje m.in. technologie fotoniczne, radiowe, biotechnologiczne czy chemiczne, jako uczestników spotkań rekrutowano podmioty reprezentujące możliwie każdą specjalizację w tej dziedzinie.

Rysunek 18. Udział procentowy poszczególnych grup interesariuszy w całkowitej liczbie zidentyfikowanych podmiotów



Źródło: opracowanie własne

Do zidentyfikowanych kluczowych krajowych podmiotów działających w obszarze inteligentnych czujników należą między innymi:





**Feature Forest Sp. z o.o.** - polski start-up specjalizujący się w tworzeniu oprogramowania dla IoT z wykorzystaniem metod data science. Firma wraz z 15 innymi start-upami brała udział w programie akceleracji Space3ac, projekcie mającym na celu minimalizację wpływu na środowisko działalności portowej oraz rozwiązanie problemów podmiotów branży transportowej w okolicach Portu Gdańsk.





**Fibar Group S.A.** - grupa istniejąca od 2010 roku, która pod marką Fibaro produkuje urządzenia IoT wykorzystujące różnorodne czujniki, stanowiące systemy Smart Home.


Produkty przedsiębiorstwa pozwalają na zdalne sterowanie działaniem domu, a także informowanie właściciela (domu i systemu) o wszelkich nieprawidłowościach – pożarze, powodzi, niepożądanym ruchu czy otwarciu okien lub drzwi.


 **Gazex (Gazex-Drzewicki spółka jawna)** - firma prowadząca działalność w zakresie produkcji, dystrybucji, instalowania i wzorcowania detektorów, mierników i systemów wykrywania gazów wybuchowych, toksycznych, tlenu i freonów.

 **GeneMe Sp. z o.o.** - zakres działalności firmy to produkty i usługi związane z wykrywaniem i analizą polimorfizmów oraz szeroko pojętymi testami/ czujnikami genetycznymi. Obecnie oferuje szeroki zakres badań SNP wpływających na funkcjonowanie organizmu, predyspozycje sportowe, nietolerancje pokarmowe i choroby oraz zagrożenia onkologiczne. Celem firmy jest oferowanie produktów i usług do testów genetycznych oraz promowanie użyteczności testów genetycznych pokazujących zastosowanie nauki i zaawansowanych technologii w życiu codziennym.

 **InPhoTech Sp. z o.o.** - laureat wielu prestiżowych nagród w zakresie innowacyjności, zajmuje się badaniami, pracami rozwojowymi i produkcją innowacyjnych rozwiązań światłowodowych znajdujących zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Do produktów firmy należą m.in. rozłożone czujniki światłowodowe, światłowody o metalowych pokryciach czy światłowody przeznaczone do funkcjonowania w przestrzeni kosmicznej.


 **Limatherm Sensor Sp. z o.o.** - domeną działalności firmy jest produkcja aparatury kontrolno-pomiarowej, a głównie przemysłowych czujników temperatury. Limatherm Sensor jest producentem wszelkich typów czujników temperatury, od prostych czujników przewodowych, głowicowych, poprzez wykonania płaszczone - rezystancyjne i termoelektryczne. Produkcja czujników realizowana jest w całości we własnym zakładzie produkcyjnym. Takie kompleksowe rozwiązanie pozwala firmie kontrolować jakość produktu, a także czyni ją elastyczną w dostosowaniu produktu do potrzeb klienta.

 **PCO S.A.** - jest spółką należącą do Polskiej Grupy Zbrojeniowej, a także centrum badawczo-produkcyjnym, w którym wszystkie powstające i sprzedawane wyroby są efektem prac własnego zaplecza badawczo-rozwojowego. Podstawową działalnością PCO S.A. jest produkcja i sprzedaż wyrobów optoelektronicznych, przyrządów obserwacyjnych i celowniczych z zastosowaniem techniki laserowej, telewizyjnej, noktowizyjnej i termowizyjnej dla potrzeb wojska.

 **Rambox Sp. z o.o.** - firma budująca czujniki na bazie powierzchniowo wzmocnionej spektroskopii Ramana – SERS (Surface-Enhanced Raman Spectroscopy) do detekcji niskich stężeń substancji w produktach rolnych, ze względu na jej doskonałą selektywność chemiczną pozwalającą na odróżnienie sygnału substancji od sygnału tła produktu rolnego, jak i wysoką czułość pomiaru, pozwalającą na osiągnięcie wymaganego limitu detekcji, określonego w normach.

- 
-  **Roger Sp. z o.o. sp. k.** - zakres działalności firmy to projektowanie oraz produkcja urządzeń elektronicznych z branży zabezpieczeń, a w szczególności elektronicznej kontroli dostępu. Firma oferuje szereg czujników do wykrywania naruszenia stref oraz rozpoznawania, jak i wykrywania osób.
  -  **Satel Sp. z o.o.** - producent profesjonalnych urządzeń do systemów alarmowych. Gama produktów firmy obejmuje przede wszystkim centrale alarmowe, alarmy bezprzewodowe oraz szereg czujników i rozwiązań na potrzeby inteligentnych budynków.
  -  **SDS Optic S.A.** - wytwórca inPROBE – platformy technologicznej mogącej stać się przyszłością diagnostyki onkologicznej. Nowotworowa mikrosonda diagnostyczna inPROBE jest połączeniem technologii światłowodowej, zaawansowanej inżynierii materiałowej oraz biologii molekularnej. Jest to przełomowa innowacja powstała na styku świata biologii, fizyki i inżynierii oraz medycyny. Urządzenie ma wykonywać bardzo szybkie i bezbolesne badanie markerów nowotworowych.
  -  **Sensdx S.A.** - firma biotechnologiczna dostarczająca cyfrowe rozwiązania diagnostyczne. Pierwszy produkt firmy, 5-minutowy test na gripę o nazwie Flu SensDx, jest dostępny i stosowany w klinikach i przychodniach lekarzy pierwszego kontaktu w Polsce od 2019 roku. Nowa linia produktów SARS-CoV-2 opiera się na tej wiedzy i wykorzystuje platformę PoC Mobi SensDx.
  -  **Sentronik System** - firma zajmuje się produkcją czujników do automatyki przemysłowej. W ofercie firmy znajdują się czujniki pojemnościowe, indukcyjne, zbliżeniowe, magnetyczne, optyczne oraz detektory ruchu.
  -  **Vigo System S.A.** - światowy lider w produkcji niechłodzonych, fotonowych detektorów podczerwieni. Produkowane przez VIGO System detektory są wykorzystywane m. in. w następujących obszarach: przemysł – kontrola mocy oraz kalibracja laserów; obrona i bezpieczeństwo – inteligentna amunicja, systemy wczesnego ostrzegania przed namierzaniem; ochrona środowiska – analiza gazów, kontrola jakości wody w czasie rzeczywistym; medycyna – bezinwazyjne badania krwi oraz transport – badanie rozkładu temperatur w obiektach szybko przemieszczających się. Firma jest jednym z dostawców podzespołów dla NASA, a jej detektory zostały wykorzystane w misji marsjańskiej w łaziku Curiosity.

Do zidentyfikowanych głównych jednostek naukowych/ badawczych funkcjonujących w Polsce w obszarze inteligentnych czujników zaliczyć można m.in.:

-  **Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii (CEZAMAT)** - konsorcjum instytutów badawczych i uczelni, zajmujących się zagadnieniami z dziedziny najnowszych technologii. W ramach Centrum funkcjonują laboratoria oraz oddziały takich instytucji jak Politechnika Warszawska, 6 oddzielnych instytutów PAN, Wojskowa Akademia Techniczna oraz Uniwersytet Warszawski. Centrum, oprócz aparatury potrzebnej do prowadzenia badań dla naukowców, oferuje również usługi dla przedsiębiorstw, będące już w zasadzie praktycznym

wykorzystaniem opracowanych technologii. Należą do nich między innymi różne rodzaje pomiarów potrzebnych do weryfikacji prawidłowego działania urządzeń przekaźnikowych, produkcja układów przekaźnikowych oraz różne rodzaje badania wskaźników i obrazowania powierzchni bądź przestrzeni.



**Instytut Łączności - Państwowy Instytut Badawczy** - jest niezależną, narodową instytucją badawczo-rozwojową w dziedzinie telekomunikacji i technik informacyjnych. Prowadzi prace w zakresie rozwoju sieci telekomunikacyjnej państwa, normalizacji i standaryzacji systemów oraz urządzeń telekomunikacyjnych.



**Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki Sieci Badawczej Łukasiewicz** - zajmuje się badaniami naukowymi oraz działaniami R&D w dziedzinie rozwoju technologii przekaźników fotonicznych. Forma tych badań jest skrojona pod współpracę z przedsiębiorstwami wdrażającymi opracowywane przez Instytut rozwiązania. Prace badawcze Instytutu skupione są w pięciu głównych liniach technologicznych, badających poszczególne podzespoły, w tym: optoelektroniczne, krzemowe, półprzewodniki szerokoprzerwowe oraz inne zaawansowane materiały.



**Instytut Tele- i Radiotechniczny Sieci Badawczej Łukasiewicz** - istnieje w zbliżonej formie od 1934 roku, choć jego początki to już 1929 rok, kiedy powołano Instytut Radiotechniczny. Dziś instytut zajmuje się m.in. technologiami światłowodowymi dla firm telekomunikacyjnych czy wytwarzaniem aparatury optoelektronicznej „szytej na miarę” potrzeb klienta.



**Nanores Sp. z o.o.** - nowoczesne, niezależne laboratorium badawczo-rozwojowe, prowadzące prace mi.in. nad czujnikami NEMS. Badania prowadzą między innymi fizycy, matematycy, chemicy, a także eksperci od inżynierii materiałowej. Nanores zajmuje się również produkcją prototypowych struktur przesyłu fotonicznego.



**Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP Sieci Badawczej Łukasiewicz** - skoncentrowany jest na rozwiązywaniu zagadnień technicznych w obszarze bezpieczeństwa, infrastruktury, automatyki, robotyki i pomiarów.

Do zidentyfikowanych głównych Instytucji Otoczenia Biznesu animujących rynek i wspierających w Polsce podmioty funkcjonujące w obszarze inteligentnych czujników zaliczyć można m.in.:



**Polska Platforma Technologiczna Fotoniki** - funkcjonuje na rynku polskim od 2013 roku. Organizację można sklasyfikować jako klaster, jako że zajmuje się ona koordynowaniem przedsięwzięć w dziedzinie technologii fotonicznych prowadzonych przez polskie przedsiębiorstwa i instytucje badawcze, ale także organizacje rządowe i pozarządowe. Do jej członków należą między innymi prestiżowe uczelnie techniczne, jak Politechnika Wrocławska i Warszawska, Wojskowa Akademia Techniczna, ale też Instytut Mikrotechniki i Fotoniki Sieci Badawczej Łukasiewicz. Pełni również rolę animatora rynku, w ramach czego tworzy powiązania między konsorcjantami, na przykład organizując ich w grupy badawcze skupione wokół danych obszarów.



**Polskie Centrum Fotoniki i Światłowodów** - łączy światy biznesu i nauki, jak również realizuje przedsięwzięcia natury czysto biznesowej. Posiada trzy główne segmenty działalności. Pierwszy z nich, to wynajem sprzętu potrzebnego do instalacji infrastruktury światłowodowej, a także monitoring oraz serwis tej infrastruktury. Drugim jest doradztwo skierowane do firm działających w obszarze fotoniki. Trzecim z segmentów jest realizacja projektów B+R+I w obszarze fotoniki, ze szczególnym uwzględnieniem technologii światłowodowych, we współpracy z publicznymi i prywatnymi instytucjami naukowymi oraz przedsiębiorstwami w kraju i na świecie.



**Polskie Stowarzyszenie Fotoniczne** - założone zostało w 2008 roku po przekształceniu polskiego oddziału SPIE (francuskiej instytucji badawczej zajmującej się fotoniką). Posiada (stan na koniec 2020 roku) ponad 150 członków oraz 6 lokalnych biur w Polsce. Stowarzyszenie zajmuje się działalnością non-profit w dziedzinie organizacji konferencji, warsztatów oraz innego rodzaju wydarzeń związanych z tematyką technologii fotonicznych. Należą do nich między innymi – Dni Światła współorganizowane z firmą Zeiss, konferencje: OFTA (w obszarze światłowodów i ich zastosowań), IOS (w obszarze zintegrowanej optyki, czujników i aplikacji metod optycznych) czy międzynarodowa konferencja QSIP (w obszarze struktury kwantowej detektorów podczerwieni). Oprócz organizacji ww. wydarzeń Stowarzyszenie zajmuje się również wydawaniem elektronicznego pisma *Photonics Letters of Poland*.



**Klaster Lubelska Medycyna** - jest platformą współpracy w zakresie praktyki i nauk medycznych, w tym m.in. bioczuźników, między uczelniami wyższymi, jednostkami naukowo-badawczymi, podmiotami leczniczymi, przedsiębiorcami, instytucjami otoczenia biznesu oraz jednostkami samorządu terytorialnego.



**Pomorski Klaster ICT** - funkcjonuje jako partnerstwo, które pozwala na zachowanie dużego stopnia elastyczności, a otwarta i transparentna formuła organizacyjna klastra ICT sprzyja integracji i podejmowaniu dodatkowych działań w poszczególnych obszarach zainteresowań uczestników klastra. Uczestnicy klastra zajmują się rozwiązaniami ICT wspierającymi systemy czujnikowe.



**Klaster Zrównoważona Infrastruktura** - to projekt realizowany wspólnie przez podmioty (przedsiębiorstwa, instytucje naukowo-badawcze oraz instytucje otoczenia biznesu) zainteresowane opracowaniem, wdrożeniem i komercjalizacją innowacyjnych technologii z zakresu inteligentnego budownictwa i automatyki wewnętrzzbudynkowej w Polsce.



**Klaster ICT Wspólnota Wiedzy i Innowacji w Zakresie Technik Informacyjnych i Komunikacyjnych** - celem Klastra jest stworzenie platformy współpracy polskich i europejskich innowacyjnych firm, działających w branży technologii informacyjnych i komunikacyjnych (ICT), instytucji korzystających z inteligentnych technologii informatycznych, wyższych uczelni, specjalistycznych szkół teleinformatycznych i władz regionalnych. Koordynatorem klastra jest Politechnika Wrocławska.



**Klaster ENERGIA Innowacyjny Klaster Generacji i Użytkowania Energii w Mega- i Nano-Skali** - zadania klastra są odpowiedzią na konieczność produkcji energii z minimalnym oddziaływaniem na środowisko i klimat. Jednocześnie rosnące zapotrzebowanie na energię oraz dekapitalizowanie się istniejących urządzeń produkcji energii, wymusza rozwój również innowacyjnych technologii energetycznych dla technologii czujnikowych.

Mając na uwadze mocno wyspecjalizowany charakter obszaru inteligentnych czujników, jak również fakt, że obszar ten należy do tzw. sektora wysokiej technologii, należy uznać, że polska reprezentacja podmiotów skupionych wokół tego zagadnienia technologicznego jest stosunkowo liczna, co świadczyć może o wysokim potencjale obszaru inteligentnych czujników jako jednej z polskich specjalizacji technologicznych.

### 3.6. Analiza powiązań kooperacyjnych

W dzisiejszych czasach rozwój wiedzy technicznej jest niezwykle dynamiczny, tempo absorpcji nowych technologii ulega skróceniu, a rozprzestrzenianie się wiedzy po całym świecie przebiega niemalże w czasie rzeczywistym. W związku z tym nawiązywanie współpracy między podmiotami funkcjonującymi w tym samym obszarze czy na tym samym rynku jest sposobem na zdobycie przewag konkurencyjnych oraz zwiększenie efektywności operacyjnej. Nawiązanie współpracy między podmiotami, niezależnie od jej formy (spółki celowe, wspólne przedsięwzięcia, podwykonawstwo i inne) pozwala na efektywne dzielenie się kompetencjami, co de facto prowadzi do dalszego przyspieszenia tempa opracowania i komercjalizacji technologii (np. w przypadku, gdy przedsiębiorstwo zleca jednostce naukowej przeprowadzenie fazy badań podstawowych, samodzielnie odpowiadając głównie za badania przemysłowe i wdrożenie).

W Polsce główne powiązania kooperacyjne są podejmowane na podstawie umów o współpracy między jednostkami badawczymi a przedsiębiorstwami, zawieranych w celu realizacji konkretnych projektów i działań rozwojowych, często współfinansowanych przez krajowe lub strukturalne instrumenty wsparcia. Bardzo istotną rolę w nawiązywaniu relacji między nauką a biznesem pełnią klastry, stowarzyszenia branżowe czy tzw. huby – centra kompetencyjne, które animują rynek. Nierzadko też właśnie sama inicjatywa utworzenia klastra/ hubu/ stowarzyszenia jest wynikiem efektywnej współpracy różnych podmiotów.

Z uwagi na często niejawny charakter realizowanych w obszarze inteligentnych czujników projektów kooperacyjnych, nie jest możliwe wyszczególnienie wielu, konkretnych przykładów współpracy między podmiotami.

Odnosząc się do konkretnych przykładów powiązań kooperacyjnych, o których można znaleźć informacje w domenie publicznej, wspomnieć można o następujących:



**Endress+Hauser**, kompleksowy dostawca urządzeń kontrolno-pomiarowych dla wielu branż przemysłu podpisał w lipcu 2021 r. porozumienie o współpracy z Politechniką Wrocławską.



Umowa dotyczy kilku obszarów wspólnych działań, w tym m.in. działań edukacyjnych, prac B+R, a także komercjalizacji rozwiązań powstałych w wyniku realizowanych wspólnie projektów<sup>32</sup>.



Firma **FANUC Polska** (polski oddział japońskiego producenta automatyki przemysłowej) w lutym 2021 r. rozpoczęła współpracę z APA Group podpisując deklarację honorowego patronatu nad projektem NAZCA 4.0 oraz Centrum Testowania Technologii Przemysłu 4.0. Projekt NAZCA 4.0 zakłada działania edukacyjne, konsultacyjne oraz możliwość przyjrzenia się przez przedstawicieli MŚP z bliska procesowi produkcji w standardach Przemysłu 4.0<sup>33</sup>.



Naukowcy z **Politechniki Lubelskiej** oraz pracownicy zespołu badawczego firmy **EMBIQ** (przedsiębiorstwo IT specjalizujące się we wspieraniu projektów B+R+I) współpracują w ramach wykorzystania włókien światłowodowych do tworzenia czujników zdolnych do mierzenia wielu różnorodnych parametrów. Efektem współpracy są czujniki przeznaczone m.in. do wykorzystania w infrastrukturze drogowej, przemyśle spożywczym i logistyce.



**Boruta Zachem S.A. oraz spółka InventionBio Sp. z o.o.** podpisały umowę ramową ze spółką **Sensdx S.A.** z siedzibą w Warszawie w zakresie możliwości wykorzystania biosurfaktantów w bioczuJNIkach, w tym związanych z wykorzystaniem w testach diagnostycznych na obecność wirusów grypy, streptococcus i SARS CoV-2 oraz w produkcji ryb i krewetek<sup>34</sup>.



**Veolia Energia Łódź we współpracy z Airly** (firmą badającą jakość powietrza) realizuje projekt, którego celem jest pomiar jakości powietrza w różnych częściach miasta<sup>35</sup>.

Podsumowując, aktywność kooperacyjna w obszarze inteligentnych czujników w Polsce jest stosunkowo wysoka i obejmuje zarówno współpracę podmiotów komercyjnych, jak i partnerstwa publiczno-prywatne. Warto również zwrócić uwagę na liczne przykłady (liczone w setkach) współpracy przedsiębiorców czy współpracy biznesu z nauką, które nie zostały uwzględnione w niniejszym opracowaniu, a nawiązywane są w celu pozyskania dotacji i realizacji projektów badawczo-rozwojowych z dedykowanych instrumentów wsparcia, oferowanych np. przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Pomimo faktu, że widoczne są przykłady współpracy nauki z biznesem w Polsce, niezwykle istotne jest tworzenie warunków sprzyjających dalszemu „zacieśnianiu więzi” między tymi grupami interesariuszy, m.in. poprzez uproszczenie procedur

---

<sup>32</sup> Strona internetowa endress.com:

<https://www.pl.endress.com/pl/aktualnosci/newsroom/porozumienie-z-politechnika-wroclawska>.  
Dostęp: 11.10.2021.

<sup>33</sup> Strona internetowa automatykab2b: <https://automatykab2b.pl/gospodarka/54126-fanuc-polska-patronuje-projektowi-nazca-4-0>. Dostęp: 11.10.2021.

<sup>34</sup> Strona internetowa bankier.pl: <https://www.bankier.pl/wiadomosc/BORUTA-ZACHEM-S-A-Umowa-ramowa-z-Sensdx-S-A-w-zakresie-wykorzystania-biosurfaktantow-w-produkcji-biosensorow-uzywanych-w-detekcji-wirusow-7977115.html>. Dostęp: 11.10.2021.

<sup>35</sup> Strona internetowa Veolia: <https://energiadlalodzi.pl/sprawdz-stan-powietrza/>. Dostęp: 11.10.2021.

nawiązywania współpracy czy w zakresie transferu wiedzy. Przełożyć się to powinno na zwiększenie efektywności operacyjnej oraz zwiększenie tempa realizacji prac B+R w obszarze inteligentnych czujników w Polsce.

### 3.7. Najważniejsze cykliczne wydarzenia branżowe

Analiza tematu podczas Spotkań SL wykazała, że w Polsce, jak i na świecie nie organizuje się horyzontalnych wydarzeń branżowych skupionych wyłącznie na rozwiązaniach czujnikowych w różnych aplikacjach – wynika to z bardzo dużych różnic w odniesieniu do technologii wykonania czujników oraz samego obszaru zastosowania. W związku z tym w niniejszym opracowaniu przedstawiono najważniejsze wydarzenia branżowe skupione w możliwie najwyższym stopniu wokół obszaru inteligentnych czujników, a zarazem będące najbardziej istotne dla przedstawicieli tego obszaru. Zestawienie tych wydarzeń, organizowanych zarówno w Polsce, jak i na świecie, przedstawiono odpowiednio w Tabeli 2 i Tabeli 3.

**Tabela 2. Najważniejsze wydarzenia branżowe skupione wokół obszaru inteligentnych czujników organizowane w Polsce**

Nazwa wydarzenia	Opis wydarzenia
Automaticon Warszawa	Największe międzynarodowe targi w Polsce organizowane w Warszawie, dedykowane branży: automatyki, pomiarów przemysłowych, robotyki i elektrotechniki.
„Automatyzacja i technika napędowa w zakładach produkcyjnych”	Konferencja techniczna odbywająca się w Bytomiu, poświęcona automatyzacji i technice napędowej w zakładach produkcyjnych, w tym rozwiązaniom czujnikowym dla Przemysłu 4.0.
Cykl Krajowych Sympozjów „Światłowody i ich zastosowania”	Wydarzenie organizowane naprzemiennie w Lublinie i Białymstoku, podejmuje takie tematy, jak rozwój technologii i wytwarzania włókien światłowodowych klasycznych i mikrostrukturalnych, kabli, światłowodów planarnych, elementów optyki zintegrowanej i mikrooptyki oraz czujników światłowodowych i optycznych.
International Conference on Optical and Electronic Sensors COE	Międzynarodowa prestiżowa konferencja organizowana w Krakowie, obejmująca zakresem merytorycznym takie zagadnienia, jak: mikrokontrolery, mikro- i nanosystemy, w tym MEMS, sieci czujnikowe, Internet Rzeczy, bioczujniki, czujniki elektrochemiczne, chemiczne, optyczne i magnetyczne, czujniki do zastosowań medycznych itp.



Nazwa wydarzenia	Opis wydarzenia
ITM Industry Europe	Jedno z wiodących wydarzeń dedykowanych branży przemysłowej i instalacyjnej, organizowane w Poznaniu. Wydarzenie wprost określane jest jako platforma wymiany wiedzy, informacji i nawiązywania relacji w szeroko pojętym obszarze Przemysłu 4.0.
Międzynarodowe Targi Wynalazków i Innowacji INTARG	Wydarzenie stanowi networkingową platformę promocji innowacyjnych produktów, technologii i usług z różnych branż i dziedzin. Impreza organizowana w Katowicach wspierana jest przez prestiżowe instytucje krajowe i zagraniczne.
Międzynarodowy Salon Przemysłu Obronnego	Jedna z najważniejszych imprez targowych w branży zbrojeniowej, która rokrocznie gromadzi wystawców i zwiedzających z całego świata, w tym oficjalne delegacje rządowe. Wydarzenie organizowane jest w Kielcach.
Smart Factory World	Wydarzenie organizowane w Katowicach, jest dedykowane przemysłowi, w którym cyfrowa transformacja stanowi trzon funkcjonowania przedsiębiorstwa. Oferuje wykłady ekspertów z całego świata, warsztaty oraz stanowi platformę wymiany wiedzy i informacji w zakresie najnowszych osiągnięć techniki i trendów w Przemysle 4.0.
Targi Przemysłowej Techniki Pomiarowej CONTROL-STOM	Wydarzenie organizowane w Kielcach, jest dedykowane obszarowi techniki pomiarowej. Podczas wydarzenia uczestnicy mają okazję zapoznać się z aktualnymi trendami i nowymi technologiami wpływającymi na poprawę jakości wyrobów gotowych.
Targi Przemysłowej Techniki Pomiarowej oraz Badań Nieniszczących CONTROL-TECH	Wydarzenie organizowane jest głównie dla producentów przyrządów i maszyn pomiarowych, maszyn do specjalnego zastosowania oraz aparatury do prób nieniszczących. W ofercie imprezy pojawiają się m.in. wystawcy oferujący systemy optyczno-elektroniczne. Wydarzenie odbywa się w Kielcach.
Warsaw Industry Week	Wydarzenie prezentujące nowości i rozwiązania z wszystkich kluczowych sektorów przemysłu, rozwijających się w Polsce. Silna koncentracja (zgodnie z globalnymi trendami) położona jest na rozwiązania z obszaru Industry 4.0. Wydarzenie organizowane jest w Warszawie.

Źródło: opracowanie własne

Tabela 3. Najważniejsze wydarzenia branżowe skupione wokół obszaru inteligentnych czujników organizowane na świecie

Nazwa wydarzenia	Opis wydarzenia
Advanced Engineering	Wydarzenie jest miejscem branżowych spotkań służących rozwojowi sektora technologii i „inżynierii jutra” wraz z prezentacją technologii, innowacji i rozwiązań w zakresie m.in. łańcucha dostaw. Wydarzenie organizowane jest w różnych miejscach – np. w 2021 r. odbyło się w Birmingham.
Bauma	Światowe, wiodące targi maszyn budowlanych, maszyn do produkcji surowców budowlanych, maszyn górniczych, pojazdów specjalnych oraz sprzętu stosowanego w budownictwie. Wydarzenie organizowane jest w Monachium.
Defence and Security Equipment International	Jedno z najważniejszych wydarzeń dedykowanych sektorowi obronnemu. Podczas targów prezentowany jest także szeroki wachlarz wyrobów i technologii czujnikowych, w tym fotonicznych. Wydarzenie organizowane jest co 2 lata w Londynie.
European Workshop on Optical Fibre Sensors	Wydarzenie organizowane jest co roku w innym kraju w Europie, jest ściśle związane z konferencją Optical Fiber Sensors, porusza tematy fotonicznych czujników wielkości chemicznych i biologicznych, czujników wielkości fizycznych oraz struktur inteligentnych i czujników rozłożonych. Organizowane jest przez SPIE – międzynarodowe stowarzyszenie optyki i fotoniki.
Eurosatory	Targi przemysłu zbrojeniowego, podczas których prezentowane są najnowsze technologie do zastosowań zarówno wojskowych, jak i cywilnych. Wydarzenie odbywa się w Paryżu.
EUROSENSORS Conference	Konferencja, na której prezentowane są aktualne wyniki badań zarówno teoretycznych, jak i stosowanych w dziedzinie czujników, mikronanosystemów itp. Wydarzenie skupiające naukowców z instytucji akademickich i przemysłowych oraz promujące profesjonalne interakcje między nimi. Wydarzenie organizowane jest we Włoszech.
EuroTier	Targi prezentujące nowości i koncepcje praktyk rolniczych oraz cyfrowe rozwiązania bazujące na elektronice, technologii systemów sterowania, zarządzaniu danymi i innowacjach w czterech obszarach: hodowla zwierząt, żywienie, genetyka oraz dobrostan zwierząt. Targi odbywają się w Hanowerze.

Nazwa wydarzenia	Opis wydarzenia
International Conference on Optical Fiber Sensors	Jedno z najważniejszych światowych spotkań, w całości dedykowane obszarowi czujników światłowodowych i fotonicznych, organizowane co dwa lata w różnych częściach globu.
Laser World of Photonics	Targi innowacyjnych technologii fotonicznych dedykowanych różnorodnym zastosowaniom, w tym w szczególności obróbce materiałowej, pomiarom, a także technologiom laserowym w medycynie. Wydarzenie odbywa się w Monachium.
Sensor+Test	Jedno z wiodących forów globalnych technologii czujnikowych, pomiarów i testów oraz czujników i technologii pomiarowych do automatyzacji procesów. Wydarzenie organizowane jest w Norymberdze.
Targi Consumer Electronics Show	Najbardziej znane i prestiżowe wydarzenie, na którym prezentowane są technologie i produkty z szeroko pojętego sektora elektroniki użytkowej. Wydarzenie odbywa się w Las Vegas.
Transform Industry: Sensors & IoT: Smart Cities, Infrastructure & Mobility summit	Konferencja, podczas której prezentowane i szeroko omawiane są trendy i rozwiązania dla transformacji inteligentnego miasta: aspekty związane z mobilnością, inteligentnym budownictwem, w tym energia dla czujników, IoT oraz połączenia rozwiązań i analizy danych. Wydarzenie organizowane jest w różnych regionach geograficznych.

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych warsztatów Smart Lab

### 3.8. Otoczenie prawne i ochrona własności intelektualnej

Również na rynku polskim planując inwestycje dotyczące inteligentnych czujników konieczne jest zapoznanie się z aktami prawnymi regulującymi poszczególne obszary działania.

Ze względu na fakt, iż Polska jest członkiem Unii Europejskiej, w rozdziale tym zostaną przedstawione zarówno polskie, jak i unijne regulacje.

Na dzień sporządzania analizy w części dot. otoczenia prawnego oraz ochrony własności intelektualnej, w tym patentów (30 września 2021 r.) zarówno w Polsce, jak i w Unii Europejskiej nie ma aktów prawnych dotyczących sztucznej inteligencji. Dnia 21 kwietnia 2021 r. Komisja Europejska zaproponowała nowe Rozporządzenie ustanawiające zharmonizowane przepisy

dotyczące sztucznej inteligencji (akt w sprawie sztucznej inteligencji) i zmieniające niektóre akty ustawodawcze Unii<sup>36</sup>. Prace nad aktem trwają.

Wprowadzanie do obrotu lub udostępnianie na rynku Unii Europejskiej wyrobów medycznych stosowanych u ludzi jest unormowane w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/745 w sprawie wyrobów medycznych<sup>37</sup>. Przy ocenie czy dane urządzenie lub oprogramowanie jest wyrobem medycznym pomocne będą wytyczne Komisji Europejskiej<sup>38</sup>.

Inteligentne czujniki odgrywają istotną rolę w pomiarach ochrony środowiska i ekologii. Unia Europejska przyjęła Dyrektywę 2008/50/WE<sup>39</sup> w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy. Czujniki powinny działać zgodnie z metodyką pomiarów pyłu zawieszonego, określoną przez ww. Dyrektywę oraz Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu<sup>40</sup>. Metodyka została określona również w normie PN-EN 12341:2014<sup>41</sup>. Badanie poziomu zanieczyszczeń atmosferycznych może być również kluczowe ze względu na spełnienie wymogów Dyrektywy 2016/2284 w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych<sup>42</sup>, której przepisy zostały wprowadzone

---

<sup>36</sup> Wniosek Komisji Europejskiej z dnia 21 kwietnia 2021 r. w sprawie Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiające zharmonizowane przepisy dotyczące sztucznej inteligencji (akt w sprawie sztucznej inteligencji) i zmieniające niektóre akty ustawodawcze Unii Com (2021) 206 final, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN-PL/TXT/?from=EN&uri=CELEX%3A52021PC0206>. Dostęp: 26.10.2021.

<sup>37</sup> Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/745 z dnia 5 kwietnia 2017 r. w sprawie wyrobów medycznych.

<sup>38</sup> Guidelines on the qualification and classification of stand alone software used in healthcare within the regulatory framework of medical devices, European Commission, DG Health And Consumer Directorate B, Unit B2 "Health Technology and Cosmetics", MEDDEV 2.1/6, Styczeń 2012.

<sup>39</sup> Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy, (Dz. Urz. UE L 152 z 11.06.2008, str. 1).

<sup>40</sup> Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r., poz. 1032).

<sup>41</sup> Norma PN-EN 12341:2014 Powietrze atmosferyczne – Standardowa grawimetryczna metoda pomiarowa do określania stężeń masowych frakcji PM10 lub PM2,5 pyłu zawieszonego.

<sup>42</sup> Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2016/2284 z dnia 14 grudnia 2016 r. w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych, zmiany dyrektywy 2003/35/WE oraz uchylenia dyrektywy 2001/81/WE, (Dz. Urz. UE. L Nr 344, str. 1).

w Polsce Ustawą z dnia 4 lipca 2019 r. o zmianie ustawy o systemie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych oraz niektórych innych ustaw<sup>43</sup>.

Również w Polsce i Unii Europejskiej standaryzacja oparta na technologiach chronionych patentami jest kluczowym czynnikiem przyczyniającym się do innowacji i konkurencyjności przemysłowej. Organizacje zajmujące się ustanawianiem standardów opracowały zasady i praktyki w celu zapewnienia skutecznego licencjonowania patentów, które są niezbędne dla ich standardów („patenty o podstawowym znaczeniu/ standard essential patents SEP”). Wspierając sprawny i przejrzysty system licencjonowania SEP, Komisja Europejska wydała komunikat dotyczący podejścia Unii Europejskiej do SEP<sup>44</sup>, proponując sposoby poprawy przejrzystości i przewidywalności w licencjonowaniu SEP.

Podczas swojej pracy inteligentne czujniki gromadzą duże ilości danych osobowych, w tym także tych wrażliwych. W zakresie danych osobowych konieczne jest przestrzeganie przepisów Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 (RODO)<sup>45</sup> oraz ustawy z 10 maja 2018 r. o ochronie danych osobowych<sup>46</sup>. Pomocne mogą być również wskazówki i decyzje Prezesa publikowane na stronie Urzędu Ochrony Danych Osobowych.

Prawo własności przemysłowej chronione jest w Polsce na podstawie ustawy prawo własności przemysłowej z dnia 30 czerwca 2000 r.<sup>47</sup> regulującej zagadnienia materialne i procesowe związane z uzyskiwaniem praw własności przemysłowej. Wspólną ścieżkę zgłaszania i udzielania patentów europejskich, obowiązujących w każdym z państw-członków Europejskiej Organizacji Patentowej (w tym w Polsce) wskazanych przez wnioskodawcę we wniosku o udzielenie patentu europejskiego, ustala Konwencja o udzielaniu patentów europejskich<sup>48</sup>. Ochronę znaków

---

<sup>43</sup> *Ustawa o zmianie ustawy o systemie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych oraz niektórych innych ustaw z dnia 4 lipca 2019 r. (Dz.U. z 2019 r. poz. 1501).*

<sup>44</sup> *Communication from the Commission to the Institutions on Setting out the EU approach to Standard Essential Patents, 29 listopada 2017 r.*

<sup>45</sup> *Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych) z dnia 27 kwietnia 2016 r. (Dz. Urz. UE.L 2016 Nr 119, str. 1).*

<sup>46</sup> *Ustawa o ochronie danych osobowych z dnia 10 maja 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 1000 tj. Dz.U. z 2019 r. poz. 1781).*

<sup>47</sup> *Ustawa prawo własności przemysłowej z dnia 30 czerwca 2000 r. tj. Dz.U. z 2021 r. poz. 324.*

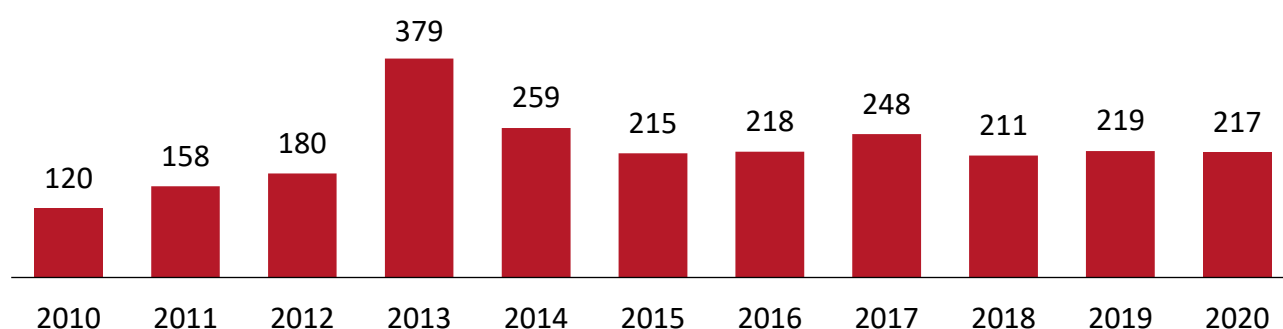
<sup>48</sup> *Konwencja o udzielaniu patentów europejskich (Konwencja o patencie europejskim), sporządzona w Monachium dnia 5 października 1973 r., zmieniona aktem zmieniającym artykuł 63 Konwencji z dnia 17 grudnia 1991 r. oraz decyzjami Rady Administracyjnej Europejskiej Organizacji Patentowej z dnia 21 grudnia 1978 r., 13 grudnia 1994 r., 20 października 1995 r.,*

towarowych na obszarze Unii Europejskiej reguluje Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/1001 w sprawie znaku towarowego Unii Europejskiej<sup>49</sup>. Ochronę wzorów wspólnotowych, które gwarantują ochronę wzorów na terenie Unii Europejskiej, reguluje Rozporządzenie Rady (WE) NR 6/2002 w sprawie wzorów wspólnotowych<sup>50</sup>.

Analizując otoczenie patentowe w Polsce należy brać pod uwagę zarówno zgłoszenia patentowe i patenty polskie (udzielane przez Urząd Patentowy RP), jak również europejskie zgłoszenia patentowe i patenty europejskie (udzielane przez Europejski Urząd Patentowy, które po przeprowadzeniu procesu walidacyjnego<sup>51</sup> uzyskują ochronę na terytorium Polski).

Ilość publikacji polskich zgłoszeń patentowych dotyczących czujników (kryterium wyszukiwania: słowo „czujnik” w skrócie opisu zgłoszenia patentowego) wykazywała dużą dynamikę wzrostu w latach 2010-2014 i od tego czasu utrzymuje się na stałym poziomie wynoszącym niewiele ponad 200 publikacji zgłoszeń patentowych rocznie.

**Rysunek 19. Liczba polskich zgłoszeń patentowych dotyczących czujników opublikowanych w latach 2010-2020**



Źródło: opracowanie własne

---

5 grudnia 1996 r. oraz 10 grudnia 1998 r. (Dz. U. z 2004 r. Nr 79, poz. 737), Akt z dnia 29 listopada 2000 r. rewidujący Konwencję o udzielaniu patentów europejskich, sporządzoną w Monachium dnia 5 października 1973 r. (Dz. U. z 2007 r. Nr 236, poz. 1736).

<sup>49</sup> Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/1001 z dnia 14 czerwca 2017 r. w sprawie znaku towarowego Unii Europejskiej (Dz. Urz. UE. L 2017 Nr 154, str. 1).

<sup>50</sup> Rozporządzenie Rady (WE) nr 6/2002 z dnia 12 grudnia 2001 r. w sprawie wzorów wspólnotowych (Dz. Urz. UE. L 2002 Nr 3, str. 1).

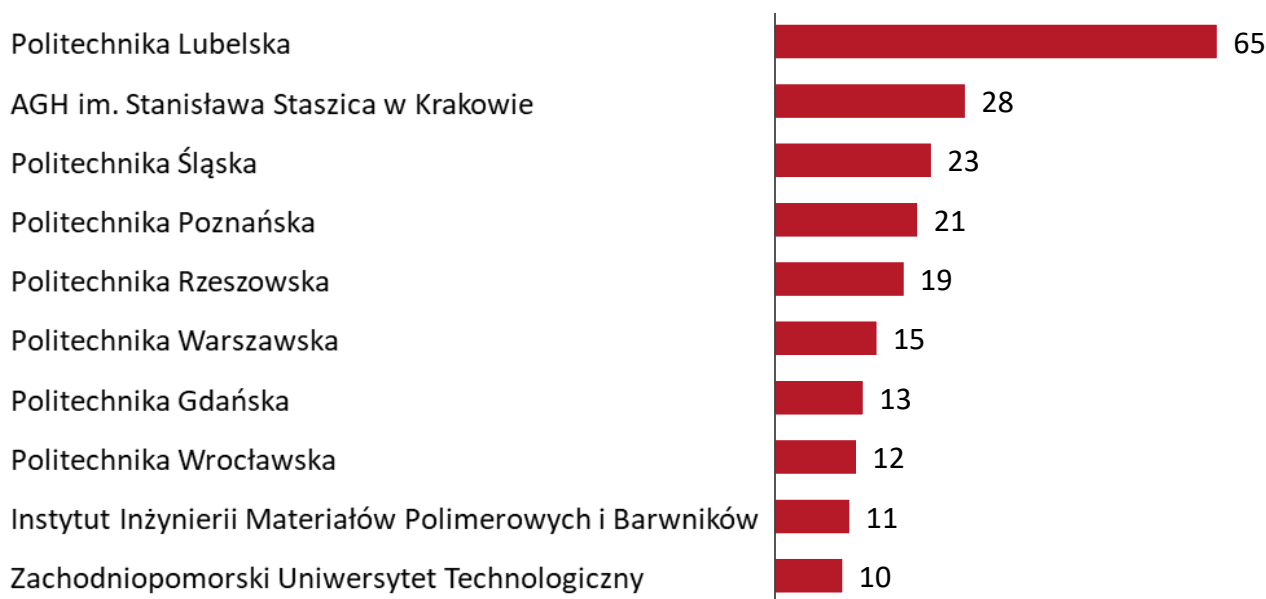
<sup>51</sup> Walidacja może zostać dokonana w ciągu 3 miesięcy od publikacji patentu. W Polsce do dokonania walidacji konieczne jest złożenie wniosku i tłumaczenia dokumentacji patentowej na język polski. Urząd Patentowy RP bada jedynie kwestie formalne i nie przeprowadza badania merytorycznego. Walidowany patent europejski przyznaje właścicielowi taką samą ochronę, jak patent krajowy.

Spośród 685 polskich zgłoszeń patentowych dot. czujników, opublikowanych w przeciągu ostatnich 3 lat, najpopularniejsze dziedziny to:

- Analiza materiałów pod względem ich właściwości chemicznych lub fizycznych (klasa patentowa G01N, 97 zgłoszeń patentowych).
- Diagnostyka, identyfikacja (klasa patentowa A61B, 48 zgłoszeń patentowych).
- Przyrządy pomiarowe – wykorzystane w nich materiały (klasa patentowa G01B, 43 zgłoszenia patentowe).
- Testowanie maszyn lub struktur (klasa patentowa G01M, 27 zgłoszeń patentowych).
- Wyświetlacze, oznaczenia (klasa patentowa G09F, 26 zgłoszeń patentowych).

Wskazane zgłoszenia patentowe zostały dokonane głównie przez uczelnie wyższe. Wykaz wszystkich podmiotów dokonujących tych zgłoszeń przedstawiono na Rysunku 20.

**Rysunek 20. Podmioty, do których należą najnowsze publikacje polskich zgłoszeń patentowych w zakresie czujników**



Źródło: opracowanie własne

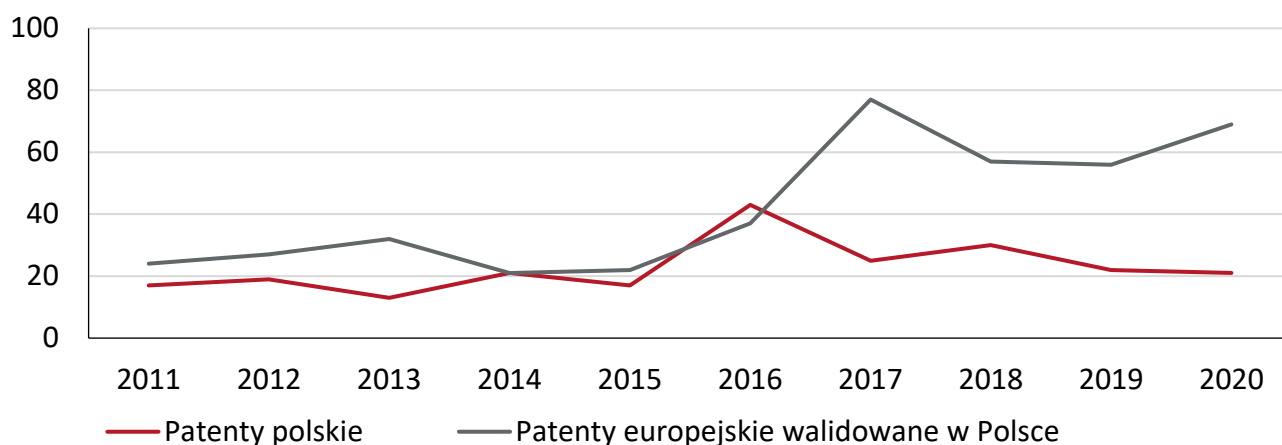
Widoczny jest brak zgłoszeń ze strony podmiotów zagranicznych – podmioty te zasadniczo uzyskują ochronę patentową w Polsce poprzez walidacje patentów europejskich, gdyż jest to rozwiązanie korzystniejsze od dokonywania krajowych zgłoszeń patentowych.

W celu porównania ilości rozwiązań chronionych w Polsce na rzecz podmiotów polskich i zagranicznych, na Rysunku 21 zilustrowano ilość patentów dotyczących bezpośrednio czujników (kryterium doboru: słowo „czujnik” w tytule patentu, celem uzyskania możliwie precyzyjnej próby reprezentacyjnej dla porównania) opublikowanych w kolejnych latach, z podziałem na patenty



polskie i patenty europejskie walidowane w Polsce (porównanie nie obejmuje zgłoszeń patentowych, gdyż liczba zgłoszeń europejskich jest około stukrotnie większa od liczby polskich zgłoszeń patentowych, lecz tylko część patentów jest walidowana w Polsce).

**Rysunek 21. Liczba corocznie publikowanych nowych patentów dotyczących bezpośrednio czujników wraz z liczbą patentów walidowanych w Polsce (2011 – 2020)**



Źródło: opracowanie własne

Jak wynika z Rysunku 21, ilość nowych patentów polskich publikowanych co roku utrzymuje się na względnie stałym poziomie, podczas gdy wyraźnie widać rosnący trend w ilości patentów europejskich walidowanych w Polsce. Jest to zbieżne z ogólnym trendem w rodzaju praw patentowych uzyskujących ochronę w Polsce – w 2020 r. uzyskało ochronę ok. 2 300 patentów polskich i ok. 13 000 patentów europejskich. W związku z powyższym przy analizie stanu techniki dla nowo wdrażanych w Polsce projektów, w celu określenia czystości patentowej należy zwracać szczególną uwagę na patenty europejskie walidowane w Polsce przez podmioty zagraniczne.

Analiza polskich patentów wskazuje, że najaktywniejszymi podmiotami są głównie polskie uczelnie wyższe: Politechnika Wrocławska, Politechnika Śląska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Politechnika Warszawska i Politechnika Łódzka oraz polskie instytuty naukowe: Instytut Techniki Wojsk Lotniczych i Instytut Tele-i Radiotechniczny. Udział polskich przedsiębiorstw w udzielonych patentach jest niewielki. W szczególności w dziedzinie fotoczujników uwagę zwraca działalność w zakresie ochrony IP firm: PZ Cormay, SensDX, Lars i Inphotech. Natomiast, biorąc pod uwagę patenty europejskie walidowane w Polsce, najaktywniejsze podmioty, to głównie duże koncerny europejskie: BSH, Roche, EGO, Bosch i Siemens.

Aktywność patentowa polskich podmiotów ukierunkowana jest przede wszystkim na wynalazki w zakresie materiałów, konstrukcji mechanicznych i układów elektronicznych. Natomiast brak jest zgłoszeń z dziedziny rozwiązań opartych o sztuczną inteligencję czy programy komputerowe do przetwarzania danych zbieranych z czujników – wynikać to może z powszechnego wśród naukowców i przedsiębiorców (błédnego) przekonania, że programy komputerowe nie podlegają ochronie patentowej.



---

Niewielka jest aktywność polskich podmiotów w zakresie ochrony wynalazków za granicą. Spośród opublikowanych w ciągu ostatnich trzech lat polskich zgłoszeń patentowych, tylko ok. 15% było zgłaszanych za granicą.

Przykładowe wynalazki chronione przez podmioty z Polski to „Czujnik falowodowy” (PL236751B1 – Inphotech, zgłoszony również w Chinach, Australii i Europie), „Czujnik impedancyjny do wykrywania wirusa grypy” (PL235853B1 – SensDX, zgłoszony również w procedurze europejskiej), „Czujnik do pomiaru natężenia pola magnetycznego” (PL236388B1 – Instytut Fizyki Jądrowej, zgłoszony także w procedurze międzynarodowej). Biorąc pod uwagę dużą aktywność podmiotów zagranicznych w zakresie ochrony patentowej swoich rozwiązań, w szczególności w zakresie analizowanych w ramach ekspertyzy scenariuszy rozwoju, wskazane byłoby podjęcie przez podmioty z Polski bardziej intensywnych działań w zakresie ochrony swoich wynalazków za granicą.

### 3.9. Analiza trendów rozwojowych

Rozwój technologii czujnikowych oraz ich wdrożenie, to wielka szansa dla Polski, ale również bardzo duże wyzwanie. W kraju dostępny jest szereg nowych opracowanych technologii, których transfer wymaga nakładu środków i czasu. W warunkach krajowych istotne byłoby wspieranie lokalnych producentów, którzy są w stanie zapewnić dostawy na rynek polski i dać szansę na ekspansję globalną, np. na rynku specjalizowanych czujników światłowodowych, bioczujników czy systemów czujnikowych dla Przemysłu 4.0.

Przegląd najważniejszych trendów rozwojowych w Polsce w obszarze inteligentnych czujników, zidentyfikowanych w ramach SL, przedstawiono poniżej:



#### **Trendy rozwoju czujnikowych rozwiązań fotonicznych**

Polskie firmy mogą wyróżnić się na rynku globalnym czujników stosując współprojektowanie i integrację sprzętu fotonicznego i światłowodowego z wbudowanym oprogramowaniem w celu osiągnięcia optymalnej synergii w sensie zużycia energii, obciążenia obliczeniowego, wydajności, śladu środowiskowego, kosztów, obciążenia personelu produkcyjnego, poziomu integracji sprzętu i oprogramowania, w tym systemów fotonicznych i elektronicznych, zmiany poziomu integracji w zależności od funkcjonalności i złożoności projektowanego systemu czujnikowego.

Wykorzystanie technologii IR w specjalnych zastosowaniach będzie możliwe dzięki rozwojowi technologii włókien światłowodowych i fotonicznych układów scalonych (PIC) oraz zminiaturyzowanych układów zawierających szereg pasywnych i aktywnych komponentów. Do przewag PIC należy miniaturyzacja systemu, niski koszt wytworzenia przy dużych ilościach, energooszczędność oraz mniejsza emisja ciepła. PICs są ważnym ogniwem w ramach koncepcji przetwarzania brzegowego (ang. *edge computing*) oraz przetwarzania strumienia danych płynących z urządzeń Internetu Rzeczy (IoT).

Zintegrowane, kompaktowe fotoniczne interogatory opracowane w Polsce mogłyby być stosowane jako podstawowe części złożonych systemów odczytowych światłowodowych braggowskich sieci czujnikowych posiadających skomplikowaną strukturę topologiczną i zawierających wiele czujników. Opracowane przez polskie firmy sieci światłowodowych czujników braggowskich, pracujące w zakresie spektralnym NIR, będą coraz częściej stosowane w przemyśle lotniczym, budowie samolotów, dużych turbinach wiatrowych, maszynach budowlanych, a także w diagnostyczno-monitorującym sprzęcie medycznym.



### **Trendy rozwoju bioczujuńników oraz nasobnej diagnostyki**

BioczuJNIKI i osobiste systemy diagnostyczne są obecnie jednym z najszybciej rozwijających się obszarów opieki zdrowotnej, co jest szans dla Polski ze względu na posiadanie doskonałych kadr oraz laboratoriów biotechnologicznych. Uruchomienie produkcji bioczuJNIKów nie jest tak kosztowne jak innych elektronicznych rozwizn czujnikowych, zatem taka inwestycja jest realna do realizacji w Polsce. Polskie instytucje naukowe opracowały m.in. nieinwazyjny, nadający się do noszenia nano-bioczuJNIK do ciągłego monitorowania poziomu glukozy. Urządzenie noszone na ciele mierzy poziom glukozy za pomocą płynów tkankowych, takich jak łzy lub pot. Ta metoda nieinwazyjnego monitorowania stężenia glukozy, jest postrzegana jako kolejny punkt odniesienia dla branży urzdzen do noszenia na ciele. Wszecchobecno bioczuJNIKów lub jakiegokolwiek czujnika wymaga akwizycji i kwantyfikacji pozyskiwanych danych wrażliwych. Następnym logicznym krokiem jest połączenie tych czujników w sieć bezprzewodową i, jeśli to możliwe, komunikowanie się ich ze sobą. Będzie to miało wpływ na Internet rzeczy - ciągłe innowacje w bioczuJNIkach i ich integracja z codziennymi urządzeniami elektroniki użytkowej prawdopodobnie stworz spójny ekosystem danych, ktore moźna rejestrowa, analizowa i przetwarza w czasie rzeczywistym. W Polsce opracowano i pracuje się nad nowymi przyrządami diagnostycznymi Point-of-Care (POC), ktore służą do pozyskiwania określonych informacji klinicznych o pacjentach w warunkach klinicznych i ograniczonych zasobach. Konwencjonalna kliniczna procedura diagnostyczna wymaga wysokiej klasy, kosztownych przyrządów, doświadczonego technika do obsługi i interpretacji wyników, dłuższego czasu itp., co ostatecznie czyni ją wyczerpującą i kosztowną. Naleźy podkreli, że te urządzenia i technologie PoC są w fazie badawczo-rozwojowej w Polsce, a mają ogromny potencjał do poprawy scenariusza diagnostyki klinicznej.



### **Trendy rozwoju rozwizn czujnikowych dla Przemysłu 4.0 oraz Smart Cities**

Rozwój przemysłu w Polsce oraz jego cyfrowa transformacja do rozwizn 4.0 indukuje perspektyw rozwoju i produkcji inteligentnych czujników. Czujniki, to kluczowy element kaźdego systemu automatyki. Tak wiec dokadno i skuteczno dowolnego systemu zaleź w dużym stopniu od specyfikacji czujnika. Staj się one coraz bardziej zorientowane na technologię, z najnowszymi funkcjami, takimi jak na przykład wykrywanie i zasilanie bezprzewodowe. Na zestaw zaawansowanych technologii w przestrzeni produkcyjnej składa się wiele innowacji cyfrowych, takich jak m.in. zaawansowana analityka, automatyzacja, Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT), Przemysł 4.0, Smart Cities, uczenie maszynowe, sztuczna inteligencja (AI) czy platformy

chmurowe. Te innowacje mają potencjał, aby zwiększyć produktywność dotychczasowych operacji polskich firm. W przypadku „konserwatywnych” firm te zaawansowane technologie wspierają tworzenie całkowicie nowych, cyfrowych modeli biznesowych i pomagają zwiększyć wydajność operacyjną oraz poprawić zadowolenie klienta. Należy dodać, że polskie instytuty badawcze oraz współpracujące z nimi firmy posiadają szeroki know-how w zakresie konstrukcji czujników MEMS dla aplikacji w urządzeniach Internetu Rzeczy (IoT). Wraz z rosnącym zapotrzebowaniem na zaawansowane technologie czujników w celu zaspokojenia potrzeb Internetu Rzeczy w ramach infrastruktury 5G, konwencjonalne czujniki MEMS stoją w obliczu nowej ewolucji. Większość z tych czujników może być typu mikroelektromechanicznego (MEMS), przy czym bardzo obiecujące będą nanoczujniki. Czujniki tego typu będą pełniły ważną rolę w systemach samochodowych nie tylko do pomiaru ciśnienia, ale także posłużą do badania bezwładności, położenia, odległości, temperatury, natężenia przepływu, siły, naprężenia, momentu obrotowego, wibracji czy pochylenia. Można zaobserwować w Polsce wyraźny trend rozwoju prac naukowych skupionych na czujnikach gazu typu MEMS, które mogą być używane do identyfikacji jakości gazu we wszelkiego rodzaju środowiskach (przemysł, rolnictwo, miasta). Czujniki gazu typu MEMS o niewielkich rozmiarach i wysokiej czułości dają możliwość wykrywania niskich stężeń i selektywności w stosunku do wykrywania różnych gazów bazując na zastosowaniu nowych kompozycji tlenków metali.

### 3.10. Analiza SWOT i PESTEL

Poniżej zaprezentowana została analiza silnych i słabych stron, szans i zagrożeń dla obszaru inteligentnych czujników z perspektywy podmiotów operujących na polskim rynku. Analiza pozwala na kompleksowe wnioskowanie odnośnie głównych pozytywnych i negatywnych czynników oddziałujących na rynek, zarówno z perspektywy wewnętrznej organizacji/ podmiotu, jak i zewnętrznej. Przedstawione wnioski pochodzą od uczestników Spotkań Smart Lab.

Tabela 4. Analiza SWOT dla obszaru inteligentnych czujników w Polsce

Silne strony	Słabe strony
<ul style="list-style-type: none"> <li>Wysokiej klasy zasoby ludzkie – bardzo dobrze wykształcone kadry inżynierskie.</li> <li>Gromadzenie kompetencji obszaru w ramach klastrów i stowarzyszeń.</li> <li>Nowoczesne parki maszynowe i laboratoria w wybranych obszarach technologicznych.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Brak platformy bezpośredniej komunikacji z odbiorcami rozwiązań/ docelowymi użytkownikami (brak dialogu między twórcami i odbiorcami technologii).</li> <li>Brak kompletnej bazy produkcyjnej w zakresie materiałów i podstawowych komponentów, w tym m.in. półprzewodników i układów zintegrowanych – konieczność importu.</li> </ul>

Silne strony	Słabe strony
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stosunkowo wysoka elastyczność biznesowa polskich podmiotów i gotowość do ekspansji zagranicznej.</li> <li>• Technologie światłowodowe jako jedna z polskich specjalizacji na arenie międzynarodowej, rozwijana niezależnie od innych krajów i „czysta” pod względem praw własności intelektualnej.</li> <li>• Wiedza i doświadczenie związane z rozwijaniem czujników m.in. w oparciu o technologie BLE oraz UWB.</li> <li>• Niższe koszty produkcji niż w krajach zachodnich.</li> <li>• Otwartość polskich uczelni do angażowania się w nowe, ambitne projekty.</li> <li>• Dostępność w Polsce specjalistów od niszowych technologii do wykorzystania przy inteligentnych czujnikach, jak np. odzyskiwanie energii (ang. <i>energy harvesting</i>).</li> <li>• Umiejętności w zakresie wytwarzania podstawowych elementów czujnikowych, jak np. światłowodów specjalnych.</li> <li>• Wysokie kompetencje w obszarze technologii Photonic Integrated Circuits, które są rozwijane przez kilka ośrodków przemysłowych i badawczych w kraju.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ograniczone kompetencje w zakresie profesjonalnego zarządzania własnością intelektualną.</li> <li>• Brak kultury współpracy w Polsce (w kontekście interdyscyplinarności oraz współpracy nauki z biznesem).</li> <li>• Niska dostępność pracowników o podstawowych kompetencjach oraz odpływ specjalistów ICT za granicę.</li> <li>• Brak zachęt do przeprowadzania pilotaży na infrastrukturze przemysłowej.</li> <li>• Brak brokerów innowacji.</li> <li>• Brak wsparcia prawnego i zachęt dla naukowców do współpracy z przedsiębiorcami.</li> <li>• Brak silnych ciał standaryzacyjnych dla rozwiązań/ technologii z obszaru inteligentnych czujników, przez co standardy są przyjmowane z krajów zachodnich, co stanowi potencjalne źródło nieefektywności tego obszaru.</li> </ul>

Szanse	Zagrożenia
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wysoki potencjał wdrożeniowy dla rozwiązań z obszaru inteligentnych czujników w wielu różnych sektorach gospodarki.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• W kontekście ekspansji zagranicznej, na wielu rynkach zagranicznych wciąż istnieje niskie zaufanie do polskich innowacji technologicznych oraz</li> </ul>

Szanse	Zagrożenia
<ul style="list-style-type: none"> <li>„Zacofanie technologiczne” wielu branż na całym świecie stanowi o potencjalnie wysokiej chłonności dla rozwiązań z obszaru inteligentnych czujników.</li> <li>Polskę można traktować jako zagłębienie motoryzacyjne Europy, co potencjalnie stanowi dużą bazę odbiorców rozwiązań czujnikowych oraz potencjał do dalszej ekspansji przez skalowanie rozwiązań zastosowanych w Polsce do siedzib głównych.</li> <li>Duży wewnętrzny rynek w Polsce na produkty i usługi związane z inteligentnymi czujnikami.</li> </ul>	<p>na wybranych rynkach do technologii czujnikowych ogółem.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Zachodnia konkurencja o ugruntowanej renomie i bazie stałych klientów jako istotny czynnik utrudniający dotarcie do nowych klientów.</li> <li>Cena produktu jako główny czynnik decydujący o zakupie produktu w przypadku wielu klientów – brak możliwości konkurencji cenowej z producentami z Azji.</li> <li>Często kwestie regulacyjne nie nadążają za tempem rozwoju technologii, znacząco obniżając potencjał jej komercjalizacji.</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne

Poniżej zaprezentowana została analiza PESTEL – analiza uwarunkowań makroekonomicznych w odniesieniu do czynników politycznych, ekonomicznych, społecznych, technologicznych, środowiskowych oraz prawnych. Przedstawione wnioski pochodzą od uczestników Spotkań Smart Lab.



#### Czynniki polityczne

W kontekście politycznym w Polsce sferę funkcjonowania obszaru inteligentnych czujników wyznaczają m.in.: polityki horyzontalne krajowe oraz UE, jak np. dążenie do ograniczania śladu węglowego czy zeroemisyjności, a także dokumenty strategiczne, takie jak Krajowe i Regionalne Inteligentne Specjalizacje, definiujące kierunki rozwoju technologii. Istotnym czynnikiem politycznym rzutującym na obszar inteligentnych czujników jest także presja polityczna (oraz społeczna) w zakresie monitoringu środowiska i przeciwdziałania zmianom klimatu, do czego na szeroką skalę wykorzystywane są i rozwijane rozwiązania czujnikowe. Biorąc również pod uwagę kwestie strategiczne, istotnym czynnikiem jest polityka państwa w zakresie prowadzenia niezależności surowcowej, która wpływa bezpośrednio i pośrednio nie tylko na możliwości produkcji inteligentnych czujników, lecz również na popyt na nie (brak podstawowych surowców lub komponentów do produkcji wyrobów w segmentach klienckich powodować może spadek popytu na rozwiązania czujnikowe, np. stosowane w przemyśle).



#### Czynniki ekonomiczne

Do czynników ekonomicznych w największym stopniu wpływających na funkcjonowanie obszaru inteligentnych czujników zaliczyć należy przede wszystkim uwarunkowania przekładające się na finansową

zasadność prowadzenia biznesu w obszarze inteligentnych czujników. Przykładem takich uwarunkowań (czy trendów) jest m.in. popyt na rozwiązania czujnikowe, dostępność wykwalifikowanej kadry pracowniczej, stopa bezrobocia, wciąż niskie (w stosunku do krajów zachodnich) koszty pracy, korzystne uwarunkowania logistyczne (rzutujące na koszt finalny produktu), ale także dostępność w Polsce instrumentów wsparcia (np. dla prowadzenia prac B+R czy rozwoju biznesu) czy wciąż zwiększający się stopień zaawansowania technologicznego (np. w kontekście Smart Cities lub Przemysłu 4.0). Dodatkowo rozwój technologii Big Data powoduje, że inteligentne czujniki są urządzeniami, które dostarczają różnorodnych danych, na bazie których przedsiębiorstwa mogą podejmować bardziej trafne decyzje biznesowe. Nie bez znaczenia jest też rola systemów z obszaru inteligentnych czujników jako czynnika pozwalającego na automatyzację wielu rodzajów zadań (np. w zastosowaniach przemysłowych), szczególnie w dobie rosnącej presji na ograniczanie kosztów oraz z uwagi na niską podaż siły roboczej.



#### Czynniki społeczne

Jako główne czynniki społeczne należy wymienić zwiększającą się świadomość ludzi, zarówno w zakresie potrzeb monitorowania różnorodnych parametrów (np. środowiska lub procesów

logistycznych), jak i w zakresie możliwości jakie niosą ze sobą cyfryzacja i wykorzystanie inteligentnych czujników, np. w postaci systemów typu Smart Home. Czynniki te bezpośrednio wpływają na popyt na rozwiązania z obszaru inteligentnych czujników, jak również wpisują się w trendy obserwowane na całym świecie. Należy jednak mieć na uwadze, że o ile inteligentne czujniki same w sobie nie są zazwyczaj przedmiotem debaty publicznej, o tyle jednak rozwiązania z nich korzystające już tak, czego przykładami mogą być gorące dyskusje w zakresie pojazdów autonomicznych czy systemów automatycznego rozpoznawania tożsamości. Obszary zastosowania inteligentnych czujników w wielu przypadkach mogą rodzić poważne obawy i opór społeczny co do ochrony prywatności czy nieuprawnionego pozyskiwania danych, jak również wiążą się z nieścisłościami natury prawnej czy etycznej (np. czy nietrzeźwy kierowca może korzystać z pojazdu autonomicznego).



#### Czynniki technologiczne

Do głównych czynników technologicznych zaliczyć należy fakt, że technologie z obszaru inteligentnych czujników często wykazują charakter przełomowy, co stwarza wiele szans biznesowych (zdobycie

pozycji dominującej na rynku), jak również wiele zagrożeń (potencjalna nieufność użytkowników wobec nowej technologii, wysokie koszty opracowania). Rozwój technologii i wykładnicze tempo wzrostu stanu wiedzy technicznej powodują, że z praktycznego punktu widzenia głównym ograniczeniem dla powstawania nowych technologii z obszaru inteligentnych czujników jest zdolność podmiotów do realizacji prac B+R oraz ich zdolność do komercjalizacji swoich technologii. Upowszechnianie się zaawansowanych technologii powoduje także spadek jej kosztu zakupu oraz polepszanie różnorodnych parametrów pracy. Oprócz wertykalnego rozwoju technologii, trendy rynkowe warunkują także rozwój horyzontalny – czego przykładem może być dążenie do opracowywania czujników zdolnych do pomiaru wielu różnych wielkości fizycznych i zastępowanie nimi czujników stosowanych dotychczas osobno. Istotną rolę w określaniu kierunków rozwoju technologii w obszarze inteligentnych czujników stanowią trendy i wyzwania



stojące przed sektorami stanowiącymi bazę klientów na tego typu rozwiązania. Przykładem tego może być trend w sektorze elektroniki użytkowej i przemysłu, w ramach którego dąży się do zwiększania wydajności energetycznej urządzeń i wydłużenia czasu pracy bez ingerencji człowieka – w trend ten wpisują się czujniki autonomiczne energetycznie.



#### Czynniki środowiskowe

Czynniki środowiskowe dla obszaru inteligentnych czujników są niejako pokrewne do części czynników społecznych, politycznych, prawnych i technologicznych. Wymienić należy przede wszystkim trendy wynikające niejako z presji społecznej (a także z uwarunkowań politycznych i legislacyjnych) związanej z minimalizacją negatywnego oddziaływania na środowisko, w efekcie czego następuje wykluczenie lub ograniczenie ilości szkodliwych i toksycznych substancji wykorzystywanych przy produkcji inteligentnych czujników. Dodatkowo kwestia ochrony środowiska jest również jednym z czynników warunkujących kierunek rozwoju technologii z obszaru inteligentnych czujników, gdyż wiele rozwiązań dedykowanych jest monitoringowi klimatu czy zanieczyszczenia powietrza.



#### Czynniki prawne

Czynniki prawne w odniesieniu do obszaru inteligentnych czujników są w dużej części spójne z czynnikami politycznymi. Wiele z nich jednak ma charakter ogólny i można je odnieść do wielu branż technologicznych. Przede wszystkim istotną rolę dla podmiotów realizujących prace badawczo-rozwojowe pełnią wszelkiego rodzaju ulgi podatkowe i zachęty, takie jak „Ulga B+R” czy „IP Box”. Przekładają się one na opłacalność prowadzenia biznesu w kraju i w wielu przypadkach mają rolę decydującą o lokalizacji biznesu. Biorąc pod uwagę fakt, że Polska jest członkiem UE i w kraju dostępne są różnorodne instrumenty wsparcia, w tym ze środków unijnych, jako czynnik prawny wymienić należy również wytyczne w zakresie udzielania pomocy przedsiębiorcom - np. w postaci grantów na prace B+R. W przypadku wielu podmiotów (czy to opracowujących rozwiązania czujnikowe, czy też je kupujących) istotną rolę pełni Prawo Zamówień Publicznych, które precyzuje możliwy sposób zakupu produktów i usług oraz stanowić może pewnego rodzaju ograniczenie - np. w kontekście czasu trwania procedury zakupowej. Nierzadko istotnym czynnikiem jest także kwestia ochrony własności intelektualnej czy uwarunkowania związane z licencją na daną technologię, które mogą ograniczać lub narzucać pewne sposoby procedowania w odniesieniu do opracowania i wykorzystania technologii. Istotnym czynnikiem, wielokrotnie poruszonym przez uczestników SL, jest też kwestia braku polskiego uczestnictwa w tworzeniu światowych standardów w obszarze inteligentnych czujników, czy różnego rodzaju certyfikacji i legislacji, która często nie nadąża za postępem technologicznym, w efekcie czego tempo i możliwość komercjalizacji nowych rozwiązań są ograniczone. W przypadku określonych zastosowań rozwiązań czujnikowych (np. w zakresie środowiska) istotne znaczenie mają także lokalne uwarunkowania prawne definiujące strategie rozwoju lokalnego czy polityki (na poziomie np. podregionów statystycznych), opracowywane przez podmioty administracyjne (np. urzędy marszałkowskie, urzędy miast czy agencje rozwoju regionalnego), które nakreślają priorytety rozwojowe danych obszarów i de facto mają decydujący wpływ na realizowane inwestycje.



## 4. Przegląd dostępnych źródeł wsparcia niekomercyjnego

Oferta finansowa w zakresie przedsięwzięć związanych z inteligentnymi czujnikami koncentruje się głównie na szczeblu unijnym (w szczególności w ramach Horyzontu Europa i Europejskiego Funduszu Obronnego), niemniej na poziomie krajowym również występują programy, które mogą okazać się interesujące w tym zakresie.

Poniżej zaprezentowano szczegółowe informacje na temat źródeł wsparcia dostępnych na moment przeprowadzenia poniższej analizy (październik 2021 r.) lub planowanych w najbliższych miesiącach.

Tabela 5 prezentuje dane na temat funduszy oferowanych na poziomie Komisji Europejskiej, Tabela 6 zawiera dane odnośnie instrumentów krajowych, zaś Tabela 7 prezentuje pozostałe instrumenty wsparcia potencjalnie możliwe do zastosowania przez podmioty funkcjonujące w obszarze inteligentnych czujników.

Tabela 5. Informacje odnośnie źródeł wsparcia oferowanych na poziomie Komisji Europejskiej

Nazwa programu / źródła wsparcia	Opis
Horyzont Europa	<p>Program oferuje różnorodne konkursy, w ramach których dofinansowanie mogą otrzymać przedsiębiorcy realizujący inicjatywy związane z innowacyjnymi rozwiązaniami oraz przełomowymi technologiami. Wspierane są przedsięwzięcia m.in. z obszarów dotyczących klimatu, technologii cyfrowych, automatyzacji i robotyzacji, sztucznej inteligencji, produkcji, fotoniki, elektroniki czy transportu.</p> <p>Wsparcie dotyczy m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Rozwoju technologii kwantowych i ich zastosowań w obszarach obliczeń kwantowych, symulacji, wykrywania i komunikacji.</li><li>• Badań nad technologiami czujników kwantowych i precyzyjnych aplikacji czasowych, czujników do pojazdów autonomicznych oraz czujników medycznych nowej generacji.</li></ul>



Nazwa programu / źródła wsparcia	Opis
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integracji i optymalizacji rozwiązań w zakresie sztucznej inteligencji, danych i robotyki (projekty mające na celu zademonstrowanie w jaki sposób te rozwiązania mogą bezpośrednio przyczynić się do realizacji Zielonego Ładu).</li> <li>• Stworzenia wydajniejszych i bardziej niezawodnych technologii percepcji i podejmowania decyzji na pokładzie środków transportu uwzględniających złożone warunki środowiskowe.</li> <li>• Opracowania urządzeń elektronicznych i fotonicznych, w tym ultraszybkich obwodów, fotodetektorów i modulatorów, detektorów szerokopasmowych, a także czujników.</li> <li>• Skalowania danych z czujników (w czasie rzeczywistym) do monitorowania produkcji i warunków rolno-środowiskowych.</li> <li>• Opracowania wieloczujnikowych systemów fotonicznych i elektronicznych nowej generacji o zwiększonej integracji nowych funkcji.</li> <li>• Dostarczenia zaawansowanych i zintegrowanych czujników jakości wody oraz metod analitycznych.</li> </ul> <p>Jednym z instrumentów w ramach Programu Horyzont Europa jest „EIC Accelerator Open”. Instrument wspiera finansowanie MŚP i start-upów, które opracowują przełomowe projekty innowacyjne o wysokim potencjale rozwojowym, charakteryzujące się dużym poziomem ryzyka.</p> <p>Przedsiębiorca ma dowolność pod kątem tematyki, gdyż w ramach Programu nie określono konkretnych obszarów wsparcia. Niemniej warunkiem koniecznym przy składaniu wniosku jest posiadanie prototypu oraz osiągnięcie co najmniej 5/ 6 poziomu gotowości technologicznej.</p> <p>Wsparcie przyjmuje formę dotacji (kwota dofinansowania do 2,5 mln euro – 70% kosztów kwalifikowalnych) lub bezpośrednich inwestycji kapitałowych (w wysokości od 0,5 do 17,5 mln euro). O wsparcie mogą aplikować samodzielni przedsiębiorcy (nie jest wymagane konsorcjum).</p> <p>Nabór wniosków wstępnych prowadzony jest w trybie ciągłym, a wnioski właściwe można składać w ramach dwóch rund określonych konkretnymi terminami dla każdego roku (m.in. w 2021 roku runda zamknęła się 6 października). W kolejnym roku uruchomione zostaną następne nabory.</p>

Nazwa programu / źródła wsparcia	Opis
Europejski Fundusz Obronny (EFO)	<p>W ramach EFO podejmowane są działania mające na celu wspieranie rozwoju konkurencyjnej i innowacyjnej bazy przemysłowej sektora obronnego oraz rozwój współpracy i zwiększenie efektywności wydatków państw członkowskich UE na stworzenie wspólnych zdolności obronnych. W ramach programu realizowane są konkursy przewidujące realizację przedsięwzięć dotyczących w szczególności badań produktów i technologii w dziedzinie obronności.</p> <p>Wsparcie udzielane jest m.in. na:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wsparcie rozwoju technologii czujników i laserów wykorzystywanych w celach obronnych.</li> <li>• Badania dotyczące produkcji różnorodnych części dla segmentów przemysłu obronnego, m.in. w obrębie lekkich części konstrukcyjnych.</li> <li>• Zbadanie i zademonstrowanie nowatorskich technologii, m.in. w obrębie technologii czujników kwantowych do pozycjonowania, nawigacji i synchronizacji w zastosowaniach obronnych (w szczególności czujniki inercyjne oparte na zimnych atomach, czujniki inercyjne lewitujące, czujniki inercyjne światłowodowe).</li> <li>• Tworzenie, wzmacnianie i doskonalenie wiedzy, produktów i technologii, w tym technologii przełomowych, które mogą przynieść znaczące efekty w obszarze obronności.</li> <li>• Przeprowadzenie badań, w tym studiów wykonalności, mających na celu zbadanie wykonalności nowych lub ulepszonych technologii, produktów, procesów, usług i rozwiązań.</li> <li>• Rozwój zaawansowanych technologii radarowych, w tym nowych koncepcji, bloków technologicznych, podsystemów lub systemów w celu opracowania nowej klasy czujników o niezwykłych zrównoważonych właściwościach do zastosowań na morzu, na ziemi i w powietrzu.</li> </ul> <p>EFO jest realizowany za pomocą rocznych programów prac. Na przykład w 2021 r. zaplanowano aż 23 nabory wniosków (11 zaproszeń dotyczących działań badawczych i 12 zaproszeń dotyczących działań rozwojowych) w ramach 15 różnych kategorii. Jedna z kategorii dedykowana jest wprost czujnikom – Zaawansowane pasywne i aktywne czujniki – i obejmuje detektory podczerwieni oraz zaawansowane technologie radarowe.</p>

Nazwa programu / źródła wsparcia	Opis
	<p>Przykładem konkursu w ramach ww. kategorii jest konkurs Technologie optoelektroniczne i radarowe (EDF-2021-SENS-R). Koncentruje się on wokół detektorów podczerwieni obejmujących różnorodne technologie i zastosowania (związane z lądem, powietrzem, morzem, przestrzenią kosmiczną, naprowadzaniem pocisków czy dronami). W ramach konkursu wspierane są przedsięwzięcia dotyczące działań zmierzających do tworzenia, wzmacniania i doskonalenia wiedzy, produktów i technologii (w tym technologii przełomowych, które mogą przynieść znaczące efekty w obszarze obronności), a także przeprowadzenia badań (w tym studiów wykonalności mających na celu zbadanie wykonalności nowych lub ulepszonych technologii, produktów, procesów, usług i rozwiązań).</p>

Źródło: opracowanie własne na podstawie publikacji Komisji Europejskiej <sup>52 53</sup>

Tabela 6. Informacje odnośnie źródeł wsparcia oferowanych z instrumentów krajowych

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki (FENG)	<p>Program stanowi kontynuację Programu Inteligentny Rozwój (POIR) i będzie realizowany w perspektywie 2021-2027. Jego budżet to ok. 8 mld euro.</p> <p>FENG będzie realizowany w ramach 3 priorytetów:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Wsparcie dla przedsiębiorców</u> – dofinansowania m.in. w obszarach dotyczących prac badawczo-rozwojowych, rozwoju infrastruktury B+R, wdrożenia wyników badań (projekty inwestycyjne), zazieleniania przedsiębiorstw oraz cyfryzacji (związanej z transformacją w kierunku Przemysłu 4.0, w szczególności automatyki i robotyzacji, i działania dotyczące cyberbezpieczeństwa). Pomoc publiczna udzielana będzie dla MŚP, tzw. „small mid-caps” (przedsiębiorstwa zatrudniające co najmniej 250 osób i mniej niż 3000 osób) i dużych przedsiębiorstw.</li> </ul>

<sup>52</sup> Strona internetowa Komisji Europejskiej [https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/horizon-europe\\_en](https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/horizon-europe_en). Dostęp: 22.11.2021.

<sup>53</sup> Strona internetowa Komisji Europejskiej [https://ec.europa.eu/defence-industry-space/eu-defence-industry/european-defence-fund-edf\\_en](https://ec.europa.eu/defence-industry-space/eu-defence-industry/european-defence-fund-edf_en). Dostęp 22.11.2021.

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
	<p>Na realizację Priorytetu 1 zostanie przeznaczonych 55% alokacji programu, tj. ok. 4,5 mln EUR.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Środowisko przyjazne innowacjom</u> – wspieranie projektów o strategicznym znaczeniu dla polskiej gospodarki, w tym m.in. rozbudowy publicznej infrastruktury badawczej czy wzmacnianie potencjału instytucji otoczenia biznesu. W tym obrębie wsparcie udzielane będzie organizacjom badawczym, podmiotom zajmującym się transferem technologii, zespołom badawczym, indywidualnym naukowcom i przedsiębiorstwom.</li> <li>• <u>Pomoc techniczna</u> – zapewnienie systemowego wsparcia dla potencjalnych beneficjentów.</li> </ul> <p>W ramach Programu wspierane będą kompleksowe projekty składające się z poszczególnych modułów: obligatoryjnego, tj. moduł B+R (jego efektem powinno być opracowanie innowacyjnego rozwiązania możliwego do wdrożenia w działalności gospodarczej) lub moduł infrastruktura B+R (finansowanie kosztów sprzętu, aparatury i innej niezbędnej infrastruktury służącej prowadzeniu prac B+R), a także modułów fakultatywnych: wdrożenie innowacji, kompetencje, zazielenianie przedsiębiorstw, cyfryzacja czy internacjonalizacja i współpraca międzynarodowa.</p> <p>Oferta Programu skierowana jest do przedsiębiorstw, sektora nauki, konsorcjów przedsiębiorców oraz konsorcjów przedsiębiorców z organizacjami badawczymi oraz instytucji otoczenia biznesu, czyli ośrodków przedsiębiorczości, ośrodków innowacji, instytucji finansowych. Forma wsparcia obejmuje dotacje, instrumenty finansowe, instrumenty kapitałowe oraz gwarancyjne, a także instrumenty łączące finansowanie zwrotne i dotacyjne.</p> <p>Pierwsze konkursy w ramach Programu zostaną uruchomione w II kwartale 2022 r. Planuje się nabór wniosków w trybie ciągłym (z terminem zamknięcia danej rundy co 3 miesiące).</p>
Regionalne Programy Operacyjne (RPO)	<p>Podobnie jak w perspektywie 2014-2020, także w kolejnej realizowanych będzie 16 programów regionalnych dedykowanych poszczególnym województwom, z których środki mają służyć zmniejszeniu dysproporcji w rozwoju regionów należących do UE.</p>

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
	<p>W ramach RPO co do zasady zawsze możliwe jest uzyskanie wsparcia na prace B+R. Co więcej, pomocą mogą zostać objęte nie tylko działania związane z innowacjami, rozwojem technologicznym oraz infrastrukturą, ale także uwzględniające aspekty środowiskowe. Również pod kątem beneficjentów występuje duża dowolność – dofinansowanie udzielane z RPO skierowane jest do szerokiego grona odbiorców, w tym zarówno przedsiębiorców, jak i instytucji, jednostek samorządu terytorialnego czy stowarzyszeń (w zależności od konkursu).</p> <p>Kwota przeznaczona na realizację RPO w perspektywie 2021-2027 wyniesie aż 28,4 mld euro. Prace nad uszczegółowieniem poszczególnych programów cały czas trwają.</p>

Źródło: opracowanie własne na podstawie dostępnych rządowych informacji o programie FENG 54,55

**Tabela 7. Informacje odnośnie pozostałych instrumentów wspierających potencjalnie działalność związaną z obszarem inteligentnych czujników**

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
Ulga na robotyzację	<p>W ramach „Polskiego Ładu” projektuje się nowy mechanizm podatkowy, z którego będą mogli skorzystać zarówno podatnicy PIT, jak i CIT, bez względu na branżę i status podmiotu. Zgodnie z założeniem projektu, nowy instrument umożliwi dodatkowe odliczenie od podstawy opodatkowania 50% kosztów uzyskania przychodów poniesionych na robotyzację.</p> <p>Koszty kwalifikowane mają objąć m.in.: zakup lub leasing finansowy nowych robotów i kobotów, zakup oprogramowania niezbędnego do poprawnego uruchomienia i przyjęcia do używania robotów, kobotów i innych środków trwałych z zakresu robotyzacji, zakup osprzętu</p>

<sup>54</sup> Strona internetowa Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój: <https://www.poir.gov.pl/strony/o-programie/fe-dla-nowoczesnej-gospodarki/>. Dostęp: 22.11.2021.

<sup>55</sup> Strona internetowa Funduszy Europejskich: <https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/strony/o-funduszach/fundusze-na-lata-2021-2027/>. Dostęp: 22.11.2021.

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
	<p>(np. torów jezdnych, obrotników, sterowników, czujników ruchu, efektów końcowych)<sup>56</sup>.</p> <p>Zgodnie z zamierzeniami ustawodawcy nowa ulga ma wejść w życie od 1 stycznia 2022 r.</p> <p>Instrument może pomóc w rozwoju obszaru inteligentnych czujników w Polsce z uwagi na fakt, że klienci mogą być dzięki nowej uldze bardziej skłonni do inwestycji w technologie związane m.in. właśnie z czujnikami.</p>

Źródło: opracowanie własne

---

<sup>56</sup> Strona internetowa PwC: <https://studio.pwc.pl/aktualnosci/komentarze/ulga-na-robotyzacje-polski-lad>. Dostęp: 22.11.2021.



## 5. Program rozwoju dla obszaru inteligentnych czujników w perspektywie 8 lat

Z analizy obszaru inteligentnych czujników wynika, że polskie firmy posiadają wysoki potencjał kadrowy oraz technologiczny w tym zakresie. Większość firm ze tego obszaru to podmioty z sektora MŚP oraz start-upy, które są skupione na rozwoju i wdrażaniu konkretnej opracowanej technologii czujnikowej. Ewolucja cyfrowa rozwiązań czujnikowych do zastosowań inteligentnych kreuje szereg nowych szans dla polskich firm, ale wymaga również od nich konkutowania w wielu obszarach z dużymi, globalnymi graczami, również na rynku krajowym. Konieczna jest konsolidacja tych podmiotów wokół konkretnych technologii lub zastosowań, aby synergicznie wypracować krajowe zasoby produkcyjne umożliwiające szybką realizację specjalistycznych i dedykowanych rozwiązań dla klientów krajowych i europejskich. Kolejnym ruchem może być penetracja rynków nadbałtyckich i wschodnich (np. Rosja, Ukraina, Gruzja). W wielu rozwiązaniach polskie firmy mają przewagi technologiczne i dysponują niezbędnymi WNIP, które pozwolą im rozwinąć szereg produktów spełniając nowe potrzeby klientów indywidualnych oraz biznesowych.

Na uwagę zasługuje potencjał Polski w dziedzinie rozwiązań fotonicznych, który się aktywnie rozwija i ma szanse stać się rozpoznawalny globalnie. W tym zakresie strategicznie warto rozważyć podjęcie bilateralnej współpracy z dużym globalnym graczem pozwalającej na szerszą penetrację rynków. Najnowsze osiągnięcia polskich firm w zakresie szybkich bioczujników są odbierane z dużym zainteresowaniem przez polskich inwestorów oraz zagranicznych pośredników. Uwzględniając posiadane w kraju niezbędne zaplecze produkcyjne, pozwala skalować tę technologię do różnych potrzeb i rynków. Są to nowe rozwiązania i rynek ten jest niezwykle rozwojowy (szczególnie aktywny jest w tym zakresie Bliski Wschód), w związku z czym można na nim ciągle budować wysoką pozycję konkurencyjną. Szczególne szanse mają polskie firmy w obszarze rozwiązań inteligentnych sieci czujnikowych dla sektora Przemysłu 4.0 oraz dedykowanych środowisku i ewolucji w kierunku Smart City, ponieważ dysponują zapleczem technologicznym oraz wykwalifikowanymi kadrami do opracowywania rozwiązań IoT oraz ICT. Inteligentne czujniki to wciąż relatywnie nowy, dynamiczny obszar technologiczny, który powinien być wydajnie monitorowany ze względu na intensywne zmiany w jego zakresie, otwierające szerokie możliwości wdrożeniowe, często podyktowane zmianami technologicznymi, legislacyjnymi oraz normami i standardami produkcyjnymi.

## 5.1. Scenariusze rozwoju obszaru inteligentnych czujników

Poniżej przedstawiono scenariusze rozwoju oraz zdefiniowane w ich zakresie konkretne działania/projekty, które zostały określone i przedyskutowane w ramach cyklu spotkań Smart Lab z udziałem grupy podmiotów reprezentujących obszar inteligentnych czujników. Zidentyfikowane działania/projekty w scenariuszach zostały podzielone, ze względu na ich aktualny stan rozwoju oraz charakter, na następujące fazy:

### Faza I Badania podstawowe i prace przygotowawcze

Działania/ projekty na poziomie gotowości technologicznej (TRL) I, czyli realizacja badań naukowych w celu wykorzystania technologii w przyszłych zastosowaniach. W ramach tej fazy działania przygotowawcze mogą również dotyczyć takich aspektów jak m.in. badania i weryfikacja rynku, opracowanie studium wykonalności czy analizy pod kątem dostępności niezbędnych do realizacji prac B+R partnerów oraz infrastruktury. Zakładany średni poziom dofinansowania projektów ze środków publicznych w tej fazie to 90-100%<sup>57</sup>.

### Faza II Badania przemysłowe

Działania/ projekty na poziomach TRL w zakresie II-VI, czyli opracowanie koncepcji zastosowania technologii, prowadzenie badań analitycznych i laboratoryjnych wybranych elementów technologii, badania opracowanej technologii w warunkach laboratoryjnych, w symulowanych warunkach operacyjnych oraz demonstracje prototypu technologii w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Zakładany średni poziom dofinansowania projektów ze środków publicznych w tej fazie to 60-80%<sup>57</sup>.

---

<sup>57</sup> Wartości na bazie poziomów dofinansowania projektów B+R+I z Funduszy Europejskich w ramach perspektywy finansowej 2014-2020 oraz konsultacji z uczestnikami spotkań Smart Lab.



### Faza III Prace rozwojowe, przedwdrożeniowe i wdrożeniowe

Działania/ projekty na poziomach TRL w zakresie VII-IX, czyli demonstracje prototypów technologii w warunkach operacyjnych, badania i demonstracje ostatecznej formy technologii oraz sprawdzenie funkcjonowania technologii w warunkach rzeczywistych. W ramach tej fazy działania przedwdrożeniowe oraz wdrożeniowe mogą również dotyczyć takich aspektów jak m.in. certyfikacja oraz ochrona własności intelektualnej wyników prac B+R, działania promocyjne oraz pierwsze wdrożenia komercyjne. Zakładany średni poziom dofinansowania projektów ze środków publicznych w tej fazie to 40-60%<sup>57</sup>.

Poszczególne fazy realizacji projektów zostały umiejscowione na skali czasu i opatrzone ustalonym budżetem. Ilość faz w działaniu oraz ich czas trwania został zdefiniowany na bazie pierwotnej dojrzałości rozwijanej w działaniu/ projekcie technologii. Przewidywaną ilość projektów prowadzonych w danej fazie określonego działania, ich alokacje budżetowe i niezbędne zasoby określono na bazie wiedzy eksperckiej uczestników SL poddanej krytycznej ocenie przez zespół ekspertów opracowujący ekspertyzę.

Spotkania wygenerowały cztery scenariusze rozwoju technologii w obszarze inteligentnych czujników: jeden horyzontalny scenariusz poświęcony technologiom fotonicznym oraz trzy scenariusze aplikacyjne skupione na zdefiniowanych niszach i potrzebach rynkowych. Scenariusz horyzontalny skupia szeroki zakres technologii fotonicznych, które ze względu na swoją specyfikę mogą być rozwijane i aplikowane w wielu obszarach zastosowań specjalnych (m.in.: przemysł ciężki, rolnictwo, medycyna, przemysł wydobywczy itd.). Scenariusze aplikacyjne wskazują zespoły ważnych technologii, które są zintegrowane i skupione na wypełnianiu konkretnej, zdefiniowanej niszy rynkowej w sprecyzowanym sektorze gospodarki.

#### 5.1.1. Scenariusz 1 – Scenariusz horyzontalny: Czujniki fotoniczne do zastosowań specjalnych

W scenariusz horyzontalny wpisują się różne rozwiązania czujnikowe oparte na technologiach fotonicznych, które mogą być stosowane w dedykowanych aplikacjach niezbędnych do rozwoju gospodarki. Główne technologie z tego obszaru, to rozwiązania światłowodowe oraz fotoniczne układy zintegrowane, które mogą być rozwijane i modyfikowane dla uzyskania specyficznych funkcjonalności czujnikowych. W ramach realizacji scenariusza przewidziano następujące działania:



##### **Działanie 1 - Światłowodowe systemy czujnikowe**

Światłowodowe systemy czujnikowe znajdują się na wysokim poziomie rozwoju w portfolio projektów polskich firm. W związku z tym poszczególne rozwiązania czujnikowe

---

nie wymagają badań podstawowych a uczestnicy Smart Labu wskazali, że należy się skupić na badaniach przemysłowych i pracach rozwojowych oraz realizacji działań wdrożeniowych.

W ramach specyficznych projektów badań przemysłowych należy wymienić czujniki światłowodowe służące do monitorowania procesów produkcyjnych w różnych gałęziach przemysłu celem zwiększenia bezpieczeństwa i optymalizacji produkcji. Systemy tego typu mają umożliwiać dynamiczny i przestrzenny pomiar poszczególnych parametrów mających kluczowe znaczenie dla procesu produkcyjnego. Celem tego działania jest komercjalizacja całkowicie nowego systemu monitoringu kluczowych parametrów w poszczególnych gałęziach przemysłu. Innym ważnym zidentyfikowanym działaniem jest rozwój czujników światłowodowych do zastosowania w monitorowaniu bezpieczeństwa sieci wysokich przepustowości. Taki system ma wykrywać wszelkie zagrożenia i uszkodzenia telekomunikacyjnych sieci szkieletowych o znaczeniu strategicznym dla kraju.

Innowacyjne czujniki światłowodowe mogą być również rozwijane, aby wspierać poprawę jakości upraw w wysoko wyspecjalizowanych gospodarstwach rolnych oraz w leśnictwie. W tym przypadku zdefiniowano ścieżkę komercjalizacji gotowego produktu w szeroko rozumianym rolnictwie, uprawie i hodowli, czyli rozłożonego przestrzennie pomiaru wilgotności i temperatury, np. gleby w celu monitorowania zmian klimatycznych i/ lub dystrybucji środków wspomagających uprawy.

W zakresie bezpieczeństwa transportu i budownictwa zaproponowano rozwój czujników światłowodowych do przestrzennego monitorowania konstrukcji (autostrady, wiadukty, tunele, trakty kolejowe, tramwajowe, kolejki wysokogórskie, budynki wysokościowe). System światłowodowy we współpracy z systemem punktowym umożliwi monitoring infrastruktury inżynierskiej oraz traktów komunikacyjnych umożliwiając kontrolę ich zużycia oraz wczesne wykrywanie zagrożeń wynikających z eksploatacji. Powyższy system może również dokonywać pomiarów natężenia ruchu i położenia obiektów korzystających z infrastruktury objętej pomiarem.

Do ważnych trendów rozwojowych należą badania czujników światłowodowych na potrzeby zastosowań w systemach pomiarowych dla przemysłu ciężkiego, rafineryjnego, wydobywczego oraz infrastruktury przesyłowej (gazociągi i ropociągi). Światłowodowe systemy czujnikowe pozwolą zwiększyć efektywność i bezpieczeństwo tych procesów przemysłowych kontrolując m.in. poziom zawartości poszczególnych gazów, poziom zużycia urządzeń oraz wykrywając uszkodzenia lub monitorując naprężenia górotworu i konstrukcji.

Istotną rolę w rozwoju samochodów elektrycznych oraz infrastruktury umożliwiającej ich eksploatację mają spełnić specjalne, dedykowane światłowodowe czujniki do monitorowania rozłożenia temperatury baterii/ akumulatorów w pojazdach elektrycznych oraz systemy pomiaru temperatury i szczelności w pojazdach z ogniwami wodorowymi. Zapewni to zwiększenie bezpieczeństwa i efektywności rozwiązań e-mobilności (ang. e-mobility).

Do innych ważnych trendów rozwojowych czujników światłowodowych można zaliczyć również optyczną diagnostykę chorób nowotworowych w czasie rzeczywistym (np. w trakcie zabiegu-

operacji) lub światłowodowe systemy bazujące na pomiarze przestrzennym do zastosowań perymetrycznych celem wykrywania i identyfikacji naruszeń granic i/ lub stref zamkniętych/ chronionych przez ludzi, zwierzęta oraz obiekty (pojazdy, urządzenia).

Działanie obejmuje prace w fazach II i III:



Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy II to:

- Rozłożony przestrzennie pomiar wilgotności i temperatury np. gleby w celu monitorowania zmian klimatycznych lub dystrybucji środków wspomagających uprawy.
- Monitoring budynków, traktów (drogowych/ kolejowych), mostów, wczesne wykrywanie zagrożeń (czujniki punktowe oraz bazujące na pomiarze przestrzennym).
- Światłowodowe systemy bazujące na pomiarze przestrzennym do zastosowań perymetrycznych.
- Światłowodowe systemy czujnikowe do zwiększenia efektywności i bezpieczeństwa wydobywania w kopalniach.
- Czujniki gazów, zużycia, sejsmiczne, ekstremalnych temperatur, bezpieczeństwa, w tym – wykrywanie uszkodzeń.

Wynikiem fazy II miałyby być przetestowane prototypy rozwiązań, w oparciu, o które miałyby być wdrażane konkretne usługi.

Do realizacji fazy II niezbędne będzie, zdaniem uczestników Smart Labu, zapewnienie przede wszystkim wykwalifikowanych kadr (w specjalizacjach: elektronika, optoelektronika, fotonika, inżynieria materiałowa oraz ICT), infrastruktury B+R oraz skutecznej ochrony IP (zgłoszenia patentowe, przyznane patenty, tajemnica przedsiębiorstwa).

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy II możliwe jest zrealizowanie 14 projektów. Projekty te powinny trwać maksymalnie do 3 lat. Budżet fazy II oszacowano na 109 mln PLN.



Realizacja fazy III działania ma na celu przejście z etapu prototypu do wdrożenia.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy III to:

- Wdrożenie monitorowania zmian środowiskowych i klimatycznych (bezpieczne dla środowiska światłowodowe czujniki bazujące na pomiarze przestrzennym).
- Wdrożenie światłowodowego monitorowania stanu infrastruktury kolejowej/ drogowej.
- Wdrożenie czujników światłowodowych w monitoringu bezpieczeństwa granic/ obszarów krytycznych (np. stacje transformatorowe, elektrownie itp.).

Wynikiem działania powinno być finalne opracowanie oraz wdrożenie systemów światłowodowych, zintegrowanych z istniejącymi i rozwijanymi rozwiązaniami i technologiami z zakresu systemów czujnikowych.

Kluczowymi zasobami dla realizacji fazy III są kadry wyspecjalizowane we wdrożeniach tego typu rozwiązań, dostęp do parametrów pomiarów referencyjnych oraz symulatorów zbliżonych do warunków rzeczywistych.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy III możliwe jest zrealizowanie 16 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w przeciągu 3 lat. Budżet fazy III oszacowano na 122 mln PLN.

Podsumowując, działanie pierwsze ma horyzontalne znaczenie dla rozbudowy światłowodowych systemów czujnikowych w różnych dziedzinach gospodarki. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 5 lat łącznie 30 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 231 mln PLN. Czas trwania działania jest krótszy niż suma czasu trwania poszczególnych jego faz z uwagi na fakt, że część prac fazy kolejnej można rozpocząć w trakcie realizacji prac fazy wcześniejszej.



## **Działanie 2 - Zaawansowana analiza sygnałów optycznych i obrazów (interferometria, metody statystyczne, AI) dla czujników optycznych**

W ramach tego działania zdefiniowano zespół projektów dotyczący modelowania nowych systemów pomiarowych w oparciu o szerokorozumiane zjawisko interferencji oraz symulacji systemów analizy i przetwarzania obrazów (w tym multispektralnych) do nadzorowania procesów przemysłowych i kontroli jakości w sytuacji, gdy planowana efektywność proponowanego rozwiązania nie jest jeszcze potwierdzona doświadczalnie.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach.



Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy I to:

- Modelowanie nowych systemów pomiarowych w oparciu o szerokorozumiane zjawisko interferencji.
- Modelowanie nowych systemów analizy i przetwarzania obrazów (w tym multispektralnych) w zastosowaniu do nadzorowania procesów przemysłowych i kontroli jakości.

Aby fazę I można było uznać za pomyślnie zakończoną, w wyniku jej realizacji powinny powstać: zdefiniowane wymagania funkcjonalne oraz nowe metody modelowania i algorytmy.

Realizacja fazy I bazowałaby na wykwalifikowanej kadrze jednostek badawczych i przedsiębiorstw. Do realizacji wymienionych prac niezbędne będzie, zdaniem uczestników Smart Labu, zapewnienie przede wszystkim infrastruktury B+R, infrastruktury informatycznej oraz wykwalifikowanych technologów (fizycy, optoelektronicy, elektronicy).

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy I możliwe jest zrealizowanie 28 projektów. Projekty te powinny trwać do 3 lat. Budżet fazy I oszacowano na 80 mln PLN.



Faza II obejmująca badania przemysłowe, będzie skupiona na budowie zaawansowanych systemów metrologicznych z wykorzystaniem zjawisk falowych, w tym interferometrii dla potrzeb urządzeń pomiarowych wspierających produkcję i kontrolę jakości w przemyśle.

Do najważniejszych zadań należy określenie powtarzalności i dokładności w porównaniu do innych metod, w przewidywanych warunkach pracy.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy II to:

- Tworzenie prototypowego oprogramowania do modelowania nowych systemów pomiarowych w oparciu o szeroko rozumiane zjawisko interferencji.
- Opracowanie oprogramowania do modelowania nowych systemów analizy i przetwarzania obrazów.
- Opracowanie rozwiązań analizy multispektralnej w zastosowaniach specjalnych (wojskowych, skanowania w przemyśle i monitorowania w rolnictwie).

Wynikiem fazy II będą przetestowane moduły oprogramowania do realizacji modelowania, analizy sygnałów optycznych i obrazów, w oparciu o które miałyby być wdrażane konkretne rozwiązania czujników optycznych.

Do realizacji wymienionych prac niezbędne będzie, zdaniem uczestników Smart Labu, zapewnienie przede wszystkim infrastruktury B+R, infrastruktury informatycznej oraz wykwalifikowanych technologów (fizycy, optoelektronicy, elektronicy).

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy II możliwe jest zrealizowanie 50 projektów. Projekty te powinny trwać maksymalnie do 3 lat. Budżet fazy II oszacowano na 50 mln PLN.



Faza III działania miałyby na celu przygotowanie oprogramowania do wdrożenia.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy III to:

- Wdrożenie oprogramowania do modelowania nowych systemów analizy i przetwarzania obrazów w zastosowaniu do nadzorowania procesów przemysłowych i kontroli jakości.
- Wdrożenie rozwiązań analizy multispektralnej w zastosowaniach specjalnych (wojskowych, skanowania w przemyśle i monitorowania w rolnictwie).

Wynikiem działania powinno być finalne opracowanie oraz wdrożenie oprogramowania do zaawansowanej analizy sygnałów optycznych i obrazów, w szczególności w zastosowaniach wojskowych, skanowania w przemyśle i monitorowania w rolnictwie.

Kluczowymi zasobami dla fazy III powinny być zasoby ludzkie, w postaci ekspertów w przedsiębiorstwach, którzy posiadać będą wiedzę i umiejętności do przeprowadzenia wdrożeń oraz testów i niezbędnego dostosowania wypracowanych technologii u klientów.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy III (ze względu na mnogość potencjalnych odbiorców) możliwe jest zrealizowanie 100 projektów. Projekty te powinny zakończyć się maksymalnie do 3 lat. Budżet fazy III oszacowano na 50 mln PLN.

Podsumowując, działanie drugie jest skupione na realizacji oprogramowania do modelowania nowych systemów analizy i przetwarzania obrazów w zastosowaniach wojskowych, skanowania w przemyśle i monitorowania w rolnictwie. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 8 lat łącznie 178 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 180 mln PLN. Czas trwania działania jest krótszy niż suma czasu trwania poszczególnych jego faz z uwagi na fakt, że część prac fazy kolejnej można rozpocząć w trakcie realizacji prac fazy wcześniejszej.



### **Działanie 3 - Fotoniczne czujnikowe układy zintegrowane**

W tym działaniu wskazano potrzebę rozbudowy możliwości wytwórczych układów fotonicznych w Polsce. W kraju trwają aktywne prace nad podstawowymi strukturami półprzewodnikowymi, minimalizacji ich prądów ciemnych oraz zwiększania pasma i rozszerzania spektrum.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach:



Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy I to:

- Opracowanie koncepcji nowych czujników fotonicznych umożliwiających bardziej selektywną, wysokoczułą i szybką detekcję różnych związków chemicznych w gazach, cieczach i ciałach stałych.
- Opracowanie koncepcji fotonicznych układów zintegrowanych (PIC) wyposażonych w interfejsy optyczne, mechaniczne, termiczne i elektroniczne będących nową klasą czujników.

Aby fazę I można było uznać za pomyślnie zakończoną, w wyniku jej realizacji powinny powstać: projekty i modele czujników fotonicznych, nowe metody integracji detektorów, laserów i falowodów w układach fotonicznych oraz nowe linie technologiczne potrzebne do wytwarzania układów PIC.

Działania te powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Do realizacji wymienionych prac niezbędne będzie zapewnienie linii technologicznych oraz wykwalifikowanych technologów (chemicy, fizycy, optoelektronicy, elektronicy).

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy I możliwe jest zrealizowanie 10 projektów. Określono, że projekty te będą realizowane w okresie do 4 lat. Budżet fazy I oszacowano na 54 mln PLN.



Faza II obejmuje badania przemysłowe i jest bezpośrednią kontynuacją prac wykonanych w fazie I. Dzięki zdobytej nowej wiedzy oraz opracowaniu niezbędnych analiz będzie możliwe wytworzenie nowych technologii rozwiązań czujnikowych.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy II to:

- Opracowanie prototypów nowych czujników umożliwiających bardziej selektywną, wysokoczułą i szybką detekcję różnych związków chemicznych w gazach, cieczach i ciałach stałych.
- Opracowanie prototypów fotonicznych układów zintegrowanych (PIC) wyposażonych w interfejsy optyczne, mechaniczne, termiczne i elektroniczne.

Wynikiem fazy II miałyby być przetestowane prototypy układów PIC, w oparciu, o które miałyby być wdrażane konkretne rozwiązania czujnikowe.

Do realizacji wymienionych prac niezbędne będzie zapewnienie linii technologicznych oraz wykwalifikowanych technologów (chemicy, fizycy, optoelektronicy, elektronicy).

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy II możliwe jest zrealizowanie 16 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w przeciągu maksymalnie 3 lat. Budżet fazy II oszacowano na 100 mln PLN.



Realizacja fazy III ma na celu przejście z etapu prototypu do wdrożenia.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy III to:

- Wdrożenie układów PIC w zastosowaniach w monitoringu sieci gazowych i badaniu jakości powietrza i wody.
- Badania wdrożeniowe w obszarach detekcji konkretnych związków chemicznych i biomarkerów (np. kwas mlekowy, cukier, alkohol).
- Wdrożenie miniaturowych czujników HVAC.

---

Wynikiem działania powinny być rozwiązania zintegrowanych układów fotonicznych i ich integracji z układami elektronicznymi w celu uzyskania inteligentnych systemów sensorycznych.

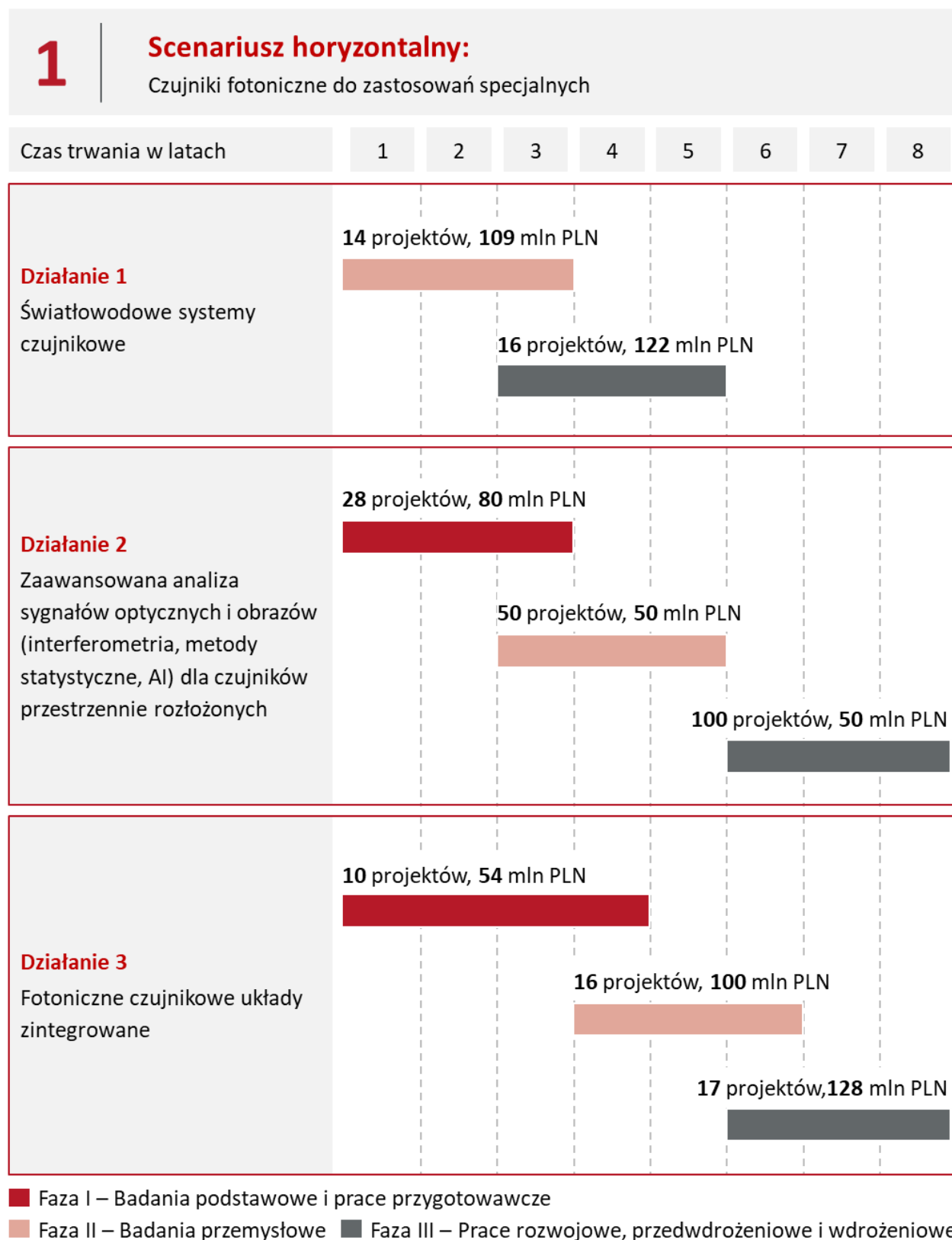
Kluczowymi zasobami dla fazy III powinny być zasoby ludzkie, w postaci ekspertów w przedsiębiorstwach, którzy posiadać będą wiedzę i umiejętności do przeprowadzenia wdrożeń oraz testów i niezbędnego dostosowania wypracowanych technologii u klientów. Do realizacji wymienionych prac niezbędne będzie zapewnienie linii technologicznych oraz zatrudnienie wykwalifikowanych inżynierów procesowych.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy III możliwe jest zrealizowanie 17 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w przeciągu maksymalnie 3 lat. Budżet fazy III oszacowano na 128 mln PLN.

Podsumowując, działanie trzecie ma dostarczyć nowych rozwiązań czujnikowych w oparciu o platformy PIC. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 8 lat łącznie 43 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 282mln PLN. Czas trwania działania jest krótszy niż suma czasu trwania poszczególnych jego faz z uwagi na fakt, że część prac fazy kolejnej można rozpocząć w trakcie realizacji prac fazy wcześniejszej.



Rysunek 22. Forma graficzna scenariusza 1



Źródło: opracowanie własne na podstawie ustaleń z uczestnikami spotkań SL

### 5.1.2. Scenariusz 2 – Scenariusz aplikacyjny: Bioczujniki w medycynie

Scenariusz aplikacyjny obejmuje zespół różnych technologii rozwijanych w zakresie rozwiązań biosensorycznych stosowanych w medycynie. Technologie te skupione są na integracji specyficznych rozwiązań biotechnologicznych z platformami elektronicznymi tworząc czujniki do szybkiej diagnostyki medycznej. W ramach realizacji scenariusza przewidziano następujące działania:



#### **Działanie 1 - Innowacyjne bioczujniki i testy diagnostyczne chorób cywilizacyjnych, w tym nowotworowych**

Działanie jest skupione na opracowaniu platformy do nieinwazyjnego diagnozowania i monitorowania chorób cywilizacyjnych, nowotworowych oraz zatruc z użyciem bioczujnikowych testów przesiewowych do kwalifikacji pacjentów. Technologia oparta o przeciwciała w detekcji biomarkerów białkowych da możliwość opracowania selektywnych układów biosensorów.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach:



Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy I to:

- Opracowanie innowacyjnych technologii biosensorów zawierających komponenty biologiczne (białka, lipidy, oligopeptydy lub kwasy nukleinowe).
- Opracowanie technologii pomiarowej do detekcji biomarkerów cukrzycy i stanu przedcukrzycowego jako prewencja chorób cywilizacyjnych.
- Opracowanie technologii pomiarowej oraz dedykowanego bioreceptora do wykrywania toksyn we krwi pacjenta.

Aby fazę I można było uznać za pomyślnie zakończoną, w wyniku jej realizacji powinny powstać projekty i modele bioczujników, nowe metody pomiarowe oraz bioreceptory do detekcji konkretnych markerów.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Do realizacji tych działań będzie niezbędne zatrudnienie wyspecjalizowanych kadr (biotechnolodzy i elektronicy) oraz zakup WNIP do bioreceptorów.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy I możliwe jest zrealizowanie 24 projektów. Określono, że projekty te będą realizowane w okresie maksymalnie 2 lat. Budżet fazy I oszacowano na 96 mln PLN.



Faza II obejmuje badania przemysłowe i jest bezpośrednią kontynuacją prac wykonanych w fazie I. Dzięki zdobytej nowej wiedzy oraz opracowaniu niezbędnych analiz będzie możliwe wytworzenie nowych technologii rozwiązań czujnikowych.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy II to:

- Opracowanie rozwiązań technologicznych układów elektroniki użytkowej wraz z oprogramowaniem dedykowanym do obsługi biosensorów PoC.
- Wytworzenie opartego o opracowaną technologię testu diagnostycznego służącego do wykrywania chorób genetycznych oraz mutacji nowotworowych na poziomie DNA za pomocą dedykowanych receptorów w próbkach pochodzących z płynów ustrojowych w warunkach szpitalnych.
- Opracowanie metodologii pomiaru oraz progów czułości odpowiednich do analizy ludzkiego materiału genetycznego.
- Opracowanie biosensorów z użyciem biomarkerów cukrzycy i znaczników stanu przedcukrzycowego do bezinwazyjnego badania przesiewowego cukrzycy.

Wynikiem fazy II miałyby być przetestowane prototypy biosensorów i urządzeń POC, w oparciu, o które miałyby być wdrażane konkretne rozwiązania bioczujnikowe.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Do realizacji tych działań będzie niezbędne zatrudnienie wyspecjalizowanych kadr (biotechnologdy i elektronicy), zakup WNIP do bioreceptorów oraz budowa linii technologicznej do produkcji serii prototypowej do badań przedklinicznych (laboratoryjnych).

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy II możliwe jest zrealizowanie 18 projektów. Projekty te powinny trwać maksymalnie do 3 lat. Budżet fazy II oszacowano na 58 mln PLN.



Realizacja fazy III ma na celu przejście z etapu prototypu do wdrożenia.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy III to:

- Zwalidowanie działania opracowanego inteligentnego czujnika w oparciu o konkretną platformę detekcyjną (czytnik do testów).
- Badania kliniczne/ przedkliniczne, starzeniowe oraz in vitro testów/ czujników biomarkerów cukrzycy.
- Certyfikacja i rejestracja urządzenia medycznego - inteligentnego bioczujnika wraz z platformą detekcyjną (urządzenie osobiste PoC do odczytu testów).

Takie działania należy przeprowadzić we współpracy z ośrodkiem klinicznym w ramach realizacji procedury weryfikacji w warunkach operacyjnych w oparciu o grupę próbek klinicznych. Możliwość opracowania systemów do detekcji wybranych chorób w trybie PoC zwiększa szanse prawidłowej diagnozy bezpośrednio w gabinecie lekarskim. Wynikiem działania powinny być rozwiązania bioczułnikowe zintegrowane z układami elektronicznymi w celu uzyskania inteligentnych systemów sensorycznych PoC.

Kluczowymi zasobami dla fazy III powinny być zasoby ludzkie, w postaci ekspertów w przedsiębiorstwach, którzy posiadać będą wiedzę i umiejętności do przeprowadzenia wdrożeń oraz testów i niezbędnego dostosowania wypracowanych technologii u klientów. Do realizacji wymienionych prac niezbędne będzie zapewnienie linii technologicznych, zatrudnienie wykwalifikowanych inżynierów procesowych oraz wykonanie badań klinicznych/ przedklinicznych na potrzeby certyfikacji.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy III możliwe jest zrealizowanie 16 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu maksymalnie 2 lat. Budżet fazy III oszacowano na 55 mln PLN.

Podsumowując, działanie pierwsze ma dostarczyć nowych rozwiązań czujnikowych w oparciu o platformy biosensoryczne. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 6 lat łącznie 58 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 209 mln PLN. Czas trwania działania jest krótszy niż suma czasu trwania poszczególnych jego faz z uwagi na fakt, że część prac fazy kolejnej można rozpocząć w trakcie realizacji prac fazy wcześniejszej.



## **Działanie 2 - Opracowanie hardware oraz nowych mechanizmów komunikacji przyspieszających czas analizy wyniku i przesyłu danych z biosensorów**

Działanie dotyczy nowych rozwiązań sensorycznych na styku elektroniki oraz biologii peptydowej i biologii kwasów nukleinowych z użyciem nowych układów hardware oraz inteligentnego oprogramowania. Badania w tym działaniu są skupione na stworzeniu specjalnych bibliotek oprogramowania oraz opracowaniu półprzemysłowej produkcji hardware wraz z wbudowanym oprogramowaniem.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach:



Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy I to:

- Zaprojektowanie nowych układów hardware oraz optymalizacja oprogramowania wewnętrznej komunikacji urządzenia.
- Badania nowych rozwiązań sensorycznych do wykrywania biomarkerów białkowych lub DNA/ RNA.

Aby fazę I można było uznać za pomyślnie zakończoną, w wyniku jej realizacji powinny powstać nowe metody i układy pomiarowe oraz rozwiązania sensoryczne do wykrywania biomarkerów białkowych.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Do realizacji działania niezbędne jest zapewnienie specjalistycznych kadr elektroników i specjalistów ICT, infrastruktury badawczej i linii produkcyjnych.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy I możliwe jest zrealizowanie 3 projektów. Określono, że projekty te będą realizowane w okresie do 2 lat. Budżet fazy I oszacowano na 9 mln PLN.



Faza II obejmuje badania przemysłowe i jest bezpośrednią kontynuacją prac wykonanych w fazie I. Dzięki zdobytej nowej wiedzy oraz opracowaniu niezbędnych analiz będzie możliwe wytworzenie nowych technologii rozwiązań czujnikowych.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy II to:

- Badania przemysłowe skupione na stworzeniu specjalnych bibliotek oprogramowania.
- Opracowanie półprzemysłowej produkcji hardware wraz z wbudowanym oprogramowaniem.

Wynikiem fazy II miałyby być przetestowane prototypy urządzeń sensorycznych z wbudowanym oprogramowaniem, w oparciu, o które miałyby być wdrażane konkretne rozwiązania przyspieszające czas analizy wyniku i przesyłu danych z biosensorów.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Do realizacji działania niezbędne jest zapewnienie specjalistycznych kadr elektroników i specjalistów ICT, infrastruktura badawcza i linia produkcyjna. Działanie będzie realizowane we współpracy instytutów badawczych, firm biotechnologicznych oraz informatycznych.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy II możliwe jest zrealizowanie 5 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w okresie do 2 lat. Budżet fazy II oszacowano na 10 mln PLN.



Realizacja fazy III ma na celu przejście z etapu prototypu do wdrożenia.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy III to:

- Wdrożenie i badania prototypu in vivo w warunkach klinicznych.
- Testy walidacyjne bezpieczeństwa elektrycznego oraz starzeniowe, jaki i dostosowanie oprogramowania do potrzeb klienta.

Takie działania należy przeprowadzić we współpracy z ośrodkiem klinicznym w ramach realizacji procedury weryfikacji w warunkach operacyjnych w oparciu o grupę próbek klinicznych. Wynikiem działania powinny być hardware oraz nowe mechanizmy komunikacji przyspieszające czas analizy wyniku z różnych rozwiązań bioczułnikowych.

Kluczowymi zasobami dla fazy III powinny być zasoby ludzkie, w postaci ekspertów w przedsiębiorstwach, którzy posiadać będą wiedzę i umiejętności do przeprowadzenia wdrożeń oraz testów i niezbędnego dostosowania wypracowanych technologii u klientów. Do realizacji wymienionych prac niezbędne będzie wykonanie badań klinicznych/ przedklinicznych na potrzeby certyfikacji.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy III możliwe jest zrealizowanie 3 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w okresie do 2 lat. Budżet fazy III oszacowano na 3 mln PLN.

Podsumowując, działanie drugie ma dostarczyć nowych rozwiązań hardware wspierających odczyt z platform biosensorycznych. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 5 lat łącznie 11 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 22 mln PLN. Czas trwania działania jest krótszy niż suma czasu trwania poszczególnych jego faz z uwagi na fakt, że część prac fazy kolejnej można rozpocząć w trakcie realizacji prac fazy wcześniejszej.



### **Działanie 3 - Opracowanie algorytmów klasyfikacyjnych do oznaczania interakcji oraz analizy populacyjnej parametrów fizjologicznych i diagnostycznych**

Działanie dotyczy nowych sposobów analizy danych diagnostycznych, uwzględniających zakresy pomiarowe dostosowane do parametrów klinicznych i fizjologicznych poszczególnych grup osób (uwzględniające wiek, płeć, stan choroby etc.).

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach:



Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy I to:

- Badania z zakresu problematyki różnic poszczególnych parametrów diagnostycznych w przypadku różnych grup pacjentów.
- Opracowanie modeli o wysokiej granularności z użyciem klasyfikatorów matematycznych opartych na surowych danych pomiarowych z zastosowaniem technologii uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji.

Aby fazę I można było uznać za pomyślnie zakończoną, w wyniku jej realizacji powinny powstać: nowe opracowania, modele oraz kryteria oceny poziomu odcięcia dla oceny danego parametru fizjologicznego.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Do realizacji prac niezbędne są profesjonalne kadry (matematycy oraz ICT), badania kliniczne oraz zaawansowana infrastruktura informatyczna.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy I możliwe jest zrealizowanie 2 projektów. Określono, że projekty te będą realizowane w okresie do 2 lat. Budżet fazy I oszacowano na 4 mln PLN.



Faza II obejmuje badania przemysłowe i jest bezpośrednią kontynuacją prac wykonanych w fazie I. Dzięki zdobytej nowej wiedzy oraz opracowaniu niezbędnych analiz będzie możliwe wytworzenie nowych metod i klasyfikatorów dla rozwiązań czujnikowych.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy II to:

- Tworzenie oprogramowania do badania różnic poszczególnych parametrów diagnostycznych.
- Opracowanie technologii analiz Big Data do wyznaczania poziomów odcięcia dla pomiarów biomedycznych prawidłowych dla poszczególnych grup pacjentów w oparciu o opracowane klasyfikatory matematyczne.
- Tworzenie oprogramowania z wykorzystaniem klasyfikatorów matematycznych opartych na surowych danych pomiarowych z zastosowaniem technologii uczenia maszynowego.

Wynikiem fazy II miałyby być przetestowane algorytmy i pakiety oprogramowania, w oparciu, o które miałyby być wdrażane konkretne rozwiązania do oceny i klasyfikacji wyników analizy populacyjnej parametrów fizjologicznych i diagnostycznych.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Do realizacji prac niezbędne są profesjonalne kadry (matematycy oraz ICT), badania kliniczne oraz zaawansowana infrastruktura informatyczna.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy II możliwe jest zrealizowanie 2 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w okresie do 2 lat. Budżet fazy II oszacowano na 4 mln PLN.



Realizacja fazy III ma na celu przejście z etapu prototypu do wdrożenia.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy III to:

- Wdrożenie i badania prototypów oprogramowania in-vivo w warunkach klinicznych.
- Wdrożenie i walidacja opracowanego oprogramowania klasyfikacyjnego w cyklu przedklinicznym oraz klinicznym z zastosowaniem opracowanej bazy danych treningowych.

Takie działania należy przeprowadzić we współpracy z ośrodkiem klinicznym w ramach realizacji procedury weryfikacji w warunkach operacyjnych w oparciu o grupę próbek klinicznych. Wynikiem działania powinny być pakiety oprogramowania klasyfikacyjnego do oznaczania interakcji oraz analizy populacyjnej parametrów fizjologicznych i diagnostycznych.

Kluczowymi zasobami dla fazy III powinny być zasoby ludzkie, w postaci ekspertów w przedsiębiorstwach, którzy posiadać będą wiedzę i umiejętności do przeprowadzenia wdrożeń oraz testów i niezbędnego dostosowania wypracowanych technologii u klientów. Do realizacji wymienionych prac niezbędne będzie wykonanie badań klinicznych/ przedklinicznych na potrzeby certyfikacji.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy III możliwe jest zrealizowanie 3 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w okresie do 2 lat. Budżet fazy III oszacowano na 12 mln PLN.

Podsumowując, działanie trzecie ma dostarczyć nowych rozwiązań hardware wspierających klasyfikację wyników diagnostycznych. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 5 lat łącznie 7 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 20 mln PLN. Czas trwania działania jest krótszy niż suma czasu trwania poszczególnych jego faz z uwagi na fakt, że część prac fazy kolejnej można rozpocząć w trakcie realizacji prac fazy wcześniejszej.



#### **Działanie 4 - Moduły do zasilania czujników nasobnych pracujące z gradientem temperatury do zastosowań w teleopiece i telemedycynie**

Działanie dotyczy opracowanie technologii zasilania czujników nasobnych pracujących z niskim gradientem temperatur poniżej 5°C. Działanie to będzie skupione na wytworzeniu materiałów o wyższym współczynniku Seebecka i opracowaniu modułów termoelektrycznych zasilających układy sensoryczne.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach:



Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy I to:

- Badania z obszaru technologii zasilania czujników nasobnych pracujących z niskim gradientem temperatur poniżej 5°C.
- Badania i synteza nowych materiałów o wyższym współczynniku Seebecka i opracowaniu modułów termoelektrycznych.

Aby fazę I można było uznać za pomyślnie zakończoną, w wyniku jej realizacji powinny powstać: nowe materiały i moduły termoelektryczne pracujące z niskim gradientem temperatur poniżej 5°C.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Do realizacji prac niezbędne są profesjonalne kadry (inżynieria materiałowa, elektronika oraz ICT), badania materiałowe, starzeniowe oraz zaawansowana infrastruktura informatyczna.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy I możliwe jest zrealizowanie 33 projektów. Określono, że projekty te będą realizowane w okresie maksymalnie 3 lat. Budżet fazy I oszacowano na 74 mln PLN.





Faza II obejmuje badania przemysłowe i jest bezpośrednią kontynuacją prac wykonanych w fazie I. Dzięki zdobytej nowej wiedzy oraz opracowaniu niezbędnych analiz będzie możliwe wytworzenie rozwiązań do zasilania układów sensorycznych.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy II to:

- Opracowanie modułów przetwarzania DC/ DC, pracujących przy niskich napięciach zimnego startu (poniżej 20mV) dla modułów termoelektrycznych w celu zwiększenia efektywności przetwarzania energii elektrycznej z modułów termoelektrycznych.
- Optymalizacja pracy układów przy niskich gradientach temperatur i zachowaniu niskich kosztów przekształtników oraz minimalizacji wielkości urządzenia.
- Opracowanie modułu programistycznego z funkcją przetwarzania brzegowego i sztucznej inteligencji umożliwiając dynamiczne wykorzystanie nadwyżki energii z otoczenia.
- Opracowanie sterowania zdarzeniowego poprzez użycie interfejsu programistycznego (API) do sygnalizacji nadwyżki energii elektrycznej możliwej do spożytkowania przez energochłonne procesy nauczania maszynowego w czujniku.

Wynikiem fazy II miałyby być przetestowane moduły zasilania czujników nasobnych pracujące z gradientem temperatury, w oparciu, o które miałyby być wdrażane konkretne rozwiązania do obsługi przenośnych rozwiązań sensorycznych.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Do realizacji prac niezbędne są profesjonalne kadry (inżynieria materiałowa, elektronika oraz ICT), badania materiałowe, starzeniowe oraz zaawansowana infrastruktura informatyczna.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy II możliwe jest zrealizowanie 34 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w przeciągu 2 lat. Budżet fazy II oszacowano na 93 mln PLN.



Realizacja fazy III ma na celu przejście z etapu prototypu do wdrożenia.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy III to:

- Wdrożenie i badania prototypów modułów zasilania.
- Procesy certyfikacyjne zmierzające do dopuszczenia produktu do użytkowania jako elementu wyrobu medycznego oraz testy pod kątem możliwości wykorzystania przez dzieci (niemowlęta, dzieci poniżej 3 roku życia).

- 
- Opracowanie katalogu dobrych praktyk oraz przykładów użycia popularnych pakietów oprogramowania wykorzystujących sztuczną inteligencję, tak aby ułatwić programistom korzystanie z opracowanego oprogramowania pośredniczącego (ang. middleware – rodzaj oprogramowania umożliwiający komunikację pomiędzy różnymi aplikacjami/ usługami lub systemami).

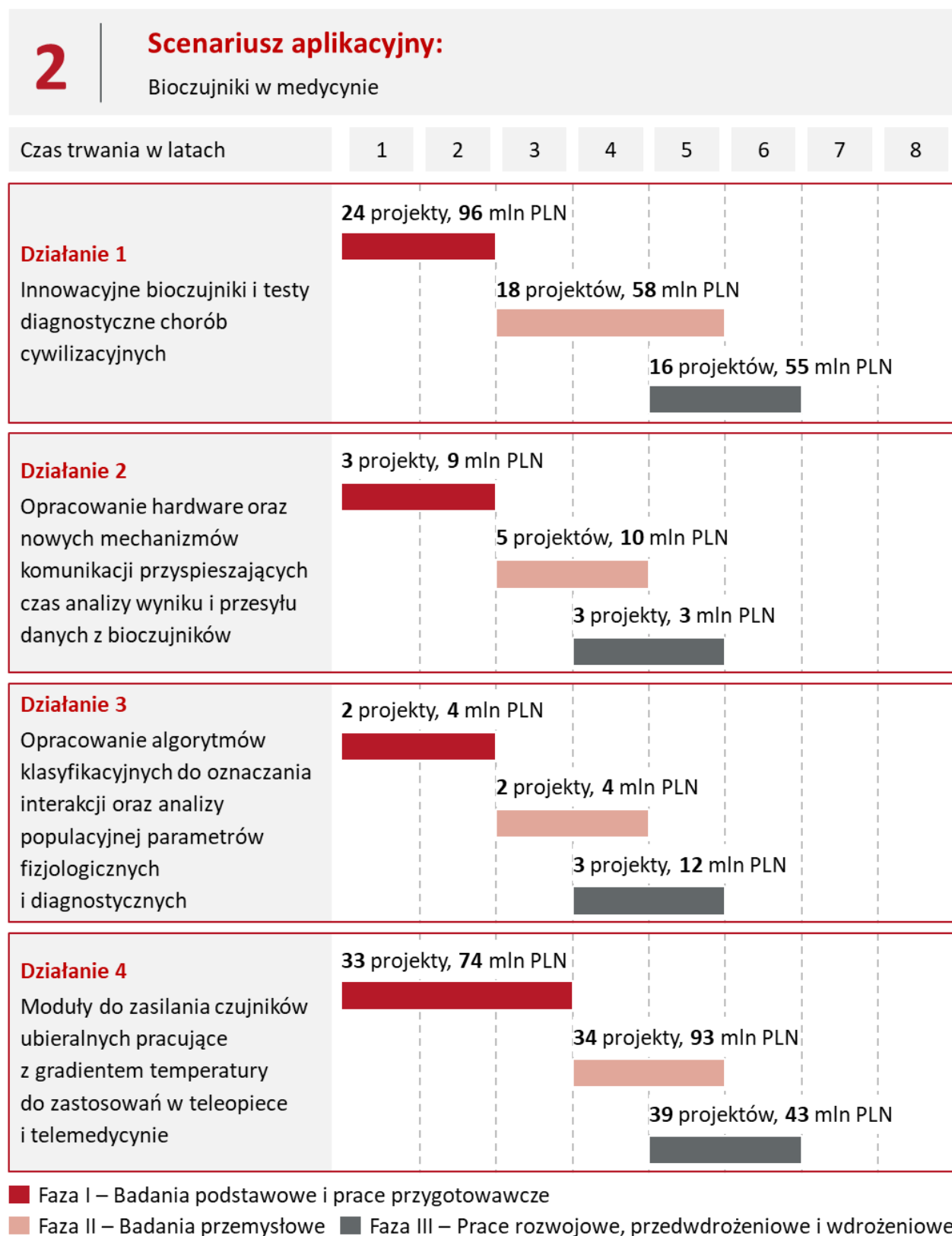
Takie działania należy przeprowadzić we współpracy z ośrodkiem klinicznym w ramach realizacji procedury weryfikacji w warunkach operacyjnych w oparciu o grupę próbek klinicznych. Wynikiem działania powinny być moduły zasilania oraz pakiety oprogramowania do optymalizacji energii.

Kluczowymi zasobami dla fazy III powinny być zasoby ludzkie, w postaci ekspertów w przedsiębiorstwach, którzy posiadać będą wiedzę i umiejętności do przeprowadzenia wdrożeń oraz testów i niezbędnego dostosowania wypracowanych technologii u klientów. Do realizacji wymienionych prac niezbędne będzie wykonanie badań klinicznych/ przedklinicznych na potrzeby certyfikacji.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy III możliwe jest zrealizowanie 39 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w przeciągu 2 lat. Budżet fazy III oszacowano na 43 mln PLN.

Podsumowując, działanie czwarte ma dostarczyć nowych rozwiązań do zasilania systemów czujnikowych w rozwiązaniach mobilnych. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 6 lat łącznie 106 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 210 mln PLN. Czas trwania działania jest krótszy niż suma czasu trwania poszczególnych jego faz z uwagi na fakt, że część prac fazy kolejnej można rozpocząć w trakcie realizacji prac fazy wcześniejszej.

Rysunek 23. Forma graficzna scenariusza 2



Źródło: opracowanie własne na podstawie ustaleń z uczestnikami spotkań SL

### 5.1.3. Scenariusz 3 – Scenariusz aplikacyjny: Czujniki dla Przemysłu 4.0 i Robotyzacji

Scenariusz aplikacyjny obejmuje zespół różnorodnych technologii tworzonych oraz rozwijanych na potrzeby czujników wspierających systemowe rozwiązania dla przemysłu, procesów produkcyjnych oraz robotyzacji Przemysłu 4.0 i logistyki. Technologicznie scenariusz jest skupiony na integracji wielu platform czujnikowych poprzez komunikację bezprzewodową wspieraną zaawansowaną analizą AI w systemie chmurowym. W ramach realizacji scenariusza przewidziano następujące działania:



#### **Działanie 1 - Czujniki i algorytmy do monitorowania i analizy procesów produkcyjnych**

Działanie obejmuje opracowanie nowych metod, algorytmów detekcji i udoskonalonych materiałów do zastosowań w czujnikach w procesach przemysłowych. W zakresie tych prac leży opracowanie czujników określonych wielkości fizycznych (np. ciśnienie, temperatura, odkształcenie etc.) wykorzystujących daną technologię do konkretnych zastosowań w przemyśle.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach:



Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy I to:

- Badania w zakresie opracowania nowych algorytmów detekcji i nowych materiałów do zastosowań w czujnikach przemysłowych.
- Opracowanie konfiguracji czujników określonych wielkości fizycznych (ciśnienie, temperatura, odkształcenie etc.) wykorzystujących daną technologię do konkretnych zastosowań w przemyśle.
- Badania w tematyce precyzyjnych optycznych czujników odległości dla zaawansowanych procesów wykorzystywanych do wytwarzania warstw i struktur o ściśle zdefiniowanych parametrach (np. w procesach addytywnych).

Aby fazę I można było uznać za pomyślnie zakończoną, w wyniku jej realizacji powinny powstać: projekty i modele czujników oraz nowe algorytmy pomiarowe do detekcji parametrów procesowych.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Kluczowe zasoby do realizacji fazy I obejmują infrastrukturę B+R, oprogramowanie do symulacji, dostęp do baz publikacji naukowych oraz zasoby ludzkie (kadra naukowa/ B+R, elektronicy i ICT).

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy I możliwe jest zrealizowanie 6 projektów. Określono, że projekty te będą realizowane w okresie 2 lat. Budżet fazy I oszacowano na 30 mln PLN.



Faza I

Faza II

Faza III

Faza II obejmuje badania przemysłowe i jest bezpośrednią kontynuacją prac wykonanych w fazie I. Dzięki zdobytej nowej wiedzy oraz opracowaniu niezbędnych analiz będzie możliwe wytworzenie nowych rozwiązań czujnikowych.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy II to:

- Badania i weryfikacja działania czujników w warunkach laboratoryjnych dedykowanych do monitorowania i analizy procesów produkcyjnych.
- Opracowanie systemu czujnikowego wyposażonego w dedykowany sterownik oraz podsystemy i algorytmy do analizy i przetwarzania sygnałów pomiarowych, umożliwiające późniejszą implementację rozwiązania w różnych urządzeniach produkcyjnych.
- Opracowanie algorytmów do autonomicznego monitorowania jakości procesu produkcyjnego.

Wynikiem fazy II miałyby być przetestowane prototypy czujników przemysłowych oraz oprogramowanie detekcyjne, w oparciu, o które miałyby być wdrażane konkretne rozwiązania systemów czujnikowych.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają: infrastruktury B+R, oprogramowania do symulacji, dostępu do baz publikacji naukowych, zasobów ludzkich (kadra naukowa/ B+R, elektronicy i ICT), ochrony WNIP oraz infrastruktury produkcyjnej.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy II możliwe jest zrealizowanie 8 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w przeciągu 3 lat. Budżet fazy II oszacowano na 48 mln PLN.



Faza I

Faza II

Faza III

Realizacja fazy III ma na celu przejście z etapu prototypu do wdrożenia.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy III to:

- Wdrożenie do produkcji zoptymalizowanych czujników do monitorowania i analizy procesów produkcyjnych.
- Integracja podzespołów w system pomiarowy spełniający wymagania procesów produkcyjnych wraz z certyfikacją i akredytacją.
- Walidacja czujników w warunkach zbliżonych do rzeczywistych (testy w terenie i pilotażowe instalacje).

Wynikiem działania powinny być systemy czujnikowe przystosowane do monitorowania i analizy procesów produkcyjnych.

Kluczowymi zasobami dla fazy III powinny być zasoby ludzkie, w postaci ekspertów w przedsiębiorstwach, którzy posiadać będą wiedzę i umiejętności do przeprowadzenia wdrożeń oraz testów i niezbędnego dostosowania wypracowanych technologii u klientów. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają infrastruktury produkcyjnej oraz wsparcia w zakresie promocji i marketingu wraz z rozwojem sieci sprzedaży i dystrybucji.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy III możliwe jest zrealizowanie 22 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu 3 lat. Budżet fazy III oszacowano na 154 mln PLN.

Podsumowując, działanie pierwsze ma dostarczyć nowych rozwiązań czujnikowych do monitorowania i analizy procesów produkcyjnych. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 8 lat łącznie 36 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 232 mln PLN.



### **Działanie 2 - Czujniki dedykowane dla zwiększenia bezpieczeństwa (pracowników i produkcji) Przemysłu 4.0**

Działanie obejmuje rozwiązania czujnikowe z obszaru transformacji linii produkcyjnych do standardu Przemysł 4.0 (transformacja cyfrowa) obejmując budowę nowych czujników związanych z predykcją procesów utrzymania produkcji (ang. predictive maintenance) dedykowanych bezpieczeństwu pracy człowieka oraz maszyn.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach:



Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy I to:

- Badania w zakresie opracowania budowy nowych czujników związanych z predykcją procesów utrzymania produkcji (ang. predictive maintenance) dedykowanych bezpieczeństwu pracy człowieka oraz maszyn.
- Opracowanie koncepcji i algorytmów oprogramowania do analizy bezpieczeństwa z użyciem rozwiązań chmurowych.

Aby fazę I można było uznać za pomyślnie zakończoną, w wyniku jej realizacji powinny powstać: projekty i modele czujników oraz nowe algorytmy pomiarowe do automatycznej analizy bezpieczeństwa.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają: infrastruktury B+R, kadry B+R jak i dostępu do baz publikacji naukowych.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy I możliwe jest zrealizowanie 6 projektów. Określono, że projekty te będą realizowane w okresie do 2 lat. Budżet fazy I oszacowano na 70 mln PLN.



Faza II obejmuje badania przemysłowe i jest bezpośrednią kontynuacją prac wykonanych w fazie I. Dzięki zdobytej nowej wiedzy oraz opracowaniu niezbędnych analiz będzie możliwe wytworzenie nowych rozwiązań czujnikowych.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy II to:

- Opracowanie czujników do predykcji procesów utrzymania produkcji (ang. predictive maintenance) dedykowanych bezpieczeństwu pracy człowieka oraz maszyn.
- Opracowanie oprogramowania do analizy bezpieczeństwa z użyciem rozwiązań chmurowych wspieranych uczeniem maszynowym oraz AI.
- Opracowanie systemów wizyjnych wspieranych AI do prowadzenia bieżącej kontroli zużycia maszyn, kontroli jakości oraz bezpieczeństwa pracy ludzi i pojazdów.

Wynikiem fazy II miałyby być przetestowane prototypy czujników oraz oprogramowanie do analizy bezpieczeństwa, w oparciu, o które miałyby być wdrażane konkretne rozwiązania systemów czujnikowych.

Te działania powinny być podjęte we współpracy branżowych instytutów badawczych z przedsiębiorcami. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają: infrastruktury B+R, oprogramowania, dostępu do baz publikacji naukowych, zasobów ludzkich (kadra naukowa/ B+R, elektronicy i ICT), ochrony WNIP oraz infrastruktury produkcyjnej.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy II możliwe jest zrealizowanie 7 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu 3 lat. Budżet fazy II oszacowano na 84 mln PLN.



Realizacja fazy III ma na celu przejście z etapu prototypu do wdrożenia.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy III to:

- Wdrożenie czujników IoT pracujących w trybie bezprzewodowym do kontroli produkcji pozwalających na poprawę bezpieczeństwa pracowników, zmniejszenie kosztów eksploatacji maszyn, jak i minimalizację zużycia surowców i materiałów.
- Wdrożenie systemów wizyjnych wspieranych AI do prowadzenia bieżącej kontroli zużycia maszyn, kontroli jakości oraz bezpieczeństwa pracy ludzi i pojazdów.
- Wdrożenie oprogramowania do analizy bezpieczeństwa z użyciem rozwiązań chmurowych wspieranych uczeniem maszynowym oraz AI.

Wynikiem działania powinny być systemy czujnikowe dedykowane dla zwiększenia bezpieczeństwa (pracowników i produkcji).

Kluczowymi zasobami dla fazy III powinny być zasoby ludzkie, w postaci ekspertów w przedsiębiorstwach, którzy posiadać będą wiedzę i umiejętności do przeprowadzenia wdrożeń oraz testów i niezbędnego dostosowania wypracowanych technologii u klientów. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają również infrastruktury produkcyjnej oraz wsparcia brokerskiego oraz doradztwa WNIP, jak i kadr do utrzymania infrastruktury produkcyjnej.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy III możliwe jest zrealizowanie 20 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu 3 lat. Budżet fazy III oszacowano na 120 mln PLN.

Podsumowując, działanie drugie ma dostarczyć nowych rozwiązań czujnikowych do monitorowania bezpieczeństwa pracowników i produkcji. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 8 lat łącznie 33 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 274 mln PLN.



### **Działanie 3 - Czujniki do monitorowania pracy oparte na technologiach prądów wirowych oraz materiałach piezoelektrycznych**

Działanie obejmuje rozwiązania z obszaru czujników wirowych oraz piezoelektrycznych, opracowania systemów czujnikowych wirowych jak i piezoelektrycznych do monitorowania określonych funkcjonalności i parametrów mechanicznych maszyn obróbkowych oraz ich narzędzi – np. naprężenia, obciążenia, odległości.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach:



Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy I to:

- Badania w zakresie efektywności nowych czujników wirowych do monitorowania określonych funkcjonalności i parametrów mechanicznych maszyn obróbkowych oraz ich narzędzi – np. naprężenia, obciążenia, odległości.
- Badania i ocena wydajności nowych czujników piezoelektrycznych do monitorowania określonych funkcjonalności i parametrów mechanicznych maszyn obróbkowych oraz ich narzędzi – np. naprężenia, obciążenia, odległości.
- Opracowanie koncepcji i algorytmów oprogramowania do odczytu czujników wirowych oraz piezoelektrycznych.

Aby fazę I można było uznać za pomyślnie zakończoną, w wyniku jej realizacji powinny powstać projekty i modele czujników oraz nowe algorytmy pomiarowe do obsługi systemów czujnikowych.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają: infrastruktury B+R, kadry B+R (w specjalizacjach: elektronika, inżynieria materiałowa, technologia chemiczna oraz ICT) jak i dostępu do baz publikacji naukowych.



Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy I możliwe jest zrealizowanie 7 projektów. Określono, że projekty te będą realizowane w okresie do 2 lat. Budżet fazy I oszacowano na 14 mln PLN.



Faza II obejmuje badania przemysłowe i jest bezpośrednią kontynuacją prac wykonanych w fazie I. Dzięki zdobytej nowej wiedzy oraz opracowaniu niezbędnych analiz będzie możliwe wytworzenie nowych rozwiązań czujnikowych.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy II to:

- Opracowanie nowych czujników wiropędowych do monitorowania określonych funkcjonalności i parametrów mechanicznych maszyn obróbczych oraz ich narzędzi - np. naprężenia, obciążenia, odległości.
- Opracowanie nowych czujników piezoelektrycznych do monitorowania określonych funkcjonalności i parametrów mechanicznych maszyn obróbczych oraz ich narzędzi - np. naprężenia, obciążenia, odległości.
- Opracowanie oprogramowania do odczytu parametrów z czujników wiropędowych oraz piezoelektrycznych oraz monitorowania ich stanu zużycia.

Wynikiem fazy II miałyby być przetestowane prototypy czujników oraz oprogramowanie do ich odczytu oraz monitoringu żywotności, w oparciu, o które miałyby być wdrażane konkretne rozwiązania systemów czujnikowych.

Te działania powinny być podjęte we współpracy branżowych instytutów badawczych z przedsiębiorcami. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają: infrastruktury B+R, oprogramowania, dostępu do baz publikacji naukowych, zasobów ludzkich (kadra naukowa/ B+R, elektronicy i ICT), ochrony WNIP oraz infrastruktury produkcyjnej.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy II możliwe jest zrealizowanie 8 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu 3 lat. Budżet fazy II oszacowano na 96 mln PLN.



Realizacja fazy III ma na celu przejście z etapu prototypu do wdrożenia.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy III to:

- Walidacja, certyfikacja i akredytacja serii czujników wiropędowych do monitorowania określonych funkcjonalności i parametrów mechanicznych maszyn obróbczych oraz ich narzędzi - np. naprężenia, obciążenia, odległości.

- Walidacja, certyfikacja i akredytacja serii czujników piezoelektrycznych do monitorowania określonych funkcjonalności i parametrów mechanicznych maszyn obróbczych oraz ich narzędzi - np. naprężenia, obciążenia, odległości.
- Wdrożenie oprogramowania do odczytu parametrów z czujników wiropędowych oraz piezoelektrycznych oraz monitorowania ich stanu zużycia.

Wynikiem działania powinny być systemy czujnikowe oparte na technologiach prądów wirowych oraz materiałach piezoelektrycznych dedykowane dla monitorowania pracy urządzeń produkcyjnych.

Kluczowymi zasobami dla fazy III powinny być zasoby ludzkie, w postaci ekspertów w przedsiębiorstwach, którzy posiadać będą wiedzę i umiejętności do przeprowadzenia wdrożeń oraz testów i niezbędnego dostosowania wypracowanych technologii u klientów. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają infrastruktury produkcyjnej oraz wsparcia brokerskiego oraz doradztwa WNIP, jak i kadr do utrzymania infrastruktury produkcyjnej. Omawiana seria czujników mogłaby być produkowana na terenie kraju po wdrożeniu produkcji (zakup infrastruktury) oraz skalowaniu procesu produkcyjnego.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy III możliwe jest zrealizowanie 6 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu 3 lat. Budżet fazy III oszacowano na 90 mln PLN.

Podsumowując, działanie trzecie ma dostarczyć nowych rozwiązań czujnikowych opartych na technologiach prądów wirowych oraz materiałach piezoelektrycznych dedykowanych dla monitorowania pracy urządzeń produkcyjnych. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 8 lat łącznie 21 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 200 mln PLN.



#### **Działanie 4 - Moduły do zasilania czujników bezprzewodowych z modułami fotowoltaicznymi przystosowane do pracy wewnątrz pomieszczeń**

Działanie obejmuje rozwiązania z obszaru technologii zasilania czujników w warunkach słabego oświetlenia z użyciem modułów fotowoltaicznych przystosowanych do pracy wewnątrz pomieszczeń. Głównym tematem w tym zakresie jest dobór technologii ogniw umożliwiających pracę przy niskim natężeniu światła (<200 lux, 25°C).

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach:



Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy I to:

- Badania nad technologią wytwarzania ogniw umożliwiających pracę przy niskim natężeniu światła (<200 lux, 25°C).
- Opracowanie koncepcji układów zasilania z użyciem ogniw umożliwiających pracę przy niskim natężeniu światła (<200 lux, 25°C).

- Badania i ocena wydajności nowych ogniw fotowoltaicznych do zasilania czujników bezprzewodowych, przystosowanych do pracy wewnątrz pomieszczeń.

Aby fazę I można było uznać za pomyślnie zakończoną, w wyniku jej realizacji powinny powstać projekty i modele modułów zasilania oraz wyniki badań wydajności nowych ogniw fotowoltaicznych.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają: profesjonalnych kadr B+R (inżynieria materiałowa, elektronika oraz ICT), infrastruktury B+R oraz zaawansowanej infrastruktury informatycznej.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy I możliwe jest zrealizowanie 2 projektów. Określono, że projekty te będą realizowane w okresie do 5 lat. Budżet fazy I oszacowano na 36 mln PLN.



Faza II obejmuje badania przemysłowe i jest bezpośrednią kontynuacją prac wykonanych w fazie I. Dzięki zdobytej nowej wiedzy oraz opracowaniu niezbędnych analiz będzie możliwe wytworzenie nowych rozwiązań do zasilania czujników bezprzewodowych.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy II to:

- Opracowanie technologii wytwarzania ogniw umożliwiających pracę przy niskim natężeniu światła (<200 lux, 25°C).
- Opracowanie modułów zasilania z użyciem ogniw umożliwiających pracę przy niskim natężeniu światła (<200 lux, 25°C), wyposażone w programowalne przekształtniki DC/ DC.
- Opracowanie czujników przystosowanych do pracy wewnątrz pomieszczeń do monitorowania parametrów środowiskowych i bezprzewodowej transmisji danych z wykorzystaniem technologii MESH.

Wynikiem fazy II miałyby być przetestowane prototypy modułów zasilania czujników bezprzewodowych z modułami fotowoltaicznymi, w oparciu, o które miałyby być wdrażane konkretne rozwiązania zasilania systemów czujnikowych.

Te działania powinny być podjęte we współpracy branżowych instytutów badawczych z przedsiębiorcami. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają: infrastruktury B+R, oprogramowania do projektowania elektroniki, zasobów ludzkich (kadra naukowa/ B+R, elektronicy i ICT), ochrony WNIP oraz infrastruktury produkcyjnej.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy II możliwe jest zrealizowanie 3 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu 3 lat. Budżet fazy II oszacowano na 36 mln PLN.

Realizacja fazy III ma na celu przejście z etapu prototypu do wdrożenia.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy III to:

- Walidacja, certyfikacja i akredytacja modułów zasilania czujników z użyciem ogniw umożliwiających pracę przy niskim natężeniu światła (<200 lux, 25°C), przystosowanych do pracy wewnątrz pomieszczeń.
- Walidacja, certyfikacja i akredytacja czujników przystosowanych do pracy wewnątrz pomieszczeń do monitorowania parametrów środowiskowych i bezprzewodowej transmisji danych z wykorzystaniem technologii MESH.
- Wdrożenie ładowarki niewielkich magazynów energii pracujących z modułami fotowoltaicznymi funkcjonującymi przy niskim natężeniu światła.

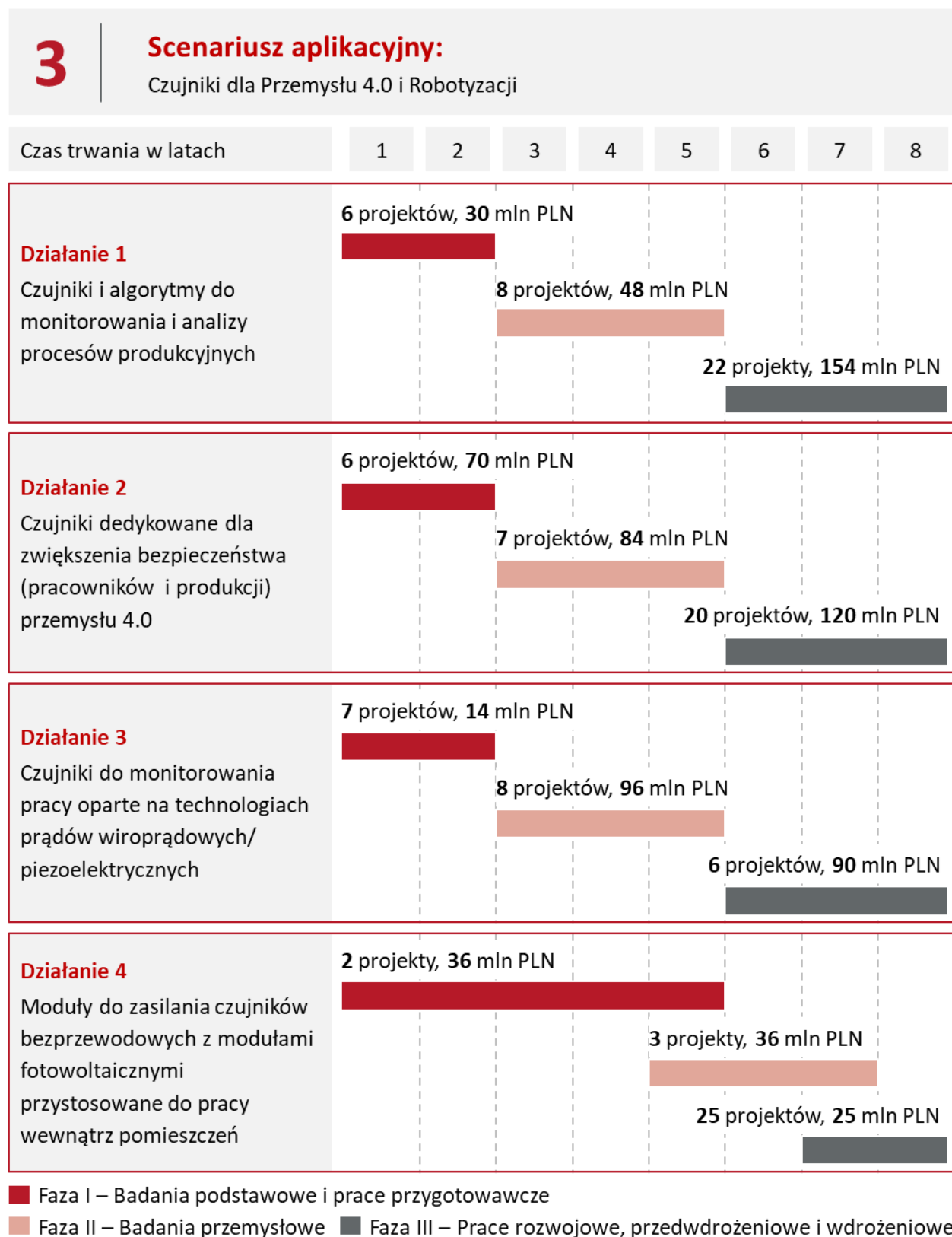
Wynikiem działania powinny być moduły zasilania umożliwiające pracę przy niskim natężeniu światła dedykowane dla czujników bezprzewodowych.

Kluczowymi zasobami dla fazy III powinny być zasoby ludzkie, w postaci ekspertów w przedsiębiorstwach, którzy posiadać będą wiedzę i umiejętności do przeprowadzenia wdrożeń oraz testów i niezbędnego dostosowania wypracowanych technologii u klientów. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają infrastruktury produkcyjnej oraz wsparcia brokerskiego oraz doradztwa WNIP, jak i kadr do utrzymania infrastruktury produkcyjnej. Omawiana seria modułów mogłaby być produkowana na terenie kraju po wdrożeniu produkcji (zakup infrastruktury) oraz skalowaniu procesu produkcyjnego.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy III możliwe jest zrealizowanie 25 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu 2 lat. Budżet fazy III oszacowano na 25 mln PLN.

Podsumowując, działanie czwarte ma dostarczyć nowych rozwiązań układów zasilania z użyciem ogniw umożliwiających pracę przy niskim natężeniu światła (<200 lux, 25°C). W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 8 lat łącznie 30 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 97 mln PLN. Czas trwania działania jest krótszy niż suma czasu trwania poszczególnych jego faz z uwagi na fakt, że część prac fazy kolejnej można rozpocząć w trakcie realizacji prac fazy wcześniejszej.

Rysunek 24. Forma graficzna scenariusza 3



Źródło: opracowanie własne na podstawie ustaleń z uczestnikami spotkań SL

#### 5.1.4. Scenariusz 4 – Scenariusz aplikacyjny: Rozwiązania czujnikowe w monitoringu Smart City oraz w pomiarach środowiskowych i zmian klimatu

Scenariusz aplikacyjny obejmuje zespół różnych technologii czujnikowych rozwijanych do zastosowań w technologiach dla Smart City, pomiarach parametrów środowiskowych oraz monitoringu zmian klimatycznych. Technologicznie scenariusz skupiony jest na rozproszonych niskomocowych rozwiązaniach czujnikowych wspieranych zaawansowaną analityką z użyciem algorytmów sztucznej inteligencji. W ramach realizacji scenariusza przewidziano następujące działania:



##### **Działanie 1 - Rozwiązania analityczne AI wspierające adaptację do zmian klimatu przy wykorzystaniu czujników środowiskowych**

Działanie obejmuje wykorzystanie zaawansowanych algorytmów przetwarzania Big Data analizujących dane z wielu czujników środowiskowych oraz wykorzystanie tych algorytmów do utworzenia aplikacji wspierających adaptację do zmian klimatu. Proponowane rozwiązania analityczne mają wykorzystywać wielowymiarowe dane pomiarowe parametrów środowiskowych (np. pogodowe, jakość powietrza, zagrożenia hydrologiczne) i automatycznie identyfikować długofalowe zmiany klimatu, jak i uruchamiać systemy do ich przeciwdziałania z użyciem algorytmów ML oraz AI.

Działanie obejmuje prace w fazach II i III:

**Faza II**

Faza III

To działanie nie wymaga już badań podstawowych a uczestnicy Smart Labu wskazali, że należy się skupić na realizacji fazy II obejmującej badania przemysłowe. Dzięki istniejącej już wiedzy oraz wykonanych uprzednio analiz możliwe będzie powstanie nowych rozwiązań technologicznych.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy II to:

- Opracowanie oprogramowania/ algorytmów, wykorzystujących pomiary różnych parametrów środowiskowych (np. pogodowe, jakość powietrza, zagrożenia hydrologiczne) i pomagających identyfikować i przeciwdziałać zmianom klimatu.
- Opracowanie algorytmów i oprogramowania do analizy wielowymiarowych danych pomiarowych parametrów środowiskowych z użyciem algorytmów ML oraz AI.

Wynikiem fazy II miałyby być algorytmy oraz oprogramowanie do wspierania procesów adaptacji infrastruktury do zmian klimatu przy wykorzystaniu czujników środowiskowych, w oparciu, o które miałyby być wdrażane konkretne rozwiązania środowiskowych systemów czujnikowych.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają: zasobów kadrowych (B+R, matematycy, ICT oraz analitycy Big Data) oraz dużej lokalnej oraz zdalnej infrastruktury informatycznej.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy II możliwe jest zrealizowanie 5 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu 2 lat. Budżet fazy II oszacowano na 20 mln PLN.

Faza II

Faza III

Realizacja fazy III ma na celu przejście z etapu prototypu do wdrożenia.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy III to:

- Wdrożenie aplikacji (np. systemu zarządzania kryzysowego dla miast, systemu ostrzegania) do przeciwdziałania zmianom klimatu.
- Rozwiązania aplikacyjne do monitoringu środowiska dostarczane jako rozwiązania chmurowe z dostępem przez WWW lub jako moduły oprogramowania SCADA.
- Wdrożenie oprogramowania w systemie chmurowym do analizy wielowymiarowych danych pomiarowych parametrów środowiskowych z użyciem algorytmów ML oraz AI.

Wynikiem działania powinny być pakiety oprogramowania wspierające adaptację do zmian klimatu przy wykorzystaniu czujników środowiskowych.

Kluczowymi zasobami dla fazy III powinny być zasoby ludzkie, w postaci ekspertów w przedsiębiorstwach, którzy posiadać będą wiedzę i umiejętności do przeprowadzenia wdrożeń oraz testów i niezbędnego dostosowania wypracowanych technologii u klientów. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają wsparcia w zakresie promocji i marketingu wraz z rozwojem sieci sprzedaży i dystrybucji.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy III możliwe jest zrealizowanie 10 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu 2 lat. Budżet fazy III oszacowano na 30 mln PLN.

Podsumowując, działanie pierwsze ma dostarczyć nowych rozwiązań informatycznych w zakresie analizy danych pomiarowych z czujników środowiskowych. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 3 lat łącznie 15 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 50 mln PLN. Czas trwania działania jest krótszy niż suma czasu trwania poszczególnych jego faz z uwagi na fakt, że część prac fazy kolejnej można rozpocząć w trakcie realizacji prac fazy wcześniejszej.



## **Działanie 2 - Systemy sensoryczne dla kontroli jakości powietrza oraz skalibrowanej detekcji gazów niebezpiecznych**

Działanie obejmuje opracowanie nowych systemów do monitorowania jakości powietrza, opartych na autonomicznych, łatwych do instalacji czujnikach wykrywających krytyczne poziomy zanieczyszczenia powietrza (smog itp.) oraz sytuacji awaryjnych (wzrosty poziomów substancji niebezpiecznych w kopalniach, zakładach przemysłowych, infrastrukturze przesyłowej itd.).

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach:



Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy I to:

- Opracowanie koncepcji wieloczujnikowych systemów monitorujących jakość powietrza w obszarach przebywania ludzi (ochrona zdrowia i życia) podczas awarii przemysłowych.
- Opracowanie technologii skalibrowanego czujnika lub modułu wieloczujnikowego wykrywającego równolegle wiele gazów.

Aby fazę I można było uznać za pomyślnie zakończoną, w wyniku jej realizacji powinny powstać koncepcje, projekty i modele systemów czujnikowych dla badania i wykrywania gazów.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Do realizacji działania niezbędne jest zapewnienie kadr B+R oraz specjalistów (inż. mechanicy, inż. środowiska, inż. elektronicy, kadra ICT) oraz licencji oprogramowania do symulacji przepływów.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy I możliwe jest zrealizowanie 5 projektów. Określono, że projekty te będą realizowane w okresie do 2 lat. Budżet fazy I oszacowano na 25 mln PLN.



Faza II obejmuje badania przemysłowe i jest bezpośrednią kontynuacją prac wykonanych w fazie I. Dzięki zdobytej nowej wiedzy oraz opracowaniu niezbędnych analiz będzie możliwe wytworzenie nowych rozwiązań czujnikowych.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy II to:

- Weryfikacja technologii czujnikowych w aspekcie wymagań systemu (koszt, autonomiczność, zakres, dokładność i szybkość detekcji), jak i dobór systemu analizy danych i reagowania (koszt, wielkość, energochłonność, autonomiczność, wizualizacja wskazań/ sposób reagowania).
- Opracowanie wieloczujnikowych systemów monitorujących jakość powietrza w obszarach przebywania ludzi (ochrona zdrowia i życia) podczas awarii przemysłowych w autonomicznej infrastrukturze produkcyjnej, przesyłowej, magazynowej czy wydobywczej.



- Opracowanie skalibrowanego czujnika wykrywającego równolegle wiele gazów, spełniającego normatywne wymagania środowiskowe, takie jak np. wilgotność, temperatura, bezprzewodowe zasilanie, niska częstość kalibracji – stabilność parametrów, odporność na zakłócenia elektromagnetyczne, a przede wszystkim wysoka rozdzielczość i selektywność.

Wynikiem fazy II miałyby być przetestowane prototypy czujników gazów oraz systemów detekcyjnych, w oparciu, o które miałyby być wdrażane konkretne rozwiązania systemów czujnikowych dla kontroli jakości powietrza oraz skalibrowanej detekcji gazów niebezpiecznych.

Te działania powinny być podjęte we współpracy firm oraz instytutów badawczych. Do realizacji działania niezbędne jest zapewnienie kadr B+R oraz specjalistów (inż. mechanik, inż. środowiska, inż. elektronik, ICT), licencji oprogramowania do symulacji przepływów, infrastruktury produkcyjnej (obróbka plastiku, metalu, elektroniki) oraz doradztwa BHP.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy II możliwe jest zrealizowanie 10 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu 2 lat. Budżet fazy II oszacowano na 10 mln PLN.



Realizacja fazy III ma na celu przejście z etapu prototypu do wdrożenia.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy III to:

- Walidacja i wdrożenie wieloczujnikowych systemów monitorujących jakość powietrza w obszarach przebywania ludzi (ochrona zdrowia i życia) podczas awarii przemysłowych w autonomicznej infrastrukturze produkcyjnej, przesyłowej, magazynowej czy wydobywczej dla zastosowań m.in. w podziemnych wyrobiskach kopalń, stacjach pogodowych, lakierniach czy fabrykach sprzętu elektronicznego.
- Wdrożenie do produkcji serii skalibrowanych czujników wykrywających równolegle wiele gazów, wspieranych funkcjonalnymi aplikacjami, zarówno metrologicznymi, jak i monitorującymi.
- Akredytacja i wdrożenie mobilnych sieci czujnikowych na potrzeby monitorowania koncentracji gazów niebezpiecznych w kopalniach, sieciach gazowych, budynkach użyteczności publicznej czy infrastrukturze miejskiej.

Wynikiem działania powinny być systemy czujnikowe przystosowane do kontroli jakości powietrza oraz skalibrowanej detekcji gazów niebezpiecznych.

Kluczowymi zasobami dla fazy III powinny być zasoby ludzkie, w postaci ekspertów w przedsiębiorstwach, którzy posiadać będą wiedzę i umiejętności do przeprowadzenia wdrożeń oraz testów i niezbędnego dostosowania wypracowanych technologii u klientów. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają wsparcia w zakresie promocji i marketingu wraz z rozwojem sieci sprzedaży i dystrybucji, budowy linii technologicznych w kraju, doradztwa certyfikacyjnego i ochrony WNIP.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy III możliwe jest zrealizowanie 27 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu 2 lat. Budżet fazy III oszacowano na 27 mln PLN.

Podsumowując, działanie drugie ma dostarczyć nowych rozwiązań czujnikowych do kontroli jakości powietrza oraz skalibrowanej detekcji gazów niebezpiecznych. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 5 lat łącznie 42 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 62 mln PLN. Czas trwania działania jest krótszy niż suma czasu trwania poszczególnych jego faz z uwagi na fakt, że część prac fazy kolejnej można rozpocząć w trakcie realizacji prac fazy wcześniejszej.



### **Działanie 3 - Inteligentny monitoring wód opadowych i kanalizacji sanitarnej**

Działanie obejmuje opracowanie technologii czujnikowych do zastosowania bezpośrednio w sieci kanalizacyjnej i wód opadowych, w tym m.in. do wykrywania i przeciwdziałania powodziom miejskim. Opracowane rozwiązanie powinno być autonomiczne, bezprzewodowe, optymalizowane detekcyjnie z użyciem algorytmów ML oraz AI, jak i umożliwiać gromadzenie danych informacyjnych w systemie chmurowym. Takie rozwiązania rozproszonych systemów czujnikowych są krytyczne dla monitoringu infrastruktury przedsiębiorstw wodno-kanalizacyjnych, gmin, miejskich i gminnych spółek zarządzających siecią kanalizacji deszczowej, biorąc pod uwagę rosnącą ilość tzw. powodzi miejskich i podtopień wysoce zurbanizowanych terenów. Spowodowane jest to między innymi niedostosowaniem sieci odpływowych do nowych warunków (ulewnych deszczy) i niedrożnością tych sieci. W chwili obecnej brak jest czujników do bezpośredniej pracy na sieci kanalizacyjnej i deszczowej, co utrudnia efektywne zarządzanie siecią i identyfikację wąskich gardeł powodujących powodzie.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach:



Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy I to:

- Opracowanie koncepcji technologii bezkontaktowych (np. radarowych, ultradźwiękowych) do opomiarowania sieci wód opadowych i kanalizacji sanitarnej.
- Opracowanie koncepcji i projektu systemu czujników do pracy w środowiskach wodnych (sieci kanalizacyjne i odpływy wód opadowych).
- Algorytmy do zoptymalizowanej detekcji parametrów ścieków kanalizacyjnych i wód opadowych z użyciem algorytmów ML.

Aby fazę I można było uznać za pomyślnie zakończoną, w wyniku jej realizacji powinny powstać: koncepcje, projekty i modele systemów czujnikowych dla badania i monitoringu sieci kanalizacyjnych i odpływów wód opadowych.

Niezbędne zasoby do realizacji działania wymagają infrastruktury B+R i zaangażowania kadr do prac B+R (spec. d/s środowiska, spec. d/s elektroniki, ICT) oraz licencji na oprogramowanie symulacyjne.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy I możliwe jest zrealizowanie 5 projektów. Określono, że projekty te będą realizowane w okresie do 2 lat. Budżet fazy I oszacowano na 50 mln PLN.



Faza II obejmuje badania przemysłowe i jest bezpośrednią kontynuacją prac wykonanych w fazie I. Dzięki zdobytej nowej wiedzy oraz opracowaniu niezbędnych analiz będzie możliwe wytworzenie nowych rozwiązań czujnikowych.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy II to:

- Opracowanie systemów czujnikowych pracujących w technologii pomiarów bezkontaktowych (np. radarowych, ultradźwiękowych) dla monitoringu sieci wód opadowych i kanalizacji sanitarnej.
- Opracowanie systemu czujników do pracy w środowiskach wodnych (sieci kanalizacyjne i odpływy wód opadowych) dla monitoringu infrastruktury przedsiębiorstw wodno-kanalizacyjnych, gmin, miejskich i gminnych spółek zarządzających siecią kanalizacji deszczowej.
- Opracowanie oprogramowania do zoptymalizowanej detekcji parametrów ścieków kanalizacyjnych i wód opadowych z użyciem algorytmów ML.

Wynikiem fazy II miałyby być przetestowane prototypy czujników, systemów detekcyjnych oraz oprogramowania, w oparciu, o które miałyby być wdrażane konkretne rozwiązania systemów czujnikowych dla inteligentnego monitoringu wód opadowych i kanalizacji sanitarnej.

Niezbędne zasoby do realizacji działania wymagają infrastruktury B+R i zaangażowania kadr do prac B+R (spec. d/s środowiska, spec. d/s elektroniki, ICT), licencji na oprogramowanie symulacyjne, wsparcia brokerskiego oraz doradztwa WNIP.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy II możliwe jest zrealizowanie 12 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu 2 lat. Budżet fazy II oszacowano na 48 mln PLN.



Realizacja fazy III ma na celu przejście z etapu prototypu do wdrożenia.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy III to:

- Certyfikacja oraz wdrożenie systemów czujnikowych pracujących w technologii pomiarów ultradźwiękowych dla monitoringu sieci wód opadowych i kanalizacji sanitarnej.

- Wdrożenie systemu czujników do pracy w środowiskach wodnych (sieci kanalizacyjne i odpływy wód opadowych) dla monitoringu infrastruktury przedsiębiorstw wodno-kanalizacyjnych, gmin, miejskich i gminnych spółek zarządzających siecią kanalizacji deszczowej.
- Wdrożenie oprogramowania do zoptymalizowanej detekcji parametrów ścieków kanalizacyjnych i wód opadowych z użyciem algorytmów ML.

Wynikiem działania powinny być systemy czujnikowe przystosowane do kontroli jakości powietrza oraz skalibrowanej detekcji gazów niebezpiecznych.

Kluczowymi zasobami dla fazy III powinny być zasoby ludzkie, w postaci ekspertów w przedsiębiorstwach, którzy posiadać będą wiedzę i umiejętności do przeprowadzenia wdrożeń oraz testów i niezbędnego dostosowania wypracowanych technologii u klientów. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają wsparcia w zakresie promocji i marketingu wraz z rozwojem sieci sprzedaży i dystrybucji, budowy linii technologicznych w kraju, doradztwa certyfikacyjnego i ochrony WNIP. Opracowany system powinien być poddany certyfikacji (m.in. CE) oraz zbadany w laboratoriach akredytowanych. Omawiany system mógłby być produkowany na terenie kraju po wdrożeniu produkcji (zakup infrastruktury) oraz skalowaniu procesu produkcyjnego.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy III możliwe jest zrealizowanie 12 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu 3 lat. Budżet fazy III oszacowano na 60 mln PLN.

Podsumowując, działanie trzecie ma dostarczyć nowych rozwiązań czujnikowych dla monitoringu wód opadowych i kanalizacji sanitarnej wspierających procesy wykrywania i przeciwdziałania powodziom miejskim. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 5 lat łącznie 29 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 158 mln PLN. Czas trwania działania jest krótszy niż suma czasu trwania poszczególnych jego faz z uwagi na fakt, że część prac fazy kolejnej można rozpocząć w trakcie realizacji prac fazy wcześniejszej.



#### **Działanie 4 - System zasilania bezprzewodowych czujników bezbaterijnych do zastosowań środowiskowych**

Działanie obejmuje rozwiązania z obszaru opracowania bezbaterijnych systemów zasilania czujników do monitorowania procesów w leśnictwie i rolnictwie, korzystających hybrydowo ze źródeł fotowoltaicznych i termoelektrycznych. Systemy zasilania powinny być neutralne środowiskowo umożliwiając pracę w zakresie temperatur od -40 do +85°C przy wilgotności 0-100%, z bezprzewodowym odczytem radiowym o zasięgu minimum 5 km.

Działanie obejmuje prace w fazach II i III:



-----

To działanie nie wymaga badań podstawowych a uczestnicy Smart Labu wskazali, że należy się skupić na realizacji fazy II obejmującej badania przemysłowe. Dzięki istniejącej już wiedzy oraz wykonanych uprzednio analiz możliwe będzie powstanie nowych rozwiązań technologicznych.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy II to:

- Opracowanie modułowych układów hybrydowego zasilania na bazie źródeł fotowoltaicznych i termoelektrycznych do pracy w zakresie temperatur od -40 do +85°C przy wilgotności 0-100%.
- Opracowanie oprogramowania do kompresji danych pozwalających na wybranie stopnia obciążenia obliczeniami czujnika oraz wielkości danych do transmisji w zależności od bilansu energetycznego.
- Opracowanie biblioteki programistycznej dostępnej na zasadzie oprogramowania pośredniczącego (ang. middleware) dla producentów inteligentnych czujników.

Wynikiem fazy II miałyby być przetestowane prototypy modułów zasilania czujników bezprzewodowych, w oparciu, o które miałyby być wdrażane konkretne rozwiązania zasilania bezprzewodowych systemów czujnikowych do pracy w trudnych warunkach środowiskowych.

Te działania powinny być podjęte we współpracy branżowych instytutów badawczych z przedsiębiorcami. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają: infrastruktury B+R, oprogramowania do projektowania elektroniki, zasobów ludzkich (kadra naukowa/ B+R, elektronicy i ICT), ochrony WNIP oraz infrastruktury produkcyjnej.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy II możliwe jest zrealizowanie 18 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu 3 lat. Budżet fazy II oszacowano na 54 mln PLN.

Faza II

Faza III

Realizacja fazy III ma na celu przejście z etapu prototypu do wdrożenia.

Przykładowe projekty/ działania, jakie mogłyby zostać podjęte do realizacji w ramach fazy III to:

- Walidacja, certyfikacja, akredytacja oraz wdrożenie modułowych układów hybrydowego zasilania na bazie źródeł fotowoltaicznych i termoelektrycznych do monitorowania procesów w leśnictwie i rolnictwie.
- Wdrożenie oprogramowania do kompresji danych pozwalających na wybranie stopnia obciążenia obliczeniami czujników pracujących pod narażeniem na wysoką wilgotność.
- Wdrożenie bibliotek programistycznych dostępnych na zasadzie oprogramowania pośredniczącego (ang. middleware) dla producentów inteligentnych czujników.

Wynikiem działania powinny być moduły zasilania umożliwiające pracę w trudnych warunkach środowiskowych.

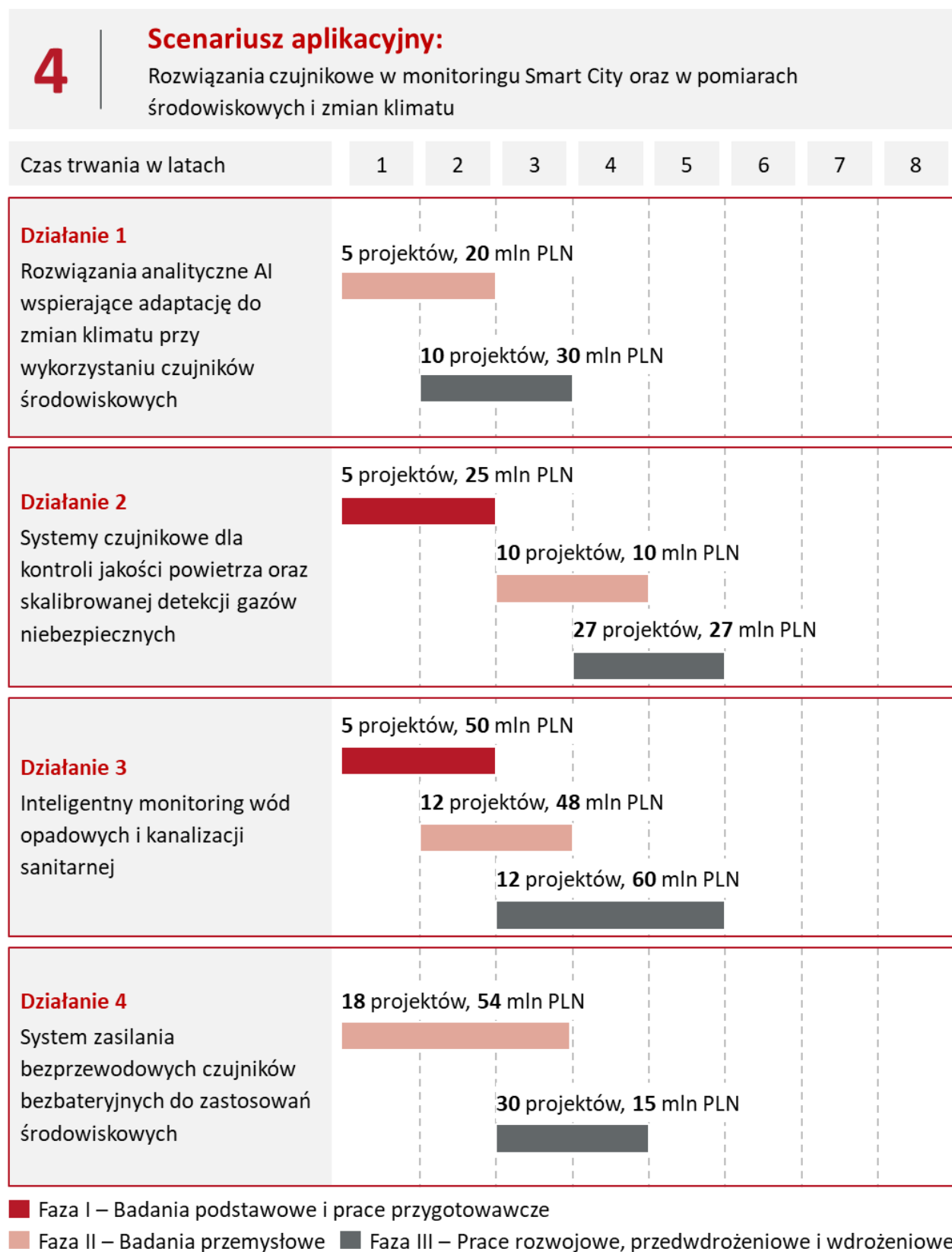
---

Kluczowymi zasobami dla fazy III powinny być zasoby ludzkie, w postaci ekspertów w przedsiębiorstwach, którzy posiadać będą wiedzę i umiejętności do przeprowadzenia wdrożeń oraz testów i niezbędnego dostosowania wypracowanych technologii u klientów. Niezbędne zasoby do realizacji proponowanego działania wymagają infrastruktury produkcyjnej oraz wsparcia brokerskiego oraz doradztwa WNIP, jak i kadr do utrzymania infrastruktury produkcyjnej. Omawiana seria modułów mogłaby być produkowana na terenie kraju po wdrożeniu produkcji (zakup infrastruktury) oraz skalowaniu procesu produkcyjnego.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w ramach fazy III możliwe jest zrealizowanie 30 projektów. Projekty te powinny zakończyć się w ciągu 2 lat. Budżet fazy III oszacowano na 15 mln PLN.

Podsumowując, działanie czwarte ma dostarczyć nowych rozwiązań układów zasilania bezprzewodowych czujników bezbateryjnych dla zastosowań w trudnych warunkach środowiskowych. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 4 lat łącznie 48 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 69 mln PLN. Czas trwania działania jest krótszy niż suma czasu trwania poszczególnych jego faz z uwagi na fakt, że część prac fazy kolejnej można rozpocząć w trakcie realizacji prac fazy wcześniejszej.

Rysunek 25. Forma graficzna scenariusza 4



Źródło: opracowanie własne na podstawie ustaleń z uczestnikami spotkań SL

---

## 5.2. Mapa drogowa

Mapa technologii w obszarze Inteligentne Czujniki prezentuje graficznie zagregowane cztery scenariusze oraz działania/ projekty B+R, które zostały zdefiniowane i przedyskutowane w ramach cyklu Spotkań Smart Lab z grupą przedstawicieli obszaru inteligentnych czujników w Polsce.

Wypracowane scenariusze zakładają realizację, w okresie najbliższych 8 lat, 687 projektów, których budżety opiewają łącznie na kwotę 2,296 mld PLN.



Rysunek 26. Mapa BTR dla obszaru inteligentnych czujników




Źródło: opracowanie własne na podstawie ustaleń z uczestnikami spotkań SL



## 6. Ocena potencjału obszaru inteligentnych czujników w kontekście KIS oraz RIS

Po analizie KIS oraz RIS stwierdzono, że praktycznie większość działań/ projektów B+R zdefiniowanych w ramach Mapy BTR wpisuje się w obowiązujące ramy KIS oraz RIS. Szerokie i interdyscyplinarne podejście do wskazania technologii związanych z analizowanym obszarem inteligentnych czujników w ramach KIS oraz RIS wskazuje, że są one uznawane jako perspektywiczne oraz wyszczególnione zarówno na szczeblu ogólnokrajowym, jak i w poszczególnych województwach. Zaleca się, aby co do zasady konkursy i inicjatywy dedykowane obszarowi inteligentnych czujników były realizowane na poziomie krajowym, m.in. z uwagi na rozproszenie geograficzne podmiotów funkcjonujących w obszarze inteligentnych czujników w Polsce.

W związku z powyższym rekomendowane są modyfikacje dotyczące zapisów w Krajowych Inteligentnych Specjalizacjach, tak aby w pełni pokryć tematycznie działania/ projekty B+R zdefiniowane przez przedsiębiorców uczestniczących w SL i nie wykluczać w żaden sposób określonych aktywności w różnych regionach Polski. Poniżej przedstawione zostały zidentyfikowane podczas przeprowadzonych analiz rekomendacje zmian w ramach KIS:

-  INNOWACYJNE TECHNOLOGIE I PROCESY PRZEMYSŁOWE (W UJĘCIU HORYZONTALNYM)  
KIS 9. ELEKTRONIKA I FOTONIKA  
I. INNOWACYJNE SENSORY I DETEKTORY (KONSTRUKCJA, TECHNOLOGIA, MATERIAŁY)

Rekomenduje się modyfikację punktów 6, 8, 12 oraz dodanie punktu 17 w następującej formie:

### Punkt 6.

- **Aktualne brzmienie:**  
*„Technologia i konstrukcja sensorów elastycznych i/lub drukowanych.”*
- **Rekomendowane nowe brzmienie:**  
*„Technologia i konstrukcja sensorów elastycznych wytwarzanych w zakresie metod przyrostowych i hybrydowych.”*

### Punkt 8.

- **Aktualne brzmienie:**  
*„Technologia i konstrukcja sensorów i matryc sensorów fizycznych, chemicznych*

*i biochemicznych, w tym elektrochemicznych, półprzewodnikowych, termometrycznych, masowych, piezoelektrycznych.”*

- **Rekomendowane nowe brzmienie:**

*„Technologia i konstrukcja sensorów i matryc sensorów fizycznych, chemicznych i biochemicznych, w tym elektrochemicznych, półprzewodnikowych, termometrycznych, masowych, wiropiędowych i piezoelektrycznych.”*

**Punkt 12.**

- **Aktualne brzmienie:**

*„Sensory wykorzystujące struktury biologiczne (enzymy, białka, kwasy nukleinowe i inne).”*

- **Rekomendowane nowe brzmienie:**

*„Sensory wykorzystujące struktury biologiczne (enzymy, białka, kwasy nukleinowe, peptydy i inne).”*

**Punkt 17.**

- **Rekomendowane dodanie punktu:**

*„Zintegrowane sensoryczne układy fotoniczne.”*



INNOWACYJNE TECHNOLOGIE I PROCESY PRZEMYSŁOWE (W UJĘCIU HORYZONTALNYM)

KIS 9. ELEKTRONIKA I FOTONIKA

V. SYSTEMY ORAZ SIECI SENSOROWE I TELEKOMUNIKACYJNE

Rekomenduje się modyfikację punktów 5 i 12 oraz dodanie punktu 13 w następującej formie:

**Punkt 5.**

- **Aktualne brzmienie:**

*„Rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne służące tworzeniu autonomicznych sieci sensorowych o zerowym bilansie energetycznym.”*

- **Rekomendowane nowe brzmienie:**

*„Rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne służące tworzeniu autonomicznych i adaptacyjnych sieci sensorowych o zerowym bilansie energetycznym.”*

**Punkt 12.**

- **Aktualne brzmienie:**

*„Drukowane elementy i systemy komunikacji bezprzewodowej.”*

- **Rekomendowane nowe brzmienie:**

*„Wytwarzane przyrostowo i hybrydowo elementy i systemy komunikacji bezprzewodowej.”*

### Punkt 13.

- **Rekomendowane dodanie punktu:**

*„Rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne służące tworzeniu bezbateryjnych sieci czujnikowych.”*



INNOWACYJNE TECHNOLOGIE I PROCESY PRZEMYSŁOWE (W UJĘCIU HORYZONTALNYM)  
KIS 9. ELEKTRONIKA I FOTONIKA  
VIII. ZAGADNIENIA APLIKACYJNE

Rekomenduje się modyfikację punktów 1, 2, 6, 11 w następującej formie:

### Punkt 1.

- **Aktualne brzmienie:**

*„Sensory i sieci sensorowe oraz aparatura elektroniczna i fotoniczna dla zastosowań medycznych (w tym diagnostyki i sensoryki biomedycznej, implantów biomedycznych, elektronicznych tatuaży, monitorowania funkcji życiowych, terapii, rehabilitacji oraz dla potrzeb osób niepełnosprawnych).”*

- **Rekomendowane nowe brzmienie:**

*„Sensory i sieci sensorowe oraz aparatura elektroniczna i fotoniczna dla zastosowań medycznych do analizy populacyjnej parametrów fizjologicznych i diagnostycznych (w tym diagnostyki i sensoryki biomedycznej, implantów biomedycznych, elektronicznych tatuaży, monitorowania funkcji życiowych, terapii, rehabilitacji oraz dla potrzeb osób niepełnosprawnych).”*

### Punkt 2.

- **Aktualne brzmienie:**

*„Sensory i sieci sensorowe oraz aparatura elektroniczna i fotoniczna do monitorowania stanu środowiska oraz stanu zagrożenia bezpieczeństwa publicznego (w tym chemicznego, radiologicznego i epidemiologicznego).”*

- **Rekomendowane nowe brzmienie:**

*„Sensory i sieci sensorowe oraz aparatura elektroniczna i fotoniczna do monitorowania stanu środowiska, zmian klimatu oraz stanu zagrożenia bezpieczeństwa publicznego (w tym chemicznego, powodziowego, radiologicznego i epidemiologicznego).”*

### Punkt 6.

- **Aktualne brzmienie:**

*„Sensory i sieci sensorowe oraz aparatura elektroniczna i fotoniczna dla modelowania, symulacji, monitorowania i kontroli i/lub sterowania procesów technologicznych i produktów w produkcji i fazie po-produkcyjnej (aż do utylizacji w procesach GOZ).”*

- **Rekomendowane nowe brzmienie:**

*„Sensory i sieci sensorowe oraz aparatura elektroniczna i fotoniczna dla modelowania,*

symulacji, monitorowania i kontroli bezpieczeństwa\_i/lub sterowania procesów technologicznych i produktów w produkcji i fazie po-produkcyjnej (aż do utylizacji w procesach GOZ).”

**Punkt 11.**

- **Aktualne brzmienie:**  
*„Sieci sensorowe na potrzeby monitorowania i sterowania ruchu lądowego, powietrznego, wodnego w transporcie i w przemyśle.”*
- **Rekomendowane nowe brzmienie:**  
*„Sieci sensorowe na potrzeby monitorowania i sterowania ruchu lądowego, powietrznego, wodnego w transporcie i w przemyśle z uwzględnieniem robotyzacji oraz elektromobilności.”*



INNOWACYJNE TECHNOLOGIE I PROCESY PRZEMYSŁOWE (W UJĘCIU HORYZONTALNYM)  
KIS 9. ELEKTRONIKA I FOTONIKA

IX. ZAGADNIENIA HORYZONTALNE W TECHNOLOGIACH SENSOROWYCH I FOTONICZNYCH

Rekomenduje się modyfikację punktu 8 oraz dodanie punktu 11 w następującej formie:

**Punkt 8.**

- **Aktualne brzmienie:**  
*„Inteligentne systemy mechatroniczne i optomechatroniczne.”*
- **Rekomendowane nowe brzmienie:**  
*„Inteligentne czujnikowe systemy mechatroniczne i optomechatroniczne.”*

**Punkt 11.**

- **Rekomendowane dodanie punktu:**  
*„Rozwiązania algorytmiczne sztucznej inteligencji oraz uczenia maszynowego wspierające analizę informacji z czujników oraz sieci czujnikowych.”*



## 7. Wnioski i rekomendacje

Rozwiązania z obszaru inteligentnych czujników obejmują niezwykle szeroki zakres różnych sektorów gospodarki. Z uwagi na ten czynnik, nie jest możliwe dogłębne, kompleksowe przeanalizowanie i wysnucie wniosków w zakresie każdego rodzaju aplikacji technologii czujnikowych, tym bardziej, że coraz to nowe technologie możliwe są do aplikacji w nowych, nieznanych dotąd zastosowaniach. Stosując jednak pewnego rodzaju uproszczenie, polegające na postrzeganiu tego obszaru nie przez pryzmat aplikacji, a przez pryzmat całej rodziny technologicznej, jaką stanowią inteligentne czujniki, istniejące bariery oraz uwarunkowania rozwojowe przekuć można w przedstawione poniżej rekomendacje i wnioski, których realizacja powinna przyczynić się do rozwoju obszaru inteligentnych czujników w Polsce.



Biorąc pod uwagę aktywność biznesową podmiotów funkcjonujących w obszarze inteligentnych czujników, a także ich doświadczenia w korzystaniu z różnego rodzaju instrumentów wsparcia oraz poziom zaawansowania technologicznego opracowywanych rozwiązań, warto rozważyć uruchomienie dedykowanych programów wsparcia skupionych wokół wskazanych w ramach niniejszego dokumentu Scenariuszy Rozwoju. Z uwagi na stosunkowo szerokie rozłożenie geograficzne podmiotów funkcjonujących w obszarze inteligentnych czujników, programy takie mogłyby być realizowane na poziomie krajowym. Biorąc pod uwagę liczne rozmowy z uczestnikami spotkań SL oraz wypracowane przez nich podczas sesji warsztatowych materiały, wnioski i rekomendacje, istnieje potrzeba wsparcia tych podmiotów w następujących obszarach:

- **Działalność związana z realizacją prac badawczo-rozwojowych oraz innowacyjnych** - wsparcie potencjalnie ukierunkowane mogłoby być na realizację projektów wysokiego ryzyka w obszarze technologii czujnikowych głównie, choć nie wyłącznie wymienionych w Scenariuszach Rozwoju oraz Mapie Graficznej BTR.
- **Działalność biznesowa i marketingowa** - biorąc pod uwagę barierę, jaką stanowi przywiązanie klienta do marki producenta rozwiązań czujnikowych, efektywnym byłoby wsparcie wysiłków związanych z promocją polskich marek funkcjonujących w obszarze inteligentnych czujników, dedykowane działalności tych firm na rynkach zagranicznych. Potencjalnie dofinansowane mogłyby być wyjazdy na wydarzenia targowe (zarówno w charakterze zwiedzającego, jak i wystawcy) oraz bezpośrednia promocja z wykorzystaniem środków masowego przekazu (prasa, Internet). Ponadto wiele mniejszych podmiotów napotyka trudności w dotarciu lub nawiązaniu relacji biznesowych z odbiorcami ich produktów czy kooperantami. Istnieje zatem potrzeba uruchomienia inicjatyw mających na celu „wykształcenie”

---

w przedsiębiorstwach zdolności networkingowych, które umożliwiłyby zwiększenie efektywności promocji.

- **Działalność związana z ekspansją zagraniczną** - z uwagi na ograniczoną chłonność rynku polskiego, wskazane byłoby uruchomienie instrumentów ukierunkowanych na wsparcie eksportu, w tym w szczególności w zakresie działań opisanych w punkcie dotyczącym działalności biznesowej i marketingowej, jak również w zakresie uzyskiwania porad prawnych na rynkach zagranicznych, konsultacji i opłat związanych z uzyskaniem ochrony patentowej czy wsparcia doradczego, ukierunkowanego m.in. na nawiązywanie relacji z klientami zagranicznymi. Rozważyć należy utworzenie instrumentów dedykowanych – wyłącznie obszarowi inteligentnych czujników, co mogłoby potencjalnie zwiększyć efektywność przedsięwzięcia.
- **Wsparcie wdrożeń pilotażowych i komercyjnych** - znacząca ilość technologii czujnikowych obejmuje rozwiązania, które można określić wręcz mianem przełomowych. Niestety w kraju widoczny jest brak warunków zapewniających wdrożenie tak innowacyjnych rozwiązań. Klienci zainteresowani rozwiązaniami czujnikowymi muszą się liczyć nierzadko z bardzo wysokimi kosztami wdrożenia nowoczesnych technologii lub też nie chcą u siebie wdrażać technologii, które nie posiadają wcześniejszych wdrożeń komercyjnych. Mając na uwadze jak trudne jest konkutowanie z globalnymi podmiotami z silną marką, należałoby rozważyć utworzenie programów wspierających wdrożenia pilotażowe w obszarze inteligentnych czujników. Zdobyte w ten sposób przez polskich producentów referencje z rynku krajowego stanowiłyby silne fundamenty pod dalszą ekspansję – krajową bądź zagraniczną.



W Polsce brakuje zaplecza laboratoryjnego pozwalającego na testowanie rozwiązań w skali przemysłowej. Brak jest też infrastruktury produkcyjnej detektorów i układów odczytowych. Próżno również szukać w Polsce znaczących w świecie centrów testowania rozwiązań Przemysłu 4.0 (stanowiącego jeden z bardziej istotnych segmentów rozwiązań z obszaru inteligentnych czujników). Rodzi to wysoką potrzebę zapewnienia specjalistycznego wsparcia technologiczno-produkcyjno-testowego.



Obecne uwarunkowania w zakresie dofinansowań czy instrumentów wsparcia nie przewidują realizacji projektów długoterminowych i wymagają stosunkowo szybkiego zwrotu z inwestycji. Potencjalnie stanowi to barierę dla realizacji wielu ambitnych i przełomowych projektów B+R+I, które biorąc pod uwagę obecne kryteria, nie mają szansy na uzyskanie wsparcia.



Zarówno wśród przedstawicieli środowiska biznesowego, jak i środowisk naukowych, odczuwalny jest wyraźny brak efektywnej współpracy na linii nauki z biznesem. Współpraca taka nie tylko przełożyłaby się na zwiększenie tempa opracowywania nowych technologii w obszarze inteligentnych czujników (jak i w innych obszarach), lecz także pozwoliłaby na zwiększenie ilości realizowanych projektów oraz zwiększenie ich efektywności ekonomicznej. Badania podstawowe bowiem, skutkujące często wypracowaniem nowych, innowacyjnych koncepcji, realizowane są w Polsce najczęściej właśnie przez środowiska naukowe. Polski biznes inwestuje w tę fazę projektów B+R w ograniczonym zakresie, gdyż to właśnie ona obarczona jest

---

największym ryzykiem i kapitałochłonnością. Zaimplementowanie oraz wsparcie (np. poprzez dedykowane instrumenty) efektywnych modeli transferu wiedzy i technologii przełożyłoby się na wzrost konkurencyjności podmiotów funkcjonujących w obszarze inteligentnych czujników, jak również w całym przemyśle.



Polskie przedsiębiorstwa posiadają na ogół niewielkie doświadczenie i wiedzę w zakresie ochrony własności intelektualnej. Potencjalnie rozwiązaniem dla takiego stanu rzeczy może być dofinansowywanie specjalistów/ agentów w zakresie IP, którzy posiadać będą umiejętność rozpoznania i definiowania tego, co warto chronić patentem. Potencjalnie takie funkcje mogłyby też być finansowane w jednostkach naukowych/ badawczych lub IOB, które pomagałyby również rozwijać współpracę między firmami i jednostkami badawczymi na wczesnych etapach rozwoju danej technologii. Z drugiej strony, dostępność (lub koszt zakupu praw do korzystania) technologii również stanowi barierę dla wielu firm z sektora MŚP i według przedsiębiorców, przydatne w tym zakresie mogłyby być instrumenty wspierające zakup licencji na technologie czy leasing technologii.



Procesy certyfikacji często nie nadążają za rozwojem technologii, przez co są nieefektywne. Dodatkowo wiele uwarunkowań prawnych komplikuje lub wręcz blokuje wdrażanie nowoczesnych rozwiązań, jak np. prawo budowlane w odniesieniu do technik pomiaru odkształceń i naprężeń. W wielu obszarach rynku normy i wymagania prawne wskazują bowiem na konieczność wykorzystania technologii, które nie zapewniają uzyskania najlepszych rezultatów w stosunku do możliwości najnowszych odkryć techniki (np. w odniesieniu do pomiarów). W efekcie potencjalne obszary zastosowania nowoczesnych technologii są ograniczane. W tym zakresie organy ustawodawcze powinny mieć na względzie nieco większą elastyczność i wymagania, a normy i ustawodawstwo związane z aspektami technologicznymi powinny przewidywać szybki rozwój technologii. Dodatkowo potencjalnie korzystne dla rozwoju obszaru inteligentnych czujników w Polsce byłoby nawiązanie ścisłej współpracy instytucji państwowych i urzędów, takich jak np. Główny Urząd Miar z przedsiębiorstwami, w celu rozeznania aktualnych rozwiązań rynkowych. Wskutek takiej współpracy utworzone mogłoby zostać pierwsze polskie ciało akredytacyjne/ certyfikujące dla tego obszaru oraz następowalaby bieżąca aktualizacja standardów rynkowych lub wymagań dla technologii czujnikowych w Polsce.




Dla wielu przedsiębiorstw z sektora MŚP, a szczególnie tych najmniejszych, uczestnictwo w programach dotacyjnych jest dużym obciążeniem administracyjnym, które często skłania firmy do ograniczania albo wręcz nie korzystania z tego rodzaju wsparcia. Do rozważenia jest zatem uproszczenie procedur formalnych w programach dotacyjnych, w aspektach które nie są ograniczone wymaganiami instytucji nadrzędnych względem polskich instytucji dystrybucyjnych środki pomocowe. Należy jednak pamiętać, że duża część stosowanych procedur jest przełożeniem formalnych wymagań nakładanych na krajowe jednostki odgórnie, a przez to na które nie mają one żadnego wpływu.



Definicja badań podstawowych, prac badawczych i prac rozwojowych wykorzystywana przez polskie instytucje udzielające wsparcia nie przewiduje w ogóle





lub w niewystarczającym zakresie działań przedwdrożeniowych oraz wdrożeniowych, stanowiących naturalny element realizowanych projektów B+R+I. W efekcie rzutuje to na efektywność, a czasem wręcz niemożliwość procesu komercjalizacji wyników prac. Umożliwienie zaplanowania oraz finansowanie tego typu działań w ramach projektów B+R powinno wspomóc przedsiębiorców w komercjalizacji ich nowych produktów.



## 8. Metodyka

Ekspertyza Business Technology Roadmap dla obszaru inteligentnych czujników została sporządzona w ramach projektu pozakonkursowego pn. Monitoring Krajowej Inteligentnej Specjalizacji, który realizowany jest przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii oraz Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości.

Krajowe Inteligentne Specjalizacje są dokumentem strategicznym, określającym priorytetowe kierunki rozwoju technologii w Polsce, które stanowić mogą nisze technologiczne będące przewagą konkurencyjną polskich przedsiębiorstw.

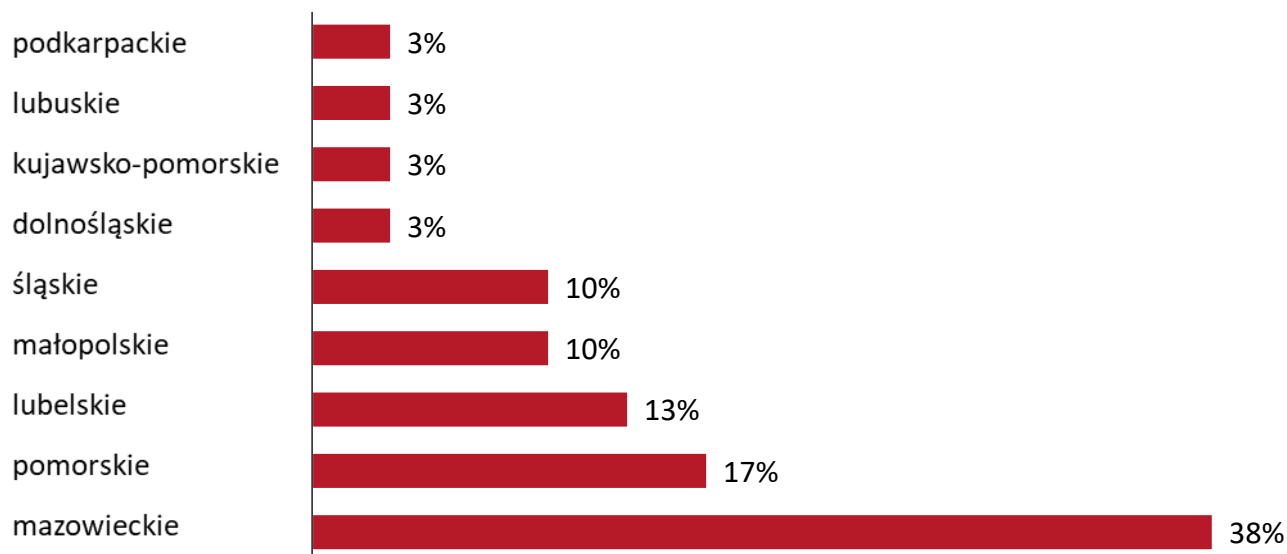
Podstawą tworzenia i monitorowania inteligentnych specjalizacji jest proces przedsiębiorczego odkrywania (PPO), integrujący różnych interesariuszy w celu identyfikowania priorytetów w zakresie badań, rozwoju i innowacji, wokół których koncentrowane są inwestycje prywatne i publiczne. Kluczowe znaczenie przy określaniu tych priorytetów mają przedsiębiorcy oraz przedstawiciele instytucji otoczenia biznesu i jednostek naukowych. Realizacja PPO, przy wykorzystaniu Komitetu Sterującego, Grupy Konsultacyjnej, Obserwatorium Gospodarczego, Grup Roboczych ds. Krajowych Inteligentnych Specjalizacji, Smart Panelu i Smart Labów, przyczynia się do zwiększenia aktywnego zaangażowania przedsiębiorców w określanie kierunków strategicznego wsparcia w polityce innowacyjnej kraju.

W efekcie zrealizowanego projektu, istnieje możliwość aktualizacji Krajowych Inteligentnych Specjalizacji lub Regionalnych Inteligentnych Specjalizacji o nowe obszary, co może stanowić podstawę dla instytucji publicznych do planowania zakresu merytorycznego i budżetu nowych lub zaktualizowanych instrumentów wsparcia.

Ekspertyza BTR dla obszaru inteligentnych czujników została przygotowana przy współudziale naukowców i przedsiębiorców funkcjonujących w różnych sektorach rynku (m.in. przemysłowym, medycznym, ochrony środowiska, energetycznym czy fotonicznym), lecz opracowujących rozwiązania wpisujące się właśnie w obszar inteligentnych czujników.

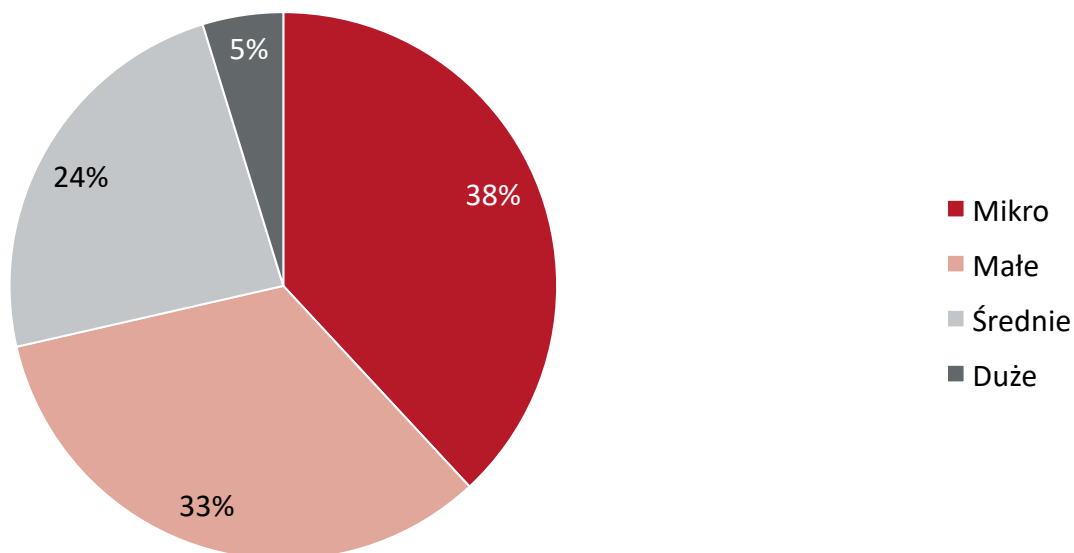
Uczestnicy spotkań Smart Lab reprezentowali różne typy podmiotów, o różnej wielkości oraz pochodzili z różnych regionów kraju. Rysunek 27 prezentuje strukturę uczestników w podziale na województwa, Rysunek 28 w podziale na rozmiar przedsiębiorstwa, zaś Rysunek 29 w podziale na typ podmiotu.

Rysunek 27. Struktura uczestników spotkań Smart Lab w obszarze inteligentnych czujników w podziale na województwa



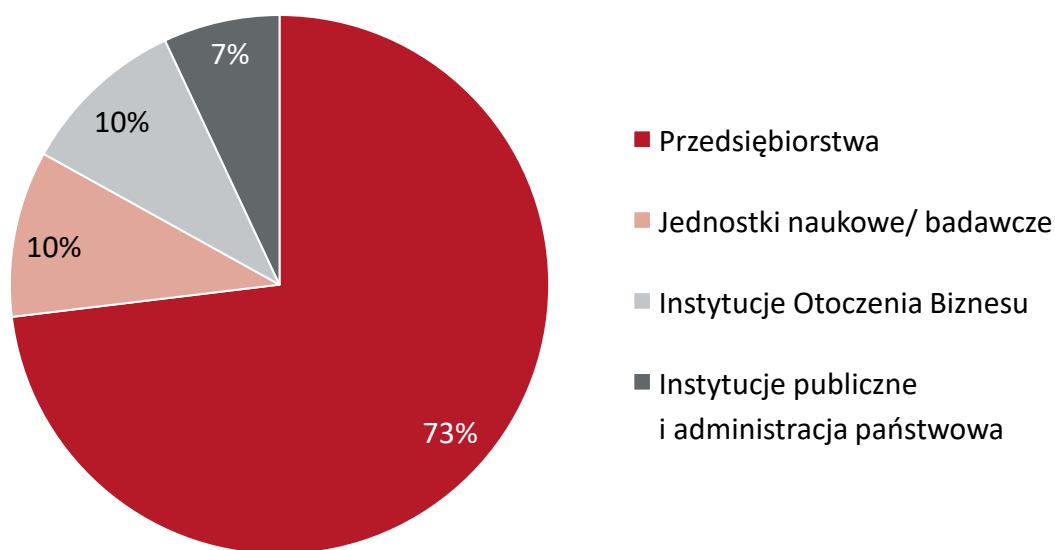
Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych spotkań Smart Lab w obszarze inteligentnych czujników

Rysunek 28. Struktura uczestników spotkań Smart Lab w obszarze inteligentnych czujników w podziale na rozmiar przedsiębiorstwa



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych spotkań Smart Lab w obszarze inteligentnych czujników

Rysunek 29. Struktura uczestników spotkań Smart Lab w obszarze inteligentnych czujników w podziale na typ podmiotu



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych spotkań Smart Lab w obszarze inteligentnych czujników

Kluczowe elementy i treści ekspertyzy BTR zostały wypracowane kolektywnie przez wszystkich uczestników spotkań SL, pod nadzorem merytorycznym dr. hab. inż. Roberta Bogdanowicza oraz ze wsparciem zespołu ekspertów PwC.

Cztery spotkania SL realizowane były w formule zdalnej w dniach od 30.08.2021 r. do 28.09.2021 r. Podczas spotkań jego uczestnicy pracowali zarówno samodzielnie, jak i w grupach m.in. nad określeniem:

- Scenariuszy rozwoju obszaru inteligentnych czujników.
- Silnych i słabych stron obszaru inteligentnych czujników w Polsce.
- Trendów rynkowych wpływających na funkcjonowanie animatorów rynku inteligentnych czujników w Polsce.
- Barrier utrudniających funkcjonowanie i rozwój obszaru inteligentnych czujników.
- Czynników wyznaczających granice funkcjonowania obszaru inteligentnych czujników w odniesieniu do aspektów politycznych, ekonomicznych, prawnych, społecznych, technologicznych oraz środowiskowych.
- Najważniejszych oraz najbardziej atrakcyjnych krajowych i międzynarodowych wydarzeń branżowych, w tym targów, konferencji, sympozjów skupionych wokół obszaru inteligentnych czujników.

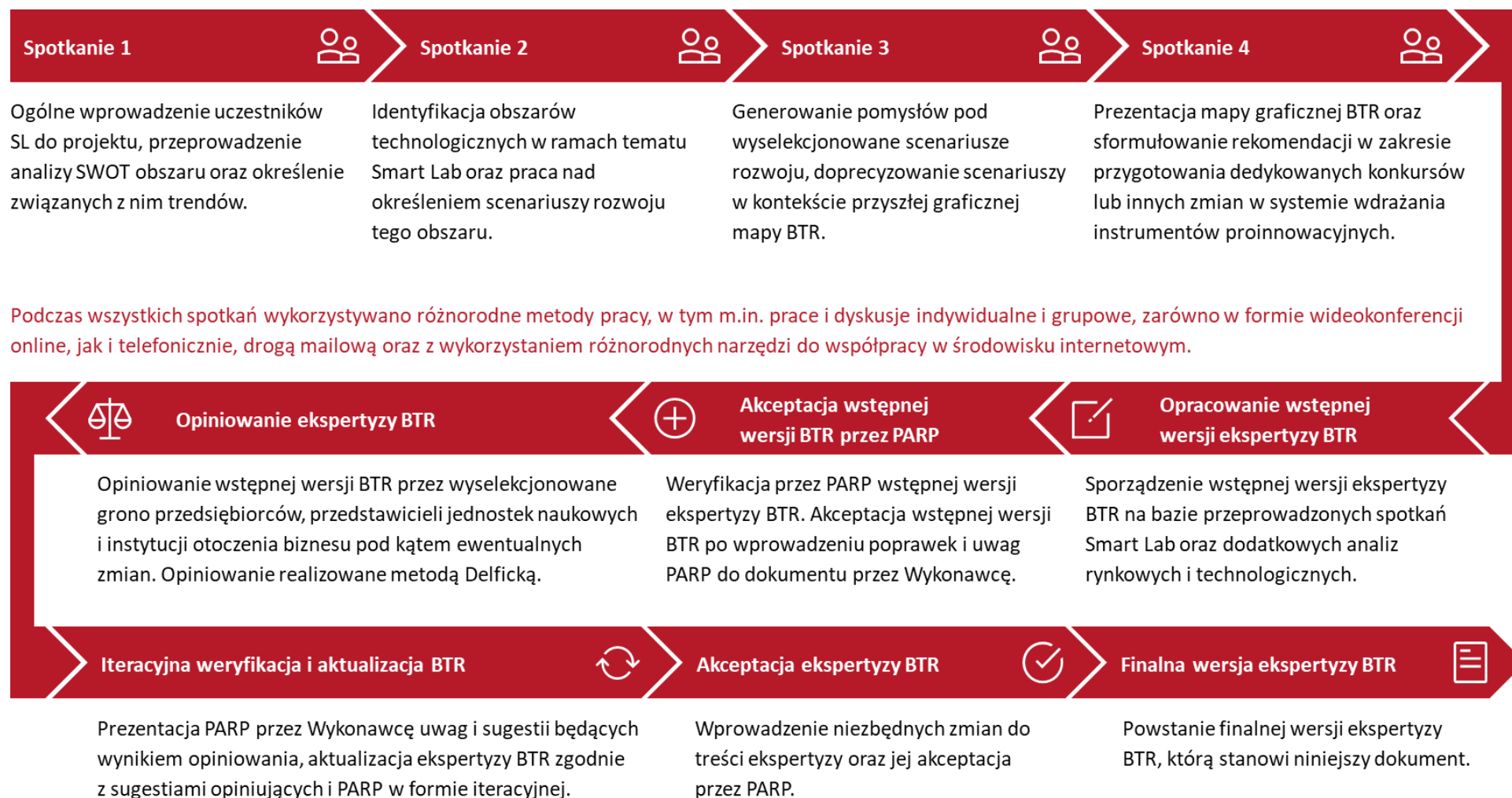
- 
- Potencjału obszaru inteligentnych czujników w kontekście Krajowych oraz Regionalnych Inteligentnych Specjalizacji.
  - Rekomendacji w zakresie dostosowania różnorodnych praktyk czy polityk, które docelowo mają zwiększyć efektywność funkcjonowania obszaru inteligentnych czujników w Polsce.

Gotowość uczestników spotkań do dzielenia się swoją wiedzą, doświadczeniem, dobrymi praktykami oraz przede wszystkim planami biznesowymi zaowocowała stworzeniem listy działań, które nakreślają zakres merytoryczny planowanych przez nich do realizacji w najbliższych latach, ambitnych projektów badawczo-rozwojowych w obszarze inteligentnych czujników. Działania te zostały finalnie zintegrowane w ramach czterech tzw. Scenariuszy Rozwoju, które stanowiły podstawę do opracowania mapy graficznej BTR.

Spotkania Smart Lab prowadzone były w sposób warsztatowy, mający na celu zapewnienie jak największej zgodności ze zwinnymi metodykami zarządzania projektami. Jednocześnie wiele starań przykładanych było do zapewnienia możliwie najbardziej indywidualnego podejścia do każdego z uczestników, aby zapewnić, że dokument w sposób wiarygodny odzwierciedla wszelkie kwestie poruszane przez uczestników spotkań. Również poza samymi spotkaniami zespół ekspertów realizujący projekt przeprowadził wiele rozmów telefonicznych i konwersacji email z uczestnikami, aby na bieżąco rozwiązywać najbardziej naglące i dyskusyjne kwestie.

W efekcie wypracowane przez uczestników materiały tworzone były przyrostowo i ulegały licznym zmianom. Ekspertyza BTR jest więc żywym dokumentem, który iteracyjnie wyewoluował do formy, jaka prezentowana jest obecnie. Uproszczony schemat prezentujący metodykę prac nad BTR dla obszaru inteligentnych czujników został zaprezentowany na Rysunku 30.

Rysunek 30. Uproszczona metodyka prac nad BTR dla obszaru inteligentnych czujników



Źródło: opracowanie własne



## 9. Słownik pojęć/ wykaz skrótów

- **B+R** (Badania i Rozwój) - prace badawczo-rozwojowe.
- **B+R+I** (Badania, Rozwój i Innowacje) - prace obejmujące badania, rozwój i innowacje.
- **Big Data** (z ang. duże zbiory danych) - termin odnoszący się do bardzo dużych zbiorów danych. Ich analiza wymaga dużych nakładów pracy i użycia zaawansowanych technologii, jednak może prowadzić do zdobycia wartościowej wiedzy.
- **BLE** (*Bluetooth Low Energy*, z ang. Bluetooth o niskim zapotrzebowaniu na energię) - technologia nazywana również Bluetooth Smart - technologia bezprzewodowej sieci osobistej, niezależna od „klasycznej” sieci Bluetooth. Dedykowana wielu zastosowaniom w opiece zdrowotnej, bezpieczeństwie czy sporcie. W porównaniu ze standardową siecią Bluetooth, Bluetooth Low Energy charakteryzuje się znacząco zredukowanym zapotrzebowaniem energetycznym przy jednoczesnym zachowaniu porównywalnego zasięgu.
- **Bluetooth** (Technologia Bluetooth) - standard bezprzewodowej komunikacji krótkiego zasięgu między urządzeniami elektronicznymi.
- **BTR** (*Business Technology Roadmap*, z ang. Mapa Rozwoju Rynku i Technologii) - opracowanie zawierające opis sytuacji technologiczno-rynkowej wraz z mapą rozwoju technologii i planowanymi projektami B+R w danej dziedzinie.
- **Cat-M** (*Category M*, z ang. kategoria M) - technologia bazująca na standardzie komunikacji LTE, dedykowana zastosowaniom Internetu Rzeczy m.in. z uwagi na zdolności niskiego poboru energii.
- **CE** (*Conformité Européenne*, z franc. Zgodność Europejska) - oznaczenie będące deklaracją producenta, że dany produkt spełnia wymagania tzw. „Nowego Podejścia” Unii Europejskiej.
- **DC** (*Direct Current*) - prąd stały.
- **ESG** (*Environmental, Social, Governance*, z ang. Środowisko naturalne, Społeczeństwo, Ład korporacyjny) - skrót oznacza czynniki przyjęte jako dobrą praktykę oceny pozafinansowej firm, państw i organizacji.
- **GSM** (*Global System for Mobile Communications*, z ang. Globalny System Komunikacji Mobilnej) - najpopularniejszy globalny standard funkcjonowania telefonii komórkowej.

- 
- **GUI** (*Graphical User Interface*, z ang. Interfejs Graficzny Użytkownika) - określenie sposobu prezentacji i edycji danych na linii maszyna – człowiek. W praktyce GUI jest interfejsem pozwalającym na graficzne wydawanie komend urządzeniom (np. poprzez kliknięcie w graficzny element na ekranie, zamiast wpisywanie komend).
  - **HVAC** (*Heating, Ventilation, Air Conditioning*, z ang. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo i Wentylacja) - obszar technologiczny rozwiązań służących ogrzewaniu, wentylacji i klimatyzacji.
  - **ICT** (*Information and Communications Technology*, z ang. Teleinformatyka) - obszar naukowy lub techniczny obejmujący zagadnienia związane z inżynierią w zakresie telekomunikacji i technik informacyjnych oraz programowania.
  - **IEEE 1451** (Zestaw standardów IEEE 1451) - zestaw standardów inteligentnych interfejsów czujników opracowanych przez Instytut Inżynierów Elektryków i Elektroników (IEEE), Komitet Techniczny ds. Technologii Czujników Towarzystwa Oprzyrządowania i Pomiarów.
  - **Industry 4.0** (z ang. Przemysł 4.0) - koncepcja tzw. „czwartej rewolucji przemysłowej”, w ramach której następuje szeroko pojęta cyfryzacja, automatyzacja i autonomizacja przemysłu.
  - **IIoT** (*Industrial Internet of Things*, z ang. Przemysłowy Internet Rzeczy) - rozwiązania i technologie tzw. Przemysłowego Internetu Rzeczy.
  - **IoT** (*Internet of Things*, z ang. Internet Rzeczy) - rozwiązania i technologie tzw. Internetu Rzeczy.
  - **IP** (*Intellectual Property*, z ang. Własność Intelektualna) - termin wykorzystywany w odniesieniu do praw własności intelektualnej.
  - **IR** (*Infra Red*, z ang. Podczerwień) - promieniowanie podczerwone - promieniowanie elektromagnetyczne o długości fal odpowiadającej wartościom pomiędzy falami radiowymi, a światłem widzialnym.
  - **KIS** (Krajowe Inteligentne Specjalizacje) - obszary uznane za strategiczne dla Polski w kontekście rozwoju technologicznego oraz rozwoju gospodarczego. Pełna, aktualna lista Krajowych Inteligentnych Specjalizacji dostępna jest na stronie smart.gov.pl.
  - **Li-Fi** (*Light Fidelity*, z ang. Technologia oparta na świetle widzialnym) - bezprzewodowa technologia komunikacji, która wykorzystuje światło do przesyłania danych i pozycji między urządzeniami.
  - **LoRaWAN** (*Long Range Wide Area Network*, z ang. Rozległa sieć dalekiego zasięgu) - protokół i system komunikacji bezprzewodowej dalekiego zasięgu o małej mocy.
  - **MEMS** (*Microelectromechanical Systems*) - systemy mikroelektromechaniczne.



- **MES** (*Manufacturing Execution System*, z ang. System Realizacji Produkcji) - systemy wspierające zarządzanie procesami produkcyjnymi, m.in. wykorzystujące rozwiązania z obszaru inteligentnych czujników.
- **MESH** (*Mesh Technologies*, z ang. Technologie siatkowe) - sieci bezprzewodowe o topologii kratowej. Ich założeniem jest możliwość komunikacji pomiędzy elementami sieci bez konieczności angażowania jednostki centralnej sieci (np. punktu dostępu).
- **MOEMS** (*MicroOptoelectroMechanical Systems*) - systemy mikrooptoelektromechaniczne.
- **MOS** (*Metal Oxide Semiconductors*) - półprzewodniki z tlenków metali.
- **MŚP** (*Małe i Średnie Przedsiębiorstwa*) - skrót odnoszący się do mikro, małych oraz średnich przedsiębiorstw.
- **NB-IoT** (*Narrowband IoT*, z ang. Wąskopasmowe IoT) - wąskopasmowa technologia komunikacji bezprzewodowej.
- **NCBR** - Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.
- **NDIR** (*Non-Dispersive Infrared Detectors*) - niedyspersyjne detektory podczerwieni.
- **NEMS** (*Microelectromechanical systems*) - systemy mikroelektromechaniczne.
- **NIR** (*Near Infrared*) - zakres widmowy bliskiej podczerwieni.
- **OSI** (*Open Systems Interconnection*, z ang. Otwarte połączenia systemów) - model odniesienia łączenia systemów otwartych.
- **PARP** - Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości.
- **PCT** (*Patent Cooperation Treaty*, z ang. Układ o Współpracy Patentowej) - międzynarodowe porozumienie/ traktat w zakresie współpracy w dziedzinie ochrony patentowej.
- **PESTEL** (*Political, Economic, Social, Technological, Environmental, Legal*, z ang. Polityczne, Ekonomiczne, Społeczne, Technologiczne, Środowiskowe, Prawne) - analiza biznesowa służąca do badania otoczenia przedsiębiorstwa lub rynku w kontekście uwarunkowań politycznych, ekonomicznych, społecznych, technologicznych, środowiskowych oraz prawnych.
- **PIC** (*Photonic Integrated Circuit*) - fotoniczny układ zintegrowany.
- **PID** (*Photoionization Detectors*) - detektory fotojonizacyjne.
- **PLC** (*Programmable Logic Controller*) - programowalny sterownik logiczny.
- **PoC** (*Proof of Concept*) - przedsięwzięcie, którego celem jest demonstracja potencjału danej technologii do implementacji w konkretnym obszarze zastosowania. Praktyczne potwierdzenie, że dana technologia spełnia swoje zadanie w warunkach rzeczywistych.
- **PPO** (*Proces Przedsiębiorczego Odkrywania*) - mechanizm diagnozy, identyfikacji, aktywizacji i integracji firm z potencjałem do rozwijania działalności innowacyjnej (z udziałem przedstawicieli środowiska nauki i otoczenia biznesu) w oparciu o wyniki prac badawczo-

---

rozwojowych. Celem procesu jest wypracowanie mechanizmu współpracy finansowej i niefinansowej przedsiębiorców, której efektem ma być ilościowy i jakościowy wzrost nowych lub ulepszonych produktów/ technologii wdrażanych na rynku polskim i eksportowanych na rynki zagraniczne.

- **RF MEMS** (*Radio-frequency Microelectromechanical Systems*) - radiowe systemy mikroelektromechaniczne.
- **RFID** (*Radio-frequency Identification*) - technologia radiowej identyfikacji obiektów.
- **SEP** (*Standard-Essential Patent, z ang. Patent niezbędny do spełnienia normy*) - patent zastrzegający wynalazek, który musi być stosowany w celu zachowania zgodności z daną normą techniczną.
- **SL** (*Smart Lab*) - jeden z etapów PPO obejmujący spotkania grup przedsiębiorców, z udziałem przedstawicieli nauki, otoczenia biznesu i administracji, moderowane przez doświadczonych konsultantów – ekspertów branżowych. Celem SL jest inicjowanie i rozwijanie inicjatyw projektowych w obszarach/ dziedzinach zidentyfikowanych w trakcie etapu PPO, tzw. Smart Panelu oraz zweryfikowanie potencjału tych obszarów jako ewentualnych nowych specjalizacji.
- **SNP** (*Single Nucleotide Polymorphism, z ang. Polimorfizm pojedynczego nukleotydu*) - zjawisko zmienności sekwencji DNA, polegającej na zmianie pojedynczego nukleotydu między osobnikami danego gatunku lub też drugim chromosomem danego osobnika.
- **SWOT** (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats, z ang. Mocne strony, Słabe strony, Szanse, Zagrożenia*) - analiza biznesowa przedstawiana w formie matrycy 2x2, uwzględniająca czynniki wewnętrzne: silne i słabe strony oraz czynniki zewnętrzne: szanse i zagrożenia.
- **TRL** (*Technology Readiness Level, z ang. Poziom gotowości technologicznej*) - metodologia pozwalająca na zdefiniowanie stopnia zaawansowania danej technologii, przez co możliwe jest porównanie poziomu zaawansowania prac nad różnymi technologiami.
- **USD** (*United States Dollar, z ang. Dolar amerykański*) - waluta Stanów Zjednoczonych
- **UWB** (*Ultra Wideband, Radiokomunikacja szerokopasmowa*) - technologia bezprzewodowej komunikacji krótkiego zasięgu, wykorzystywana m.in. przy wykrywaniu ludzi lub urządzeń.
- **VOC** (*Volatile Organic Compounds*) - lotne związki organiczne.
- **WiFi** (*Wireless Network*) - internetowa sieć bezprzewodowa.
- **WIPO** (*World Intellectual Property Organization*) - Światowa Organizacja Własności Intelektualnej.
- **WNIP** (*Wartości Niematerialne i Prawne*) - prawa majątkowe zaliczane do aktywów trwałych, o przewidywalnym okresie ekonomicznej użyteczności dłuższym niż 1 rok, przeznaczone do używania na potrzeby jednostki. Przykładami WNIPów mogą być m.in. licencje lub skapitalizowana wiedza.



## 10. Spis tabel

Tabela 1. Średni przedział czasu trwania faz projektów B+R dla obszaru inteligentnych czujników	52
Tabela 2. Najważniejsze wydarzenia branżowe skupione wokół obszaru inteligentnych czujników organizowane w Polsce .....	63
Tabela 3. Najważniejsze wydarzenia branżowe skupione wokół obszaru inteligentnych czujników organizowane na świecie .....	65
Tabela 4. Analiza SWOT dla obszaru inteligentnych czujników w Polsce.....	74
Tabela 5. Informacje odnośnie źródeł wsparcia oferowanych na poziomie Komisji Europejskiej.....	79
Tabela 6. Informacje odnośnie źródeł wsparcia oferowanych z instrumentów krajowych .....	82
Tabela 7. Informacje odnośnie pozostałych instrumentów wspierających potencjalnie działalność związaną z obszarem inteligentnych czujników .....	84



## 11. Spis rysunków

Rysunek 1. Fazy rozwoju technologii czujnikowych .....	13
Rysunek 2. Prognoza wartości rynku inteligentnych czujników w latach 2020-2025 (mld USD) .....	17
Rysunek 3. Udział poszczególnych regionów geograficznych w generowaniu wartości rynku globalnego w roku 2019 i 2027 (projekcja) .....	18
Rysunek 4. Uproszczony schemat obrazujący cykl życia produktu/ technologii oraz skutek wdrożenia ulepszonej lub nowej jego wersji .....	20
Rysunek 5. Uproszczona analiza „5 sił Portera” dla obszaru inteligentnych czujników .....	23
Rysunek 6. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie czujników fotonicznych (2002-2020) .....	33
Rysunek 7. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie czujników fotonicznych .....	34
Rysunek 8. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie czujników fotonicznych .....	34
Rysunek 9. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie bioczujników (2002-2020) .....	35
Rysunek 10. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie bioczujników .....	36
Rysunek 11. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie bioczujników .....	36
Rysunek 12. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie czujników dla przemysłu i robotyzacji (2002-2020) .....	37
Rysunek 13. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie bioczujników, czujników dla przemysłu i robotyzacji .....	38
Rysunek 14. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie czujników dla przemysłu i robotyzacji ..	38

Rysunek 15. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie czujników do pomiarów środowiskowych (2002-2020).....	39
Rysunek 16. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie bioczujników i czujników do pomiarów środowiskowych.....	40
Rysunek 17. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie czujników do pomiarów środowiskowych .....	40
Rysunek 18. Udział procentowy poszczególnych grup interesariuszy w całkowitej liczbie zidentyfikowanych podmiotów .....	56
Rysunek 19. Liczba polskich zgłoszeń patentowych dotyczących czujników opublikowanych w latach 2010-2020 .....	69
Rysunek 20. Podmioty, do których należą najnowsze publikacje polskich zgłoszeń patentowych w zakresie czujników .....	70
Rysunek 21. Liczba corocznie publikowanych nowych patentów dotyczących bezpośrednio czujników wraz z liczbą patentów walidowanych w Polsce (2011 – 2020).....	71
Rysunek 22. Forma graficzna scenariusza 1.....	96
Rysunek 23. Forma graficzna scenariusza 2.....	106
Rysunek 24. Forma graficzna scenariusza 3.....	116
Rysunek 25. Forma graficzna scenariusza 4.....	126
Rysunek 26. Mapa BTR dla obszaru inteligentnych czujników .....	128
Rysunek 27. Struktura uczestników spotkań Smart Lab w obszarze inteligentnych czujników w podziale na województwa .....	138
Rysunek 28. Struktura uczestników spotkań Smart Lab w obszarze inteligentnych czujników w podziale na rozmiar przedsiębiorstwa.....	138
Rysunek 29. Struktura uczestników spotkań Smart Lab w obszarze inteligentnych czujników w podziale na typ podmiotu.....	139
Rysunek 30. Uproszczona metodyka prac nad BTR dla obszaru inteligentnych czujników .....	141



Infolinia: 801 332 202

[kontakt@parp.gov.pl](mailto:kontakt@parp.gov.pl)