

RAPORT KOŃCOWY

Ocena stanu i prognozowanie rozwoju społeczno-gospodarczego w oparciu o technologie w kontekście Krajowej Inteligentnej Specjalizacji (KIS 2040)

Zamawiający:

Ministerstwo Rozwoju i Technologii



**Ministerstwo
Rozwoju i Technologii**

Wykonawca – konsorcjum podmiotów:

Evaluable sp. z o.o.
(lider konsorcjum)



Główny Instytut Górnictwa
(partner konsorcjum)



Ecorys Polska sp. z o.o.
(partner konsorcjum)



Wrzesień 2023 r.

SPIS TREŚCI

SPIS TREŚCI	3
WYKAZ SKRÓTÓW.....	5
STRESZCZENIE	8
SUMMARY	15
1 CELE I ZAKRES BADANIA	21
2 METODOLOGIA BADANIA	24
3 ANALIZA PRZEMIAN SPOŁECZNYCH, WYZWAŃ I TRENDÓW SPOŁECZNO-GOSPODARCZYCH.....	27
4 ZNACZENIE MEGATRENDÓW DLA ROZWOJU TECHNOLOGII W POLSCE	37
5 OBSZARY KLUCZOWE DLA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU GOSPODARCZEGO, SPOŁECZNEGO I ŚRODOWISKOWEGO POLSKI.....	61
5.1 Wprowadzenie.....	61
5.2 Automatyzacja i robotyzacja.....	67
5.3 Bezpieczeństwo i obronność	78
5.4 Biotechnologia.....	94
5.5 Budownictwo.....	114
5.6 Cyfryzacja.....	129
5.7 Energia.....	149
5.8 Rolnictwo	166
5.9 Surowce, odpady, środowisko	185
5.10 Transport	202
5.11 Zdrowie.....	224
6 GŁÓWNE UWARUNKOWANIA I BARIERY OGRANICZAJĄCE ROZWÓJ INNOWACYJNYCH TECHNOLOGII W POLSCE	238
7 OCENA POWIĄZANIA KIS Z INICJATYWAMI O ZASIĘGU MIĘDZYNARODOWYM W KONTEKŚCIE DALSZEGO ROZWOJU SPECJALIZACJI.....	247
7.1 Projekty innowacyjne realizowane we współpracy polskich i zagranicznych podmiotów ..	247
7.2 Dobre praktyki	262
7.3 Podsumowanie	268
8 OCENA EFEKTYWNOŚCI POWIĄZANIA I SPÓJNOŚCI KRAJOWYCH I REGIONALNYCH INTELIGENTNYCH SPECJALIZACJI W KONTEKŚCIE WYZNACZANIA KIERUNKÓW ROZWOJU GOSPODARCZEGO KRAJU	271
9 ANALIZA POTRZEB KOMPETENCYJNYCH W KLUCZOWYCH OBSZARACH TECHNOLOGICZNYCH..	281
10 ZALECENIA ODNOSZĄCE SIĘ DO SYSTEMU KIS ORAZ WSPARCIA EKOSYSTEMU INNOWACJI W POLSCE	295
10.1 Zalecenia odnoszące się do zapisów Krajowej Inteligentnej Specjalizacji	295
10.2 Zalecenia dotyczące procesu tworzenia i monitorowania KIS.....	298
10.3 Zalecenia dotyczące wspierania ekosystemu innowacji w Polsce	300
11 ZAŁĄCZNIKI	302
11.1 Mapa obszarów technologicznych.....	302

11.2	Projekty innowacyjne realizowane we współpracy polskich i zagranicznych podmiotów ..	303
11.3	Mapa kompetencji.....	303
11.4	Przykłady wdrożeń w ramach regionalnych inteligentnych specjalizacji.....	304
11.5	Bibliografia.....	308
11.6	Spis wykresów i tabel	315
11.7	Lista podmiotów zaangażowanych w badanie	316

WYKAZ SKRÓTÓW

AI	sztuczna inteligencja
API	Interfejs programowania aplikacji
AR	rozszerzona rzeczywistość
ASIC	Specjalizowany układ scalony
ATMP	Produkty Lecznicze Terapii Zaawansowanej
B+R	Działalność badawczo-rozwojowa
BSL	bezzałogowy statek latający
CCS	Sekwestracja dwutlenku węgla
ChatGPT	chatbot opracowany przez OpenAI
CT	cel tematyczny
ECMWF	Europejskie Centrum Prognoz Średnioterminowych
EDF	Europejski Fundusz Obronny
EN	Normy Europejskie
ESA	Europejska Agencja Kosmiczna
ESA BIC	Centrum Inkubacji Przedsiębiorczości Europejskiej Agencji Kosmicznej
EUMETSAT	Europejska Organizacja Eksploatacji Satelitów Meteorologicznych
GFR	reaktor prędkiej chłodzony gazem
GIS	Główny Inspektorat Sanitarny
GMM	Mikroorganizm genetycznie zmodyfikowany
GMO	Organizm zmodyfikowany genetycznie
GMP	Dobre Praktyki Produkcyjne
GOZ	Gospodarka w Obiegu Zamkniętym
GPS	system nawigacji satelitarnej
GUS	Główny Urząd Statystyczny
HESS	Hybrydowy system magazynowania energii
ICT	Teleinformatyka
IEA	Międzynarodowa Agencja Energetyczna
IGCC	technologia bloku gazowo-parowego ze zintegrowanym zgazowaniem paliwa
IOB	Instytucje Otoczenia Biznesu
IoT	Internet rzeczy
IP Box	Podatek od dochodu z kwalifikowanych praw własności intelektualnej
IPCEI	Projekty stanowiące przedmiot wspólnego europejskiego zainteresowania
IT	technika informacyjna

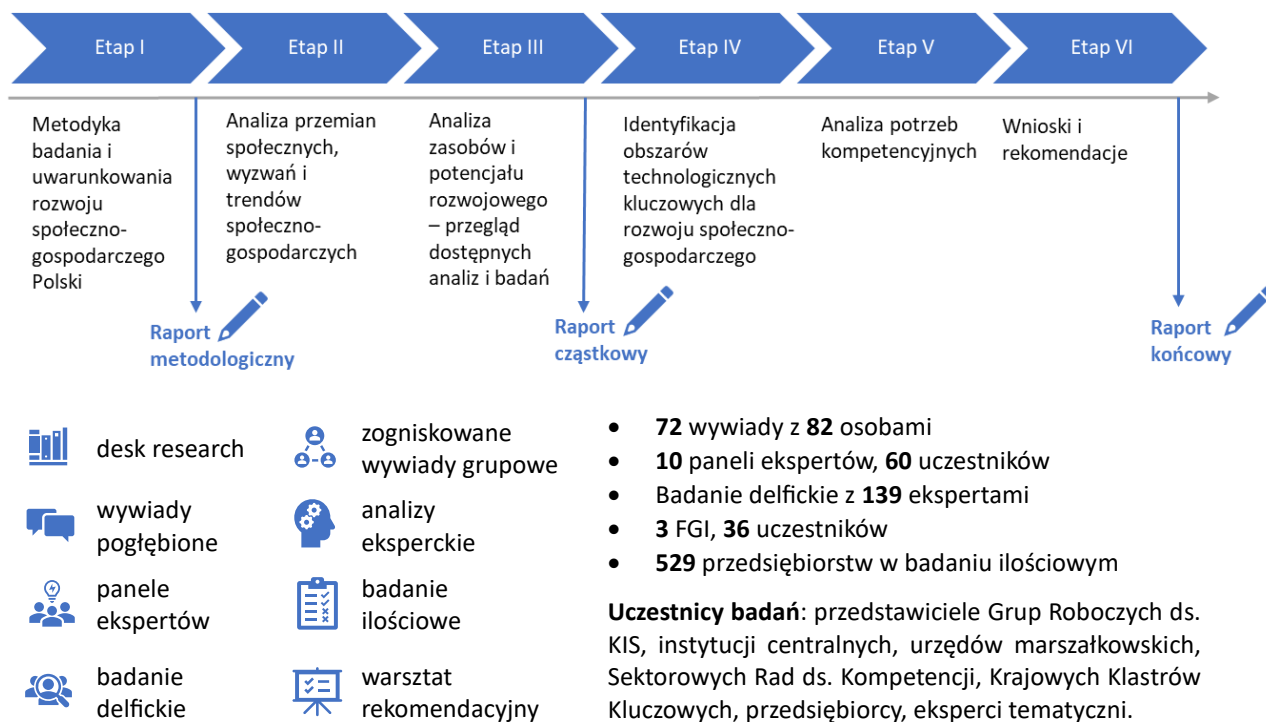
ITS	inteligentne systemy transportowe
JWCD	jednostki wytwórcze centralnie dysponowane
KE	Komisja Europejska
KIS	Krajowe Inteligentne Specjalizacje
KKK	Krajowy Klaster Kluczowy
KOT	Krajowa Ocena Techniczna
KS	kompetencje społeczne
MEiN	Ministerstwo Edukacji i Nauki
MFiPR	Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej
MRiT	Ministerstwo Rozwoju i Technologii
MŚP	mikroprzedsiębiorstwa oraz małe i średnie przedsiębiorstwa
NASK	Naukowa i Akademicka Sieć Komputerowa
NCBR	Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
NLP	Programowanie neurolingwistyczne
OSD	operator systemu dystrybucyjnego
OSP	operator systemu przesyłowego
OT	cyberbezpieczeństwo systemów
OZE	Odnawialne źródła energii
PAN	Polska Akademia Nauk
PARP	Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości
PCP	Zamówienia przedkomercyjne
PGZ	Polska Grupa Zbrojeniowa
PIAiP	Sieć Badawcza ŁUKASIEWICZ - Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów
PKB	Produkt krajowy brutto
PKD	Polska Klasyfikacja Działalności
POIR	Program Operacyjny Inteligentny Rozwój
POLSA	Polska Agencja Kosmiczna
PV	Fotowoltaika
PWR	reaktory wodne ciśnieniowe
RIS	Regionalna Inteligentna Specjalizacja
RLM	Równoważna liczba mieszkańców
RODO	Ogólne rozporządzenie o ochronie danych
RPO	Regionalny Program Operacyjny
SMR	reaktory małokalorowe

SRK	Sektorowe Rady ds. Kompetencji
TIK	technologie informacyjno-komunikacyjne
TSL	transport, spedycja i logistyka
UE	Unia Europejska
UP	umiejętności praktyczne
VPP	wirtualna elektrownia
VR	wirtualna rzeczywistość
WT	wiedza teoretyczna

STRESZCZENIE

Celem badania było wskazanie obszarów badawczo-rozwojowych oraz obszarów innowacyjnych technologii, w których Polska posiada przewagi konkurencyjne lub duży potencjał rozwojowy do osiągnięcia tych przewag w przyszłości, biorąc pod uwagę potrzeby zdrowotne, społeczne, środowiskowe i gospodarcze w kraju oraz trendy globalne.

Metodyka badania zakładała **6 etapów**:



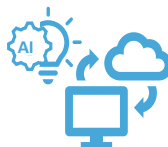
Analiza przemian społecznych, wyzwań i trendów społeczno-gospodarczych

W toku badania zidentyfikowano **12** głównych światowych **megatrendów**, które należy rozumieć jako globalne trwałe determinanty gospodarcze, społeczne, zdrowotne, środowiskowe i technologiczne, mające wpływ na wszystkich ludzi, gospodarki światowe i środowisko naturalne.

GEOPOLITYCZNE / GOSPODARCZE	CYFROWE	SPOŁECZNE / ZDROWOTNE	EKOLOGICZNE
 Globalizacja  Deglobalizacja  Wzrost napięć międzynarodowych i politycznych	 Transformacja cyfrowa	 Nasilające się procesy migracyjne  Postępująca urbanizacja, zwiększenie znaczenia miast  Niekorzystne zmiany demograficzne  Wzrost znaczenia wysokiej jakości życia	 Zmiany klimatu oraz zanieczyszczenie środowiska  Kurcząca się dostępność surowców  Deficyt wody pitnej  Utrata bioróżnorodności  Rozwój zrównoważonego rolnictwa

W odniesieniu do każdego megatrendu określono w raporcie: opis megatrendu, w tym w warunkach polskich, główne czynniki determinujące rozwój megatrendu, kierunki zmian we wpływie megatrendu na rozwój społeczno-gospodarczy w 3 scenariuszach (bazowym, pesymistycznym, optymistycznym), a także wyzwania technologiczne wynikające z megatrendu dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski.

Wyzwania te skonfrontowane z potencjałem naukowym i gospodarczym Polski (zasoby i potencjał rozwojowy przedsiębiorstw, działalność B+R przedsiębiorstw i jednostek naukowych) oraz celami rozwojowymi Polski i trendami technologicznymi opisanymi w dokumentach strategicznych krajowych i unijnych, pozwoliły na wyznaczenie **głównych dziedzin i kluczowych obszarów technologicznych**.

	DZIEDZINA	KLUCZOWY OBSZAR TECHNOLOGICZNY
	AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA	Inteligentne maszyny rolnicze
		Roboty medyczne
		Systemy automatyzujące procesy w TSL (transport, spedycja i logistyka)
	BEZPIECZEŃSTWO I OBRONNOŚĆ	Broń precyzyjna i uzbrojenie, technologie wykorzystywane na polu walki
		Technologie kosmiczne i satelitarne
		Sensory i obserwacja
		Platformy bezzałogowe
	BIOTECHNOLOGIA	Biotechnologia w ochronie środowiska
		Biotechnologia w rolnictwie
		Biotechnologia żywności
		Biotechnologia w medycynie
		Biotechnologia w innych obszarach
	BUDOWNICTWO	Innowacyjne materiały, technologie i maszyny
		TIK w budownictwie
	CYFRYZACJA	Sztuczna inteligencja
		Gromadzenie przetwarzanie i przesyłanie danych
		Internet Rzeczy
		Technologie kwantowe
		Technologie immersyjne i gamingowe
		Geoinformacja
		Cyberbezpieczeństwo
	ENERGIA	Paliwa odnawialne i bioenergia
		Technologie jądrowe
		Technologie wodorowe
		Czyste technologie węglowe
		Odnawialne źródła energii (OZE)
		Technologie magazynowania i odzyskiwania energii
		Odporność i bezpieczeństwo systemów energetycznych
		Efektywność energetyczna dla przemysłu
		Wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla
	ROLNICTWO	Precyzyjne rolnictwo
		Gospodarka obiegu zamkniętego
		Produkcja żywności wysokiej jakości
		Innowacyjne środki kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin



SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO

Środowisko i klimat - zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu

Efektywne gospodarowanie surowcami

Zrównoważony przemysł

Technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami

Inteligentne zarządzanie środowiskiem

Remediacja środowiska gruntowo-wodnego



TRANSPORT

Innowacyjne środki transportu

Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania

Innowacyjne materiały, pokrycia oraz powłoki

Innowacyjne systemy zarządzania transportem

Innowacyjne elementy wyposażenia środków transportu



ZDROWIE

Leki, wyroby medyczne, suplementy diety

Diagnostyka i terapia

Informatyczne narzędzia medyczne

Charakterystyka każdej dziedziny została opisana w raporcie według następujących parametrów:



Kluczowe obszary technologiczne – lista, uzasadnienie i opis poszczególnych obszarów technologicznych kluczowych dla zrównoważonego rozwoju gospodarczego, społecznego i środowiskowego w danej dziedzinie.



Megatrendy silnie wpływające na obszary kluczowe – wskazano te megatrendy, które najsilniej wpływają na obszary kluczowe.



Powiązanie obszarów kluczowych z celami strategicznymi na poziomie kraju i Europy – opisuje spójność kluczowych obszarów z celami dokumentów strategicznych na poziomie krajowym i unijnym.



Regiony wspierające kluczowe obszary technologiczne w ramach RIS – wskazano województwa, w których kluczowe obszary technologiczne z danej dziedziny są powiązane z regionalnymi inteligentnymi specjalizacjami.



Przykłady technologii – przedstawia przykłady technologii rozwiniętych (wdrożone lub mające wysoki stopień gotowości technologicznej i wysoki potencjał polskich przedsiębiorstw do ich stosowania) oraz technologii przyszłościowych (które są na wczesnym etapie rozwoju w Polsce, ale dobrze rokują i warto wspierać ich rozwój).



Przykłady praktycznych zastosowań technologii kluczowych – przedstawia przykłady produktów i praktycznych zastosowań technologii w obszarze gospodarki, życia społecznego lub bezpieczeństwa.



Potencjał instytucjonalny, branżowy, kompetencyjny – przedstawia ocenę potencjału gospodarczego, innowacyjnego, badawczo-rozwojowego i kompetencyjnego przedsiębiorstw oraz jednostek naukowych w poszczególnych dziedzinach.



Kluczowe podmioty – przedstawia przykłady kluczowych podmiotów publicznych (jednostek naukowych, instytutów badawczych, agencji publicznych, klastrów) oraz innowacyjnych

przedsiębiorstw mających dokonania w poszczególnych kluczowych obszarach technologicznych.



Przewagi konkurencyjne w kontekście konkurencyjności międzynarodowej – przedstawia dobre praktyki w zakresie technologii o potencjale do osiągnięcia sukcesów międzynarodowych.



Kluczowe kwalifikacje, kompetencje i umiejętności – przedstawia listę kluczowych dla danej dziedziny kompetencji/ kwalifikacji (w podziale na wiedzę teoretyczną, umiejętności praktyczne i kompetencje społeczne).



Komplementarność i synergia między kluczowymi obszarami technologicznymi – przedstawia relację między kluczowymi obszarami technologicznymi.



Przewidywana ścieżka rozwoju obszarów do roku 2040 – przedstawia oczekiwany poziom dojrzałości oraz ścieżki rozwoju kluczowych obszarów technologicznych w 3 scenariuszach rozwoju (pesymistyczny, realistyczny i optymistyczny), a także bariery i uwarunkowania wpływające na ten rozwój. Sformułowano także **rekommendacje i kamienie milowe**, których wdrożenie jest niezbędne do rozwoju kluczowych obszarów technologicznych.

Rozwój technologii w ramach wyszczególnionych obszarów napotyka na szereg barier. Można wyodrębnić grupy barier, których występowanie hamuje rozwój innowacyjnych technologii w Polsce.



Bariery regulacyjne i prawne

- Niska efektywność i niedostateczna skala stosowania ochrony praw własności intelektualnej zniechęcająca do inwestowania w badania i rozwój oraz utrudniony transfer technologii
- Brak możliwości wspierania innowacyjności przedsiębiorstw przez samorządy województw ze środków innych niż fundusze europejskie
- Brak dostatecznych mechanizmów po stronie sektora publicznego dla generowania popytu na innowacyjne rozwiązania dostarczane przez przedsiębiorców
- Brak w polskim porządku prawnym jednej, spójnej definicji i ram teoretycznych dla klastrów
- Nieelastyczność i niedostosowanie regulacji prawnych, w tym nadmierna ich restrykcyjność i nienadążanie za zmianami zachodzącymi w otoczeniu



Bariery kompetencyjne i edukacyjne

- Brak synergii i współpracy między instytucjami edukacyjnymi a sektorem biznesu
- Niedostateczne kompetencje w zakresie zarządzania innowacjami i rozwojem technologicznym
- Brak lub niedobór kompetencji i umiejętności technologicznych w organizacji
- Braki w prognozowaniu potrzeb kompetencyjnych przyszłości



Bariery związane z systemem zarządzania KIS

- Niedoskonałość opisu KIS związana z brakiem opisów celów i wizji rozwoju inteligentnych specjalizacji
- System monitorowania KIS nie wskazuje sposobu, w jaki podejmowane działania wpływają na rozwój społeczno-gospodarczy kraju
- Zróżnicowana dynamika działania gremiów eksperckich ds. KIS i formułowania rekomendacji w zakresie aktualizacji lub zmian w KIS

- Niejednolity i szeroki opis poszczególnych KIS utrudniający jednoznaczne przyporządkowanie projektów do konkretnego KIS
- Ograniczona wiedza interesariuszy na temat KIS spowodowana niewystarczającymi działaniami promocyjnymi i upowszechniającymi



Bariery organizacyjne i finansowe

- Niedobór lub brak zasobów finansowych dla realizacji procesów generowania i wdrażania nowych lub znacząco ulepszonych technologii
- Brak lub ograniczona gotowość do współpracy pomiędzy nauką i biznesem
- Niewydolny lub niewłaściwy system zarządzania rozwojem technologicznym w przedsiębiorstwach, w tym brak klimatu innowacyjnego
- Ograniczanie nakładów na naukę i badania

W wyniku badania sformułowano również szereg **rekomendacji**.



Zalecenia dotyczące procesu tworzenia i monitorowania KIS

1. Dostosowanie opisów KIS do wniosków i zaleceń wynikających m.in. z niniejszego raportu – weryfikacja i aktualizacja obowiązujących opisów KIS uwzględniając m.in. wnioski i zalecenia przedstawione w raporcie.
2. Wdrożenie założeń zawartych w Załączniku nr 2 do Strategii produktywności 2030 Krajowa Inteligentna Specjalizacja (KIS) – aktualizacja 2020 r. :
 - Przegląd i weryfikacja założeń zawartych w Załączniku nr 2 do Strategii produktywności 2030,
 - Opracowanie technologicznych i kompetencyjnych map drogowych,
 - Aktualizacja opisów KIS zgodnie z wnioskami wynikającymi z wizji rozwojowych. poszczególnych KIS oraz technologicznych i kompetencyjnych map drogowych (GR ds. KIS)
3. Wdrożenie systemu monitorowania KIS pozwalającego na ocenę efektów wdrożeń na poziomie KIS i ocenę wpływu poszczególnych KIS na rozwój społeczno-gospodarczy kraju:
 - Przegląd modelu monitorowania KIS zawartego w Załączniku nr 2 do Strategii produktywności 2030 Krajowa Inteligentna Specjalizacja (KIS) - aktualizacja 2020 r. pod kątem potrzeb oceny efektów wdrożeń w poszczególnych KIS,
 - Przegląd i aktualizacja (we współpracy z GUS) listy wskaźników monitorowania KIS zawartych w Załączniku nr 2 do Strategii produktywności 2030 Krajowa Inteligentna Specjalizacja (KIS)- aktualizacja 2020 r. pod kątem możliwości gromadzenia danych w podziale na KIS,
 - Uwzględnienie zaktualizowanej listy wskaźników w narzędziu SmartRadar,
 - Gromadzenie i włączanie do SmartRadar danych dotyczących wsparcia RIS w ramach regionalnych programów operacyjnych,
 - Powiązanie RIS z KIS oraz aktualizacja tych powiązań po każdej aktualizacji RIS/KIS,
 - Dokończenie prac polegających na przełożeniu KIS na PKD oraz bieżąca aktualizacja tych powiązań (w przypadku zmiany zakresu KIS).
4. Poprawa komunikacji międzyinstytucjonalnej w procesie wdrażania KIS, w szczególności na linii instytucje zarządzające KIS oraz instytucje wdrażające projekty w zakresie KIS:

- Wprowadzenie częstszych stałych, cyklicznych spotkań wszystkich interesariuszy np. raz na kwartał,
- Zwiększenie częstotliwości spotkań ad-hoc w zależności od potrzeb np. poświęconych procesowi wdrażania KIS i monitorowaniu efektów projektów w ramach KIS,
- Wprowadzanie systemowych rozwiązań usprawniających komunikację międzyinstytucjonalną, w tym IT.



Zalecenia dotyczące wsparcia ekosystemu innowacji w Polsce

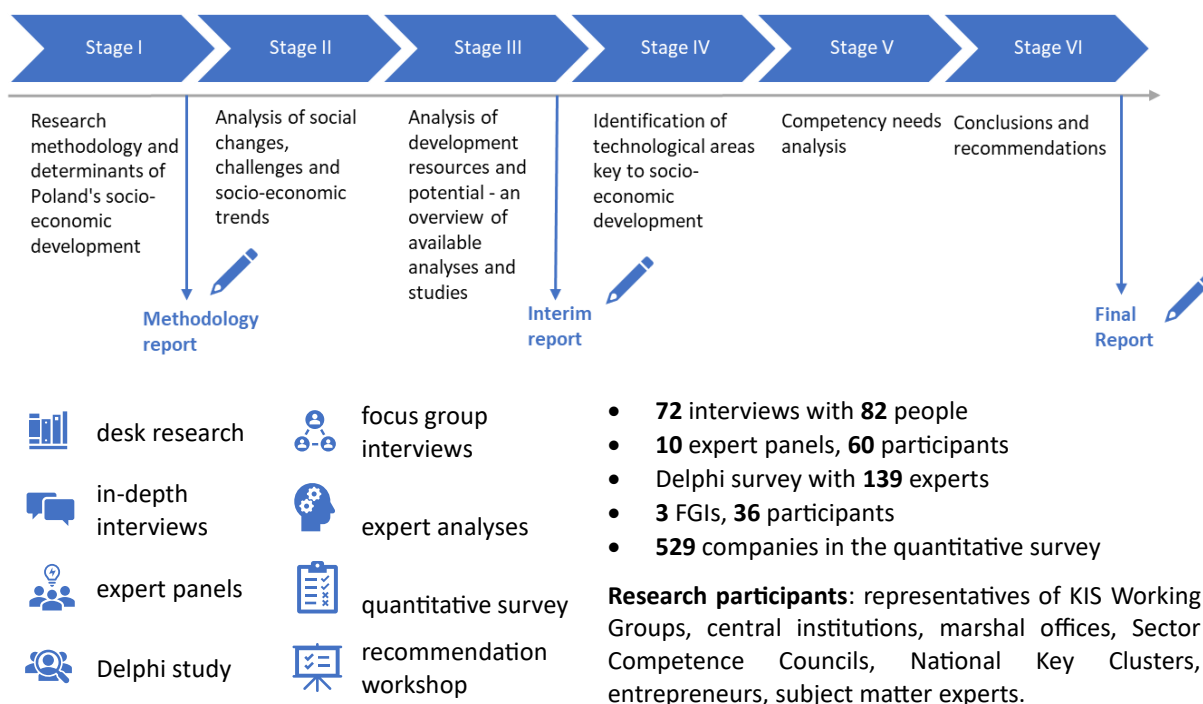
1. Wdrożenie wielokierunkowych działań wspomagających ochronę własności intelektualnej:
 - Usprawnienie procedur rejestracji i ochrony własności intelektualnej oraz uskutecznienie mechanizmów egzekwowania tych praw. Dalsze usprawnianie procedowania zgłoszeń dotyczących wynalazków, wzorów użytkowych, wzorów przemysłowych, znaków towarowych etc. Niektóre oczekiwane zmiany w tym zakresie wprowadza ustawa – Prawo własności przemysłowej, przyjęta w czerwca 2023 r.
 - Edukacja i budowanie świadomości wśród przedsiębiorców, z uwzględnieniem nowych instrumentów i zmian wprowadzonych przez ustawę – Prawo własności przemysłowej. Konieczne jest podejmowanie działań szkoleniowych, a także kompleksowych usług doradczych.
 - Praktyczna edukacja i budowanie świadomości społecznej z zakresu znaczenia praw własności intelektualnej, poprzez działania informacyjno-promocyjne.
 - Wsparcie finansowe na uzyskanie i realizację ochrony własności przemysłowej, na wzór Poddziałania 5.4.1 Wsparcie na uzyskanie/realizację ochrony własności przemysłowej w POIG na lata 2007-2013 oraz Poddziałanie 2.3.4 Ochrona własności przemysłowej w POIR na lata 2014-2020.
2. Wprowadzenie rozwiązań dających samorządom województw uprawnienia wsparcia rozwoju innowacyjności i konkurencyjności przedsiębiorstw ze środków własnych – zaleca się nowelizację: Ustawy o samorządzie województwa, Ustawy o finansach publicznych, dających samorządom województw możliwość wsparcia rozwoju innowacyjności i konkurencyjności przedsiębiorstw ze środków własnych.
3. Wzrost skali stosowania, przez instytucje publiczne zrównoważonych zamówień, tj. zamówień na innowacyjne rozwiązania i zamówień przedkomercyjnych:
 - wypracowanie jednoznacznych procedur/ przepisów w zakresie stosowania przez polskie instytucje publiczne zamówień przedkomercyjnych oraz zamówień na innowacyjne rozwiązania.
 - wypromowanie idei stosowania tych zamówień (zwiększenie świadomości zamawiających związane z potrzebą stosowania zamówień na innowacje, jak również rolą i efektami, jakie mogą one przynieść) oraz dostarczenie niezbędnej wiedzy w tym zakresie pracownikom instytucji publicznych, którzy mogliby je stosować w praktyce.
4. Doszczegółowienie zasad korzystania przez przedsiębiorców z ulgi badawczo-rozwojowej, skutkujące poprawą dostępności tej ulgi dla odbiorców – przypisanie jednej, konkretnej instytucji publicznej (np. NCBR) odpowiedzialności za wydawanie wiążących opinii nt. tego, czy prowadzona przez przedsiębiorstwo działalność stanowi aktywność badawczo-rozwojową.

5. Wsparcie w zakresie budowania potencjału przedsiębiorców i naukowców do udziału w międzynarodowych przedsięwzięciach:
- Udostępnienie usług specjalistów, tzw. brokerów technologii i innowacji wspierających przedsiębiorców i naukowców w pozyskaniu partnerów i przygotowania oferty,
 - Utworzenie sektorowych punktów kontaktowych wspierających przedsiębiorców w pozyskaniu partnerów i przygotowania oferty,
 - Wspieranie udziału w europejskich stowarzyszeniach, sieciach i organizacjach branżowych (np. poprzez dofinansowanie składek),
 - Działania szkoleniowe i doradcze dla przedsiębiorców, naukowców,
 - Utworzenie bazy wiedzy na temat efektów projektów innowacyjnych oraz podjęcie działań promujących te efekty za granicą,
 - Rozwój systemu informowania, szkoleń i wspierania przedsiębiorstw w realizacji zamówień publicznych organizacji międzynarodowych, takich jak NATO.

SUMMARY

The purpose of the survey was to identify research and development areas and areas of innovative technologies in which Poland has a competitive advantage or high development potential to achieve such advantages in the future, taking into account health, social, environmental and economic needs in the country and global trends.

The methodology of the study involved **6 stages**:



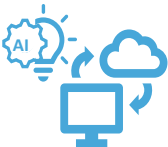
Analysis of social changes, challenges and socio-economic trends

The study identified **12** major global **megatrends**, to be understood as global enduring economic, social, health, environmental and technological determinants that affect all people, world economies and the environment.

GEOPOLITICAL / ECONOMIC	DIGITAL	SOCIAL/HEALTH	ECOLOGICAL
Globalization Deglobalization Increase in international and political tensions	Digital transformation	Increasing migration processes Increasing urbanization, increasing importance of cities Adverse demographic changes Increasing importance of high quality of life	Climate change and environmental pollution Shrinking availability of raw materials Drinking water deficit Loss of biodiversity Development of sustainable agriculture

For each megatrend, the report identifies: a description of the megatrend, including in Polish conditions, the main factors determining the development of the megatrend, the directions of change in the impact of the megatrend on socioeconomic development in 3 scenarios (baseline, pessimistic, optimistic), and the technological challenges arising from the megatrend for Poland's socioeconomic development.

These challenges confronted with Poland's scientific and economic potential (resources and development potential of enterprises, R&D activities of enterprises and scientific units), as well as Poland's development goals and technological trends described in national and EU strategic documents, made it possible to determine the **main fields and key technological areas**.

DAILY	KEY TECHNOLOGICAL AREA
	AUTOMATION AND ROBOTIZATION - Smart agricultural machinery - Medical robots - Systems that automate processes in TSL (transport, forwarding and logistics)
	SECURITY AND DEFENSE - Precision weapons and armaments, technologies used on the battlefield - Space and satellite technologies - Sensors and observation - Unmanned platforms
	BIOTECHNOLOGY - Biotechnology in environmental protection - Biotechnology in agriculture - Food Biotechnology - Biotechnology in medicine - Biotechnology in other areas
	CONSTRUCTION - Innovative materials, technologies and machinery - ICT in construction
	DIGITIZATION - Artificial intelligence - Data collection processing and transmission - Internet of Things - Quantum technologies - Immersive and gaming technologies - Geoinformation - Cyber Security
	ENERGY - Renewable fuels and bioenergy - Nuclear technologies - Hydrogen technologies - Clean coal technologies - Renewable energy sources (RES) - Energy storage and recovery technologies - Resilience and security of energy systems - Energy efficiency for industry - Carbon capture and storage
	AGRICULTURE - Precision farming - Closed loop economy - Quality food production - Innovative measures for soil fertility formation and plant protection



RAW MATERIALS, WASTE, ENVIRONMENT

Environment and climate - sustainable management of natural resources, biodiversity and climate protection
Efficient management of raw materials
Sustainable industry
Closed loop technologies in waste management
Smart environmental management
Remediation of the soil and water environment



TRANSPORT

Innovative means of transportation
Innovative drives and power sources and systems
Innovative materials, coverings and coatings
Innovative transport management systems
Innovative elements of equipment for means of transport



HEALTH

Drugs, medical devices, dietary supplements
Diagnosis and therapy
Medical informatics tools

The characteristics of each field are described in the report according to the following parameters:



Key technological areas - a list, rationale and description of individual technological areas key to economic, social and environmental sustainability in the field.



Megatrends strongly affecting key areas - those megatrends that most strongly affect key areas are indicated.



Linking key areas to strategic objectives at the national and European levels - describes the consistency of key areas with the objectives of strategic documents at the national and EU levels.



Regions supporting key technological areas within RIS - provinces where key technological areas in a given field are linked to regional smart specializations are indicated.



Examples of technologies - presents examples of developed technologies (implemented or having a high degree of technological readiness and high potential of Polish enterprises to use them) and future technologies (which are at an early stage of development in Poland, but promising and worth supporting their development).



Examples of practical applications of key technologies - presents examples of products and practical applications of technologies in the area of economy, social life or security.



Institutional, industry, competence potential - presents an assessment of the economic, innovative, R&D and competence potential of enterprises and scientific units in each field.



Key players - presents examples of key public players (scientific entities, research institutes, public agencies, clusters) and innovative companies with achievements in particular key technological areas.



Competitive advantages in the context of international competitiveness - presents good practices in technologies with the potential for international success.



Key qualifications, competencies and skills - presents a list of key competencies/qualifications for the field (broken down into theoretical knowledge, practical skills and social competencies).



Complementarity and synergy between key technological areas - presents the relationship between key technological areas.



Expected path of development of areas until 2040 - presents the expected maturity level and development paths of key technological areas in 3 development scenarios (pessimistic, realistic and optimistic), as well as barriers and conditions affecting this development. It also formulates **recommendations and milestones**, the implementation of which is necessary for the development of key technological areas.

The development of technologies within the listed areas faces a number of barriers. It is possible to distinguish groups of barriers, the occurrence of which hinders the development of innovative technologies in Poland.



Regulatory and legal barriers

- Low effectiveness and insufficient scale of application of intellectual property rights protection discouraging investment in R&D and hindered technology transfer
- Lack of opportunities for provincial governments to support business innovation from funds other than European funds
- Lack of sufficient mechanisms on the part of the public sector for generating demand for innovative solutions provided by entrepreneurs
- Lack of a single, consistent definition and theoretical framework for clusters in the Polish legal order
- Inflexibility and inadequacy of regulations, including their excessive restrictiveness and failure to keep up with changes in the environment



Competency and educational barriers

- Lack of synergy and cooperation between educational institutions and the business sector
- Insufficient competence in managing innovation and technological development
- Lack or shortage of technological competence and skills in the organization
- Deficiencies in forecasting the competence needs of the future



Barriers related to the KIS management system

- Deficiency in the description of the NIS related to the lack of descriptions of the objectives and vision for the development of smart specialties
- The NIS monitoring system does not indicate how the activities undertaken affect the country's socio-economic development
- Diverse dynamics of expert bodies on the NIS and the formulation of recommendations for updates or changes to the NIS
- Heterogeneous and broad description of individual NIS making it difficult to clearly assign projects to a specific NIS
- Limited stakeholder knowledge of KIS due to insufficient promotional and dissemination activities



Organizational and financial barriers

- Scarcity or lack of financial resources to carry out the processes of generating and implementing new or significantly improved technologies
- No or limited willingness to cooperate between science and business
- Inefficient or inadequate system for managing technological development in enterprises, including the lack of an innovation climate
- Reducing spending on science and research

The study also resulted in a number of **recommendations**.



Recommendations for the process of creating and monitoring the NIS

1. Adaptation of NIS descriptions to the conclusions and recommendations arising from, among others, this report - verification and updating of existing NIS descriptions taking into account, among others, the conclusions and recommendations presented in the report.
2. Implementation of the assumptions contained in Appendix 2 of the Productivity Strategy 2030 National Intelligent Specialization (NIS) - 2020 update. :
 - Review and revise the assumptions in Appendix 2 of the Productivity Strategy 2030,
 - Development of technological and competency roadmaps,
 - Update KIS descriptions in accordance with the conclusions of the development visions. Individual KIS and technological and competency roadmaps (KIS WG)
3. Implement a NIS monitoring system to evaluate the effects of NIS-level implementations and assess the impact of individual NIS on the country's socio-economic development:
 - Review of the KIS monitoring model included in Appendix 2 of the Productivity Strategy 2030 National Intelligent Specialization (NIS) - 2020 Update for the need to assess the effects of implementations in individual NIS,
 - Review and update (in cooperation with the CSO) the list of KIS monitoring indicators included in Appendix 2 of the Productivity Strategy 2030 National Smart Specialization (NIS)-Update 2020 for the possibility of collecting data by NIS,
 - Include the updated list of indicators in the SmartRadar tool,
 - Collect and incorporate into SmartRadar data on RIS support under regional operational programs,
 - Link RIS to KIS and update these links after each RIS/KIS update,
 - Completion of the work of translating the NIS into PACs and ongoing updating of these links (in case of changes in the scope of the NIS).
4. Improving inter-institutional communication in the NIS implementation process, especially along the line of NIS management institutions and NIS project implementing institutions:
 - Introduce more frequent permanent, recurring meetings of all stakeholders, e.g., once a quarter,
 - Increase the frequency of ad-hoc meetings as needed, e.g., dedicated to the NIS implementation process and monitoring the effects of NIS projects,
 - Introducing systemic solutions to improve inter-institutional communication, including IT.



Recommendations for supporting the innovation ecosystem in Poland

1. Implement multidirectional measures to support the protection of intellectual property:

- Streamline procedures for registration and protection of intellectual property and make enforcement mechanisms more effective. Further streamlining the processing of applications for inventions, utility models, industrial designs, trademarks etc. Some expected changes in this regard are introduced by the Law - Industrial Property Law, adopted in June 2023.
 - Education and awareness building among entrepreneurs, taking into account the new instruments and changes introduced by the Law - Industrial Property Law. It is necessary to undertake training activities, as well as comprehensive consulting services.
 - Practical education and building public awareness of the importance of intellectual property rights, through information and promotion activities.
 - Financial support for obtaining and implementing industrial property protection, along the lines of Sub-measure 5.4.1 Support for obtaining/implementing industrial property protection in POIG 2007-2013 and Sub-measure 2.3.4 Industrial property protection in POIR 2014-2020.
2. Introducing solutions giving provincial self-governments the authority to support the development of innovation and competitiveness of enterprises with their own funds – there is need for amendments of Law on Provincial Self-Government, Law on Public Finances, giving provincial self-governments the authority to support the development of innovation and competitiveness of enterprises with their own funds.
 3. Increased use, by public institutions, of sustainable procurement, i.e. procurement of innovative solutions and pre-commercial procurement:
 - Develop unambiguous procedures/regulations for the use of pre-commercial procurement and procurement of innovative solutions by Polish public institutions.
 - Promoting the idea of using these procurements (raising the awareness of procurers related to the need to use innovation procurement, as well as the role and effects it can bring) and providing the necessary knowledge in this regard to the employees of public institutions who could use it in practice.
 4. More detailed rules on the use of the R&D tax credit by entrepreneurs, resulting in improved accessibility of this tax credit to recipients - assigning to one specific public institution (e.g. NCBR) the responsibility for issuing binding opinions on whether a company's activities constitute R&D activity.
 5. Support for building the capacity of entrepreneurs and researchers to participate in international ventures:
 - Provide the services of specialists, so-called technology and innovation brokers to support entrepreneurs and researchers in attracting partners and preparing offers,
 - Establish sectoral contact points to support entrepreneurs in attracting partners and preparing offers,
 - Support participation in European associations, networks and industry organizations (e.g., by subsidizing dues),
 - Training and consulting activities for entrepreneurs, scientists,
 - Establish a knowledge base on the effects of innovative projects and take measures to promote these effects abroad,
 - Development of a system of information, training and support for enterprises in the implementation of procurement of international organizations such as NATO.

1 CELE I ZAKRES BADANIA

Celem głównym zamówienia jest wskazanie obszarów badawczo-rozwojowych oraz obszarów innowacyjnych technologii, w których Polska posiada przewagi konkurencyjne lub duży potencjał rozwojowy do osiągnięcia tych przewag w przyszłości, biorąc pod uwagę potrzeby zdrowotne, społeczne, środowiskowe i gospodarcze w kraju oraz trendy globalne.

Badanie zostało zrealizowane w okresie listopad 2022 – sierpień 2023 r.

Metodyka badania zakładała **6 etapów**:

ETAP I. Metodyka badania i uwarunkowania rozwoju społeczno-gospodarczego Polski

Etap I badania objął opracowanie raportu metodologicznego, w którym przedstawiono szczegółowo koncepcję badania, założenia dla poszczególnych metod badawczych. Zidentyfikowano również listę dokumentów do analizy i określono także harmonogram prac badawczych. Na podstawie desk research przygotowano również wstępną listę czynników wpływających na rozwój społeczno-gospodarczy – analizę PEST oraz określenie obecnego stanu innowacyjności polskiej gospodarki.

Wykorzystane metody: desk research, analizy eksperckie

ETAP II. Analiza przemian społecznych, wyzwań i trendów społeczno-gospodarczych

Akceptacja raportu metodologicznego była jednym z kroków milowych w badaniu i pozwoliła na rozpoczęcie badań właściwych. W etapie II na podstawie dostępnych raportów, danych i publikacji oraz z wykorzystaniem wywiadów pogłębionych z przedstawicielami Grup Roboczych ds. KIS, przedsiębiorcami nienależący do Grup Roboczych, ale działający w obszarach powiązanych z KIS, przedstawicielami instytucji centralnych oraz regionalnych, zidentyfikowano kluczowe przemiany, wyzwania, trendy i prognozowane zmiany w wymiarze geopolitycznym, ekologicznym, zdrowotnym, społecznym i gospodarczym, które mają lub mogą mieć bezpośredni wpływ na rozwój społeczno-gospodarczy kraju, a także krajowych inteligentnych specjalizacji. Zidentyfikowano 14 głównych megatrendów oraz wskazano powiązane z nimi trendy rozwojowe i technologiczne, także wyzwania, szanse i zagrożenia, czyli zjawiska, rozwiązania, działania wzmacniające lub osłabiające osiąganie wyzwań określonych w ramach trendów rozwojowych oraz wzmacniające rozwój trendów technologicznych. W niniejszym raporcie końcowym przedstawiono syntezę tych analiz. Szeroki opis megatrendów z przywołaniem danych i źródeł megatrendy opisano w raporcie cząstkowym.

Wykorzystane metody: desk research, wywiady pogłębione, analizy eksperckie

ETAP III. Przegląd dostępnych wyników analiz i badań wskazujących zasoby i potencjał rozwojowy w obszarach powiązanych z KIS

W etapie III badania analizą objęto dokumenty strategiczne krajowe i unijne, a także strategie i polityki branżowe mające bezpośredni wpływ na rozwój technologii. Celem tych analiz było zidentyfikowanie celów rozwojowych i ich odniesienie do przesłanek warunkujących rozwój technologii. Dokumenty strategiczne są istotnym instrumentem instrumentów zarządzania dla administracji publicznej w zakresie prowadzonej polityki technologicznej, innowacyjnej i przemysłowej i są jednym z elementów pozwalających budować scenariusze rozwoju gospodarczego, zarówno na poziomie krajowym jak i europejskim.

Na podstawie dostępnych danych surowych, raportów i analiz dokonano także oceny potencjału przedsiębiorstw w Polsce, w tym zbadano koncentrację działalności gospodarczej względem krajów UE (pod względem wartości dodanej, zatrudnienia oraz liczby firm), zbadano innowacyjność gospodarki oraz zmiany w zakresie eksportu towarów i usług. Celem tych analiz była identyfikacja sektorów

gospodarki stanowiących przewagę konkurencyjną, w tym w kontekście konkurencyjności międzynarodowej.

W kolejnym kroku na podstawie ogólnodostępnych danych, a także wyników badań i analiz przeprowadzonych w ostatnich latach, dokonano oceny potencjału badawczo-rozwojowego przedsiębiorstw oraz jednostek naukowych w Polsce. Celem było wskazanie mocnych i słabych stron obszarów technologicznych i sektorów pod względem potencjału badawczo-rozwojowego. Aktywność podmiotów prowadzących działalność badawczo-rozwojową jest bowiem jednym z głównych wyznaczników możliwości rozwojowych kraju.

Szczegółowe wyniki tych prac znajdują się w raporcie cząstkowym.

Wykorzystane metody: desk research, analizy eksperckie

ETAP IV. Identyfikacja przyszłościowych obszarów technologicznych i branż kluczowych dla rozwoju społeczno-gospodarczego

Na podstawie wcześniejszych kroków badawczych, wniosków z paneli ekspertów oraz analizie raportów dotyczących procesu przedsiębiorczego odkrywania, monitoringu trendów w innowacyjności oraz trendów technologicznych, zidentyfikowano 49 technologicznych obszarów kluczowych dla zrównoważonego rozwoju gospodarczego, społecznego i środowiskowego Polski. Obszary kluczowe pogrupowano w ramach 10 dziedzin, takich jak: automatyzacja i robotyzacja, bezpieczeństwo i obronność, biotechnologia, cyfryzacja, energia, inteligentne budownictwo, rolnictwo, surowce, odpady, środowisko, transport, zdrowie. Przedstawiono mocne i słabe strony, szanse i zagrożenia warunkujące rozwój obszarów kluczowych, a także wyzwania i potrzeby, które z nich wynikają. Na podstawie scenariuszy rozwoju Polski (rozdz. 4) określono przewidywaną ścieżkę rozwoju tych obszarów do roku 2040 wraz ze wskazaniem ich oczekiwanej gotowości technologicznej w każdym ze scenariuszy (pesymistyczny, realistyczny i optymistyczny). Kluczową metodą weryfikującą wnioski z analiz była metoda delficka. Charakterystyka poszczególnych obszarów kluczowych została przedstawiona w rozdziale 5.

Jednym z efektów prac było opracowanie map obszarów technologicznych, wskazujących relację między kluczowymi obszarami technologicznymi i krajowymi inteligentnymi specjalizacjami oraz ocenę siły oddziaływania między nimi, wraz z określeniem poziomu dojrzałości kluczowych obszarów technologicznych i przypisanych im przykładów technologii rozwiniętych (wysoki stopień gotowości technologicznej, wysoki potencjał przedsiębiorstw do ich stosowania) oraz technologii przyszłościowych (na wczesnym etapie rozwoju, ale dobrze rokujących).

W ramach badania dokonano również oceny powiązania kluczowych obszarów technologicznych z inicjatywami o zasięgu międzynarodowym w kontekście dalszego rozwoju specjalizacji (rozdz. 7). Analiza regionalnych strategii innowacji oraz zakresu projektów wspieranych w ramach priorytetu inwestycyjnego 1a oraz 1b w regionalnych programach operacyjnych, dokonano oceny powiązania i spójności kluczowych obszarów technologicznych i regionalnych inteligentnych specjalizacji w kontekście wyznaczania kierunków rozwoju gospodarczego (rozdz.8).

W ostatnim kroku, wykorzystując dotychczasowe wyniki badania oraz ogniskowane wywiady grupowe z przedstawicielami administracji centralnej, samorządów województw raz grup roboczych ds. KIS, wskazano bariery rozwojowe, potrzeby, szanse i zagrożenia dla rozwoju zidentyfikowanych innowacyjnych technologii oraz działania niezbędne do podjęcia przez administrację publiczną oraz pozostałych interesariuszy – przedsiębiorców, jednostki naukowe, instytucje otoczenia biznesu, organizacje pozarządowe, media, społeczeństwo. Wnioski przedstawiono w rozdziale 6 i 10.

Wykorzystane metody: desk research, panele ekspertów, metoda delficka, zogniskowane wywiady grupowe, analizy eksperckie

ETAP V. Analiza potrzeb kompetencyjnych

W etapie V badania dokonano analizy kompetencji i kwalifikacji zawodowych w poszczególnych dziedzinach i kluczowych obszarach technologicznych – kluczowych do rozwoju poszczególnych specjalizacji, a także kompetencji przyszłości, na które popyt pojawi się lub wzrośnie do 2040 r. (rozdz.9). Wskazano kompetencje deficytowe, które wymagają szczególnego wsparcia w kolejnych latach. Efektem analiz było też opracowanie mapy kompetencji, wskazującej powiązania między kompetencjami w poszczególnych kluczowych obszarach technologicznych.

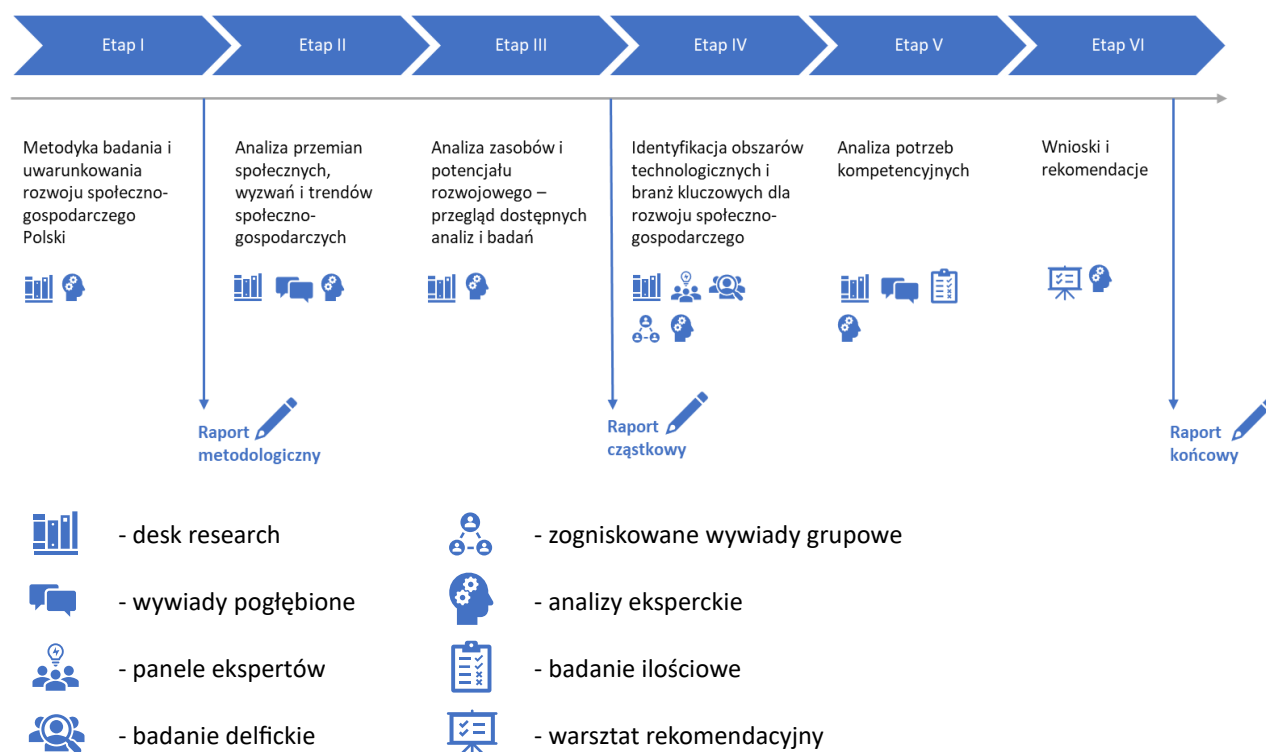
Wykorzystane metody: desk research, badanie ilościowe z przedsiębiorcami, wywiady pogłębione z przedstawicielami Sektorowych Rad ds. Kompetencji oraz Krajowych Klastrow Kluczowych, analizy eksperckie

ETAP VI. Wnioski i rekomendacje w zakresie kierunków interwencji polityki innowacyjnej kraju

Etap VI polegał na przanalizowaniu wyników poprzednich etapów oraz przedstawieniu rekomendacji dla polskiej administracji oraz przedsiębiorców w zakresie działań kluczowych dla rozwoju technologicznego Polski, w tym zaleceń dla Krajowej Inteligentnej Specjalizacji i procesu jej tworzenia i monitorowania.

Wykorzystane metody: analizy eksperckie, warsztat rekomendacyjny

Rysunek 1 Schemat badania



2 METODOLOGIA BADANIA

Metodologia badania objęła:



Desk research

Punktem wyjściowym była analiza desk research. Analiza danych zastanych prowadzona była na wszystkich etapach badania i objęła takie typy danych i dokumentów, jak dokumenty strategiczne na poziomie światowym, unijnym, krajowym i regionalnym, akty prawne, raporty i opracowania przekrojowe (np. raporty OECD, raporty z badań, w tym badań ewaluacyjnych i analizy poświęcone rozwojowi społeczno-gospodarczemu, raporty NIK), jak też analizy i raporty „branżowe”, w obszarze krajowych inteligentnych specjalizacji (np. analizy eksperckie w ramach procesu przedsiębiorczego odkrywania – Business Technology Roadmap, raporty i opracowania branżowe, powiązane z poszczególnymi KIS, w tym artykuły prasowe). Ocena potencjału gospodarczego i innowacyjnego przedsiębiorstw oraz potencjału badawczo-rozwojowego przedsiębiorstw oraz jednostek naukowych przedstawiona w rozdziale 5 wymagała również sięgnięcia do ogólnodostępnych danych statystycznych, m.in. GUS, EUROSTAT. Lista wykorzystanych danych i publikacji znajduje się w załączniku 11.5 Bibliografia.



Indywidualne wywiady pogłębione

Przeprowadzono wywiady przedstawicielami:

- Grup Roboczych ds. KIS (przedstawiciele ośrodków akademickich, przedsiębiorców) – w każdej Grupie Roboczej zrealizowano dwa wywiady – w sumie 26,
- Przedsiębiorców nienależących do Grup Roboczych, ale działający w obszarach powiązanych z KIS – 13 wywiadów,
- Instytucji centralnych (MRiT, MFiPR, MEiN, PARP) – 5 wywiadów,
- Urzędów marszałkowskich – 16 wywiadów,
- Sektorowych Rad ds. Kompetencji – 5 wywiadów,
- Krajowych Klastrow Kluczowych – 7 wywiadów.

W sumie zrealizowano **72 wywiady z 82 osobami**.



Panele ekspertów

Prace przeprowadzone w II i III etapie pozwoliły na wyodrębnienie 10 dziedzin, w których zidentyfikowano kluczowe obszary technologiczne. W zakresie każdej dziedziny przeprowadzono panel ekspertów zapraszając do niego przedstawicieli sektora biznesu, jednostek naukowych, instytucji/agend publicznych, instytucji otoczenia biznesu oraz klastrow. Część uczestników reprezentowała Grupy Robocze ds. KIS. Przedmiotem paneli była m.in. weryfikacja dotychczasowych wniosków w zakresie identyfikacji kluczowych obszarów technologicznych, wskazanie technologii i obszarów badawczo-rozwojowych mających najważniejsze znaczenie, ocena potencjału innowacyjnego, konkurencyjnego oraz gotowości technologicznej polskich firm do wdrażania wskazanych technologii, a także wskazanie kluczowych kompetencji niezbędnych do rozwijania danych technologii po stronie przedsiębiorców. W sumie przeprowadzono 10 paneli ekspertów, w których wzięło łącznie 60 uczestników.



Badanie delfickie

Metoda delficka to technika wykorzystywana do prognozowania zjawisk, w szczególności dotyczących ekonomii i gospodarki. W badaniu realizowanym metodą delficką wzięli udział eksperci, do których rozesłano II iteracje ankiety z pytaniami dotyczącymi przyszłych zjawisk i wydarzeń. Zaproszenie do wypełnienia ankiety skierowano do ponad 400 ekspertów i otrzymano 139 pełnych odpowiedzi. Zaproszenia kierowano do następujących grup zawodowych: przedstawiciele uczelni, ośrodków badawczo-rozwojowych, instytutów badawczych, przedsiębiorców, agencji centralnych, administracji publicznej. Eksperti swoim doświadczeniem i wiedzą reprezentowali 10 dziedzin: automatyzacja i robotyzacja (12 ekspertów), bezpieczeństwo i obronność (18), biotechnologia (11), cyfryzacja (14), energia (22), budownictwo (10), rolnictwo (15), surowce, odpady, środowisko (11), transport (16) oraz zdrowie (10). W ankiecie zawarto zarówno tezy ogólne – wspólne dla wszystkich obszarów, jak też tezy specyficzne dla każdej dziedziny, m.in. dotyczące przewidywanemu rozwojowi kluczowych obszarów technologicznych w 3 scenariuszach (pesymistyczny, realistyczny i optymistyczny).



Zogniskowane wywiady grupowe

Zrealizowane wcześniej metody badawcze pozwoliły na opracowanie wstępnej listy barier rozwojowych, uwarunkowań oraz potrzeb, szans i zagrożeń dla rozwoju zidentyfikowanych innowacyjnych technologii oraz działań niezbędnych do podjęcia aby ten rozwój wzmacniać i kierować ku pozytywnemu scenariuszowi rozwoju. Zogniskowane wywiady grupowe poświęcone zostały weryfikacji wniosków w tym zakresie, uzupełnieniu i doprecyzowaniu. Przeprowadzono trzy wywiady: z przedstawicielami podmiotów centralnych (MRI, PARP, NCBR, BGK, IZ PO IR tj. Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej), administracji regionalnej (urzędy marszałkowskie) oraz przedstawicielami grup roboczych ds. KIS i ekspertami spoza tych grup. W sumie w dyskusji wzięło udział 36 uczestników oraz moderatorzy.



Badanie ilościowe z przedsiębiorcami

Zrealizowane zostało również badanie kwestionariuszowe, którym zostali objęci przedstawiciele przedsiębiorstw, które uzyskały dofinansowanie na realizację projektów w ramach celu tematycznego 1. Wzmacnianie badań naukowych, rozwoju technologicznego i innowacji (CT1) polityki spójności w Programie Operacyjnym Inteligentny Rozwój 2014-2020. Przedsiębiorcy, którzy realizują lub realizowali projekty współfinansowane w ramach CT1 w PO IR to jedni z głównych interesariuszy, którzy aktywnie tworzą potencjał innowacyjny polskiej gospodarki. Jednostką badania był unikatowy beneficjent (przedsiębiorca)¹. Populacja badania liczyła ponad 4200 przedsiębiorstw. Badanie zostało przeprowadzone na pełnej populacji. Wzięli w nim udział przedstawiciele 932 przedsiębiorstw – beneficjentów POIR. Większość z nich (529) zadeklarowała, że ich przedsiębiorstwo funkcjonuje w jednej z dziesięciu dziedzin, które zostały wyróżnione w ramach badania.

¹ Identyfikacja na podstawie NIP.

Tabela 1 Liczba przedsiębiorstw, które wzięły udział w badaniu ilościowym w podziale na dziedziny, w których działają

Dziedzina	Liczba przedsiębiorstw, które wzięły udział w badaniu ilościowym
Automatyzacja i robotyzacja	78
Bezpieczeństwo i obronność	17
Biotechnologia	43
Budownictwo	45
Cyfryzacja	159
Energia	58
Rolnictwo	15
Surowce, odpady, środowisko	36
Transport	22
Zdrowie	56
Ogółem	529

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badania ilościowego z przedsiębiorstwami – beneficjentami CT1 w ramach PO IR (n=932).

Wśród badanych przedsiębiorstw dominowały firmy zatrudniające od 1 do 9 pracowników (30,1%) i od 10 do 49 pracowników (36,9%). Firmy duże (zatrudniające 250 pracowników i więcej) stanowiły 10,4% przedsiębiorstw, które działają w ramach wyróżnionych w badaniu dziedzin. W próbie badawczej dominowały przedsiębiorstwa prowadzące działalność w Sekcjach PKD: M - Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna (26,5%), J - Informacja i komunikacja (22,5%) i C - Przetwórstwo przemysłowe (19,5%). Do próby weszły przedsiębiorstwa pochodzące ze wszystkich regionów Polski, w tym najwięcej z województw: mazowieckiego (20,2%), śląskiego (12,1%), małopolskiego (10,8%) i wielkopolskiego (10,2%).

W ramach badania z przedsiębiorcami ocenie poddany został poziom w jakim działalność przedsiębiorstw wpisuje się w dziedziny i wyróżnione w ich ramach kluczowe obszary technologiczne. Badanie dostarczyło również informacji na temat:

- aktualnego zapotrzebowania na kwalifikacje i kompetencje (rozumianych jako wiedza teoretyczna, umiejętności praktyczne i kompetencje społeczne),
- luk kompetencyjnych w poszczególnych dziedzinach/kluczowych obszarach technologicznych,
- prognozowanego zapotrzebowania na kwalifikacje i kompetencje w przyszłości (w perspektywie 5 lat).



Warsztat rekomendacyjny

Przed zakończeniem realizacji badania, po opracowaniu projektu raportu końcowego, rekomendacje wypracowane w toku badania zostały skonsultowane z przedstawicielami Zamawiającego. W efekcie wypracowano operacyjne sposoby wdrożenia zaleceń z badania wraz z określeniem horyzontu czasowego.

3 ANALIZA PRZEMIAN SPOŁECZNYCH, WYZWAŃ I TRENDÓW SPOŁECZNO-GOSPODARCZYCH

W jednym z pierwszych kroków badawczych w niniejszym badaniu zidentyfikowano główne światowe **megatrendy**, które należy rozumieć jako globalne trwałe determinanty gospodarcze, społeczne, zdrowotne, środowiskowe i technologiczne, mające wpływ na wszystkich ludzi, gospodarki światowe i środowisko naturalne. Poniżej przedstawiono listę 12 megatrendów pogrupowanych w 4 wymiarach: geopolitycznym /gospodarczym, cyfrowym, społecznym i środowiskowym, które będą napędzały prace rozwojowe, warunkowały otoczenie, w którym podmioty publiczne i prywatne funkcjonują. Megatrendy nie stanowią zbiorów rozłącznych, oddziałują na siebie wzajemnie, a także mogą na siebie częściowo zachodzić.

Lista megatrendów oraz niniejsza analiza² powstała na podstawie dostępnych raportów, badań, artykułów specjalistycznych, dokumentów strategicznych, a także wywiadów pogłębionych z przedstawicielami środowiska naukowego, biznesu oraz administracji powiązanymi z krajowymi inteligentnymi specjalizacjami³.

Megatrendy

GEOPOLITYCZNE / GOSPODARCZE	CYFROWE	SPOŁECZNE/ ZDROWOTNE	EKOLOGICZNE
 Globalizacja  Deglobalizacja  Wzrost napięć międzynarodowych i politycznych	 Transformacja cyfrowa	 Nasilające się procesy migracyjne  Postępująca urbanizacja, zwiększenie znaczenia miast  Niekorzystne zmiany demograficzne  Wzrost znaczenia wysokiej jakości życia	 Zmiany klimatu oraz zanieczyszczenie środowiska  Kurcząca się dostępność surowców  Deficyt wody pitnej  Utrata bioróżnorodności  Rozwój zrównoważonego rolnictwa

Źródło: opracowanie własne

² Szeroki opis megatrendów z przywołaniem danych i źródeł znajduje się w raporcie częściowym. Dla każdego megatrendu w raporcie częściowym zidentyfikowano ponadto dla każdego megatrendu trendy rozwojowe i wyzwania, które należy rozumieć jako pożądane kierunki rozwoju w danej dziedzinie/obszarze, które wpływają na dynamikę gospodarczą oraz społeczną, a także trendy technologiczne, czyli zjawiska zachodzące w obrębie powstających i zmieniających się ciągle technologii, które odpowiadają na wyzwania i potrzeby określone w ramach trendów rozwojowych. Wskazano również szanse i zagrożenia, czyli zjawiska, rozwiązania, działania wzmacniające lub osłabiające osiąganie wyzwań określonych w ramach trendów rozwojowych oraz wzmacniające rozwój trendów technologicznych.

³ Pełna lista wykorzystanych dokumentów znajduje się w załączniku 11.5 Bibliografia.



GLOBALIZACJA

Globalizacja to proces zwiększania się współzależności i podobieństw między różnymi krajami całego świata, wynikający z postępu technicznego w zakresie transportu towarów, przepływu ludzi i kapitału oraz wymiany informacji. Oznacza przesuwanie się dotychczasowego centrum gospodarki światowej z rozwiniętego świata Zachodu i Północy na Wschód i Południe w obszarach: ekonomii, technologii, transportu, komunikacji⁴. Globalizację obserwujemy na pięciu głównych płaszczyznach: gospodarczej (procesy produkcji, wymiany i przepływów kapitału w skali światowej oraz traktowanie przez podmioty gospodarcze całości globu jako jednego rynku), technologicznej (wykorzystywanie, wymiana i rozwój tych samych technologii na całym świecie, globalne wykorzystanie technologii informatycznych), społeczno-kulturowej (globalny przepływ informacji, wzorców konsumpcji i kultury masowej, migracje), ekologicznej (zwiększenie emisji gazów cieplarnianych i degradacja środowiska naturalnego, ochrona środowiska jako globalne wyzwanie), politycznej (międzynarodowe mechanizmy i instytucje, regulacje o globalnym zasięgu).

Główne czynniki determinujące rozwój trendu:

- wzrost współzależności rynków i produkcji w większości krajów świata,
- międzynarodowy podział pracy i specjalizacji produkcji,
- przepływ pracowników, technologii, wiedzy i kapitału w wyniku zniesienia barier granicznych,
- ogólnoświatowe operowanie finansami,
- rozwój technologii informacyjnych i komunikacyjnych,
- wzrost konkurencji (globalizacja konkurencji),
- rozwój transportu,
- współzależność między korporacjami transnarodowymi, inwestycje zagraniczne.



DEGLOBALIZACJA

Jednocześnie, obok globalizacji, następuje intensyfikacja megatrendu pod nazwą deglobalizacja oraz jego współistnienie i dopełnianie się z globalizacją. Istotą deglobalizacji jest zmniejszenie obrotów handlu międzynarodowego oraz osłabienie przepływu kapitału, ludzi i technologii. Dotychczas funkcjonujący model globalizacji jest wciąż aktualny, a jego zmiana w kierunku deglobalizacji wymaga czasu. Nie nastąpił spadek międzynarodowej aktywności gospodarczej, choć tempo jej wzrostu uległo spowolnieniu oraz przeorientowaniu. Wzrost znaczenia deglobalizacji przypieczętowała inwazja Rosji na Ukrainę, która poprzedzona została przez spór handlowy Stanów Zjednoczonych z Chinami oraz kryzys wywołany przez pandemię COVID-19, przez który światowa gospodarka napotkała na ograniczenia o nowej charakterystyce i skali. Dodatkowym silnym katalizatorem zmian w kierunku deglobalizacji może stać się także kryzys energetyczny, którego Europa doświadcza w wyniku zbyt

Główne czynniki determinujące rozwój trendu:

- potrzeba uniezależnienia od długich i wrażliwych łańcuchów dostaw,
- wzrost znaczenia bezpieczeństwa jako jednego z kluczowych czynników życia społecznego,
- osłabienie przepływu kapitału, ludzi i technologii wynikające z zagrożeń pandemicznych i geopolitycznych,
- wyższa świadomość społeczna i akceptacja modelu gospodarki opartej o takie zjawiska, jak

⁴ <https://ec.europa.eu/assets/epsc/pages/espas/chapter1.html> (dostęp: 14.08.2023).

dużej zależności od importu surowców energetycznych. Ponad ekonomią coraz częściej stawiane jest bezpieczeństwo narodowe.

nearshoring, reshoring i friendshoring⁵.



WZROST NAPIĘĆ MIĘDZYNARODOWYCH I POLITYCZNYCH

Światowa rywalizacja o podłożu gospodarczym i ideologicznym może stać się elementem definiującym przyszły kształt krajobrazu geopolitycznego. Można spodziewać się występowania nowych osi konfliktu oraz pogłębiania sporów już trwających. Pochodną ścierania się kluczowych gospodarek światowych, jest rozwój zagrożeń hybrydowych dla bezpieczeństwa państw. Zakrojona na szeroką skalę dezinformacja, napędzana przez nowe narzędzia komunikacji i platformy internetowe, będzie stanowić coraz większe wyzwanie dla systemów demokratycznych i przyczyni się do powstania nowego rodzaju wojny. Skalę różnorodnych zagrożeń, w tym także widmo kryzysu energetycznego, uwidoczniła w ostatnim czasie agresja Rosji na Ukrainę. Kolejnymi przyczynami napięć i konfliktów są nierówności społeczne, wynikające m.in. z kryzysu klimatycznego, energetycznego i idącego za nimi kryzysu żywnościowego.

Główne czynniki determinujące rozwój trendu:

- rozwój zagrożeń hybrydowych dla bezpieczeństwa państwa,
- wzrost zagrożeń ze strony przestępczości zorganizowanej, ekstremizmu, terroryzmu
- występowanie nowych osi konfliktu oraz pogłębiania sporów już trwających,
- rywalizacja kluczowych gospodarek światowych,
- kryzys klimatyczny, energetyczny i żywnościowy



TRANSFORMACJA CYFROWA

Kluczowym megatrendem widocznym we wszelkich wymiarach, tj. geopolitycznym, gospodarczym, społecznym, zdrowotnym i ekologicznym, jest transformacja cyfrowa. Cyfryzacja należy do jednej z najbardziej dynamicznych zmian obecnych czasów, która oddziałuje na wszystkie wymiary życia: gospodarczy, społeczny, kulturowy, polityczny i środowiskowy. Aby sprostać światowym zmianom, zarówno pojedyncze przedsiębiorstwa, jak i całe sektory, administracja publiczna, społeczeństwo, a także gospodarka krajowa, dążą do tzw. transformacji cyfrowej (ang. digital transformation). Cyfryzacja jako ciągły proces konwergencji rzeczywistego i wirtualnego świata staje się głównym motorem innowacji i zmian w większości sektorów gospodarki. Rosnąca ilość danych wymaga nowych sposobów ich analizy, co dzieje się za pomocą sztucznej inteligencji, a także technologii kwantowych. Transformacja cyfrowa w wymiarze gospodarczym związana jest z większą automatyzacją pracy (która jednocześnie

Główne czynniki determinujące rozwój trendu:

- wzrost znaczenia danych jako jednego z najważniejszych czynników produkcji i konkurencyjności,
- wzrost mocy obliczeniowych procesorów
- rozwój sieci 4G/5G/6G,
- zmiana wzorców funkcjonowania społeczeństw (rosnąca łączność społeczeństwa, powszechność smartfonów, korzystanie z e-commerce),

⁵ Nearshoring – strategia przenoszenia działalności gospodarczej do pobliskiego kraju; Reshoring - strategia przenoszenia działalności gospodarczej z powrotem do kraju, z którego została pierwotnie przeniesiona; Friendshoring - strategia budowania relacji gospodarczych z krajami, które są sojusznikami geopolitycznymi.

stanowi zagrożenie dla niektórych zawodów), cyfrową formą prowadzenia biznesu (e-commerce), a także zmianą konkurencyjności – w kierunku jej globalizacji i oparcia o informacje. Transformacja cyfrowa w wymiarze społecznym związana jest z rosnącą łącznością społeczeństwa za pomocą technologii i powszechną obecnością TIK w społeczeństwie, a w szczególności w ramach kontaktów międzyludzkich. Głównym narzędziem komunikacji stają się smartfony, dzięki którym możliwe jest nawiązanie kontaktu w dowolnym miejscu i czasie. Nowoczesna łączność międzyludzka wiąże się także z wyzwaniem, takimi jak zapewnienie cyberbezpieczeństwa i prywatności w sieci. Szczególnie w ostatnim okresie coraz częściej wskazuje się na potencjalne zagrożenia, jakie niesie rosnące uzależnienie od systemów sztucznej inteligencji – nadużywanie, wyeliminowanie miejsc pracy, zagrożenia dla bezpieczeństwa, brak odpowiedzialności⁶. Trend cyfryzacji, w szczególności w sektorze opieki zdrowotnej, szczególnie przybrał na sile w czasie pojawienia się pandemii COVID-19.

- rosnąca ilość danych wymagająca nowych sposobów ich analizy (z wykorzystaniem sztucznej inteligencji, czy technologii kwantowych),
- digitalizacja i automatyzacja nowych obszarów życia społecznego,
- uwzględnienie znaczenia i konieczności wspierania cyfryzacji w dokumentach strategicznych (m.in. na poziomie EU są to Program „Cyfrowa Europa”, komunikat o kształtowaniu cyfrowej przyszłości Europy, biała księga sztucznej inteligencji oraz europejska strategia danych).



NASILAJĄCE SIĘ PROCESY MIGRACYJNE

Postępujący proces globalizacji, a także coraz szybsze i tańsze możliwości podróżowania sprawiają, że zjawisko przemieszczania się ludności w celu czasowej lub stałej zmiany miejsca zamieszkania staje się bardziej powszechne. Dlatego też jednym ze stale rozwijających się megatrendów jest zwiększająca się migracja. Głównymi powodami ruchów migracyjnych są przede wszystkim motywacje o charakterze społeczno-ekonomicznym, wynikające z chęci poprawy jakości życia. Do częstych pozaekonomicznych powodów migracji należą prześladowania na tle etnicznym, religijnym, rasowym i politycznym oraz prowadzone działania wojenne. Innym istotnym powodem migracji są kurczące się zasoby naturalne, a także skutki katastrof naturalnych, takich jak trzęsienia ziemi, powodzie, pożary czy susze⁷. Na zwiększenie skali migracji wpływ mają także inne megatrendy, takie jak globalne ocieplenie, rosnąca populacja czy też wzrost napięć międzynarodowych⁸. Przed rozpoczęciem wojny na Ukrainie wywołanej przez Rosję, Polska pozostawała krajem, w którym mieszkało stosunkowo niewielu cudzoziemców. Ważne zezwolenia na pobyt w Polsce w 2021 roku posiadało prawie 460 tys. cudzoziemców⁹. W wyniku wojny, w 2022 roku granicę

Główne czynniki determinujące rozwój trendu:

- zwiększające się dysproporcje w jakości życia i sytuacji ekonomicznej krajów,
- odpływ specjalistów z krajów mniej rozwiniętych do lepiej rozwiniętych,
- zmiany klimatyczne skutkujące migracjami klimatycznymi,
- zagrożenia geopolityczne skutkujące migracjami na tle etnicznym, religijnym, rasowym i politycznym,
- rosnąca populacja w Afryce i w Azji przy jednoczesnym niedoborze zasobów, surowców i wody pitnej.

⁶ W czerwcu 2023 r. Parlament Europejski przyjął swoje stanowisko negocjacyjne w sprawie aktu o sztucznej inteligencji – pierwszego na świecie zestawu kompleksowych przepisów dla zarządzania ryzykiem zw. z AI.

⁷ Global Megatrends: Mapping the Forces that Affect Us All, Oxfam International, 2020.

⁸ Scenariusze rozwojowe Polski w perspektywie roku 2050, 4CF Sp. z o.o., Atmoterm SA, Fundacja Instytut Sobieskiego, MliR, 2019.

⁹ <https://www.gov.pl/web/udsc/cudzoziemcy-w-polsce-po-2020-r> (dostęp: 15.08.2023).

polsko-ukraińską przekroczyło 9,65 mln uchodźców z Ukrainy, a jednocześnie 7,80 mln osób powróciło do Ukrainy¹⁰.



POSTĘPUJĄCA URBANIZACJA, ZWIĘKSZENIE ZNACZENIA MIAST

Utrzymującym się megatrendem jest urbanizacja. Przewiduje się, że prawie 2/3 populacji na świecie mieszkać będzie w miastach do 2030 roku¹¹. W krajach najwyżej rozwiniętych wskaźnik urbanizacji już obecnie przekroczył 80%, a do 2050 roku ma szansę zbliżyć się do 90 proc¹². Polska przejawia odrębne tendencje rozwojowe (spadek udziału ludności w miastach¹³), choć nie są one całkowicie sprzeczne z opisanym megatrendem – postępuje m.in. suburbanizacja, czyli proces decentralizacji terenów miejskich i odpływ ludności miejskiej na przedmieścia lub dalsze peryferia w celu poszukiwania bardziej komfortowych warunków życia. Zbiorowość 954 miast, w tym 302 gminy miejskie i 652 miasta w gminach miejsko-wiejskich, zajmowała w 2021 roku powierzchnię 2 236 506 ha (7,2% powierzchni kraju), co oznacza wzrost o 4% w stosunku do roku 2012¹⁴. W efekcie dochodzi do zjawiska opisywanego jako „rozlewanie się” miasta (ang. *urban sprawl*). Zjawisko to najszybciej postępuje w Europie, w której przyrost wyniósł 51% od 1990 roku. W skali krajów ONZ najwyższy względny wzrost niekontrolowanego rozwoju miast zaobserwowano w Azji Wschodniej, Afryce Zachodniej i Azji Południowo-Wschodniej. Trend ten jest silnie powiązany z poziomem rozwoju społecznego¹⁵. Megatrend wiąże się z szeregiem wyzwań w zakresie rozwoju zrównoważonego społeczeństwa w miastach, efektywnego połączenia terenów podmiejskich z miastami, a także w zakresie ochrony środowiska i zasobów.

Główne czynniki determinujące rozwój trendu:

- większe możliwości rozwoju edukacyjnego i kulturowego niż na obszarach wiejskich,
- zmniejszająca się liczba miejsc pracy w sektorze rolnictwa,
- zmiany źródeł utrzymania ludności, powstawanie nowych zawodów, wzrost zróżnicowania zawodowego,
- zwiększanie się popytu na tanią siłę roboczą w prężnie rozwijających się miastach,
- większe możliwości zarobkowe i zróżnicowany rynek pracy w miastach,
- wzrost popularności „miejskiego stylu życia”,
- rozwój motoryzacji,
- degradacja środowiska terenów wiejskich.

¹⁰ <https://300gospodarka.pl/news/uchodzczy-z-ukrainy-w-polsce-liczba> (dostęp: 15.08.2023).

¹¹ Future State 2030: The global megatrends shaping governments, KPMG, 2014.

¹² Scenariusze rozwojowe Polski w perspektywie roku 2050, 4CF Sp. z o.o., Atmoterm SA, Fundacja Instytut Sobieskiego MliR, 2019.

¹³ Według danych Banku Światowego współczynnik urbanizacji w Polsce w 2022 roku wyniósł 60% (o 1 p.p. w stosunku do 2012 r.). <https://data.worldbank.org> (dostęp: 15.08.2023). Na tle innych krajów rozwiniętych, w których już obecnie wskaźnik urbanizacji przekroczył 80 proc., jest to wynik bardzo niski.

¹⁴ Powierzchnia i ludność w przekroju terytorialnym w 2021 r., GUS, 2021.

¹⁵ Behnisch M., Krüger T., Jaeger J., Rapid rise in urban sprawl: Global hotspots and trends since 1990, 2002; w analizie wykorzystano dane Wspólnego Centrum Badawczego Komisji Europejskiej.



NIEKORZYSTNE ZMIANY DEMOGRAFICZNE

Pod pojęciem niekorzystanych zmian demograficznych rozumie się występowanie w dłuższej perspektywie czasu takich tendencji demograficznych, których efektem jest zmiana struktury społecznej i ekonomicznej¹⁶. Obejmuje to następujące, ukierunkowane i pogłębiające się procesy społeczno-demograficzne:

- postępujący proces starzenia się społeczeństw (w 2019 r. 20,3% ludności UE-27 miała co najmniej 65 lat¹⁷),
- feminizację starości (w 2019 r. w populacji UE-27 było ponad dwukrotnie więcej kobiet w wieku 85 lat i więcej niż mężczyzn z tej grupy wieku¹⁸),
- zmiany struktury ekonomicznych grup wieku (w 2019 r. współczynnik obciążenia demograficznego w UE-27 wynosił 34,1%, co oznacza wzrost o 8,2 p.p. w stosunku do 2001 r.¹⁹).

Główne czynniki determinujące rozwój trendu:

- dłuższa średnia życia²⁰ dzięki rozwojowi społeczno-gospodarczemu,
- dłuższa średnia życia kobiet niż mężczyzn²¹,
- spadek dzietności (w krajach rozwiniętych poniżej progu zastępowalności pokoleń, w krajach rozwijających się – niewiele powyżej tej granicy, ale ze stałą tendencją spadkową)²².



WZROST ZNACZENIA WYSOKIEJ JAKOŚCI ŻYCIA

Coraz większego znaczenia nabierają choroby cywilizacyjne²³, których główną przyczynę stanowi m.in. niebilansowana, wysoko przetworzona dieta, brak ruchu, przewlekły stres oraz zanieczyszczenia środowiska. Coraz ważniejszym czynnikiem wpływającym na stan zdrowia fizycznego i psychicznego jest postępująca cyfryzacja życia, co przekłada się negatywnie na styl życia, relacje międzyludzkie i zdrowie. Szacuje się, że styl życia odgrywa decydującą rolę w ich rozwoju. Jednocześnie – paradoksalnie w opozycji wobec zbyt szybkiego tempa i niezdrowego trybu życia, wzrasta świadomość znaczenia dobrostanu psychicznego i zdrowia psychicznego – jest to megatrend widoczny przede wszystkim w krajach

Główne czynniki determinujące rozwój trendu:

- rosnąca liczba osób chorujących na choroby cywilizacyjne,
- zmiana stylu życia – odejście od reaktywnego do proaktywnego dbania o zdrowie i organizm,
- lekooporność, antybiotykooporność,

¹⁶ M.in. na podst. Mapa trendów 2022, INFUTURE.INSTITUTE, <https://infuture.institute/mapa-trendow/> oraz https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Ageing_Europe_statistics_on_population_developments (dostęp: 9.02.2023).

¹⁷ <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?oldid=510211> (dostęp: 9.02.2023).

¹⁸ Ageing Europe, looking at the lives of older people in the EU, 2020 edition, Statistical Books, EU, Eurostat oraz https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Ageing_Europe_statistics_on_population_developments (dostęp: 09.02.2023).

¹⁹ Tamże.

²⁰ W 2021 r. oczekiwana długość życia w chwili urodzenia w UE wyniosła 80,1 lat, co oznacza spadek z 80,4 w 2020 r. i 81,3 w 2019 r.; za: Mortality and life expectancy statistics, Eurostat, 2023.

²¹ Średnie dalsze trwanie życia kobiet w UE to 82,9, a mężczyzn 77,2; za: Mortality and life expectancy statistics, Eurostat, 2023.

²² Współczynnik dzietności w UE w 2021 r. wyniósł 1,53. Przyjmuje się, iż współczynnik dzietności między 2,10 a 2,15 jest wartością zapewniającą prostą zastępowalność pokoleń; za: Eurostat.

²³ Do chorób cywilizacyjnych zalicza się: cukrzycę, choroby układu krążenia, nowotwory, przewlekłe choroby układu oddechowego, otyłość, choroby umysłowe: zaburzenia lękowe, depresja.

rozwiniętych²⁴. Na znaczeniu zyskują koncepcje takie jak *mental wellbeing* czy *work-life-balance*. Przejawy megatrendu w Polsce są ograniczone, co związane jest m.in. z niską świadomością społeczną w zakresie konieczności dbania o własne zdrowie psychiczne, brakiem powszechnego dostępu do pomocy psychiatrycznej i psychologicznej, a także postrzeganiem chorób psychicznych jako tematu tabu. Jednakże widoczne jest coraz większe zapotrzebowanie na nowoczesne metody leczenia zaburzeń psychicznych – zarówno farmakologicznie, jak i metodami pozafarmakologicznymi.

- dostęp do nowoczesnych technologii medycznych, opieki medycznej,
- wydłużenie średniej życia, co zwiększa potrzebę pozostawania jak najdłużej w dobrej kondycji.



ZMIANY KLIMATU ORAZ ZANIECZYSZCZENIE ŚRODOWISKA

Postępujące zmiany klimatu mają wpływ na aspekty środowiskowe, społeczne i gospodarcze. Zmiany te będą ograniczały dostępność żywności, wody pitnej i energii oraz mogą zagrażać istnieniu niektórych obszarów. Wyniki analiz Międzynarodowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC) wskazują na coraz bardziej intensywny wzrost globalnej temperatury oraz coraz wyższą koncentrację CO₂ w atmosferze²⁵. Wraz ze wzrostem globalnego ocieplenia, regionalne zmiany średnich temperatur i opadów stają się coraz bardziej intensywne. W skali globalnej prognozuje się, że maksymalne opady dobowe nasilą się o około 7% na każdy 1°C globalnego ocieplenia. Istotnym przewidywanym skutkiem jest także zwiększenie częstotliwości susz rolniczych i środowiskowych dla regionów wysychających²⁶. Pod względem degradacji środowiska, obecnie jednym z najważniejszych problemów jest zanieczyszczenie powietrza, którego źródłem jest transport, procesy przemysłowe oraz spalanie paliw w gospodarstwach domowych. Szacuje się, że na całym świecie co roku dochodzi do około siedmiu milionów zgonów związanych z zanieczyszczeniem powietrza²⁷. Także zanieczyszczenie ziemi wynika z działalności człowieka, m.in. przez

Główne czynniki determinujące rozwój trendu:

- degradacja środowiska naturalnego wynikająca z działalności człowieka,
- nasilenie częstotliwości i skali niekorzystnych zjawisk, takich jak katastrofy naturalne (susze, powodzie),
- rozwój wysokoemisyjnego transportu oraz przemysłu,
- ciągły wzrost zapotrzebowania na energię,
- stosowanie paliw kopalnych jako źródła energii – ponad 50 % energii elektrycznej w UE wytwarza się z paliw kopalnych, głównie węgla i gazu ziemnego²⁹,
- powiększanie arealów rolniczych kosztem wycinki lasów.

²⁴ Dziemianowicz W., Kluczowe megatrendy, czyli wielkie siły kształtujące teraźniejszość i przyszłość, [w:] Megatrendy społeczno-gospodarcze w kontekście Koncepcji Rozwoju Kraju 2050. Trendy światowe, 2023.

²⁵ IPCC, 2022: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.00

²⁶ Regiony te obejmują: Zachodnią i Środkową Amerykę Północną, Północną i Południową Amerykę Środkową, Karaiby, Północną i Północno-Wschodnią Amerykę Południową, Monson Południowoamerykański, Południowo-Zachodnią i Południową Amerykę Południową, Europę Zachodnią i Środkową, Morze Śródziemne, Afrykę Zachodnio-Południową i Wschodnio-Południową, Madagaskar, Australię Wschodnią, Australię Południową.

²⁷ <https://www.statista.com/statistics/512148/air-pollution-deaths-globally-by-type/> (dostęp: 06.02.2023).

²⁹ Komunikat Komisji do Rady i parlamentu Europejskiego - Zrównoważona produkcja energii z paliw kopalnych: cel – niemal zerowa emisja ze spalania węgla po 2020 r. COM/2006/0843/.

stosowanie nawozów rolniczych i pestycydów²⁸, górnictwo i składowiska odpadów. Negatywny wpływ na zanieczyszczenie wód mają z kolei odpady z tworzyw sztucznych, spływ pestycydów rolniczych, nieoczyszczone ścieki, czy wycieki paliwa. Przeciwdziałanie megatrendowi stało się jednym z głównych strategicznych kierunków działań rządów na świecie. Obecnie obowiązującą w Unii Europejskiej podstawą inicjatywą mających na celu osiągnięcie do roku 2050 przez UE neutralności klimatycznej, rozumianej jako zerowy poziom emisji gazów cieplarnianych netto, jest Europejski Zielony Ład.



KURCZĄCA SIĘ DOSTĘPNOŚĆ SUROWCÓW

Globalne zapotrzebowanie na różnego rodzaju zasoby naturalne w XX wieku wzrosło dziesięciokrotnie i oczekuje się, że do 2030 roku podwoi się w porównaniu z rokiem 2010³⁰. Zapotrzebowanie na wodę, żywność, energię, ziemię, minerały i rudy będzie nadal znacząco rosło, głównie ze względu na stale rosnącą siłę nabywczą powiększającej się klasy średniej na poziomie globalnym. Dodatkowo wyzwania związane z zaspokojeniem popytu zostaną jeszcze bardziej zaostrzone przez działania na rzecz dostosowania się do zmian klimatów. Surowce są bowiem istotnym elementem do produkcji wielu technologii potrzebnych do obecnie prowadzonej transformacji energetycznej. Kurcząca się dostępność surowców wskazuje na konieczność rozwoju recyklingu mineralnych surowców wtórnych stąd w kontekście gospodarki surowcowej za kluczowe uznaje się przejście na model gospodarki o obiegu zamkniętym, który aktualnie jest szeroko promowany przez Unię Europejską jako obowiązująca koncepcja gospodarowania odpadami.

Główne czynniki determinujące rozwój trendu:

- coraz większe zapotrzebowanie na energię elektryczną,
- ograniczone zasoby nieodnawialnych surowców energetycznych,
- wzrost liczby ludności i dochodów na świecie prowadzący do znacznego wzrostu globalnej konsumpcji materiałów,
- stale rosnąca siła nabywczą powiększającej się klasy średniej, wzrost jakości życia,
- krajowa konsumpcja materialna niższa niż ślad materiałowy w Europie i Ameryce Północnej³¹.

²⁸ <https://www.statista.com/statistics/1263077/global-pesticide-agricultural-use/> (dostęp: 06.02.2023).

³⁰ Megatrends 2040 Volatility, Uncertainty, Resourcefulness, Hellenic Republic, Presidency of the Government, Working Group of Strategic Foresight and Futures Research, 2022.

³¹ Oznacza to, że kraje, aby zaspokoić potrzeby gospodarki, zużywają nie tylko swoje surowce, ale również importowane. Kraje UE zużywają 20% surowców mineralnych dostarczając tylko 3%. Za: Raport 2020 Polska na drodze zrównoważonego rozwoju, GUS SDG, 2020.



DEFICYT WODY PITNEJ

Jednym z zasobów, którego deficyt jest w szczególności odczuwany przez Polskę, jest woda pitna. Globalne potrzeby ze względu na nierównomierne rozmieszczenie trwałych zasobów wodnych są niezaspokojone. Według szacunków ONZ, w ciągu najbliższej dekady dostępność czystej i bezpiecznej wody pitnej może spaść aż o 40%³². Obecnie ponad 2 mld ludzi na świecie nie mają dostępu do czystej wody pitnej, problem ten dotyka 100 mln mieszkańców Europy³³. W blisko połowie krajów UE zasoby świeżej wody są niskie (poniżej 3 tys. m³ na osobę), w tym w Polsce, na Malcie, Cyprze i w Czechach są poniżej poziomu bezpieczeństwa wodnego, tj. granicy, poniżej której kraj uznaje się za zagrożony takim niedoborem wody, według ONZ przyjmuje się wartość 1,7 tys. m³ na mieszkańca³⁴. Problem pogłębia m.in. nieracjonalne gospodarowanie dostępnymi zasobami wody pitnej jak i skutki zachodzących zmian klimatycznych na ziemi³⁵. Zasoby wodne w Polsce są relatywnie niewielkie, a dodatkowo cechuje je zmienność sezonowa, zróżnicowanie obszarowe oraz zanieczyszczenie. Zasoby wodne w Polsce są średnio trzykrotnie mniejsze niż w większości krajów europejskich³⁶. Efektywne wykorzystanie wody stanowi podstawę właściwego zarządzania gospodarką wodną.

Główne czynniki determinujące rozwój trendu:

- zmiany klimatu i zwiększanie się częstotliwości ekstremalnych zjawisk pogodowych, które będą powodowały niedosyt lub nadmiar wody,
- wzrost liczby ludności i zwiększone zapotrzebowanie na produkty rolne, przemysłowe oraz wodę do celów konsumpcyjnych i domowych,
- nieprawidłowe gospodarowanie zasobami wody, błędne decyzje człowieka (np. nadmierna eksploatacja, trwonienie wody pochodzącej z zasobów podziemnych lub zbiorników retencyjnych),
- zanieczyszczenia wód nawozami, odpadami przemysłowymi i komunalnymi.



UTRATA BIORÓŻNORODNOŚCI

Kolejnym utrzymującym się megatrendem w wymiarze ekologicznym jest utrata różnorodności biologicznej. Istota problemu wynika z faktu, iż im bardziej zróżnicowane środowisko przyrodnicze, tym jest stabilniejsze, lepiej funkcjonuje, jest odporne na zachodzące zmiany. W ciągu ostatniej dekady odnotowano spadek liczebności w odniesieniu do około 42% gatunków zwierząt i roślin lądowych, w przypadku których śledzone są trendy dotyczące populacji³⁷. Co najmniej milion gatunków zwierząt i roślin - więcej niż

Główne czynniki determinujące rozwój trendu:

- nadmierna eksploatacja zasobów naturalnych,
- zmiana sposobu użytkowania gruntów (np. wylesianie, intensywna gospodarka monokulturowa),

³² Za: Raport 2020 Polska na drodze zrównoważonego rozwoju, GUS, 2021.

³³ <https://raportsdg.stat.gov.pl/2020/cel6.html> oraz <https://www.gov.pl/web/polskapomoc/dostep-do-wody-w-krajach-rozwijajacych-sie> (dostęp: 06.02.2023).

³⁴ <https://raportsdg.stat.gov.pl/2020/cel6.html> (dostęp: 06.02.2023).

³⁵ <https://raportsdg.stat.gov.pl/2020/cel6.html> (dostęp: 06.02.2023).

³⁶ Wielkość odnawialnych zasobów wody słodkiej przypadająca na 1 mieszkańca Polski (średnia wartość z wielolecia) wynoszą ok. 1580 m³/rok/mieszkańca, co wskazuje na zagrożenie stresem wodnym. Za: Raport 2020 Polska na drodze zrównoważonego rozwoju, GUS 2021.

³⁷ Działania w obronie interesów natury – Kompendium informacyjne. Utrata bioróżnorodności, ochrona przyrody i działania Unii Europejskiej na rzecz natury, Komisja Europejska, 2021.

jeden na osiem - jest już zagrożonych globalnym wyginięciem. Odsetek gatunków obecnie zagrożonych wyginięciem w skali globalnej (tj. umieszczonych na Czerwonej Liście IUCN jako narażone, zagrożone lub krytycznie zagrożone) wynosi średnio około 25% (wartości dla różnych gromad wahają się od 7,4% do 63,2%)³⁸. Utrata bioróżnorodności stanowi wielopłaszczyznowy problem: klimatyczny, zdrowotny, gospodarczy, problem bezpieczeństwa (utrata zasobów naturalnych może prowadzić do konfliktów), problem bezpieczeństwa żywnościowego, etyczny, międzypokoleniowy, moralny. Konieczność powstrzymania procesu utraty bioróżnorodności jest obecnie przedmiotem intensywnych prac na arenie międzynarodowej, zarówno w Europie³⁹, jak i na całym świecie⁴⁰.

- urbanizacja, rozwój sieci transportowej,
- zmiany klimatu,
- zanieczyszczenie środowiska, skażenia, użytkowanie pestycydów,
- inwazyjne gatunki obce,
- utrata i degradacja, a także fragmentacja siedlisk przyrodniczych.



ROZWÓJ ZRÓWNOWAŻONEGO ROLNICTWA

W obliczu kryzysu klimatycznego, deficytu wody oraz utraty bioróżnorodności z jednej strony, a także postępu technologicznego i dążeniu do wysokiej jakości żywności z drugiej, jednym ze wzrostowych trendów na świecie jest wzrost wydajności rolnictwa oraz minimalizowanie jego negatywnego wpływu na środowisko lub nieracjonalnego wykorzystania zasobów naturalnych przy uprawach (zwłaszcza wody). Celem zrównoważonego rolnictwa jest zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego i jak najszerzego dostępu do wysokiej jakości pożywienia. Megatrend jakim jest zrównoważony rozwój rolnictwa rozwija się w Polsce wolnej i napotyka na znaczące ograniczenia, takie jak: niska rentowność działalności gospodarstw, duże rozdrobnienie gospodarstw w części województw (w szczególności podkarpackie, małopolskie, świętokrzyskie⁴¹), niska innowacyjność, niski kapitał

Główne czynniki determinujące rozwój trendu:

- bogacenie się społeczeństwa i stale rosnące zapotrzebowanie na „prozdrowotną żywność” (np. żywność funkcjonalną), rosnący popyt konsumpcyjny na produkty ekologiczne,
- zmiany klimatu i deficyt wody zmuszające do zmian w zarządzaniu w rolnictwie,
- polityka państw wspierająca minimalizowanie negatywnego wpływu rolnictwa na środowisko (w UE jest to Wspólna polityka rolna, Europejski Zielony Ład).

³⁸ Działania w obronie interesów natury – Kompendium informacyjne. Utrata bioróżnorodności, ochrona przyrody i działania Unii Europejskiej na rzecz natury, Komisja Europejska, 2021.

³⁹ M.in. Unijna strategia na rzecz bioróżnorodności 2030. Przywracanie przyrody do naszego życia; COM/2020/380 final; Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/147/WE z dnia 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa (tzw. dyrektywa ptasia); Dyrektywa Rady 92/43/EWG w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory (tzw. dyrektywa siedliskowa); Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej; Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/56/WE z dnia 17 czerwca 2008 r. ustanawiająca ramy działań Wspólnoty w dziedzinie polityki środowiska morskiego.

⁴⁰ M.in. Globalne ramy bioróżnorodności na okres po 2020 roku przyjęte w grudniu 2022 na 15. Konferencji ONZ w sprawie Różnorodności Biologicznej (COP 15).

⁴¹ Średnia powierzchnia użytków rolnych przypadająca na 1 gospodarstwo w 2020 r. poniżej 6,26 ha (dane GUS, Charakterystyka gospodarstw domowych rolników na podstawie połączonych danych z PSR 2020 i NSP 2021).

społeczny i niska świadomość ekologiczna rolników, mała liczba ekologicznych gospodarstw certyfikowanych⁴².

4 ZNACZENIE MEGATRENDÓW DLA ROZWOJU TECHNOLOGII W POLSCE

W niniejszym rozdziale odniesiono się do głównych wyzwań technologicznych dla Polski. Osadzając zidentyfikowane megatrendy w warunkach Polskich i dokonując oceny charakteru ich wpływu na rozwój społeczno-gospodarczy zidentyfikowano bazowy scenariusz rozwoju, dla którego określona została wizja rozwojowa. Analiza dokumentów źródłowych oraz opinie ekspertów dotyczące możliwych zmian w kształtowaniu się megatrendów pozwoliły na wskazanie ramowej struktury dla pesymistycznego i optymistycznego rozwoju. Identyfikacja wyzwań technologicznych prowadzona była niezależnie od budowanych scenariuszy i uwzględnia kluczowe technologie, które w najbliższych latach będą rozwijane na świecie, a w szczególności w Unii Europejskiej. Wyzwania te skonfrontowane z potencjałem naukowym i gospodarczym Polski pozwoliły na wyznaczenie głównych dziedzin i kluczowych obszarów technologicznych. Rozdział 5 stanowi dopełnienie przeprowadzonych analiz, w którym dla scenariusza bazowego opracowano ścieżkę rozwoju technologicznego. Rozdział 6 dopełnia analizę wskazując na ogólne, ciągle aktualne pomimo upływu czasu, bariery rozwoju.

Zidentyfikowane w poprzednim rozdziale megatrendy poddano eksperckiej ocenie w badaniu delfi, w którym udział wzięło 139 ekspertów reprezentujących sferę badawczą i gospodarczą w różnych dziedzinach, co pozwoliło na opracowanie scenariusza bazowego wpływu megatrendów na rozwój społeczno-gospodarczy w perspektywie 2030 i 2040 roku. Dla obu perspektyw czasowych uzyskane wyniki były zbliżone.

Tabela 1 Bazowa ocena wpływu megatrendów na rozwój społeczno-gospodarczy w Polsce w perspektywie 2030 i 2040 roku

Zdecydowanie pozytywny	Pozytywny	Neutralny/ nieokreślony	Negatywny	Zdecydowanie negatywny
Transformacja cyfrowa, w tym opieki zdrowotnej Rozwój zrównoważonego rolnictwa	Znaczenie wysokiej jakości życia Postępująca urbanizacja Deglobalizacja	Globalizacja	Kurczenie się dostępności surowców Nasilające się procesy migracyjne Wzrost napięć międzynarodowych i politycznych	Utrata bioróżnorodności Deficyt wody pitnej Zmiany klimatu i zanieczyszczenie środowiska Niekorzystne zmiany demograficzne

Źródło: badanie delfickie, n=139

Zauważalnym jest, że eksperci jako negatywnie wpływające na rozwój społeczno-gospodarczy zaklasyfikowali megatrendy związane z **klimatem i środowiskiem** oraz **zmianami demograficznymi i migracją**. Oznacza to, że w perspektywie 2040 roku oczekuje się pogłębienia zagrożeń klimatycznych i środowiskowych oraz nasilenie ruchów migracyjnych, które wywołane będą globalnymi konfliktami, w

⁴² Udział powierzchni ekologicznych użytków rolnych z certyfikatem w gospodarstwach ekologicznych w powierzchni użytków rolnych jest marginalny – w 2016 r. wyniósł 2,96% (GUS BDL).

wyniku **transformacji geopolitycznej** lub zmianami klimatycznymi. Eksperci oczekują również, że utrzyma się luka pokoleniowa i pogłębi się kryzys wywołany starzeniem się społeczeństwa.

Pozytywnie oceniono megatrendy związane z **rozwojem cyfryzacji i zrównoważonego rolnictwa** oraz dążeniem społeczeństw do **poprawy jakości życia i urbanizacją**. Oznacza to w perspektywie 2040 roku dalszy intensywny rozwój technologii ICT, które przenikać będą wszystkie sfery życia społeczno-gospodarczego ułatwiając życie mieszkańców. Jednocześnie potwierdzony został globalny trend związany z urbanizacją i metropolizacją ośrodków miejskich, co wzmacnia zapotrzebowanie na wysokiej jakości usługi publiczne i zapotrzebowanie na energię.

Kolejnym etapem było ustalenie w oparciu o analizę badań foresight i raporty jakie są możliwe zmiany wpływu megatrendu i na tej podstawie określono scenariusz optymistyczny i pesymistyczny. Megatrendy zostały skonfrontowane ze zmianami zachodzącymi w Polsce⁴³, co pozwoliło na sformułowanie **wyzwań** związanych z rozwojem technologicznym. Wyzwania technologiczne opracowano w oparciu o krytyczny przegląd literatury oraz opinie zebrane od ekspertów w toku prowadzonego badania. Zaadresowane **wyzwania stanowią punkt wyjścia** do określenia dziedzin naukowo – gospodarczych, w ramach których realizowany będzie rozwój technologii.



GLOBALIZACJA



Polska wobec megatrendu

Trudno wskazać jednoznacznie jak globalizacja wpływa na polskie trendy rozwojowe. Można zaobserwować, że działania Polski wobec globalizacji będą **koncentrowały się na wykorzystaniu i wzmacnianiu istniejących potencjałów**, czyli między innymi zmianach w strukturze polskiego eksportu i importu. Za kluczowe usługi eksportowe Polski uznaje się **usługi transportowe** i *Business Process Outsourcing*, zaś w kontekście eksportu towarów **eksport maszyn** i **towarów przemysłowych** sklasyfikowanych według surowca, różnych **wyrobów przemysłowych, żywności/zwierząt** oraz **produktów chemicznych**. Rosnące ceny żywności na świecie sprzyjają **wzrostowi polskiego eksportu żywności**. Atutem dla krajowych eksporterów jest położenie geograficzne Polski, umożliwiające firmom z Europy Zachodniej szybkie zastąpienie brakujących komponentów – tradycyjnie produkowanych na Dalekim Wschodzie – przez ich polskie zamienniki.



Kierunki zmian we wpływie megatrendu na rozwój społeczno-gospodarczy

Bazowy	↔	Trudno ustalić precyzyjnie zmiany jakie będą zachodzić w tym megatrendzie, głównie ze względu na współistnienie antagonistycznych skutków jakie wywołują zjawiska pojawiające się na świecie i w Polsce.
Pesymistyczny	↔	Przegląd literatury wskazuje, że globalizacja będzie postępować i doprowadzić ma do wzrostu integracji regionalnej (ekonomicznej i handlowej) między krajami w obrębie określonych regionów oraz wzrostu
Optymistyczny	↔	liczby konfliktów , w tym zbrojnych i możliwość wystąpienia konfliktu globalnego. Dla wszystkich scenariuszy przyjęto wpływ neutralny.

⁴³ Dziemianowicz W., Jurkiewicz I. (red.), Megatrendy społeczno-gospodarcze w kontekście Koncepcji Rozwoju Kraju 2050. Trendy światowe, Instytut Rozwoju Miast i Regionów, 2023.



Wyzwania technologiczne wynikające z megatrendu dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski

- Konkurowanie na globalnym rynku wymaga **inwestycji w zaawansowane technologie, innowacje i wysoko wykwalifikowaną siłę roboczą**, aby utrzymać konkurencyjność i zdolność do przyciągania inwestycji zagranicznych.
- Rosnący handel elektroniczny wymaga **zaawansowanych technologii logistycznych i ICT**, takich jak inteligentne systemy monitorowania i zarządzania dostawami, aby zapewnić szybką i efektywną dostawę towarów. Rozwój handlu elektronicznego pociąga za sobą również rozwój **technologii transportowych oraz technologii związanych z powstawaniem i utrzymaniem nowej infrastruktury** zarówno liniowej jak i punktowej oraz środków transportu.
- Dostosowanie procesów produkcyjnych do **globalnych standardów efektywności i jakości**, w tym wykorzystując **automatyzację, robotykę i technologie zaawansowanej produkcji** to wyzwanie stawiane przed polskimi przedsiębiorstwami.
- Globalizacja wymaga również aktywnego **uczestnictwa w międzynarodowych projektach badawczych i rozwojowych**, aby mieć dostęp do najnowszych osiągnięć nauki i technologii oraz wypracować innowacyjne rozwiązania.



DEGLOBALIZACJA



Polska wobec megatrendu

Wzrost znaczenia deglobalizacji jest wynikiem **coraz częstszych konfliktów w różnych regionach świata oraz napięć politycznych i kryzysów klimatycznego i zdrowotnego**, którego aktualnie doświadcza świat. Inwazja Rosji na Ukrainę, którą poprzedzał spór handlowy Stanów Zjednoczonych z Chinami oraz kryzys z 2020 r. wywołany przez wirus SARS-CoV-2 to najistotniejsze zdarzenia, które wpłynęły na Polskę. W wyniku pandemii Covid-19 światowa i Polska **gospodarka napotkały na ograniczenia o nowej charakterystyce i skali**, przerwane łańcuchy dostaw i ograniczenia w przemieszczaniu spowodowały, że Polska **poszukiwała nowych, alternatywnych źródeł produktów**. Wojna na Ukrainie i nałożone na Rosję sankcje spowodowały odczuwalne **trudności w dostępie do surowców energetycznych** i wymagały zawarcia **nowych sojuszy i rozwijania technologii**, które w przyszłości mogą uchronić Polskę przed kryzysem energetycznym.



Kierunki zmian we wpływie megatrendu na rozwój społeczno-gospodarczy

Bazowy



Pesymistyczny



Optymistyczny



W zakresie deglobalizacji dostrzec można **narastający protekcyjizm**, który może skutkować **ograniczeniem handlu międzynarodowego i wzrostem barier w handlu oraz rekonsolidację produkcji**, która wynika głównie ze wzrostu kosztów transportu i zmieniających się priorytetów strategicznych firm, które **wycofują się z globalnych łańcuchów dostaw** na rzecz bardziej **lokalnych i regionalnych rozwiązań**. W ocenie ekspertów trend ten będzie miał negatywny wpływ i może się pogłębiać. Dla scenariusza bazowego i pesymistycznego przyjęto wpływ negatywny, natomiast dla optymistycznego neutralny, który wynika z możliwości zahamowania trendu.



Wyzwania technologiczne wynikające z megatrendu dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski

- **Ograniczenia w transferze technologii i współpracy międzynarodowej** mogą utrudnić Polsce dostęp do nowoczesnych rozwiązań technologicznych, które byłyby korzystne dla rozwoju różnych sektorów gospodarki.
- Konieczność **budowania lokalnych zdolności produkcyjnych** dla uniezależnienia od importu i międzynarodowych partnerów, wymaga podejmowania zdywersyfikowanych działań w różnych dziedzinach.
- **Ograniczenia w międzynarodowej mobilności pracowników** mogą prowadzić do utrudnienia transferu wiedzy, doświadczenia i umiejętności między krajami.
- **Wzrost kosztów i trudności w pozyskiwaniu surowców i komponentów** wynikające z ograniczenia w handlu i zwiększający się protekcyjizm mogą prowadzić do zakłóceń w produkcji i pogorszeniu jakości życia, w szczególności może to dotyczyć **surowców energetycznych**, stąd konieczność zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego przez rozwijanie dostępu do technologii związanych z OZE i energetyki atomowej.



WZROST NAPIĘĆ MIĘDZYNARODOWYCH I POLITYCZNYCH



Polska wobec megatrendu

Kryzys związany z pandemią COVID-19, nasilone migracje w skali globalnej, kwestionowanie integracji europejskiej, rosnące wpływy Chin, sprzeczne interesy największych mocarstw, rosnące zagrożenie terroryzmem, zmiany klimatu to tylko niektóre czynniki, które także mogą wpływać na wzrost napięć międzynarodowych i politycznych. Polska **pomimo rosyjskiej agresji na Ukrainę** oraz pojawiających się światowych napięć znajduje się w stosunkowo bezpiecznym położeniu. **Członkostwo w NATO i UE** stanowi swoistego rodzaju bufor bezpieczeństwa dla kraju dając przestrzeń do wsparcia obronności i demokracji w innych krajach. **Terroryzm i napięcia wewnętrzne** również nie osiągnęły w Polsce tak znaczącej skali jak w innych krajach (np.: Francja, Hiszpania). Nie zwalnia to jednak z konieczności **ciągłego doskonalenia i rozwijania potencjału** Polskich Sił Zbrojnych oraz służb wewnętrznych oraz podtrzymywania w ciągłej gotowości do realizacji zadań obronnych i porządkowych, które w związku ze zmianą charakteru zagrożeń **powinny korzystać z najnowszych rozwiązań technologicznych**. **Gotowość do szybkiej reakcji** w sytuacjach kryzysowych, w tym związanych z kryzysami humanitarnymi będącymi następstwami konfliktów lub klęskami żywiołowymi jak i bieżące zapewnienie porządku **uzasadnia konieczność rozwijania technologii związanych z obronnością i bezpieczeństwem**, które umożliwiać będą również zwalczanie ciągle nowych i intensywnie rozwijających się form przestępczości, w tym w szczególności występującej w przestrzeni wirtualnej i cyberterroryzm.



Kierunki zmian we wpływie megatrendu na rozwój społeczno-gospodarczy

Bazowy



Znaczenie wzrostu napięć międzynarodowych i politycznych jest ważne dla stabilności i bezpieczeństwa Polski na arenie międzynarodowej. Głównych oddziaływań wynikających z megatrendu w stosunku do Polski można oczekiwać w **zmianach związanych ze współpracą międzynarodową, rozwojem gospodarki i handlu oraz potrzebami w zakresie bezpieczeństwa**. Potencjalne zmiany jakie można będzie zaobserwować w przypadku tego megatrendu to **przesunięcie siły i wpływu między krajami lub regionami** i związany z tym **wzrost gospodarczy i militarny niektórych państw wschodzących**, takich jak Chiny czy Indie, następnie **rekonsolidację bloków politycznych i wzmacnianie współpracy między krajami** o podobnych interesach, co wpłynie na równowagę globalnych sojuszy i współzależności (miedzy innymi w Unii Europejskiej, NATO, ONZ, OBWE czy Światowej Organizacji Handlu), **zmiany w globalnych łańcuchach wartości** w związku z poszukiwaniem nowych źródeł surowców i produktów dla polskiej gospodarki. Trwające już konflikty w różnych częściach świata, w tym w szczególności na Ukrainie mogą wzmocnić **roszczenia terytorialne**, szczególnie w obszarach strategicznych dla bezpieczeństwa i surowców, lub **indoktrynację ideologiczną** ze strony ruchów populistycznych. Biorąc pod uwagę opinie ekspertów trend ten nie ulegnie zahamowaniu, a konflikty będą narastały, niemniej pozycja Polski dzięki zawartym sojuszom jest względnie stabilna, dlatego też scenariusza bazowego i pesymistycznego przyjęto wpływ negatywny, natomiast dla optymistycznego neutralny.

Pesymistyczny



Optymistyczny



Wyzwania technologiczne wynikające z megatrendu dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski

- **Rozwijanie zaawansowanych technologii cyberbezpieczeństwa**, w tym systemów wykrywania intruzów, zabezpieczeń sieci oraz szybkich reakcji na incydenty, aby zapewnić ochronę kluczowych sektorów gospodarki i infrastruktury krytycznej.
- Kontynuacja **modernizacji swoich sił zbrojnych** w oparciu o struktury krajowych producentów i firm naprawczo-remontowych oraz bazy specjalistów w sektorze obronności.
- **Uniezależnienie od zewnętrznych dostawców**, co wymaga **inwestycji w zaawansowane technologie wojskowe**, takie jak systemy obrony przeciwrakietowej, drony, nowoczesne uzbrojenie czy systemy rozpoznania. Konieczne jest również rozwijanie zdolności obronnych w obszarze cyberwojskowości oraz hybrydowej wojny.
- **Rozwój technologii satelitarnych** stanowi istotne wyzwanie dla Polski. Inwestowanie w zdolności satelitarne, takie jak obserwacja Ziemi, komunikacja i nawigacja, aby zwiększyć zdolności monitorowania sytuacji na granicach oraz w regionie, a także zapewnić niezależność w komunikacji i nawigacji są ważne dla zapewnienia bezpieczeństwa kraju.
- **Zwiększenie zdolności szybkiego reagowania i mobilizacji**. Rozwój transportu wojskowego, infrastruktury logistycznej oraz systemów komunikacji jest niezbędny, aby umożliwić szybkie przemieszczanie się sił zbrojnych w przypadku nagłego zagrożenia.
- **Zwiększenie zaangażowania się w partnerstwa** z sojusznikami i organizacjami międzynarodowymi w celu wymiany informacji, wspólnego trenowania oraz koordynacji działań obronnych.



Polska wobec megatrendu

Hiperłączość i transformacja technologiczna są jednym z głównych trendów⁴⁴, które będą determinowały rozwój Europy. Unia Europejska stawia sobie za cel bycie **globalnym liderem transformacji cyfrowej** widząc związane z nią nowe, atrakcyjne rynki, które pozwoli na stworzenie nowych rodzajów miejsc pracy. W Polsce zaobserwować można znaczącą skłonność podmiotów sektora prywatnego i publicznego oraz indywidualnych konsumentów do **przenoszenia swoich działań do sfery cyfrowej**. Przyjęta w Polsce **Polityka dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce od roku 2020**, stanowi przełomowy dokument kierunkujący **rozwój polskich technologii cyfrowych**. Wzrasta liczba oferowanych w kraju usług i produktów, a także poszczególnych aktywów, poza sferą materialną. Rzeczywistością polskiej gospodarki są **cyfrowe portfele, wirtualne banki, waluty internetowe, tokenizacja, transakcje bezgotówkowe i bezosobowe**, co wskazuje, że perspektywie najbliższych lat **sektor finansowy będzie dostępny jedynie w rzeczywistości wirtualnej**. Wymaga to jednak wypracowania **rozwiązań regulacyjnych i legislacyjnych**, które zapewnią **stabilność i zaufanie** do tej formy świadczenia usług. Transformacja cyfrowa jest również napędzana przez społeczeństwo, które pod wpływem **wprowadzania codziennych czynności do świata cyfrowego** rozwija we własnym zakresie, ale i domaga się ustrukturalizowanych działań na rzecz rozwijania **kompetencji cyfrowych – w wymiarze międzypokoleniowym**. To oczywiście wpływa na skalę przemian zachodzących w polskim przemyśle, który jak dotychczas oparty był przede wszystkim na tradycyjnych sektorach wytwarzających produkty o niskiej wartości dodanej, a który **usprawniając dotychczasowe procesy lub projektując nowe zmuszony jest do inwestowania w rozwiązania cyfrowe, automatyzację i digitalizację produkcji**. Polska jako **jeden z największych eksporterów usług ICT**, uzyskując z nich ponad 6 mld dolarów, wobec globalnego eksportu sektora ICT kształtującego się na poziomie 536 mld dolarów nadal cechuje się niskim poziom innowacyjności, wynikający m.in. z niewielkiego popytu na nowe technologie wśród polskich firm. W dobie rozwoju technologii cyfrowych oraz starzenia się społeczeństwa Polska staje przed koniecznością **stworzenia warunków technicznych i kompetencyjnych**, w tym rozwoju **technologii kwantowych, przemysłu 4.0 i IoT** zapewniających dużo większe moce obliczeniowe. Dynamiczny rozwój niesie ze sobą zagrożenia w postaci **cyberprzestępczości**, które wymagać będą w polskiej legislaturze **wypracowania nie tylko nowych rozwiązań regulacyjnych, ale i narzędzi dla zabezpieczenia ich przestrzegania**.



Kierunki zmian we wpływie megatrendu na rozwój społeczno-gospodarczy

Bazowy



Transformacja cyfrowa ma obecnie bardzo duże znaczenie dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski. Rozwój technologii cyfrowych i ich wdrażanie w różnych dziedzinach życia może przynieść szereg korzyści, takie jak **wzrost efektywności, ułatwienie codziennego życia, rozwój nowych usług i możliwości biznesowych**. Niesie jednak również zagrożenia takie jak **bezpieczeństwo danych, zmiany w rynku pracy, równości w dostępie do technologii i polaryzacji społeczeństwa**. Prognozowane kierunki zmian

⁴⁴ Communication from the Commission to the European Parliament and the Council 2021. Strategic Foresight Report The EU's capacity and freedom to act, COM/2021/750 final.

Pesymistyczny



obejmują rozwój sztucznej inteligencji i automatyzacji prowadzące do zmian w sektorach gospodarki, a co za tym idzie pojawienia się **negatywnych skutków cyfryzacji jak wzrost bezrobocia i wykluczenie społeczne**. Rozwój zaawansowanych algorytmów, uczenia maszynowego i robotyki może prowadzić do **zwiększenia efektywności produkcji i usług**, ale także stawiać wyzwania związane z **przyszłością rynku pracy i kwestiami etycznymi**. c przyczyni się do **zwiększenia liczby połączonych urządzeń i możliwości komunikacyjnych**, co pozwoli na doskonalsze monitorowanie i zarządzanie infrastrukturą, zdalne usługi, a także przyczyni się do **powstania inteligentnych miast i inteligentnych rozwiązań w różnych dziedzinach życia**, przez co spodziewać się można **poprawy jakości życia ludzi**. Jednym z głównych niebezpieczeństw jakie niesie transformacja cyfrowa to **cyberbezpieczeństwo**. Rozwiązanie problemów związanych z tą formą przestępczości wymagać będzie **aktywnych form ochrony danych osobowych i wprowadzenia mechanizmów**. Dla wszystkich scenariuszy przyjęto wpływ pozytywny wynikający z rosnącego zapotrzebowania na technologie cyfrowe w wszystkich dziedzinach.

Optymistyczny



Wyzwania technologiczne wynikające z megatrendu dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski

- Brak wystarczających kompetencji cyfrowych w społeczeństwie powoduje, że Polska musi **skoncentrować się na edukacji i szkoleniach cyfrowych**, aby przygotować pracowników i obywateli do korzystania z nowych technologii oraz zdobywania umiejętności niezbędnych w gospodarce opartej na cyfrowości. Dlatego też **rozwój programów edukacyjnych skupionych na kodowaniu, analizie danych czy sztucznej inteligencji** jest nieodzowny.
- **Inwestycje w infrastrukturę telekomunikacyjną**, która zapewni **szybki i niezawodny dostęp do szerokopasmowego internetu** jest kluczowy dla rozwoju gospodarki cyfrowej. Konieczna jest kontynuacja prac nad rozbudową sieci telekomunikacyjnych ich przepustowością, w tym technologii 5G, oraz zapewnienie **równego dostępu do cyfrowych usług** dla mieszkańców zarówno w miastach, jak i na obszarach wiejskich.
- W miarę jak coraz więcej informacji przechodzi do przestrzeni cyfrowej, konieczne jest wprowadzanie **skutecznych mechanizmów ochrony danych oraz zgodnych z przepisami regulacji prywatności**. W tej perspektywie istotne jest zwiększenie inwestycji w **rozwój technologii szyfrowania, bezpiecznych systemów komunikacji i narzędzi do monitorowania cyberzagrożeń**.
- Rosnącą cyfryzacja gospodarki wzrost narażania na **ataki cybernetyczne** ze strony państw lub grup przestępczych. Rozwój zaawansowanych **technologii i narzędzi do wykrywania i odpierania ataków cybernetycznych** oraz inwestycje w **zabezpieczenia infrastruktury krytycznej** są niezbędne.
- Rozwój **sektora e-commerce oraz transformacja tradycyjnych modeli biznesowych** na cyfrowe to wyzwanie przed jakim stają przede wszystkim małe i średnie przedsiębiorstwa. Ich adaptacja do nowej rzeczywistości cyfrowej poprzez **dostęp do narzędzi e-commerce, platform sprzedażowych oraz szkoleń z zakresu e-biznesu** jest procesem trudnym i pracochłonnym, który powinien być podejmowany jak najwcześniej.



Polska wobec megatrendu

Dokumentem strategicznym w ochronie zdrowia w Polsce jest **Zdrowa Przyszłość. Ramy strategiczne rozwoju systemu ochrony zdrowia na lata 2021–2027, z perspektywą do 2030 r.** Wymienione w nim działania związane z cyfryzacją zakładają m.in. **szersze wykorzystanie rozwiązań telemedycznych, rozwój usług cyfrowych zwiększających dostępność do świadczeń opieki zdrowotnej, rozwój narzędzi teleinformatycznych** (e-usługi, infolinia, centra telemonitoringu) wspierających proces nawigowania pacjenta oraz wymiany informacji w systemie. Jednocześnie **dane zdrowotne gromadzone w Polsce przyrastają** w ogromnym tempie. Narodowy Fundusz Zdrowia szacuje w swoich zasobach około **6,5 mld wpisów związanych ze zdrowiem Polaków**, a zbiór ten powiększa się o kolejne **1,5 mld wpisów każdego roku**. Istotnym staje się więc wypracowanie konkretnych **rozwiązań zapewniających zbieranie, porządkowanie i udostępnianie danych** bez hamowania dalszego rozwoju technologicznego jaki umożliwiają ICT. Największym ograniczeniem rozwoju technologii cyfrowych w opiece zdrowotnej jest **przewlekłe jej niedofinansowanie** przez co transformacja cyfrowa w opiece zdrowotnej w Polsce postrzegana jest często najwyżej jako **wprowadzenie e-recepty albo EDM** (e-dokumentacja medyczna). Jednakże Ministerstwo Zdrowia podejmuje się realizacji różnych przedsięwzięć związanych z upowszechnieniem technologii ICT **testując różne technologie do monitorowania zdrowia** np.: pulsoksymetrii oraz e-spirometrii czy też realizując **programy monitorowania zdrowia** np.: SmartDoktor – monitoring dzieci i młodzieży z niedoborami odporności. Terapie cyfrowe (DTx) skutecznie wypierają również niektóre tradycyjne farmakoterapie stając się **nową formą opieki medycznej**, która znajduje zastosowanie w **leczeniu chorób przewlekłych**. Przedstawione założenia w zakresie założenia tzw. Europejskich Przestrzeni Danych Zdrowotnych (EHDS) będą wymagały **dalszego rozwoju technologii cyfrowych**, by w przyszłości ułatwić **transgraniczną wymianę danych pacjentów w ramach UE** (e-recepty i podsumowania kartotek medycznych) i **wtórne przetwarzanie danych zdrowotnych** m.in. w celu rozwoju nowych rozwiązań e-zdrowia i badań naukowych.



Kierunki zmian we wpływie megatrendu na rozwój społeczno-gospodarczy

Bazowy



Rozwój technologii cyfrowych i sztucznej inteligencji będzie odgrywać ważną rolę w transformacji polskiej opieki zdrowotnej. Oczekuje się między innymi, że **rozwiązania w zakresie zbierania i analizy danych pozwolą na rozwój diagnostyki i wprowadzanie terapii dostosowywanych do indywidualnych potrzeb**. Wprowadzone zostaną **zaawansowane technologie medyczne**, takich jak biodrukowanie, sztuczne narządy i inżynieria tkankowa oraz **zdalne prowadzenie zabiegów chirurgicznych**. Obszarem szczególnej troski jest **zdrowie psychiczne Polaków**, które ze względu na liczbę bodźców i stres nasilające się w związku z pandemią i COVID-19, **wymaga ciągłego monitorowania i wsparcia**, co znacząco **ułatwić mogą aplikacje i platformy cyfrowe**. Powstające mobilne urządzenia diagnostyczne i telemedycyna stają się powszechne, umożliwiając **zdalną diagnozę, monitorowanie pacjentów oraz szybszy**

Pesymistyczny



Optymistyczny 

dostęp do opieki medycznej, zwłaszcza w obszarach peryferyjnych, a zastosowanie **medycyny predykcyjnej i zapobiegawczej wpłynie na ograniczenie ryzyka chorób** oraz wczesne interwencje medyczne. Rozwój technologii cyfrowych w medycynie jest jednakże silnie obciążony **problemami etycznymi i bezpieczeństwa danych wrażliwych**, co zapewne stanie się przedmiotem **regulacji, które mogą hamować ich rozwój**. Dla wszystkich scenariuszy przyjęto wpływ pozytywny wynikający z rosnącego zapotrzebowania na technologie cyfrowe w wszystkich dziedzinach oraz dynamicznego ich rozwoju w medycynie.



Wyzwania technologiczne wynikające z megatrendu dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski

- **Zapewnienie równego dostępu do cyfrowych usług zdrowotnych.** W miarę jak medycyna coraz bardziej korzysta z technologii ICT, istnieje ryzyko, że osoby starsze, mniejsze miasta czy obszary wiejskie w Polsce mogą być wykluczone z korzystania z nowoczesnych rozwiązań zdrowotnych, dlatego tak ważnym jest zapewnienie, by wszyscy obywatele mieli równy dostęp do telemedycyny, elektronicznych kart pacjenta i innych cyfrowych usług medycznych.
- Przechowywanie i przetwarzanie danych medycznych w formie elektronicznej wiąże się z **ryzykiem naruszenia prywatności i wycieku informacji**. Wprowadzenie zaawansowanych technologii szyfrowania, bezpiecznych systemów przesyłania danych oraz ściśle regulowanych procedur w celu zapewnienia bezpieczeństwa danych medycznych pacjentów to wyzwanie dla zastosowania technologii ICT w medycynie.
- Wprowadzenie elektronicznych kart pacjenta, systemów zarządzania medycznymi danymi oraz e-recept może **poprawić efektywność opieki zdrowotnej**, jednakże wymaga koordynacji między różnymi instytucjami i rozwijania spójnych platform cyfrowych.
- Rozwój technologii ICT w medycynie wymaga zwrócenia uwagi na **kompetencje cyfrowe personelu medycznego**, który powinien posiadać odpowiednie umiejętności w obszarze stosowania tej grupy technologii, aby skutecznie wykorzystywać nowoczesne narzędzia analizy medycznej, diagnostyczne i inne, które wymagają precyzji w zastosowaniu.
- Technologie ICT w medycynie wymagają ścisłego monitorowania i regulacji opracowanych na szczeblu krajowym i międzynarodowym w **trosce o bezpieczeństwo pacjentów oraz jakość świadczonej opieki**. Stąd też presja na **wypracowanie odpowiednich standardów i przepisów**, które zapewnią skuteczne funkcjonowanie systemu e-zdrowia.



NASILAJĄCE SIĘ PROCESY MIGRACYJNE



Polska wobec megatrendu

Według danych GUS, opierających się wyłącznie na zameldowaniach i wymeldowanych, w latach 2010-2020 z Polski wyemigrowało 173,8 tys. osób, a przyjechało w tym czasie 142,3 tys., co daje **saldo migracji na poziomie – 31,5 tys.** W powiązaniu ze **spadkiem populacji Polski** prognozowany przez GUS powoduje, że konieczne jest „**uzupełnianie**” **stanu ludności** jeśli utrzymany ma zostać dotychczasowy modelu gospodarowania, w szczególności dotyczy to **systemu ubezpieczeń społecznych**. Narastająca liczba migrantów, w tym w ostatnim czasie przybywających z Ukrainy jest **szansą dla polskiej gospodarki**. Niemniej jednak pojawia się **problem związany z asymilacją społeczną imigrantów**.

Niejednokrotnie brak znajomości języka, stosunkowo niski poziom wykształcenia spycha tę grupę do nizin społecznych powodując jej **alienację, dyskryminację i wzrost napięć społecznych oraz przestępczości**. Przyszłe zmiany trendu będą wiązały się z pojawieniem nowych fal migracyjnych, które pochodzić będą z odległych geograficznie i kulturowo regionów, co dodatkowo **zaostreć będzie identyfikowane problemy**. Prowadzenie **spójnej i przemyślanej polityki imigracyjnej**, która uwzględniać będzie potrzeby krajowego rynku pracy oraz zapewni tworzenie korzystnych warunków dla asymilacji migrantów jest ważne z punktu widzenia rozwoju społeczno-gospodarczego kraju. Odrębną kwestią jest fakt, że znacząca liczba **polskich emigrantów** osiadła w Niemczech i Wielkiej Brytanii, gdzie zauważalne jest pogorszenie sytuacji społeczno-gospodarczej, co może **skłonić do fali powrotów**. Nie oczekuje się jednak w tym zakresie spektakularnych zmian niemniej jednak stworzenie **korzystnych warunków dla powracających** może wpłynąć na pojawienie się nowych wyzwań, w tym związanych między innymi z koncentracją ludności w miastach i obszarach miejskich.



Kierunki zmian we wpływie megatrendu na rozwój społeczno-gospodarczy

Bazowy		Procesy migracyjne mogą ulegać zmianom głównie pod wpływem światowych kryzysów klimatycznych i konfliktów zbrojnych . Kontynuacja ruchów migracyjnych wynikających z nierówności ekonomicznych między krajami i regionami, gdyż ludzie będą szukać lepszych możliwości zarobkowania i poprawy standardu życia . Procesy demograficzne, takie jak starzenie się populacji w niektórych krajach, mogą spowodować niedobory siły roboczej i zwiększenie potrzeby migracji zarobkowej , a rozwój technologii komunikacyjnych i transportowych może ułatwić mobilność ludzi, co może skutkować wzrostem migracji międzynarodowej . Również przyjęta polityka imigracyjna różnych krajów może wpłynąć na kierunek migracji. Zaostrenie lub złagodzenie przepisów imigracyjnych w różnych krajach może wpływać na migracyjne strumienie. Dla scenariusza bazowego i pesymistycznego przyjęto wpływ negatywny, co wynika z zachodzących zmian klimatycznych i geopolitycznych - konflikty oraz presji związanej z politykami migracyjnymi. Dla optymistycznego przyjęto wpływ neutralny, który mógłby zostać osiągnięty w związku z przyjętymi zmianami legislacyjnymi regulacyjnymi dotyczącymi migrantów.
Pesymistyczny		
Optymistyczny		



Wyzwania technologiczne wynikające z megatrendu dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski

- Nasilenie procesów migracyjnych rodzi przede wszystkim wyzwania w sferze **monitorowania i zarządzania przepływami migracyjnymi**. Wykorzystanie **zaawansowanych technologii śledzenia oraz analizy danych** może pomóc w lepszym zrozumieniu i przewidywaniu ruchów migracyjnych. **Rozwój systemów informatycznych i Big Data** umożliwiających dokładne zbieranie i analizowanie danych może wspomóc w podejmowaniu trafnych decyzji politycznych oraz alokacji zasobów na potrzeby migracyjne.
- Zapewnienie migrantom **dostępu do informacji i usług** wymaga rozwoju **technologii komunikacyjnych**, takie jak aplikacje mobilne czy platformy internetowe. W ten sposób można będzie pomóc migrantom w uzyskiwaniu informacji na temat legalnych procedur, zatrudnienia, edukacji i opieki zdrowotnej, co znacząco poprawi ich integrację społeczną, łącząc ich z lokalnymi społecznościami i organizacjami.

- Przyjmowanie migrantów wiąże się z problemami **zapewniania bezpieczeństwa**, co wymaga rozwoju **technologii biometrycznych**, takich jak systemy rozpoznawania twarzy czy odcisków palców. Zapewni to skuteczne i bezpieczne uwierzytelnianie tożsamości migrantów, **ograniczając potencjalny terroryzm**. Ułatwi to też działanie służb realizujących procesy rejestracji i kontroli granicznej oraz dostęp do usług publicznych.
- Przybywający migranci, ze względu na specyfikę zamieszkania cechują się **zróżnicowanymi potrzebami zdrowotnymi**, których realizacja wymaga dostępu do **telemedycyny oraz cyfrowych platform zdrowotnych**. Umożliwi to świadczenie opieki zdrowotnej na odległość oraz dostęp do danych medycznych migrantów w celu ich skuteczniejszego diagnozowania i leczenia.
- **Integracja kulturalna i językowa** migrantów wymaga dostępu do **technologii edukacyjnych**, w tym aplikacje do nauki języka, kursy online czy platform interaktywnych, które wspomagać będą proces uczenia się i integracji migrantów w nowym środowisku kulturowym.



POSTĘPUJĄCA URBANIZACJA, ZWIĘKSZENIE ZNACZENIA MIAST



Polska wobec megatrendu

Według danych GUS, na koniec 2021 roku w miastach żyło 59,7% mieszkańców Polski. **Polska należy do krajów średnio zurbanizowanych** na tle państw UE. W latach 2010–2020 obserwowano zarówno **spadek liczby mieszkańców miast**, jak i spadek ich udziału w ogólnej liczbie mieszkańców. W 2020 roku w gminach miejskich mieszkało ponad 0,5 mln mniej osób (spadek o 2,5%) w stosunku do 2010 roku. **Zmiany demograficzne w polskich miastach** odzwierciedlają zmianę modelu urbanizacji – **przejście od fazy urbanizacji do suburbanizacji** oraz coraz bardziej widocznej **dezurbanizacji**. O spadku udziału ludności w polskich miastach decydują między innymi **degradacja polskich miast i nieskuteczna rewitalizacja**, poszukiwanie **bardziej komfortowych i tańszych warunków życia**, które mogą zostać zrealizowane w **obszarach podmiejskich** oraz **niska pozycja konkurencyjna**. Procesy te jednak nie wykluczają polskich miast z roli **centrów życia społecznego i gospodarczego**, ale czeka je wcześniej **proces transformacji**, który przekształci część z nich w **metropolie**, gdzie **kumulować się będą jednocześnie korzyści skali i różnorodności** wynikających z nagromadzenie kapitału ludzkiego, korzystnego środowiska dla biznesu, nowoczesnej infrastruktury, koncentracja usług, w tym tzw. usług wysokich, dostęp do zintegrowanej komunikacji oraz koncentracja funkcji decyzyjnych, co całościowo kształtować będzie **lepsze warunki życia**. Dużym problemem Polski w zakresie urbanizacji jest również **brak konsekwentnego planowania przestrzennego**, co powoduje **chaotyczną i nieoptymalną zabudowę miejską**. Zieleń miejska oraz koncepcja zielono-niebieskiej infrastruktury są obecne w świadomości decydentów miejskich, to jednak nadal dopuszcza się do **powstania obszarów betonowych** dewastując niejednokrotnie roślinność, prowadząc do **uszczelnienia gleb i zmniejszenia retencji wody**, czego skutkiem są **wyspy ciepła**. W połączeniu z nasilającymi się zmianami klimatycznymi dochodzi do pogorszenia jakości życia w miastach, gdzie **brak jest spójnej wizji rozwoju przestrzennego**.



Kierunki zmian we wpływie megatrendu na rozwój społeczno-gospodarczy

Bazowy



Można oczekiwać **wzrostu liczby ludności w miastach i nasilenie urbanizacji**, która będzie przyciągać do miast w poszukiwaniu lepszych możliwości zatrudnienia, edukacji, opieki zdrowotnej i infrastruktury. Wzrost liczby ludności wymagać będzie **przekształcenia się miast w inteligentne miasta** oparte na **technologiach cyfrowych i IoT**, które dodatkowo powiązane będzie za pomocą zintegrowanego, ogólnodostępnego **transportu publicznego**. Jest to obecnie jedyny możliwy kierunek, który pozwoli na rozwój miast, w tym **koordynację transportu, energetyki, zarządzania odpadami i innymi obszarami** wpływającymi na **komfort życia i poprawę jakości usług publicznych**. Postępująca urbanizacja wiąże się z wyzwaniami dotyczącymi zasobów naturalnych i środowiska. Miasta będą dążyć do **zrównoważonego rozwoju**, stosując **technologie środowiskowe i planowanie przestrzenne** jako instrumenty zmniejszające obciążenie środowiska. Taki stan rzeczy pociągnie za sobą **zmiany w krajobrazie miejskim**, w tym rozbudowę i modernizację infrastruktury, rewitalizację starych dzielnic, powstawanie nowych, a także konwersję przestrzeni miejskich. Dla scenariusza bazowego i optymistycznego przyjęto wpływ pozytywny, co wynika z wpływu jaki wywiera rozwój miast oraz kształtujących się układów metropolitalnych. Dla pesymistycznego przyjęto wpływ neutralny, który jest wynikiem braku zmian w strukturach miejskich pomimo trwającego procesu urbanizacji i konsolidacją zjawisk negatywnych nad którymi może być trudno zapanować.

Pesymistyczny



Optymistyczny



Wyzwania technologiczne wynikające z megatrendu dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski

- Postępująca urbanizacja/suburbanizacja, a co z tym związane przyrost liczby ludności wpływają na procesy związane z **rozwojem i utrzymaniem infrastruktury miejskiej** – transport, dostęp do wody, energii, mieszkań i innych usług publicznych. Zaawansowane **technologie zarządzania infrastrukturą** jak i rozwój **technologii transportowo - logistycznych, energetycznych i ciepłowniczych oraz gospodarowanie odpadami** pozwalająca na domykanie obiegu strumieni materiałowych wpływać będą na efektywne wykorzystanie zasobów i poprawę jakości życia w miastach.
- Rozwój miast wymaga **skutecznego i zrównoważonego planowania przestrzennego**, aby uniknąć kongestii, nadmiernego zanieczyszczenia i degradacji środowiska. Szczególną rolę odgrywać będą w tym zakresie **technologie oparte na analizie danych, modelowaniu przestrzennym oraz inteligentnych systemach informacji przestrzennej, technologie monitorowania środowiska i zwiększające odporność na zmiany klimatu**, w tym wzbogacające bioróżnorodność przestrzeni miejskich.
- Wyzwaniem związanym z urbanizacją jest również zapewnienie odpowiednich **usług zdrowotnych i edukacyjnych**. Rozwój medycyny, zdalnej edukacji oraz e-usług zdrowotnych może pomóc w zapewnieniu dostępu do opieki zdrowotnej i edukacji dla mieszkańców miast.
- Rozwój miast zależy ściśle od możliwości zapewnienia odpowiedniej jakości życia jego mieszkańcom, co wymaga **technologii związanych z inteligentnym budownictwem, systemami automatyzacji i zarządzania energią** i może przyczynić się do **poprawy**

efektywności energetycznej budynków. Nie należy w tym miejscu również zapominać o wszelkich **technologiach wiążących się z kulturą spędzania czasu wolnego**, które leżą u podstaw kreowania oferty kulturalnej i rekreacyjnej miasta.

- Urbanizacja pociąga za sobą szereg negatywnych zmian w środowisku, dlatego wizja zrównoważonego rozwoju miasta uwzględniać będzie **technologie odnawialnych źródeł energii w przestrzeni miejskiej i technologie środowiskowe**, dotyczące przykładowo odpadów i niskoemisyjnego transportu publicznego.



NIEKORZYSTNE ZMIANY DEMOGRAFICZNE



Polska wobec megatrendu

Populacja kraju od połowy lat 90. XX wieku ulega zmniejszeniu. Związane to jest z **niskimi wskaźnikami dzietności i falą emigracji** z kraju wyemigrowały z kraju. Od 1950 do 2019 r. trwanie życia w Polsce wydłużyło się o ok. 18 lat wśród mężczyzn oraz o ok. 20 lat wśród kobiet. Na skutek epidemii COVID-19 i związanym z nią wzrostem liczby zgonów, **trwanie życia** w 2021 r. w porównaniu do 2019 r., **uległo skróceniu** o 2,3 roku w przypadku mężczyzn oraz o 2,1 roku w przypadku kobiet. **Zmiany w długości trwania życia ludności oraz depresja urodzeniowa** obserwowane na przestrzeni minionych lat, powodują **zmiany w liczbie i strukturze ludności** według (ekonomicznych) grup wieku. Będzie to niekorzystnie wpływać na funkcjonowanie Polski w związku z **niewydolnością systemu ochrony zdrowia** oraz niewielkim **instytucjonalne wsparciem w opiece nad osobami starszymi**. Polska stanie też zapewne przed wyzwaniem gruntownej reformy systemu emerytalnego lub przed koniecznością **zapewnienia transferów bądź pomocy socjalnej dla osób na emeryturze**, aby zapobiec powstawaniu obszarów skrajnego ubóstwa wśród osób starszych. Przyjmując perspektywę społeczno-ekonomiczną, pogłębianie się na przestrzeni lat zjawiska niekorzystnych zmian zachodzących w strukturze populacji według ekonomicznych grup wieku, powoduje **obniżenie potencjału demograficzno-ekonomicznego kraju**, w konsekwencji, również jego potencjału rozwojowego. Niekorzystne procesy demograficzne będą przekładać się również na **różnego rodzaju "wykluczenia"**, zmiany technologiczne powodować będą szybką **dezaktualizację kompetencji i kwalifikacji** w starszych grupach wiekowych. Następstwa globalnego wzrostu demograficznego mogą przełamać negatywne trendy demograficzne w Polsce. Skutki związane z pogarszającym się stanem środowiska, rosnącą presją antropogeniczną na zasoby naturalne oraz zapotrzebowaniem na żywność w innych częściach świata powodować będą **rosnący popyt globalny i rozszerzanie się rynków zbytu** oraz **potencjał migracyjny**, który w przyszłości może być pomocny w mierzeniu się z konsekwencjami starzenia się polskiego społeczeństwa.



Kierunki zmian we wpływie megatrendu na rozwój społeczno-gospodarczy

Bazowy



Proces starzenia społeczeństw, w szczególności w krajach rozwiniętych **może zarówno ulec nasileniu, jak i osłabieniu**. Niemniej jednak pewnym jest, że **kierunek trendu zostanie utrzymany**. Pogłębienie procesu starzenia się warunkowane spadkiem dzietności i/lub gwałtownym wydłużeniem życia

Pesymistyczny



przełoży się na **jakość życia w Polsce i problemy społeczno-gospodarcze**. Procesy starzenia się społeczeństw mogą zostać **zahamowane w wyniku migracji** osób z krajów rozwiniętych w wieku reprodukcyjnym (tzw. migracja zastępcza) oraz **epidemia** dziesiątkująca zwłaszcza starsze pokolenia nie przełamie jednak w pełni **niekorzystnych trendów**. Oprócz tego starzenie populacji może zostać **ograniczone przez czynniki skracające średnią długość życia** (np. epidemia chorób cywilizacyjnych) bądź zwiększające wskaźniki dzietności w krajach rozwiniętych, przy czym te drugie doprowadzą jednocześnie do wzrostu populacji świata i kryzysu migracyjnego. Dla wszystkich scenariuszy przyjęto wpływ negatywny, co związane jest przede wszystkim z wynikami analiz prowadzonych przez GUS i Eurostat. Ruchy migracyjne, które dotyczą Polski nie skompensują.

Optymistyczny



Wyzwania technologiczne wynikające z megatrendu dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski

- Zapewnienie godnej starości oraz odpowiedniej opieki zdrowotnej dla rosnącej liczby osób starszych, przy aktualnym stanie opieki zdrowotnej w Polsce wskazuje na konieczność **rozwoju technologii medycznych, w tym urządzeń medycznych, telemedycyny oraz innowacyjnych rozwiązań w obszarze opieki długoterminowej**. Zapewni to poprawę jakości życia seniorów oraz w usprawni procesy zarządzania opieką zdrowotną.
- Wykorzystanie **technologii informacyjno-komunikacyjnych do tworzenia programów edukacyjnych i kampanii społecznych**, które promują wartość rodziny i wspierają młode pary w procesie podejmowania decyzji o rodzicielstwie stanowi również wsparcie dla rozwiązania problemu jest niski wskaźnik urodzeń i konieczność zachęcania młodych ludzi do zakładania rodzin oraz podejmowania decyzji o powiększeniu rodziny.
- Polska powinna rozwijać strategie, które **zachęcają wykształconych Polaków pracujących za granicą do powrotu** oraz przyciągają nowych pracowników z zagranicy. Rozwój **narzędzi informacyjnych, platform rekrutacyjnych oraz ułatwień biurokratycznych** (e-administracja publiczna) mogą wspomóc zarówno proces reemigracji, jak i przyjęcia nowych pracowników.
- Gospodarka światowa i nowe warunki funkcjonowania przedsiębiorstw wymagają dostosowania rynku pracy do **zmieniającej się struktury demograficznej**. **Technologie edukacyjne**, takie jak kursy online i e-szkolenia, mogą pomóc w dostosowywaniu umiejętności pracowników do wymagań nowoczesnego rynku pracy oraz umożliwić osobom starszym nauczenie się nowych umiejętności, co może przyczynić się do przedłużenia ich aktywności zawodowej.
- **Rozwój narzędzi finansowych, takich jak cyfrowe platformy** do oszczędzania i inwestowania, może pomóc obywatelom w lepszym planowaniu finansów na przyszłość i budowaniu zabezpieczenia emerytalnego.



WZROST ZNACZENIA WYSOKIEJ JAKOŚCI ŻYCIA



Polska wobec megatrendu

Na jakość życia wpływa wiele czynników. Według analizy agencji Organizacji Narodów Zjednoczonych – Programu Narodów Zjednoczonych ds. Rozwoju za rok 2018, Polska zajęła 32 miejsce w rankingu

badającym jakość życia społecznego. **Polskie PKB per capita** w relacji do średniej unijnej **odnotował wzrost z 48% w 2000 r. do 79% w 2022 roku**, a **wzrost gospodarczy w Polsce miał charakter inkluzywny**, co oznacza, że zwiększaniu PKB per capita towarzyszyło zjawisko obniżania nierówności dochodowych. Według **raportu McKinsey & Company**⁴⁵ w latach 1990-2021 **liczba osób z wyższym wykształceniem zwiększyła się czterokrotnie** oraz odnotowano **zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem węgla** niemalże o połowę przed rozpoczęciem procesu dekarbonizacji gospodarki. Według Banku Światowego Polska stała się także **bezpieczniejszym krajem**, o połowę zmniejszyła się liczba zabójstw w porównaniu z rokiem 1990. Mimo wciąż niewydolnego systemu ochrony zdrowia, **rozwijane są programy profilaktyki zdrowotnej**, które zapobiegają rozwojowi chorób cywilizacyjnych, co chociaż częściowo kompensuje problemy dostępności do usług medycznych. Podejmowane są również wysiłki w zakresie **zaspokojenia potrzeb mieszkaniowych** w związku z uruchomieniem programów wsparcia dla rodzin i na zakup pierwszego mieszkania. Jednakże Polacy ciągle są **bardziej zapracowanym społeczeństwem** w stosunku do innych krajów i na przestrzeni ostatnich lat awansowali z 8. na 4. miejsce pod względem największej liczby przepracowanych godzin.



Kierunki zmian we wpływie megatrendu na rozwój społeczno-gospodarczy

Bazowy		Pozytywny wpływ na dobrobyt i zadowolenie społeczeństwa wywierają przede wszystkim zachowanie zrównoważonego rozwoju gospodarczego i inwestycje w odnawialne źródła energii, ochronę środowiska, infrastrukturę i technologie , które sprzyjają zrównoważonemu rozwojowi. Należy przy tym zwrócić uwagę na większą dbałość o równość społeczną i ekonomiczną (np.: polityka redystrybucji dochodu, inwestycje w edukację i opiekę zdrowotną). Istotną rolę dla kształtowania jakości życia odgrywa społeczeństwo obywatelskie , które umożliwia obywatelom aktywne uczestnictwo i współdecydowanie w podejmowaniu decyzji publicznych i wpływanie na polityki publiczne, które realizują oczekiwania i potrzeby społeczeństwa. Poza wymienionymi elementami warto mieć na względzie inne równie istotne jak stan zdrowia, dobrostan, czy też dostęp do edukacji i kultury oraz opieki zdrowotnej . Elementy te wymagają podejmowania szeregu działań inwestycyjnych i promocyjnych, tak by finalnie były postrzegane przez ludzi jako poprawa jakości życia. Dla wszystkich scenariuszy przyjęto pozytywny wpływ tego megatrendu, co wynika z działań jakie podejmowane są przez rządzących i obywateli, które zmierzają do poprawy jakości życia niezależnie od innych uwarunkowań.
Pesymistyczny		
Optymistyczny		



Wyzwania technologiczne wynikające z megatrendu dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski

- **Poprawa dostępności usług publicznych**, co wymaga **rozwój infrastruktury technologicznej dla potrzeb transportu, energetyki czy zdrowia**. Brak równego dostępu do tych usług może prowadzić do wykluczenia społecznego i ograniczenia jakości życia.
- **Żywność wysokiej jakości** będąca elementem kształtującym dobrostan wymaga rozwijania **nowoczesnych technologii w rolnictwie**, w tym rozwój biotechnologii czy też metod agrotechnicznych. Pozwoli to na zwiększenie produktywności, jakości i bezpieczeństwa

⁴⁵ Jak unieść ambicje Polski? U progu nowej ery, McKinsey & Company w Polsce, 2023.

żywności, a jednocześnie wpłynie na rozwój technologii środowiskowych środowiska i ochrony bioróżnorodności.

- **Rozwój transportu publicznego, dróg, mostów i innych elementów infrastruktury** ma kluczowe znaczenie dla poprawy jakości życia mieszkańców. **Inwestycje w rozwój transportu masowego, przyjaznego środowisku oraz odpowiedniej infrastruktury** mogą zmniejszyć problemy związane z kongestią, poprawić jakość powietrza i zwiększyć mobilność.
- **Dekarbonizacja** niesie zagrożenia związane z pogorszeniem jakości życia mieszkańców, zwłaszcza małych miast i wsi. **Przejęcie na źródła energii odnawialnej oraz rozwijanie technologii efektywności energetycznej** może przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa energetycznego obywateli, redukcji emisji gazów cieplarnianych i poprawy stanu środowiska. Wyzwaniem będzie **zapewnienie stabilności dostaw energii oraz zrównoważone wykorzystanie zasobów**.
- **Przeciwdziałanie chorobom cywilizacyjnym**, profilaktyka zdrowotna wymagają zaawansowanych technologii medycznych, takich jak **diagnostyka obrazowa czy nowoczesne metody leczenia**, wpłynie to na poprawę jakości opieki zdrowotnej oraz wydłużenie życia, ale wymaga równego dostępu do nowoczesnej opieki oraz zrównoważonego finansowania sektora zdrowia.



ZMIANY KLIMATU ORAZ ZANIECZYSZCZENIE ŚRODOWISKA



Polska wobec megatrendu

Zmiana klimatu i inne wyzwania środowiskowe to kolejny **ważny trend, które będą determinował rozwój Europy**⁴⁶. Polska jest w grupie państw rozwiniętych, które **aktywnie przyczyniają się do zmian klimatu** podejmując zarówno działania na rzecz **ograniczenia emisji gazów cieplarnianych i realizację działań adaptacyjnych**, zmiany te są jednak **wolniejsze niż w innych krajach UE** i nadal powodują, że Polska jest **jednym z największych emitentów gazów cieplarnianych w UE**⁴⁷. Zmiany klimatu będą wpływały na Polskę między innymi poprzez **nasilenie występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych**, takich jak gwałtowne nawałnice, huragany i trąby powietrzne oraz fale upałów oraz narastające zagrożenie powodziowe ale i dotkliwe susze prowadzące do obniżania się poziomu wód gruntowych. Będzie to wpływać w szczególności na **duże obciążenie produkcji rolnej i pojawienie się gatunków inwazyjnych**. Wzrastać będzie ryzyko pożarów lasów, zniszczeń infrastruktury czy okresowych wyłączeń prądu w problemami sektora energetycznego. Przełoży się na to między innymi na **wzrost cen żywności** w Polsce, **migracje klimatyczne, problemy zdrowotne obywateli**. Ze zmianami klimatu ściśle związane jest również zanieczyszczenie środowiska, które są głównie dostrzegane jako **zły jakości powietrza**, pomimo odnotowanego spadku emisji CO₂ nadal **przekraczane są normy emisji pyłów i innych zanieczyszczeń**. Zanieczyszczenia powietrza w Polsce to głównie problem tzw. niska emisja, przemysłu i energetyki oraz transportu drogowego. Podejmowane w zakresie ograniczenia emisji **działania stanowią szanse na zmianę tego stanu w przyszłości, a planowana dekarbonizacja** Polskiej gospodarki w związku z uruchomieniem Funduszu Sprawiedliwej Transformacji dla trzech polskich regionów węglowych oraz Funduszy Europejskich w Polsce może wpłynąć na poprawę stanu środowiska w związku z ujętymi w tych dokumentach działaniami, które zaszstaną objęte

⁴⁶ Komisja Europejska, 2021, COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL 2021 Strategic Foresight Report The EU's capacity and freedom to act, COM/2021/750 final

⁴⁷ Trendy środowiskowe w kontekście koncepcji Rozwoju Kraju 2050. Trendy krajowe, IOŚ-PIB, 2023.

wsparciem. Zanieczyszczenie środowiska obejmuje również kwestie wód, gleb oraz odpadów, niemniej dla utrzymania przejrzystości kwestie te zaadresowano w innych megatrendach.



Kierunki zmian we wpływie megatrendu na rozwój społeczno-gospodarczy

Bazowy		W tym zakresie konieczne jest szerokie zmobilizowanie wysiłków , gdyż wzrost temperatury i ekstremalne zjawiska pogodowe stały się faktem. Temperatura na Ziemi będzie nadal rosła, prowadząc do częstszych i bardziej intensywnych zjawisk ekstremalnych , takich jak huragany, susze, powodzie i pożary, a to będzie miało negatywny wpływ na środowisko naturalne, gospodarkę oraz zdrowie i bezpieczeństwo ludzi . Biorąc pod uwagę Polskę i fakt, że energetyka jak i transport generują znaczącą ilość gazów cieplarnianych, jak i przyczyniają się do pogorszenia jakości powietrza uniknięcie kryzysu ekologicznego wymaga dynamicznego rozwoju innowacyjnych, alternatywnych technologii . W ten sposób możliwe będzie zachowanie różnorodności biologicznej, ekosystemów i zasobów naturalnych oraz zwiększoną odporność na zmiany klimatu. Dla wszystkich scenariuszy przyjęto negatywny wpływ tego megatrendu, co wiąże się przede wszystkim z występowaniem globalnych skutków ocieplenia klimatu. Megatrend ten będzie w najbliższym czasie silnie determinował działania i wpływał na warunki życia.
Pesymistyczny		
Optymistyczny		



Wyzwania technologiczne wynikające z megatrendu dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski

- Wprowadzenie rozwiązań związanych z **produkcją energii odnawialnej**, takich jak panele fotowoltaiczne, elektrownie wiatrowe oraz inwestycje w magazynowanie energii, może znacząco zwiększyć udział czystych źródeł energii w polskim miksie energetycznym. Równocześnie konieczne jest **kontynuowanie prac nad technologiami wychwytywania i składowania dwutlenku węgla (CCS)**, które mogą pomóc w redukcji emisji z elektrowni opalanych węglem.
- Rozwój **technologii związanych z elektromobilnością**, w tym poprawa efektywności baterii, rozbudowa infrastruktury ładowania oraz wsparcie dla innowacyjnych rozwiązań transportowych, jak autonomiczne pojazdy czy systemy transportu zbiorowego oparte na nowoczesnych technologiach, mogą przyczynić się do **ograniczenia emisji z sektora transportu**.
- Technologie związane z **budownictwem**, zwłaszcza **termomodernizacja, inteligentne zarządzanie energią, a także stosowanie nowoczesnych materiałów budowlanych**, takich jak izolacje wysoko wydajne czy inteligentne systemy ogrzewania i chłodzenia, mogą znacząco poprawić efektywność energetyczną polskiego budownictwa.
- W miejscach, gdzie nadal istnieją znaczące źródła emisji z sektora energetycznego opartego na węglu, istotnym jest **rozwój technologii filtracji**, które mogą w okresie przejściowym mieć istotny wkład w redukcję emisji pyłów i zanieczyszczeń powietrza. Implementacja takich zaawansowanych urządzeń w elektrowniach węglowych i zakładach przemysłowych może znacznie zmniejszyć negatywny wpływ na jakość powietrza.



Polska wobec megatrendu

Obok zanieczyszczenia powietrza, ważnym wyzwaniem, wobec którego staje Polska, jest **odzysk i recykling odpadów** oraz **transformacja w kierunku Gospodarki o Obiegu Zamkniętym (GOZ)**. Polska ma istotną światową pozycję w wydobywaniu i produkcji miedzi oraz srebra. Jest też zasobna w złoża soli kamiennej, siarki, gipsów i anhydrytów. Była również znaczącym producentem cynku i ołowiu. Wydobywanie i zużycie surowców energetycznych w Polsce utrzymuje się w ostatnich latach na podobnym poziomie. **Eksploatacja złóż kopalin wpływa na pogorszenie stanu środowiska przyrodniczego w kraju i jakość życia. Degradacja powierzchni ziemi, zaburzenia stosunków wodnych** spowodowane odwodnieniem to tylko niektóre efekty eksploatacji kopalin. Unia Europejska w ramach **pakietu działań na rzecz GOZ** wyznaczyła cele w zakresie recyklingu odpadów komunalnych – docelowo 65% w 2030 roku. Mimo wprowadzenia **pięciostopniowej hierarchii gospodarowania odpadami**, nadal duża część odpadów w Polsce pochodzących z działalności gospodarczej jest składowana, a osiągnięcie celów unijnych jest zagrożone. Według danych Eurostatu w latach 2010–2020 wskaźnik obiegu zamkniętego w Polsce spadł z 10,9% do 9,9%, a od 2016 roku oscyluje wokół wartości 10%, co oznacza bezpowrotną niejednokrotnie **utratę cennych zasobów**. Dlatego też tak dużą nadzieję pokłada się we wprowadzeniu gospodarki o obiegu zamkniętym, które wymaga w Polsce **głębokiej transformacji gospodarczej i społecznej**, polegającej m.in. na zastąpieniu nośników paliw kopalnych energią odnawialną, stosowaniu wydajniejszych technologii produkcji, skróceniu łańcuchów dostaw, wydłużeniu żywotności produktów, zmianie wzorców konsumpcji.



Kierunki zmian we wpływie megatrendu na rozwój społeczno-gospodarczy

Bazowy		W miarę wzrostu populacji i gospodarki, zasoby naturalne , takie jak woda, surowce mineralne czy drewno będą coraz bardziej ograniczone . Zmniejszenie surowców może wpłynąć na ceny i dostępność wielu produktów oraz wymagać bardziej efektywnego ich wykorzystania . Może również prowadzić do narastania konfliktów międzynarodowych i wywoływać zakłócenia na szerszą skalę . Warto też zwrócić uwagę na potrzeby w zakresie dostępu do energii i poszukiwania nowych źródeł jej pozyskiwania i magazynowania w stosunku do aktualnie wykorzystywanych.
Pesymistyczny		Stanowi to szczególne wyzwanie dla Polski i związane jest z transformacją energetyczną . Ważnym wyzwaniem, wobec którego staje Polska, jest rozwój technologii odzysku i recyklingu odpadów oraz transformacja w kierunku Gospodarki o Obiegu Zamkniętym (GOZ). Dla scenariuszy bazowego i pesymistycznego przyjęto negatywny wpływ tego megatrendu, co wiąże się przede wszystkim z wyczerpywaniem się surowców oraz nie wdrażaniem modeli GOZ w gospodarce.
Optymistyczny		Dla scenariusza optymistycznego przyjęto wpływ neutralny, który wynika z wdrożenia rozwiązań, które znacząco ogranicza zużycie surowców naturalnych w całych łańcuchach wartości.



Wyzwania technologiczne wynikające z megatrendu dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski

- Wdrożenie **technologii i modeli biznesowych praktyk związanych z gospodarką o obiegu zamkniętym** w całym łańcuchu wartości, w tym minimalizacja ilości odpadów poprzez ich przetwarzanie, recykling i ponowne wykorzystanie, może zahamować nadmierną eksploatację surowców naturalnych i zminimalizować negatywny wpływ na środowisko.
- Dążenie do **ograniczenia zużycia energii i zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii w miksie energetycznym** poprzez wykorzystanie zaawansowanych technologii magazynowania energii, inteligentnych sieci energetycznych oraz efektywności energetycznej w sektorach przemysłowym, budowlanym i usługowym może pomóc w redukcji zależności od konwencjonalnych źródeł energii.
- Rozwój **nowych materiałów o mniejszym wpływie na środowisko**, takich jak biodegradowalne tworzywa sztuczne czy materiały oparte na surowcach odnawialnych, może przyczynić się do ograniczenia wykorzystania limitowanych zasobów naturalnych.
- Technologie **zaawansowanego recyklingu**, w tym sortowanie materiałów, przetwarzanie odpadów na surowce wtórne i odzyskiwanie cennych surowców stanowi rozwiązanie dla zaspokojenia zapotrzebowania na nowe surowce.
- Wykorzystanie **technologii cyfrowych, internetu rzeczy (IoT) oraz analizy danych** przyczynią się do bardziej efektywnego zarządzania zasobami, monitorowania zużycia i optymalizacji procesów produkcyjnych oraz wytworzenia rynku usług substytucyjnych w stosunku do materialnych produktów.



DEFICYT WODY PITNEJ



Polska wobec megatrendu

Według danych GUS Polska jest jednym z krajów Europy, który dysponuje **najniższymi zasobami wody**, które szacuje się na około 60 mld m³, czyli niecałe 1,6 tys. m³/1 mieszkańca. Cechuje je duża zmienność, co wiąże się z **okresowymi nadmiarami i deficytami wody** w rzekach, a istniejące zbiorniki wodne mogą zatrzymać jedynie około 6% średniego rocznego odpływu. **Ograniczenia funkcjonowania wodochłonnych gałęzi przemysłu** w Polsce doprowadziło do spadku zużycia wody ogółem. Dla odmiany jednak **wzrasta zużycie wody z wodociągów w gospodarstwach domowych**. W związku z obserwowanymi i prognozowanymi zmianami klimatu w przyszłości konieczne będzie **nawadnianie większego areалу upraw**, co wpłynie na zwiększenie poboru wody na potrzeby rolnicze. Obserwowanym zagrożeniem dla dostępności wody jest **postępująca degradacja zasobów wód powierzchniowych** w kraju, która spowodowana jest przez zanieczyszczenia pochodzące ze źródeł rozproszonych (m.in. wymywanie nawozów z gruntów ornych i depozycja szkodliwych związków z atmosfery) oraz punktowych (zrzuty ścieków, zdegradowane tereny przemysłowe i składowiska odpadów). Do degradacji wód powierzchniowych przyczyniają się również **zmiany hydromorfologiczne** w rzekach, jeziorach i na wybrzeżach morskich. W najbliższych latach na skutek zmian klimatu konieczne będzie podejmowanie działań, które zabezpieczą mieszkańców, gospodarkę i inne sfery działalności w **dostęp do czystej wody pitnej**.



Kierunki zmian we wpływie megatrendu na rozwój społeczno-gospodarczy

Bazowy



Wraz ze wzrostem populacji i gospodarki, **zapotrzebowanie na wodę pitną będzie stale rosnąć**, co w połączeniu ze zmianami klimatycznymi i suszami może powodować **trudności w dostępie** do niej w niektórych regionach. Ważnym będzie zachowanie należytej dbałości o dostępne zasoby oraz rozwój **technologii oczyszczania wody pitnej**. Należy oczekiwać wzrostu nakładów **inwestycyjnych w infrastrukturę wodną**, by zmniejszyć skutki deficytu wody pitnej. Dla scenariuszy bazowego i pesymistycznego przyjęto negatywny wpływ tego megatrendu, co jest pochodną znaczącego narażenia Polski na występowanie suszy i wyczerpywanie zasobów wody pitnej. Dla scenariusza optymistycznego przyjęto wpływ neutralny, który wynika z wdrożenia rozwiązań, związanych z poprawą gospodarki wodnej i wodno-ściekowej.

Pesymistyczny



Optymistyczny



Wyzwania technologiczne wynikające z megatrendu dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski

- Wykorzystanie technologii opartych na **systemach informacji geograficznej (GIS) i modelowaniu numerycznym** do monitorowania, pomiaru i analizy zużycia wody w różnych sektorach oraz prognozowania jej zużycia i dystrybucji, w tym rolnictwie, przemyśle i gospodarstwach domowych, może pomóc w identyfikacji obszarów o dużej konsumpcji wody i w opracowaniu strategii jej efektywnego wykorzystania.
- Wprowadzenie w gospodarce wodami **rozwiązań opartych na GOZ**, w tym technologie umożliwiające **recykling i odzyskiwanie wody** z różnych źródeł, takich jak ścieki komunalne czy przemysłowe, systemy zbierania i przechowywania deszczówki
- Braki wody pitnej będą wpływały na potrzebę sięgnięcia do źródeł zanieczyszczonych, a w związku z tym **rozwijania technologii oczyszczania wody**, w tym zaawansowane filtry, systemy UV czy technologie membranowe, by zapewnić wysoką jakość wody pitnej z różnych źródeł.
- Rozwój **inteligentnych systemów monitorowania sieci wodociągowych** i zarządzania nimi może pomóc w wykrywaniu wycieków, minimalizacji strat wody i poprawie efektywności systemów dostarczania wody.



UTRATA BIORÓŻNORODNOŚCI



Polska wobec megatrendu

Polska jest krajem, w którym występują **cenne przyrodnicze obszary**, z których część jest chroniona. Jednakże **zmiany w użytkowaniu gruntów** prowadzące do fragmentacji siedlisk i krajobrazu, **niszczenie siedlisk i gatunków, zmiany klimatu** i ich skutki oraz rozprzestrzenianie się gatunków obcych oraz **eutrofizacja i zanieczyszczenia chemiczne**, zaburzenia ciągłości cieków poprzez budowę urządzeń piętrzących, regulacja rzek i przekształcanie ich brzegów oraz zaburzenie hydrologii w zlewniach są szczególnie szkodliwe i prowadzą do utraty bogactwa lub unikalności różnorodności biologicznej. W przypadku **ekosystemów morskich** niekorzystnie oddziałują wszelkie ingerencje w dno morskie, związane z wydobywaniem surowców lub budową infrastruktury. W Polsce zmiany sposobu użytkowania terenu na cele antropogeniczne w latach 1990-2018 dotyczyły około 1% powierzchni obszarów

chronionych w ramach Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000 oraz parków narodowych, co nie zmienia faktu, że **stan ochrony gatunków i siedlisk, zarówno lądowych, jak i wodnych, jest w Polsce oceniany jako niezadowalający i charakteryzujący się pogorszeniem**⁴⁸. Za poważne zagrożenie dla rodzimej przyrody, a zwłaszcza gatunków zagrożonych, uznawane są **inwazje biologiczne**. Obecne **gatunki inwazyjne** mogą całkowicie **zmieniać strukturę cennych siedlisk**, a nawet **funkcjonowanie całych ekosystemów**. Generuje to potrzeby w zakresie **monitoringu i ochrony środowiska** oraz podejmowania działań o **nieinwazyjnym wpływie na bioróżnorodność**. Natomiast działania w kierunku ograniczenia emisji zanieczyszczeń w Polsce, nowe technologie w rolnictwie i zmiana nawyków konsumpcyjnych oraz regeneracja ekosystemów pozwalają przypuszczać, że negatywny trend związany z utratą bioróżnorodności zostanie zahamowany.



Kierunki zmian we wpływie megatrendu na rozwój społeczno-gospodarczy

Bazowy		Głównymi czynnikami odpowiedzialnymi za presję antropogeniczną i rosnące zanieczyszczenie środowiska są przemysł, rolnictwo, transport, energetyka oraz stale zwiększająca się konsumpcja indywidualna . Pociąga to za sobą degradację i fragmentację ekosystemów i zmniejsza różnorodność biologiczną naruszając równowagę przyrody. Sytuację pogarszają zmiany klimatu. Dochodzi do sytuacji, w której niektóre gatunki mogą być zagrożone wyginięciem , a niektóre ekosystemy mogą ulec przekształceniu lub zaniknięciu. Do negatywnych zmian będzie również dochodziła działalność człowieka - kłusownictwo, niszczenie siedlisk oraz sprowadzanie gatunków inwazyjnych. Zmiany te nie ustaną, możliwe jest jednak poszukiwanie rozwiązań, w tym technologii, które ograniczą ich skalę. Dla scenariuszy bazowego i pesymistycznego przyjęto negatywny wpływ tego megatrendu, co jest pochodną zmian w środowisku wywołanych przez człowieka i związana z tym antropopresją. Dla scenariusza optymistycznego przyjęto wpływ neutralny, który zostanie osiągnięty jeśli zahamowane zostaną procesy degradacji, wprowadzone silniejsze restrykcje w związku z użytkowaniem środowiska.
Pesymistyczny		
Optymistyczny		



Wyzwania technologiczne wynikające z megatrendu dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski

- Rozwój zaawansowanych **technologii do monitorowania i analizy ekosystemów** stanowi podstawę dla zrozumienia zmian w populacjach zwierząt i roślin oraz ocenie wpływu czynników takich jak zmiany klimatu, urbanizacja czy rolnictwo na bioróżnorodność. Szczególnie użyteczne będą tutaj technologie obrazowania satelitarne, drony, sensory i systemy informatyczne.
- **Technologie ochrony przed wyginięciem związane z reprodukcją i hodowlą gatunków zagrożonych wyginięciem**, takich jak techniki in vitro czy ochrona w warunkach zamkniętych (ex situ), może pomóc w ratowaniu zagrożonych populacji i przywracaniu ich do naturalnych siedlisk.

⁴⁸ Cieśla A., Mionskowski M., Müller I., Perzanowska J., Korzeniak J., Gawryś R., Kolada A., Barańska A., Bielczyńska A., Bociąg K., Fyałkowska K., Michałek M., Ochocka A., Opióła R., Pasztaleniec A., Stan ochrony siedlisk przyrodniczych w Polsce w latach 2013-2018. Biuletyn Monitoringu Przyrody 24/4, Biblioteka Monitoringu Środowiska GIOŚ, 2021.

- **Modernizacja i restrukturyzacja polskiego rolnictwa** i związany z tym rozwój **rolnictwa precyzyjnego**, tj. dokładnego aplikowania nawozów i pestycydów pozwoli na zmniejszenie negatywnego wpływ rolnictwa na bioróżnorodność poprzez ograniczenie zanieczyszczenia gleb i wód.
- Technologie związane z **remediacją i rekultywacją terenów zdegradowanych**, takie jak inżynieria bioremediacyjna stanowią możliwości nie tylko związane z przywróceniem bioróżnorodności na zdegradowanych terenach ale przekształceniem ich w tereny użyteczne dla społeczeństwa i gospodarki.
- **Wykorzystanie technologii monitorowania ekosystemów morskich**, w tym technik zdalnego sensingu i podwodnych dronów oraz rozwiązania na rzecz poprawy stanu infrastruktury morskiej i rzecznej tworzą przestrzeń dla zachowania bioróżnorodności morskich i rzecznych środowisk wodnych.



ROZWÓJ ZRÓWNOWAŻONEGO ROLNICTWA



Polska wobec megatrendu

Aktualnie Polska cechuje się nadwyżkami w produkcji żywności oraz przynajmniej dziesięcioprocentowymi **przekroczeniami wskaźnika samowystarczalności żywnościowej**. Niemniej jednak raport *Analiza globalnych trendów rozwojowych w obszarze technologii*⁴⁹ i **badania IUNG-PIB**⁵⁰, wskazują, że jednym ze ważnych trendów na świecie i w Polsce jest **wzrost wydajności rolnictwa** oraz **minimalizowanie jego negatywnego wpływu na środowisko** lub **nieracjonalnego wykorzystania zasobów naturalnych** przy uprawach. Zrównoważone rolnictwo stanowi zatem dla Polski istotny obszar rozwoju, gdyż pozwoli na **zabezpieczenie** kraju w sytuacji nasilenia się **ogólnoswiatowego trendu niedoborów żywności** i ograniczy zależność od globalnych dostaw. Niemniej jednak zmiany klimatyczne powodują **pogorszenie warunków upraw i hodowli**, co może w odleglejszej przyszłości zagrozić bezpieczeństwu żywnościowemu kraju. Jednocześnie **rosnące ceny produktów rolnych i spożywczych**, presja na produkcję zdrowej żywności i nieufność w stosunku do rozwiązań bazujących na biotechnologiach doprowadziły do ograniczenia popytu na produkty na rynku krajowym. Równoważenie produkcji rolnej w takich warunkach wiąże się z szeregiem przeszkód.



Kierunki zmian we wpływie megatrendu na rozwój społeczno-gospodarczy

Bazowy	↗	Jako jeden ze sposobów odpowiedzi na niekorzystne zmiany w środowisku i klimacie traktuje się rolnictwo oparte na agroekologii i zrównoważonych praktykach upraw , które będzie się rozwijać, redukując wykorzystanie pestycydów i chemikaliów , promując naturalne metody kontroli szkodników i nawożenia. Zrównoważony system upraw, permakultura, agroforestry i rolnictwo precyzyjne, pozwolą na bardziej efektywne wykorzystanie zasobów, rozwój biotechnologii pozwoli na poprawę produktywności i efektywności upraw przy jednoczesnym ograniczeniu zasobów nieodnawialnych i integrację z ekosystemami przyrodniczymi .
Pesymistyczny	↔	
Optymistyczny	↘	

⁴⁹ Analiza globalnych trendów rozwojowych w obszarze technologii, PwC, 2022.

⁵⁰ S. Krasowicz, Badania rolnicze jako wsparcie rozwoju biogospodarki w regionach, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach, Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, Roczniki Naukowe, tom XVIII, zeszyt 1, 2016.

Trend ten cechuje pozytywny wpływ na rozwój społeczno-gospodarczy, w związku z rozwojem zrównoważonych technologii upraw dlatego też ocena trendu jest pozytywna. W przypadku scenariusza pesymistycznego przyjęto, że ocena jest neutralna, gdyż może nastąpić ograniczenie rozwoju technologicznego w tym obszarze w związku z istotnymi zakłóceniami w innych obszarach gospodarki.



Wyzwania technologiczne wynikające z megatrendu dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski

- Wykorzystanie nowoczesnych technologii, takich jak **systemy nawigacji GPS, sensory i teledetekcja, pozwalające na rozwój rolnictwa precyzyjnego i monitorowanie pól oraz efektywne stosowanie nawozów i pestycydów**. Inteligentne systemy zarządzania pomagają optymalizować procesy uprawy i minimalizować negatywny wpływ na środowisko.
- Opracowanie i wdrażanie **agrotechnologii** wspomagających zrównoważoną produkcję, w tym wykorzystanie **biotechnologii**, takich jak biostymulatory wzrostu roślin, mikroorganizmy probiotyczne i **modyfikowane genetycznie organizmy** wpływające na wydajność roślin, przy jednoczesnej minimalizacji użycie chemicznych środków ochrony roślin oraz zachowaniu **bezpieczeństwa produkcji żywności**.
- Technologie **przetwarzania i recyklingu odpadów organicznych z rolnictwa** stanowią istotny obszar działań na rzecz ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko oraz produkcji naturalnych nawozów. Przyczyniać się mogą również do wypracowania rozwiązań **ograniczających emisję gazów cieplarnianych** poprzez rozwijanie biogazowni rolniczych, redukcję emisji amoniaku, optymalizację gospodarki azotowej oraz praktykami zmniejszającymi emisję, co zapewni rolnictwu lepsze reagowanie na zmiany klimatu.
- Stosowanie zaawansowanych technologii nawadniania, takich jak systemy kropelkowe czy technologie oparte na IoT dla poprawy efektywności **wykorzystania wody w rolnictwie i minimalizacji jej marnotrawstwa** połączone z technologiami agroleśnictwa, tj. łączenia rolnictwa i leśnictwa przyczyniają się do **odbudowy gleb, poprawy retencji wody i zwiększenia odporności ekosystemów** na zmiany klimatu.

Uwzględniając wyżej przeprowadzone analizy sformułować można następującą **wizję rozwoju społeczno-gospodarczego Polski w perspektywie 2040 roku**. Polska stanie się zaawansowanym centrum technologicznym w Europie, opartym na innowacjach i postępie technologicznym. Pozycja Polski na arenie międzynarodowej umocni się dzięki dostarczaniu nowych, zaawansowanych technologii, które przyczynią się do poprawy jakości życia obywateli oraz zrównoważonego rozwoju środowiska. Głównymi obszarami wzrostu będą:

- **Technologie cyfrowe**. Polska jako lider w cyfrowej transformacji, wykorzystując potencjał technologii informacyjnych i komunikacyjnych wpłynie na poprawę efektywności procesów produkcyjnych, usług publicznych oraz komunikacji między obywatelami a instytucjami. Szczególny nacisk kładziony będzie na rozwój: sztucznej inteligencji, analizy danych, internetu rzeczy i technologii przesyłu danych.
- **Innowacje technologiczne dla różnych sektorów** będące wynikiem ukierunkowanego wsparcia dla nowatorskich rozwiązań, w tym inwestycje w badania i rozwój i zachęty dla przedsiębiorstw do tworzenia nowych produktów i usług. Dynamiczny ekosystem start-upów, współpraca międzysektorowa oraz otwarte platformy innowacyjne przyczyniają się do powstania nowych technologii o globalnym zasięgu.

- **Energia i zielone technologie**, w tym odnawialne źródła energii, poprawa efektywności energetycznej i rozwiązania na rzecz klimatu i środowiska. Oczekiwać należy inwestycji w fotowoltaikę, farmy wiatrowe, magazynowanie energii oraz rozwijającą się energię jądrową, co przyczyni się do redukcji emisji i poprawę bezpieczeństwa energetycznego, wodnego. Wykorzystanie technologii skupionych wokół GOZ zapewni odzysk materiałów i dostęp do nowych innowacyjnych rozwiązań.
- Przekształcając przemysł w zaawansowaną, zautomatyzowaną i scentralizowaną sieć produkcji rozwijać będzie się **Przemysł 4.0**. Wprowadzenie robotyzacji, systemów monitoringu i kontroli jakości, a także zaawansowanych technologii produkcji additive manufacturing (druk 3D) przyczyniają się do zwiększenia wydajności, jakości produktów i konkurencyjności na rynkach globalnych.
- **Innowacje w medycynie i opiece zdrowia**, w tym zaawansowane technologie diagnozowania i leczenia, rozwój e-medycyny, medycyna precyzyjna, terapie genowe, sztuczne narządy oraz zaawansowane technologie medyczne umożliwiają bardziej spersonalizowane podejście do opieki zdrowotnej, przyczyniając się do poprawy stanu zdrowia społeczeństwa.

Wizja rozwojowa: **W 2040 roku Polska dzięki cyfrowej transformacji, innowacjom technologicznym, zielonym technologiom oraz rozwojowi medycyny poprawi swoją pozycję w globalnym krajobrazie technologicznym zapewniając rozwój gospodarczy, społeczny i środowiskowy.**

5 OBSZARY KLUCZOWE DLA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU GOSPODARCZEGO, SPOŁECZNEGO I ŚRODOWISKOWEGO POLSKI

5.1 Wprowadzenie

Niniejszy rozdział opisuje 48 kluczowych obszarów technologicznych, zidentyfikowanych w ramach 10 dziedzin:

	DZIEDZINA	KLUCZOWY OBSZAR TECHNOLOGICZNY
	AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA	- Inteligentne maszyny rolnicze - Roboty medyczne - Systemy automatyzujące procesy w TSL (transport, spedycja i logistyka)
	BEZPIECZEŃSTWO I OBRONNOŚĆ	- Broń precyzyjna i uzbrojenie, technologie wykorzystywane na polu walki - Technologie kosmiczne i satelitarne - Sensory i obserwacja - Platformy bezzałogowe
	BIOTECHNOLOGIA	- Biotechnologia w ochronie środowiska - Biotechnologia w rolnictwie - Biotechnologia żywności - Biotechnologia w medycynie - Biotechnologia w innych obszarach
	BUDOWNICTWO	- Innowacyjne materiały, technologie i maszyny - TIK w budownictwie
	CYFRYZACJA	- Sztuczna inteligencja - Gromadzenie przetwarzanie i przesyłanie danych - Internet Rzeczy - Technologie kwantowe - Technologie immersyjne i gamingowe - Geoinformacja - Cyberbezpieczeństwo
	ENERGIA	- Paliwa odnawialne i bioenergia - Technologie jądrowe - Technologie wodorowe - Czyste technologie węglowe - Odnawialne źródła energii (OZE) - Technologie magazynowania i odzyskiwania energii - Odporność i bezpieczeństwo systemów energetycznych - Efektywność energetyczna dla przemysłu - Wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla
	ROLNICTWO	- Precyzyjne rolnictwo - Gospodarka obiegu zamkniętego - Produkcja żywności wysokiej jakości - Innowacyjne środki kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin



SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO

Środowisko i klimat - zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu
Efektywne gospodarowanie surowcami
Zrównoważony przemysł
Technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami
Inteligentne zarządzanie środowiskiem
Remediacja środowiska gruntowo-wodnego



TRANSPORT

Innowacyjne środki transportu
Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania
Innowacyjne materiały, pokrycia oraz powłoki
Innowacyjne systemy zarządzania transportem
Innowacyjne elementy wyposażenia środków transportu



ZDROWIE

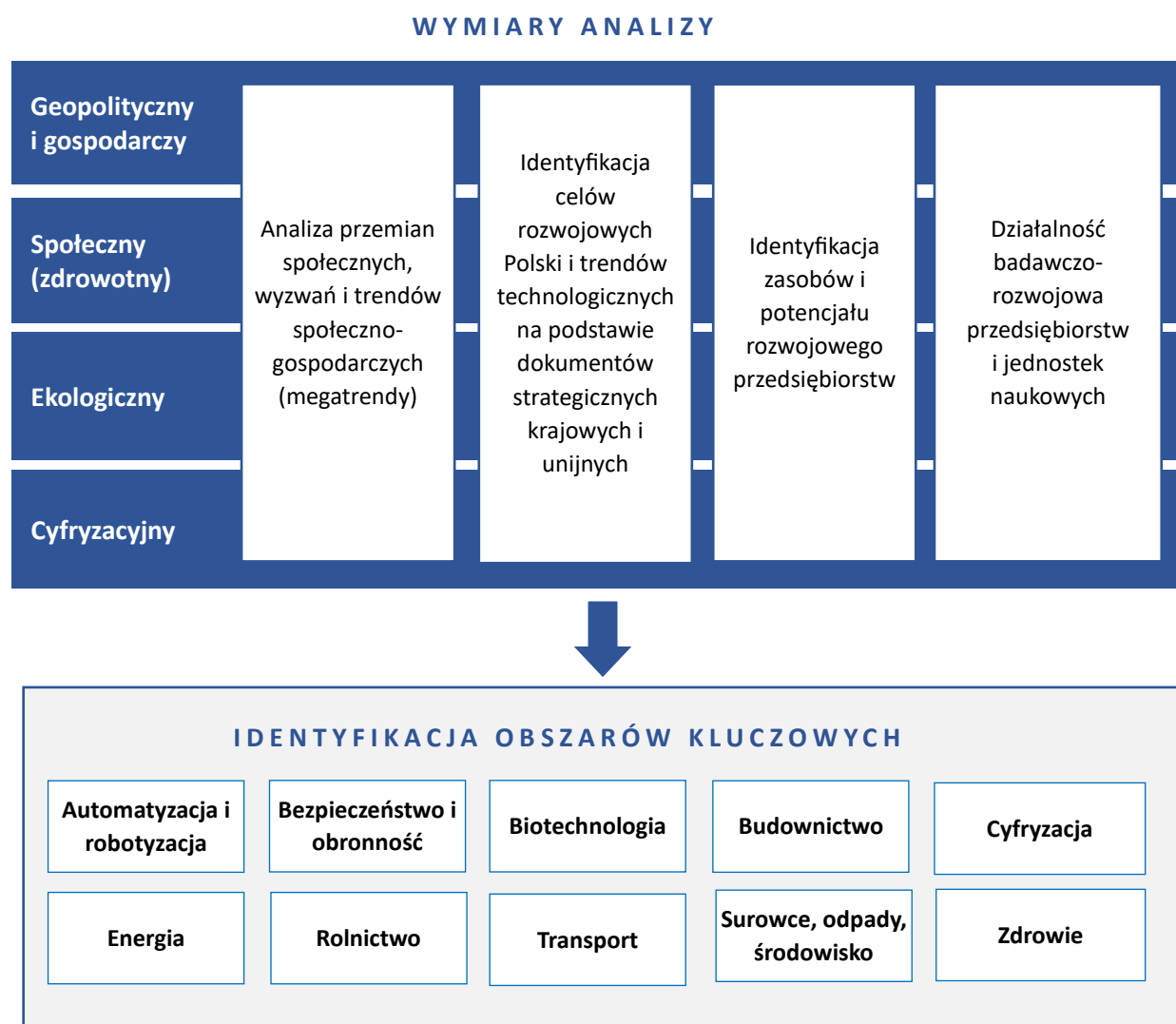
Leki, wyroby medyczne, suplementy diety
Diagnostyka i terapia
Informatyczne narzędzia medyczne

Identyfikację dziedzin oraz kluczowych obszarów technologicznych przeprowadzono z wykorzystaniem wielokierunkowych analiz:

- **Analiza przemian społecznych, wyzwań i trendów społeczno-gospodarczych (megatrendy)** – oceniono znaczenie poszczególnych megatrendów dla obserwowanych i prognozowanych zmian zachodzących w Polsce oraz zidentyfikowano wynikające z nich trendy rozwojowe i wyzwania, a także szanse i zagrożenia. Wyzwania stanowiły punkt wyjścia do określenia dziedzin naukowo-gospodarczych, w ramach których możliwe jest poszukiwanie przyszłościowych technologii.
- **Identyfikacja celów rozwojowych Polski i trendów technologicznych na podstawie dokumentów strategicznych krajowych i unijnych** – analizą objęto dokumenty strategiczne krajowe i unijne, a także strategie i polityki branżowe mające bezpośredni wpływ na rozwój technologii. Celem tych analiz było zidentyfikowanie celów rozwojowych i ich odniesienie do przesłanek warunkujących rozwój zidentyfikowanych kluczowych obszarów technologicznych. Wybór kluczowych obszarów technologicznych jest spójny z celami i założeniami dokumentów strategicznych.
- **Identyfikacja zasobów i potencjału rozwojowego przedsiębiorstw** – na podstawie dostępnych danych surowych, raportów i analiz dokonano oceny potencjału przedsiębiorstw w Polsce, w tym zbadano koncentrację działalności gospodarczej względem krajów UE (pod względem wartości dodanej, zatrudnienia oraz liczby firm), zbadano innowacyjność gospodarki oraz zmiany w zakresie eksportu towarów i usług. Celem tych analiz była identyfikacja sektorów gospodarki stanowiących przewagę konkurencyjną – jako istotny element przy identyfikacji kluczowych obszarów technologicznych.
- **Działalność badawczo-rozwojowa przedsiębiorstw i jednostek naukowych** - na podstawie ogólnodostępnych danych, a także wyników badań i analiz przeprowadzonych w ostatnich latach, dokonano oceny potencjału badawczo-rozwojowego przedsiębiorstw oraz jednostek naukowych w Polsce. Celem było wskazanie mocnych i słabych stron obszarów technologicznych i sektorów pod względem potencjału badawczo-rozwojowego. Aktywność podmiotów prowadzących działalność badawczo-rozwojową jest bowiem jednym z głównych

wyznaczników możliwości rozwojowych w poszczególnych kluczowych obszarach technologicznych.

Schemat analiz przedstawiono poniżej.



Charakterystyka każdej dziedziny została opisana w kolejnych podrozdziałach według następujących parametrów:



Kluczowe obszary technologiczne – zawiera listę, uzasadnienie i opis poszczególnych obszarów technologicznych kluczowych dla zrównoważonego rozwoju gospodarczego, społecznego i środowiskowego w danej dziedzinie.



Megatrendy silnie wpływające na obszary kluczowe – wskazano te megatrendy, które najsilniej wpływają na obszary kluczowe. Wpływ ten może być zarówno pozytywny, tj. megatrend może generować potrzeby w zakresie nowoczesnych technologii w danej dziedzinie, jak też negatywny – ograniczając ich rozwój, co szerzej opisano w rozdz. 4.



Powiązanie obszarów kluczowych z celami strategicznymi na poziomie kraju i Europy

– opisuje spójność kluczowych obszarów z celami dokumentów strategicznych na poziomie krajowym i unijnym, co pozwala na identyfikację tych obszarów, które są priorytetowe dla zrównoważonego rozwoju gospodarczego, społecznego i ekologicznego. Cele rozwojowe oraz przesłanki warunkujące rozwój technologii określone w tych dokumentach będą miały bezpośredni wpływ na rozwój technologii. Lista dokumentów została uwzględniona w bibliografii, a bardziej szczegółowo powiązania opisano w raporcie częściowym.



Regiony wspierające kluczowe obszary technologiczne w ramach RIS – mapy przedstawiają województwa, w których kluczowe obszary technologiczne z danej dziedziny są powiązane z regionalnymi inteligentnymi specjalizacjami. Powiązania określono na podstawie analizy zakresu tematycznego poszczególnych RIS (najbardziej aktualnych ich wersji w chwili realizacji przedmiotowego badania), a także na podstawie analizy zakresu przedmiotowego zrealizowanych projektów w ramach poszczególnych RPO na lata 2014-2020.



Przykłady technologii – przedstawia dla każdego kluczowego obszaru technologicznego przykłady technologii w podziale na: technologie rozwinięte (technologie wdrożone lub mające wysoki stopień gotowości technologicznej i wysoki potencjał polskich przedsiębiorstw do ich stosowania) oraz technologie przyszłościowe (które są na wczesnym etapie rozwoju w Polsce, ale dobrze rokują i warto wspierać ich rozwój). Obie grupy technologii zostały wypracowane w trakcie badań, biorąc również wskazania przez ekspertów branżowych w trakcie paneli, wywiadów bezpośrednich oraz badania delfi.



Przykłady praktycznych zastosowań technologii kluczowych – przedstawia przykłady produktów i praktycznych zastosowań technologii w obszarze gospodarki, życia społecznego lub bezpieczeństwa.



Potencjał instytucjonalny, branżowy, kompetencyjny – przedstawia ocenę potencjału gospodarczego, innowacyjnego, badawczo-rozwojowego i kompetencyjnego przedsiębiorstw oraz jednostek naukowych w poszczególnych dziedzinach. Na potrzeby formułowania wniosków w tym zakresie posłużono się zarówno ogólnodostępnymi danymi i raportami GUS i Eurostat, które analizowano dla przedziału czasowego 2016-2021 r., jak i wynikami badań i analiz przeprowadzonych w ostatnich latach, dotyczących działalności badawczo-rozwojowej w Polsce oraz oceny potencjału krajowej gospodarki.

W ramach prac zbadano koncentrację działalności gospodarczej względem krajów UE, w oparciu o analizę danych z wykorzystaniem wskaźników lokacji (LQ). Posłużono się danymi z bazy Eurostat z uwzględnieniem wskaźników prezentowanych według klasyfikacji PKD 2007 na poziomie sekcji i działów. Analiza ta umożliwia wyznaczenie rodzajów działalności stanowiących potencjalne krajowe przewagi gospodarcze na poziomie UE. Analizę statystyczną przeprowadzono dla następujących wskaźników: wartość dodana, zatrudnienie oraz liczba firm. Dla uszczegółowienia analiz dla okresu 2016-2022, w celu zidentyfikowania potencjalnych krajowych obszarów przewag pod kątem dostarczanych towarów za granicę przeprowadzona została analiza eksportu

towarów i usług w latach 2016-2022 według klasyfikacji PKWiU 2015 (Polska Klasyfikacja Wyrobów i Usług) oraz CN (Nomenklatura scalona). Posłużono się zarówno ogólnodostępnymi danymi i raportami GUS.

W kolejnym toku analiz zbadano innowacyjność gospodarki zarówno w odniesieniu do wielkości eksportu wysokich technologii, zaś dla zidentyfikowania obszarów gospodarki, gdzie są wprowadzane i rozwijane innowacje, analizę przeprowadzono dla przedsiębiorstw przemysłowych i usługowych dla lat 2017-2021 według wybranych rodzajów działalności (działy PKD). Analiza została przeprowadzona na podstawie danych GUS. Identyfikacja przewag w obszarze innowacji przeprowadzono z uwzględnieniem udziału przedsiębiorstw, które wprowadziły innowacje produktowe w 2021 roku oraz dynamiki zmian tego wskaźnika.

Potencjał branżowy rozumiany jest jako liczba firm w danej branży oraz zmiana ich przychodów.

Punkt w rozdziale „Potencjał instytucjonalny, branżowy, kompetencyjny” zawiera syntetyczne wnioski z przeprowadzonych analiz.



Kluczowe podmioty – przedstawia przykłady kluczowych podmiotów publicznych (jednostek naukowych, instytutów badawczych, agencji publicznych, klastrów) oraz innowacyjnych przedsiębiorstw mających dokonania w poszczególnych kluczowych obszarach technologicznych. Podmioty te zidentyfikowano w toku całego procesu badawczego opierając się na triangulacji technik badawczych. W procesie identyfikacji podmiotów kluczowych wykorzystano przede wszystkim analizę desk research (raporty, publikacje, informacje o poszczególnych podmiotach zawarte na ich stronach internetowych, listy beneficjentów projektów unijnych itd.), wywiady pogłębione z przedstawicielami grup roboczych, klastrów itd., a także panele ekspertów i ogniskowane wywiady grupowe.

Wśród kryteriów wyboru wymienić należy przede wszystkim znaczenie dla poszczególnych kluczowych obszarów technologicznych, poziom innowacyjności, sukcesy związane z wdrożeniem innowacyjnych produktów i usług, udział w międzynarodowych konsorcjach tworzonych w celu wypracowania nowatorskich produktów itp. Listy podmiotów kluczowych w poszczególnych dziedzinach zostały zweryfikowane w gronie członków zespołu badawczego.



Przewagi konkurencyjne w kontekście konkurencyjności międzynarodowej – przedstawia dobre praktyki w zakresie technologii o potencjale do osiągnięcia sukcesów międzynarodowych.



Kluczowe kwalifikacje, kompetencje i umiejętności – przedstawia listę kluczowych dla danej dziedziny kompetencji/ kwalifikacji (w podziale na wiedzę teoretyczną, umiejętności praktyczne i kompetencje społeczne). Zgodnie z obowiązującymi definicjami przyjęto także, że kwalifikacje to formalnie potwierdzone kompetencje. Dla każdej z dziedzin wskazano zarówno obecnie kluczowe kompetencje, jak też kluczowe kompetencje przyszłości, tj. takie, których znaczenie dla rozwoju poszczególnych specjalizacji będzie wzrastać (z zastrzeżeniem, że niektóre kompetencje/kwalifikacje mogą być kluczowe zarówno obecnie, jak i w przyszłości).

Wszystkie kompetencje/kwalifikacje zostały uszeregowane w tabeli od najważniejszych – na podstawie wyników badania ilościowego wśród przedsiębiorców (szczegółowe wyniki przedstawiono w Załączniku 11.3 Mapa kompetencji), badania delfickiego i innych źródeł danych oraz analiz eksperckich. Kolorem zaznaczono kompetencje/kwalifikacje deficytowe – na podstawie wyników badania ilościowego wśród przedsiębiorców.



Komplementarność i synergia między kluczowymi obszarami technologicznymi – przedstawia relację między kluczowymi obszarami technologicznymi, wg zaproponowanego podziału na technologie kluczowe (takie, które mają bardzo silny wpływ i znaczenie dla innych kluczowych obszarów technologicznych) i wspomagające (mające silne i umiarkowane znaczenie dla rozwoju innych kluczowych obszarów technologicznych). Szczegółową listę powiązań przedstawia mapa powiązań, stanowiąca załącznik do raportu końcowego.



Przewidywana ścieżka rozwoju obszarów do roku 2040 – przedstawia oczekiwany poziom dojrzałości oraz ścieżki rozwoju poszczególnych kluczowych obszarów technologicznych w 3 scenariuszach rozwoju (pesymistyczny, realistyczny i optymistyczny), a także bariery i uwarunkowania wpływające na ten rozwój. Sformułowano także rekomendacje i kamienie milowe, których wdrożenie jest niezbędne do rozwoju kluczowych obszarów technologicznych i dążeniu do scenariusza realistycznego.

5.2 Automatyzacja i robotyzacja

W ramach Automatyzacji i robotyzacji zidentyfikowano następujące **kluczowe obszary technologiczne**:

- **Inteligentne maszyny rolnicze**
- **Roboty medyczne**
- **Systemy automatyzujące procesy w TSL (transport, spedycja i logistyka)**



**AUTOMATYZACJA
I ROBOTYZACJA**

Przyspieszenie postępu technologicznego i wkroczenie rozwiniętego świata w etap czwartej rewolucji przemysłowej stworzyły dogodne warunki do rozwoju automatyzacji i robotyzacji. O ile automatyzacja polega na nadawaniu szeroko rozumianym procesom (np. produkcyjnym, logistycznym lub innym) charakteru automatycznego, o tyle robotyzacja oznacza wprowadzanie manipulatorów, robotów i urządzeń towarzyszących, w celu wykonywania określonych działań bądź operacji z ograniczonym udziałem lub bez udziału człowieka. Tendencja do wdrażania automatyzacji i robotyzacji występuje dziś niemal w każdej branży, począwszy od rolnictwa nieustannie uważanego za branżę o niskim potencjale do wdrażania rozwiązań z zakresu automatyzacji i robotyzacji, poprzez medycynę, której absorpcja na innowacje jest na bardzo wysokim poziomie, kończąc na transporcie, spedycji i logistyce.

Obecne warunki (rosnące koszty pracy, ograniczony dostęp do pracowników) zachęcają gospodarstwa rolne do wdrażania **inteligentnych maszyn rolniczych**. Na rynku oferowane są dziś różnego rodzaju maszyny, które pozwalają zmniejszyć zapotrzebowanie na pracę ludzką w rolnictwie. Są to m.in. autonomiczne pojazdy do wysiewu, maszyny do zbioru plonów czy inteligentne systemy nawadniania. Obszar kluczowy jest silnie powiązany z tak zwanym rolnictwem precyzyjnym. Stanowi ono kompleksowy system gospodarowania, który dostosowuje poszczególne elementy agrotechniki w zależności od aktualnego stanu rozwoju roślin czy właściwości glebowych danego obszaru. Niezbędne dane pozyskiwane i przetwarzane są przy wykorzystaniu wysoko rozwiniętych technologii nawigacyjnych (np. GPS) i informatycznych (np. dzięki kamerze multispektralnej czy RGB możliwe jest przechwytywanie wielu obrazów pola, a następnie przetwarzanie ich pod kątem różnych celów za pomocą metod fotogrametrycznych do tworzenia ortofotografii i map NDVI). Do tego celu stosuje się również obrazowanie hiperspektralne wykonywane z poziomu satelitów. Poprzez ich zastosowanie wzrasta wydajność produkcji rolnej oraz skuteczniej można odpowiadać na potrzeby upraw w związku ze zmiennymi warunkami pogodowymi.

W obszarze **roboty medyczne** uwidacznia się trend do wdrażania robotów chirurgicznych, optymalizacji gospodarki lekowej poprzez wdrażanie robotyki aptek szpitalnych (tzw. system unitdose) oraz robotyzacji w zakresie sztucznej inteligencji wspierającej pracę lekarzy. Według danych szacunkowych, w 2021 roku przeprowadzono w Polsce ok. 3,1 tys. procedur ze wsparciem robotów⁵¹. Zgodnie z prognozami PFSz i Upper Finance, do 2027 roku powinno być wykonywanych blisko 20 tys. zabiegów rocznie z użyciem zrobotyzowanych systemów przeznaczonych dla chirurgii miękkotkankowej⁵². W 2021 r. średnia liczba wykonywanych na 1 aparacie procedur wyniosła ok. 130, podczas gdy szacunek dla roku 2022 r. wynosi ponad 180 zabiegów rocznie na aparat⁵³. Rosnąca liczba procedur z zakresu

⁵¹ <https://pulsmedycyny.pl/robotyzacja-medycyny-jakosc-musi-kosztowac-1138977> (dostęp 21.03.2023).

⁵² Rynek robotyki chirurgicznej w Polsce 2022. Prognozy rozwoju na lata 2022-2027, PFSz, Upper Finance, 2023.

⁵³ Tamże.

robotyki chirurgicznej wynika z wielu korzyści. Z punktu widzenia placówki szpitalnej, wykorzystanie nowoczesnych technologii skraca czas hospitalizacji pacjentów i umożliwia ich szybszy powrót do zdrowia. Korzyścią dla pacjenta jest przede wszystkim mniejsza inwazyjność zabiegów oraz ograniczone ryzyko powikłań pooperacyjnych. Z kolei chirurdzy uzyskują wsparcie w przeprowadzeniu skomplikowanych operacji obarczonych dużym ryzykiem błędu. Według prognoz, rynek robotyki chirurgicznej w Polsce wzrośnie w latach 2022-2027 z 310 mln zł do prawie 948 mln zł, co oznacza, że średnioroczny wzrost wartości (CAGR) tego segmentu wyniesie aż 25%. Wartość ta obejmuje nie tylko szacowaną kwotę sprzedaży robotów – uwzględniony jest również zakup narzędzi i jednorazowych materiałów potrzebnych do wykonania procedury, serwisów, a przede wszystkim wartość samych świadczeń medycznych⁵⁴.

W obszarze **systemy automatyzujące procesy w TSL** zauważa się tendencję do implementowania rozwiązań optymalizujących proces transferowania towarów. Dynamicznie rozwija się automatyzacja transportu technologicznego, polegającego na przenoszeniu towarów z linii produkcyjnej do przestrzeni magazynowych lub rotowaniu towarów w obrębie magazynu. Pożądane są również systemy wykorzystywane w spedycji do organizowania procesu przewozu towarów w sposób zautomatyzowany. Rozwiązania te umożliwiają szybszą dostawę towaru, ale przede wszystkim optymalizują dobór środków transportu oraz tras przewozowych. W efekcie firmy ograniczają koszty (np. zmniejszenie zużycia paliw) oraz zmniejszają swój negatywny wpływ na środowisko naturalne (np. ograniczają emisję dwutlenku węgla i innych szkodliwych substancji).



Megatrendy silnie wpływające na obszary kluczowe

- Transformacja cyfrowa
- Zmiany klimatu oraz zanieczyszczenie środowiska
- Kurcząca się dostępność surowców
- Rozwój zrównoważonego rolnictwa
- Zanieczyszczenie środowiska



Powiązanie obszarów kluczowych z celami strategicznymi na poziomie kraju i Europy

Rosnące znaczenie automatyzacji i robotyzacji zostało silnie uwzględnione w polskich i europejskich dokumentach strategicznych. W *Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju* podkreśla się, że oba te trendy ściśle wiążą się z tzw. czwartą rewolucją przemysłową. Mają one pozytywny wpływ „na wzrost szybkości i elastyczności procesów produkcyjnych, a w rezultacie prowadzą do poprawy konkurencyjności gospodarki”. SOR wyznacza trzy cele szczegółowe, w tym Cel I – Trwały wzrost gospodarczy oparty coraz silniej o wiedzę, dane i doskonałość organizacyjną. On zaś podzielony jest na obszary, w tym Obszar Reindustrializacja, którego automatyzacja i robotyzacja jest jednym z elementów – wśród planowanych działań wskazano cyfryzację procesów technologicznych uzasadniając, że „w pełni zautomatyzowane procesy produkcyjne korzystnie wpłyną na powtarzalność procesów technologicznych, a w konsekwencji na poprawę produktywności przedsiębiorstw”.

Cel główny *Strategii produktywności 2030* będzie realizowany w siedmiu obszarach, a jednym z celów szczegółowych jest automatyzacja, robotyzacja i cyfryzacja przedsiębiorstw. Stwierdza się, że jedną z cech Przemysłu 4.0 jest to, że dzięki m.in. rozwojowi robotyki i automatyki możliwa będzie optymalizacja zużycia materiałów i energii. Podstawy do wspierania obszaru automatyzacji daje także *Krajowy Program Badań. Założenia polityki naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa*, który wśród

⁵⁴ Rynek robotyki chirurgicznej w Polsce 2022. Prognozy rozwoju na lata 2022-2027, PFSz, Upper Finance, 2023.

siedmiu strategicznych dla rozwoju kraju kierunków badań naukowych i prac rozwojowych wymienia „Zaawansowane technologie informacyjne, telekomunikacyjne i mechatroniczne”.

Warto zaznaczyć, że automatyzacja w obszarze transportu została wskazana w *Strategii Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030* jako jeden z elementów *Kierunku Interwencji 2: Poprawa sposobu organizacji i zarządzania systemem transportowym*. Określono, że jednym z projektów strategicznych ma być „Polska droga do automatyzacji transportu drogowego”, którego celem będzie określenie pożądanego i możliwego modelu automatyzacji transportu drogowego w Polsce. Inwestycje związane z automatyzacją transportu znalazły się także w *Krajowym Programie Reform 2022/23*. Zgodnie z założeniami w latach 2021-2026 powstać mają m.in. systemy dynamicznej informacji pasażerskiej, systemy automatycznego zarządzania ruchem kolejowym oraz infrastruktura związana z zapewnieniem bezpieczeństwa ruchu na przejazdach kolejowych. Inwestycje w tym obszarze zostały również wskazane wśród działań mających na celu realizację modeli GOZ w *Mapie drogowej transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym*, gdyż przewidziano „utworzenie Punktu Kontaktowego CAD (Connected Automated Driving) w zakresie automatyzacji transportu drogowego”.

Na poziomie europejskim o optymalnym wykorzystaniu zasobów w kontekście rozwoju gospodarki pisze się m.in. w *Strategic Plan 2020-2024. DG Research and Innovation*. Optymalizacji tej służyć może właśnie automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych. O automatyzacji w obszarze transportu wspomina zaś strategia z 2020 roku pn. *Shaping Europe's Digital Future*, w której wśród kluczowych działań wymieniono uruchomienie korytarzy sieci 5G służących połączonej i zautomatyzowanej mobilności, w tym korytarzy kolejowych.

Co istotne, dokumenty strategiczne wspominają także o negatywnych konsekwencjach postępującej automatyzacji. Odnosi się do tego *SOR*, w której zauważa się, że zastępowanie ludzi robotami może wywoływać istotne konsekwencje na rynku pracy oraz w obszarze cyberbezpieczeństwa. Ryzyka związane z rosnącą rolą automatycznych procesów wskazuje się także w *Strategii bezpieczeństwa UE 2020-2025* oraz w dokumencie pt. *2021. Strategic Foresight Report (UE)*.



Regiony wspierające kluczowe obszary technologiczne w ramach RIS



- 1 - Inteligentne maszyny rolnicze
- 2 - Roboty medyczne
- 3 - Systemy automatyzujące procesy w TSL

Kluczowe obszary technologiczne w dziedzinie AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA wspierane są w ramach RIS we wszystkich województwach w kraju. Co więcej, RIS aż w 14 województwach uwzględnia równoczesne wsparcie wszystkich trzech obszarów kluczowych. Tylko RIS w dwóch województwach (podlaskim, lubuskim) ukierunkowane są na wsparcie dwóch obszarów kluczowych. W woj. lubuskim jako kluczowe traktuje się obszary związane z robotami medycznymi i systemami automatyzującymi procesy w TSL. Podlaskie przewiduje wsparcie na rozwój inteligentnych maszyn rolniczych oraz robotów medycznych.



Przykłady technologii

Kluczowy obszar technologiczny	Technologie rozwinięte (wysoki stopień gotowości technologicznej)	Technologie przyszłościowe (wczesny etap rozwoju)
Inteligentne maszyny rolnicze	• Rolnicze pojazdy autonomiczne (np. ciągniki) • Autonomiczne urządzenia rolne (np. siewniki, sadzarki, maszyny do zbioru roślin) • Drony rolnicze • Systemy wizyjne w monitorowaniu upraw rolnych • Inteligentne systemy kontroli jakości gleby • Inteligentne systemy nawożenia • Inteligentne systemy zarządzania gospodarstwem rolnym • Skaner glebowy • Inteligentny system oprysku punktowego • Systemy lokalizacji i monitoringu maszyn rolniczych	• Urban farming • Agroboty • Łaziki identyfikujące i likwidujące chwasty na polu • Urządzenia do biostymulacji roślin • Systemy integrujące działanie podsystemów kontrolujących maszyny rolnicze, urządzenia, dane pozyskiwane z satelity • Systemy regeneracji roślin oparte na rozwiązaniach AI
Roboty medyczne	• Robotyka aptek szpitalnych • Roboty chirurgiczne • Roboty rehabilitacyjne • Wykorzystanie technik przyrostowych w produkcji implantów	• Inteligentne i autonomiczne roboty chirurgiczne • Produkcja sztucznych narządów • Inteligentne systemy zdalnej diagnostyki i autodiagnostyki • Autonomiczne systemy rejestracji oparte na chat-botach • Automatyczne systemy dawkowania leków
Systemy automatyzujące procesy w TSL	• Autonomiczne pojazdy • Inteligentne parki maszynowe • Inteligentne przestrzenie magazynowe • Digitalizacja dokumentacji w przepływach logistycznych • Rozwiązania IT wykorzystujące AI do optymalizacji działań transportowych i logistycznych	• Autonomiczne maszyny dostarczające przesyłki w ramach e-commerce • Systemy integrujące działanie podsystemów telematycznych • Latające pojazdy transportowe zarówno w transporcie prywatnym (taksówki powietrzne) jak i dostarczaniu przesyłek (drony) • Systemy logistyczne wpływające na redukcję emisję zanieczyszczeń



Przykłady praktycznych zastosowań technologii kluczowych

Praktyczne wdrożenia technologii opracowanych w ramach dziedziny AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA zmieniły oblicze gospodarki i poszczególnych jej sektorów.

- **Robot autonomiczny do uprawy kukurydzy.** Na AgroShow 2022 konsorcjum złożone przez Łukasiewicz - Poznański Instytut Technologiczny, Łukasiewicz - Instytut Lotnictwa oraz producenta maszyn rolniczych firmę UNIA Sp. z o.o., zaprezentowało autonomiczną maszynę do uprawy kukurydzy. Robot ten, po wejściu do produkcji, przystosowany będzie do zastosowań na wszystkich etapach produkcji rolnej. Kompleksowo automatyzować będzie procesy związane z siewem i pielęgnacją upraw szerokorzędowych, szczególnie kukurydzy. Obszar: inteligentne maszyny rolnicze.
- **Autonomiczne ciągniki.** Firma GOMtrack oferuje zaawansowane systemy umożliwiające automatyczne i bezzałogowe prowadzenie ciągników rolniczych podczas wykonywania prac polowych i sadowniczych. Oferuje ona szerokie spektrum programów dla rolników, którzy planują unowocześnienie i automatyzację swoich gospodarstw rolnych. Obszar: inteligentne maszyny rolnicze.
- **Autonomiczny system nawadniania.** Polski Eko Chmiel S.A. jest dostawcą kompleksowego systemu zaawansowanych technologicznie kompozytowych konstrukcji nośnych chmielnika wraz z technologią monitoringu i podnoszenia efektywności upraw chmielu w środowisku wolnym od kreozotu. Firma opracowała autonomiczny system nawadniania kropłowego plantacji chmielu, działający niezależnie zarówno od sieci energetycznej, jak i sieci wodociągowej. Obszar: inteligentne maszyny rolnicze.
- **Roboty rehabilitacyjne.** Prodomus wprowadza na rynek polski i zagraniczny roboty rehabilitacyjne. W jej ofercie znajduje się m.in. Prodrobot Magna. Jest to zautomatyzowany trener chodu, przeznaczony do rehabilitacji kończyn dolnych pacjentów z dysfunkcjami chodu. Firma EGZOTech z Gliwic wprowadziła na rynek robot Luna EMG, który jest przystosowany do pracy z osobami cierpiącymi na schorzenia nerwowo-mięśniowe. Robot wykorzystuje reaktywną elektromiografię do treningu kory czuciowo-ruchowej. Obszar: roboty medyczne.
- **Platforma automatyzująca procesy logistyczne.** Wyróżniającą się firmą w zakresie rozwijania tego typu platformy jest Snarto. Oferuje ona zintegrowaną platformę logistyczną wykorzystującą osiągnięcia sztucznej inteligencji do optymalizacji czasu i kosztów transportu. Warto też wymienić firmę PURU Sp. z o.o. Jest ona polskim producentem przemoników i integratorem systemów intralogistycznych. Tworzy ona systemy sortowania automatycznego w oparciu o autorskie rozwiązania IT. Obszar: systemy automatyzujące procesy w TSL.



Potencjał instytucjonalny, branżowy, kompetencyjny

Bezpośrednie zaplecze B+R dla firm z obszarów kluczowych związanych z automatyzacją i robotyzacją stanowi 109 jednostek naukowych⁵⁵. Na tle innych dziedzin, potencjał instytucjonalny mierzony liczbą jednostek B+R prezentuje się pozytywnie. Z drugiej jednak strony zauważa się niewielki odsetek podmiotów posiadających najwyższe kategorie naukowe. Wśród zaplecza instytucjonalnego dziedziny

⁵⁵ Ewaluacja potencjału badawczo-rozwojowego jednostek naukowych i jego wpływu na realizację celów KIS, Ecorys Polska, Taylor Economics, 2019.

AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA dominują jednostki posiadające kategorie B (61,5% ogółu)⁵⁶). Najwyższą kategorię – tj. A+ lub A – uzyskało 35,8% ogółu jednostek. Liczebność personelu B+R w dziedzinie nauk inżynierskich i technicznych zwiększyła się, a skala tego wzrostu była najwyższa na tle innych dziedzin nauki. Trend ten ukazuje, iż zapotrzebowanie na wykonywanie prac B+R jest coraz wyższe, co wymaga powiększania profesjonalnego zaplecza kadrowego. Wśród wiodących ośrodków badawczych mających wpływ na rozwój automatyzacji i robotyzacji wymienić należy m.in. NSMET – Narodową Sieć Metrologii Współrzędnościowej tworzoną przez cztery Politechniki (Krakowską, Warszawską, Poznańską oraz Świętokrzyską). Warto także wymienić w tej grupie Sieć Badawczą Łukasiewicz, w szczególności Poznański Instytut Technologiczny.

Potencjał branżowy związany z automatyzacją i robotyzacją należy ocenić dosyć wysoko. Rośnie liczba pracujących w firmach z tego obszaru. Rosnące zapotrzebowanie na pracowników świadczy o rozwoju przedsiębiorstw i planach na dalsze inwestowanie w poprawę konkurencyjności. Zauważa się także wzrost wartości eksportu na rynki zagraniczne. Choć w liczbach bezwzględnych nie jest to imponujący wynik, jednakże dynamika wzrostu w ujęciu procentowym znacząco wyróżnia się na tle innych branż. Odsetek firm wdrażających innowacje wyraźnie wzrósł (z poziomu 70% w 2016 roku do poziomu 82,6% według odczytu z 2021 roku). Inną pozytywną zmianą jest podwojenie nakładów na działalność B+R w okresie 2016-2021. Zauważa się też dużą aktywność w zakresie pozyskiwania środków finansowych w ramach POIR czy Horyzont 2020. Na podstawie raportu pn. *Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii* ustalono, że w obszarze powiązanych z automatyzacją i robotyzacją, zgłoszenia patentowe *per capita* prezentują się przeciętnie na tle innych obszarów technologicznych (rezultat 16,65) – dominują pod tym względem technologie medyczne i farmaceutyczne. Na podstawie danych z bazy WOS zauważa się natomiast dużą aktywność publikacyjną (343 publikacji z tej dziedziny na 1 mln mieszkańców). Przywołany już raport pt. *Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii* zawiera konkluzję, iż ponad połowa wiodących technologii, znaczny potencjał jednostek naukowych oraz spodziewany wzrost automatyzacji procesów w wielu branżach, przemawiają za uznaniem dziedziny automatyzacji i robotyzacji za obszar pierwszej prędkości. Na podstawie badań jakościowych ustalono ponadto, iż firmy działające w obszarze automatyzacji i robotyzacji nie tylko wykazują chęć do współpracy z jednostkami B+R, ale też uwidacznia się wśród nich trend do tworzenia własnych centrów badawczo-rozwojowych. Choć przedsięwzięcia te wydają się kosztowne, to firmy dostrzegają wiele korzyści z rozwijania własnego zaplecza B+R. Główną korzyścią jest możliwość wypracowywania innowacyjnych rozwiązań i optymalizowania ich zgodnie z oczekiwaniami rynkowymi. Chodzi zatem o tworzenie wiodących technologii z zachowaniem ich potencjału do komercjalizacji oraz z uwzględnieniem własnych możliwości operacyjnych i produkcyjnych.

Potencjał kompetencyjny na potrzeby automatyzacji i robotyzacji prezentuje się przeciętnie. Co prawda z badania pn. *SMART SKILLS – ewaluacja potencjału i możliwości rozwoju kwalifikacji dla inteligentnej gospodarki* wyłania się wniosek, iż automatyzacja i robotyzacja nie należy do dziedzin, w których problem braku odpowiednich kwalifikacji i kompetencji jest najbardziej dotkliwy. Nie oznacza to jednak, iż nie występują w niej luki kompetencyjne oraz ograniczona dostępność wykwalifikowanych kadr. Coraz większym wyzwaniem na rynku pracy jest znalezienie wykwalifikowanych pracowników zdolnych do obsługi, utrzymania i serwisowania stanowisk zrobotyzowanych.

⁵⁶ Ewaluacja potencjału badawczo-rozwojowego jednostek naukowych i jego wpływu na realizację celów KIS, Ecorys Polska, Taylor Economics, 2019.



Kluczowe podmioty

Kluczowy obszar technologiczny	Podmioty publiczne	Przedsiębiorstwa
Inteligentne maszyny rolnicze	- Politechnika Lubelska - Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Lotnictwa - Sieć Badawcza Łukasiewicz - Poznański Instytut Technologiczny	- Farm Alert - Globtrak - GOtrack - Polski Eko Chmiel S.A. - UNIA Sp. z o.o
Roboty medyczne	- Politechnika Śląska - Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach - Fundacja Rozwoju Kardiochirurgii im. prof. Zbigniewa Religi w Zabrze - Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego - Politechnika Śląska - Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach	- Prodromus - Grupa Synektik - EGZOTech - Zortrax - QuickTempy
Systemy automatyzujące procesy w TSL	- Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie - Instytut Transportu Samochodowego - Politechnika Warszawska - Sieć Badawcza Łukasiewicz - Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP	- KZŁ - PURU - Snarto - Sprint - Wasko



Przewagi konkurencyjne w kontekście konkurencyjności międzynarodowej

O ile opracowywanie robotów i autonomicznych maszyn stanowi obszar silnej dominacji podmiotów zagranicznych, nadal z nielicznymi sukcesami polskich firm, o tyle jeśli chodzi o tworzenie software'u umożliwiającego automatyzowanie różnego rodzaju procesów, firmy z Polski są konkurencyjne i mogą z powodzeniem dokonywać ekspansji na rynki zagraniczne. Przeciętą innowacyjności polskich firm w obszarze robotyki wynika z ograniczonych zasobów kapitałowych i niskiej skłonności do podejmowania wieloletnich zobowiązań inwestycyjnych, obarczonych dużym ryzykiem. Z tego między innymi powodu upadł pomysł rozwijania w Polsce robotów medycznych pod nazwą Robin Heart. Nie udało się to ani firmie Famed, ani też firmie Meden-Inemd. Aby więc pomóc polskim firmom w silniejszej ekspansji zagranicznej związanej z robotyką konieczne jest dopasowanie programów wsparcia do specyfiki prac nad robotami zarówno pod względem okresu wsparcia, jak również wysokości dofinansowania i zakresu finansowania inwestycji (poza pracami B+R konieczne jest także finansowanie procesu komercjalizacji). Z tworzeniem lub ulepszaniem technologii w obszarze automatyzacji znacznie lepiej radzą sobie polskie firmy. Jest to bowiem proces znacznie mniej

kapitałochłonny i nie wiąże się z tak dużym ryzykiem, jak inwestycje w zakresie robotyzacji. Biorąc pod uwagę wymienione wyżej czynniki można pokusić się o stwierdzenie, iż próby rozwijania systemów automatyzacji mają dziś większe szanse na sukces w skali międzynarodowej, choć oczywiście istnieją w Polsce firmy, które mogą pochwalić się sukcesem w budowaniu robotów np. rehabilitacyjnych czy szerzej – medycznych.



Kluczowe kompetencje/kwalifikacje

	Kluczowe kompetencje/kwalifikacje	Kluczowe kompetencje/Kwalifikacje, przyszłości
Wiedza teoretyczna	1. znajomość podstawowych zagadnień z zakresu elektryki, elektroniki i informatyki 2. znajomość specyfiki działania urządzeń sterowanych cyfrowo 3. znajomość zagadnień z zakresu mechaniki, mechatroniki oraz budowy i eksploatacji maszyn 4. znajomość języka obcego (angielski) minimum na poziomie B2 oraz słownictwa branżowego 5. znajomość oprogramowania do projektowania pracy maszyn i robotów 6. znajomość ogólnych zasad organizacji i przebiegu procesu produkcyjnego w przemyśle 7. znajomość zasady działania systemów optymalizacji i monitorowania produkcji 8. wiedza z zakresu bezpieczeństwa cyfrowego (systemy zabezpieczeń, programy zabezpieczające)	1. znajomość zagadnień z zakresu mechaniki, mechatroniki oraz budowy i eksploatacji maszyn 2. znajomość algorytmów uczenia maszynowego 3. znajomość oprogramowania do projektowania pracy maszyn i robotów 4. znajomość technologii chmurowych 5. znajomość podstawowych zagadnień z zakresu elektryki, elektroniki i informatyki 6. znajomość języka obcego (angielski) minimum na poziomie B2 oraz słownictwa branżowego 7. znajomość specyfiki działania urządzeń sterowanych cyfrowo 8. znajomość zasady działania systemów optymalizacji i monitorowania produkcji
Umiejętności praktyczne	1. Umiejętność monitorowania procesów pod kątem możliwości wdrożenia optymalizacji 2. Umiejętność rozwiązywania problemów technicznych, analizy zdarzeń i podejmowania środków zapobiegawczych 3. Umiejętność monitorowania pracy i stanu technicznego maszyn i urządzeń produkcyjnych 4. Umiejętność zapewnienia wsparcia technicznego pracownikom produkcji oraz utrzymania ruchu i jakości 5. Umiejętności programowania urządzeń sterowanych cyfrowo (CNC)	1. umiejętność predykcji zagrożeń bądź nieprawidłowości w działaniu maszyn lub robotów 2. umiejętność połączenia pracy ludzkiej z pracą robota 3. umiejętność monitorowania procesów pod kątem możliwości wdrożenia optymalizacji 4. umiejętność projektowania i uruchamiania linii produkcyjnych 5. umiejętność gromadzenia i analizy baz danych, w tym Big Data

	6. Umiejętność analizowania wydajności maszyn i urządzeń, poszukuje rozwiązań optymalizujących 7. Umiejętność projektowania i uruchamiania linii produkcyjnych 8. Umiejętność gromadzenia i analizy baz danych, w tym Big Data 9. Umiejętność organizowania i nadzorowania pracy pracowników utrzymania ruchu 10. Umiejętność wykorzystania technologii nawigacji do obserwacji satelitarnej 11. Umiejętność dokonywania przeglądów i konserwacji, maszyn i robotów 12. Umiejętność diagnozowania maszyn i robotów	
Kompetencje społeczne (postawy)	1. Umiejętność myślenia procesowego, krytycznego i analitycznego 2. Umiejętność pracy zespołowej 3. Kreatywność, nastawienie na dostarczanie nowych rozwiązań, innowacyjność 4. Komunikowanie się w sposób zapewniający efektywną współpracę 5. Umiejętność rozwiązywania problemów 6. Elastyczność 7. Interdyscyplinarność	1. Umiejętność myślenia procesowego, krytycznego i analitycznego 2. Interdyscyplinarność 3. Myślenie holistyczne, identyfikowanie i analizowanie problemów w ujęciu całościowym i szczegółowym 4. Współpraca w ramach międzykulturowych zespołów 5. Zdolność szybkiego uczenia się i adaptacji do zmieniającego się środowiska pracy

Kompetencje/kwalifikacje zostały uszeregowane w tabeli od najważniejszych – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców oraz badania delfickiego; kolorem zaznaczono kompetencje/kwalifikacje deficytowe – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców.



Komplementarność i synergia między kluczowymi obszarami technologicznymi

Obszary kluczowe w dziedzinie AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA są silnie powiązane z dziedziną CYFRYZACJA. Aż 3 obszary kluczowe z tej dziedziny (sztuczna inteligencja, gromadzenie przetwarzanie i przesyłanie danych, geoinformacja) wspierać będą rozwój technologii z zakresu automatyzacji i robotyzacji. Technologie te przede wszystkim będą mieć zastosowania w obszarach takich jak inteligentne maszyny rolnicze oraz systemy automatyzujące procesy w TSL. Ważna też jest dziedzina ZDROWIA. W jej ramach bowiem dwa obszary kluczowe (diagnostyka i terapia oraz informatyczne narzędzia medyczne) są komplementarne z obszarem określonym mianem roboty medyczne. Obszar ten znajduje się również w układzie synergicznym z obszarem biotechnologia w medycynie, przypisanym do dziedziny BIOTECHNOLOGIA. Istotne znaczenie dla dziedziny AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA ma również TRANSPORT. Obszar kluczowy z zakresu innowacyjnych systemów zarządzania transportem wykazuje silne powiązanie z systemami automatyzującymi procesy w TSL.



Przewidywana ścieżka rozwoju obszarów do roku 2040

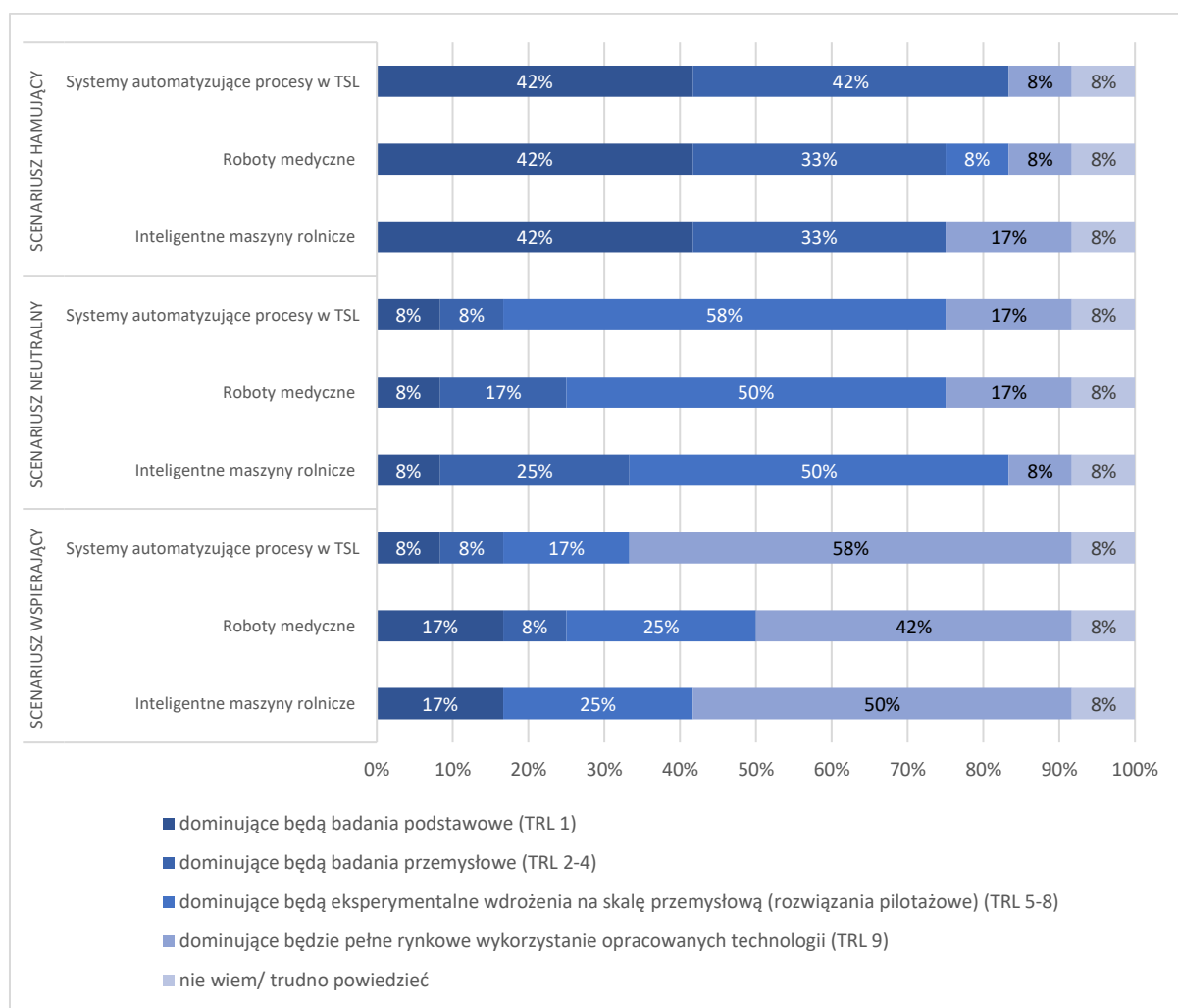
Na podstawie badań delfickich z udziałem ekspertów oceniono poziom gotowości technologicznej dla dziedziny AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA. W scenariuszu hamującym przewiduje się, iż dominować

będą badania podstawowe (42%). W obszarze Systemy automatyzujące procesy w TSL równie silny będzie trend zakładający prowadzenie badań przemysłowych. W pozostałych dwóch obszarach badania przemysłowe mieć będą udział na poziomie 33% w ogólnej liczbie prowadzonych prac B+R. Co ciekawe jednak, niemal 1/5 działań B+R prowadzonych w ramach obszaru inteligentne maszyny rolnicze będą przekładać się na pełne rynkowe wykorzystanie opracowanych technologii. To najwyższy wynik na tle obszarów kluczowych w ramach dziedziny AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA.

Scenariusz neutralny zakłada dominację w każdym obszarze kluczowym eksperymentalnych wdrożeń na skalę przemysłową (zakres od 50% w przypadku robotów medycznych i inteligentnych maszyn rolniczych po 58% w odniesieniu do systemów automatyzujących procesy w TSL). Ponadto, ¼ wszystkich działań B+R nad inteligentnymi maszynami rolniczymi mieć będzie związek z badaniami przemysłowymi.

Najbardziej optymistyczny scenariusz przyjmuje pełne wykorzystanie opracowanych technologii, w wyniku prac B+R. Trend ten dominować będzie w szczególności w obszarze systemów automatyzujących procesy w TSL (58%). Nieznacznie niższy wynik odnotowano w obszarze robotów medycznych (50%). Natomiast 42% prac B+R ma szansę na pełne wykorzystanie rynkowe w obszarze inteligentnych maszyn rolniczych.

Wykres 2 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA



Źródło: badanie delfickie, n=12.

Czynniki i uwarunkowania, w tym bariery, wpływające na rozwój kluczowych obszarów technologicznych

Na rozwój kluczowych obszarów technologicznych w ramach dziedziny AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA wpływ mają następujące uwarunkowania:

- Ograniczone możliwości finansowe polskich przedsiębiorców, wysoka kapitałochłonność inwestycji z zakresu automatyzacji i robotyzacji, brak czasu i zasobów ludzkich dla wdrażania innowacji,
- Ograniczona współpraca jednostek naukowych z przedsiębiorstwami skutkująca niewykorzystywaniem zaplecza badawczego,
- Niska świadomość krajowych przedsiębiorców (w szczególności małych) odnośnie korzyści, jakie daje automatyzacja i robotyzacja,
- Przewaga technologiczna po stronie firm z kapitałem zagranicznym.

Wyzwania i rekomendacje dla rozwoju kluczowych obszarów technologicznych

Dla rozwoju innowacyjnych technologii z dziedziny AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA kluczowe znaczenie mają:

- Zwiększenie świadomości polskich przedsiębiorców (w szczególności MŚP) związanej z korzyściami związanymi z automatyzacją i robotyzacją,
- Zwiększenie skali współpracy pomiędzy przedsiębiorcami a jednostkami naukowymi na rzecz tworzenia innowacyjnych rozwiązań służących automatyzacji i robotyzacji,
- Rozwój programów wsparcia (dofinansowania) dla współpracy biznes-nauka,
- Wspieranie polskich dostawców rozwiązań IT służących automatyzacji,
- Wspieranie polskich producentów urządzeń i maszyn (robotów),
- Podnoszenie kompetencji kadr obsługujących urządzenia (roboty), programujących i nadzorujących ich pracę,
- Rozwój współpracy międzysektorowej i tworzenie multi-kompetentnych zespołów pracujących nad rozwiązaniami z zakresu automatyzacji i robotyzacji.

Kamienie milowe:

- Uruchomienie środków finansowych przewidzianych w ramach Krajowego Planu Odbudowy na komponent A „Odporność i konkurencyjność gospodarki” i C „Transformacja cyfrowa”,
- Poprawa jakości kształcenia zawodowego na potrzeby gospodarki,
- Zniwelowanie luki kompetencyjnej na rynku pracy w związku z rozwojem procesów automatyzacji i robotyzacji,
- Intensyfikacja współpracy między sferą nauki a biznesem.

Zalecenia w zakresie Krajowych Inteligentnych Specjalizacji:

- Proponuje się modyfikację układu KIS i odejście od opisu „procesualnego” (przedstawiającego etapy procesu tworzenia robotów i systemów automatyzacyjnych) i przyjęcie opisu skupionego wokół obszarów kluczowych o największym potencjalnie wzrostowym.

5.3 Bezpieczeństwo i obronność

W ramach BEZPIECZEŃSTWA I OBRONNOŚCI zidentyfikowano następujące **kluczowe obszary technologiczne**:

- **Broń precyzyjna i uzbrojenie, technologie wykorzystywane na polu walki**
- **Technologie kosmiczne i satelitarne**
- **Sensory i obserwacja**
- **Platformy bezzałogowe**



**BEZPIECZEŃSTWO
I OBRONNOŚĆ**

Obszar bezpieczeństwa i obronności staje się kluczowym obszarem w świetle postępującej globalizacji, migracji ludności, napięć geopolitycznych, a w ostatnim okresie agresji militarnej Rosji na Ukrainę. Wojna rosyjsko-ukraińska wpływa bezpośrednio na bezpieczeństwo Europy Środkowo-Wschodniej, a ponadto – w perspektywie długoterminowej – na przyszłą architekturę bezpieczeństwa świata.

Według zapisów zawartych w *Priorytetowych Kierunkach Badań w Resorcie Obrony Narodowej na lata 2017-2026* w zakresie modernizacji technicznej Sił Zbrojnych RP priorytetowo należy traktować: środki cyberobrony i cyberwalki, w tym w systemy ochrony kryptograficznej i bezpieczeństwa w cyberprzestrzeni; bezzałogowe systemy uderzeniowe, wsparcia i zabezpieczenia; systemy uzbrojenia do precyzyjnego rażenia z uwzględnieniem wykorzystania technologii satelitarnych; sensory, ze szczególnym uwzględnieniem radiolokacji pasywnej oraz systemów identyfikacji skażeń chemicznych i biologicznych; systemy walki radioelektronicznej, w tym broni energii skierowanej; systemy łączności, ze szczególnym uwzględnieniem radia programowalnego⁵⁷. W *Koncepcji Obrony RP* jako zakładane priorytety badawczo-rozwojowe wykazano m.in. energię skierowaną, bezpilotowe platformy powietrzne, morskie i lądowe oraz nowoczesne technologie (np. sensory)⁵⁸. Zdaniem ekspertów, wojna w Ukrainie zweryfikowała użyteczność niektórych stosowanych rozwiązań i pozwoliła wskazać nowe priorytety, m.in. związane z technologiami zdalnego sterowania pojazdami bojowymi z wykorzystaniem systemów autonomicznych (istotne wobec braków wykwalifikowanej kadry, która jest w stanie zaabsorbować uzbrojenie przekazane z innego kraju), technologiami na styku człowiek-maszyna, systemami cyfrowego zarządzania polem walki, wykorzystywaniem VR i AR do szkolenia żołnierzy.

Wojna w Ukrainie pokazała również zawodność stosowanych systemów łączności satelitarnej opartej na sygnale GALILEO albo na sygnale GPS, które są łatwe do zakłócenia. Dlatego priorytetowe staje się rozwijanie współdziałania różnych systemów nawigacji czy łączności i zastępowanie jednego systemu innym, gdy ten okazuje się zawodny. Poza dalszym rozwijaniem technologii satelitarnych, istotne stają się technologie niezależne od sygnału satelitarnego, np. nawigacja oparta o mapowanie terenu za pomocą sztucznej inteligencji, nawigacja inercyjna, nawigacja kwantowa z zastosowaniem akcelerometrów kwantowych, łączność optyczna.

W *Koncepcji Obrony RP*⁵⁹ wskazuje się na sztuczną inteligencję, która jest tzw. technologią podwójnego wykorzystania (ang. dual-use technology). Zastosowanie AI w wymiarze militarnym jest bardzo rozległe. Tzw. „hyper war” stworzy sytuację, w której sztuczna inteligencja oraz rozwiązania z zakresu uczenia maszynowego staną się kluczowym elementem procesu podejmowania decyzji, zmniejszając znaczenie człowieka⁶⁰. AI to kluczowa technologia również dla szeroko rozumianego rozwoju i koordynacji pracy systemów bezzałogowych (m.in. swarming). Dodatkowo w obszarze bezpieczeństwa kluczowego

⁵⁷ Priorytetowe Kierunki Badań w Resorcie Obrony Narodowej na lata 2017-2026.

⁵⁸ Koncepcja Obrony RP.

⁵⁹ Koncepcja Obrony RP.

⁶⁰ Monitoring trendów w innowacyjności Raport 7, PARP, 2019.

znaczenia nabierają technologie informacyjno-komunikacyjne związane z przetwarzaniem dużej ilości danych z różnych źródeł (również w wykorzystaniu AI), czy też TIK związane z autonomicznymi systemami wymiany informacji i danych między pojazdami/ systemami (niezbędne do zarządzania ruchem w przestrzeni kosmicznej czy lotniczej satelitów z zastosowaniem algorytmów predykcyjnych i optymalizacyjnych). Oznacza to silne powiązania obszaru bezpieczeństwa i obronności z kluczowymi obszarami technologicznymi w ramach cyfryzacji, takimi jak sztuczna inteligencja, technologie immersyjne i gamingowe, czy cyberbezpieczeństwo.

W kontekście bezpieczeństwa znaczenia nabierają technologie kosmiczne i satelitarne, obejmujące technologie łączności satelitarnej, technologie i systemy przetwarzania i wykorzystania danych satelitarnych (do obserwacji Ziemi, nawigacji satelitarnej, telekomunikacji czy bezpieczeństwa kosmicznego), inżynierię materiałową, czyli wykorzystanie nowych komponentów w trudnych/ ekstremalnych warunkach, innowacyjne napędy rakietowe np. na nadtlenek wodoru i inne obszary związane z kosmicznymi systemami transportowymi (raketami). Polska ma też m.in. duży potencjał kompetencyjny do wykorzystywania sensorów optycznych, w tym np. do radarowych systemów satelitarnych czy też naziemnych związanych z wyszukiwaniem śmieci kosmicznych. Pojawiają się również możliwości w zakresie eksploatacji kosmosu poprzez wydobywanie (górnictwo kosmiczne surowców rzadkich), w świetle podpisania przez Polskę w 2021 roku Porozumienia Artemis. Przedsięwzięcie związane z przestrzenią kosmiczną obejmuje szerokie spektrum działań: od projektowania i budowy elementów misji kosmicznych, przez wdrożenie i utrzymanie infrastruktury stacji naziemnych, po tworzenie aplikacji korzystających z danych satelitarnych, bądź systemów globalnej nawigacji.



Megatrendy silnie wpływające na obszary kluczowe

- Globalizacja i deglobalizacja
- Wzrost napięć międzynarodowych i politycznych (w szczególności wojna w Ukrainie)
- Transformacja cyfrowa



Powiązanie obszarów kluczowych z celami strategicznymi na poziomie kraju i Europy

Szeroko rozumiane bezpieczeństwo w wymiarze społecznym, ekologicznym czy ekonomicznym pojawia się w większości analizowanych dokumentów strategicznych. W całości kwestiom bezpieczeństwa poświęcono dokument Strategia bezpieczeństwa UE 2020-2025, w którym wskazuje się na niezbędne działania w odniesieniu do zagrożeń hybrydowych, związanych z cyfryzacją wszystkich dziedzin życia, zagrożeniem terroryzmem i przestępczością zorganizowaną. Jednym z kluczowych działań jest udoskonalanie badań i innowacji w dziedzinie bezpieczeństwa, gdyż innowacje są strategicznym narzędziem do przeciwdziałania obecnym zagrożeniom i przewidywania zarówno przyszłych zagrożeń, jak i przyszłych możliwości.

Kwestie związane bezpośrednio z bezpieczeństwem militarnym i obronnością są wymienione natomiast jedynie w *Strategii Odpowiedzialnego Rozwoju*, gdzie wskazuje się na potrzebę wzrostu poziomu innowacyjności podmiotów polskiego przemysłu obronnego oraz wsparcia rozwoju technologii innowacyjnych i kluczowych grup produktowych polskiego przemysłu obronnego (np.: technologie teleinformatyczne, drony, rozpoznawanie obrazowe i satelitarne) oraz wykorzystanie możliwości stwarzanych poprzez stosowanie offsetu, w celu unowocześnienia produkcji realizowanej przez polski przemysł obronny. Drugim analizowanym dokumentem jest *Krajowy Program Badań*, w którym wśród siedmiu wyodrębnionych w dokumencie strategicznych, interdyscyplinarnych kierunków badań naukowych siódmym wskazano obszar bezpieczeństwa i obronność. Z kolei w dokumencie *Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju* oraz *Strategii Produktywności 2030* wskazuje się na sektor lotniczo-

kosmiczny (np. drony, elementy satelitów) jako jeden z sektorów strategicznych. Szczegółowe cele w tym sektorze zawiera *Polska Strategia Kosmiczna do roku 2030*, w której wskazano na potrzebę rozbudowy zdolności w obszarze bezpieczeństwa i obronności państwa z wykorzystaniem technologii kosmicznych i technik satelitarnych.

Szczegółowo założenia i zasady polityki bezpieczeństwa narodowego i obrony są prezentowane w innych dokumentach strategicznych i programowych. Aktualnie obowiązuje w Polsce *Strategia Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej*, zatwierdzona w dniu 12 maja 2020 roku przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, w której przedstawiono główne wyzwania Polski w tym obszarze. Na poziom rozwiązań i trendów technologicznych mających istotne znaczenie dla bezpieczeństwa i obronności schodzą dwa inne dokumenty – *Koncepcja Obrony RP* oraz *Priorytetowe Kierunki Badań w Resorcie Obrony Narodowej na lata 2017-2026*.



Regiony wspierające kluczowe obszary technologiczne w ramach RIS



- 1 - Broń precyzyjna i uzbrojenie
- 2 - Technologie kosmiczne i satelitarne
- 3 - Sensory i obserwacja
- 4 - Platformy bezzałogowe

Kluczowe obszary technologiczne w dziedzinie BEZPIECZEŃSTWO I OBRONNOŚĆ wspierane są w ramach RIS w województwach: dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, lubelskim, łódzkim, małopolskim, podkarpackim, pomorskim, śląskim i zachodniopomorskim. W takich regionach jak podkarpackie, pomorskie czy śląskie wskazano bezpośrednio w ramach RIS przemysł kosmiczny czy inżynierię satelitarną. W województwie podkarpackim jedną ze specjalizacji jest Lotnictwo i kosmonautyka ze względu na tradycje związane z tą gałęzią gospodarki, ponadprzeciętną koncentrację przedsiębiorstw, wysoki potencjał badawczo-rozwojowy, jak również aktywną współpracę w klastrach (m.in. Dolina Lotnicza) oraz rozbudowany system kształcenia kadr dla tych przemysłów. W pozostałych regionach kluczowe obszary technologiczne takie jak technologie informacyjne i sieciowe, sensory i obserwacja czy platformy bezzałogowe mogą być rozwijane w ramach specjalizacji związanych z informacją i telekomunikacją, technologiami materiałowymi i przemysłu

metalowego i maszynowego, czy energią (np. nowoczesne źródła napędu).



Przykłady technologii

Kluczowe obszary technologiczne	Technologie rozwinięte (wysoki stopień gotowości technologicznej)	Technologie przyszłościowe (wczesny etap rozwoju)
Broń precyzyjna i uzbrojenie, technologie wykorzystywane na polu walki	- Technologie amunicji krążącej - Technologie wsparcia dowodzenia klasy C4ISR - Bojowe bezzałogowe statki powietrzne - Technologie optoelektroniczne - Pociski dalekiego zasięgu	- Egzoskielety i roboty - Systemy rozpoznawania i identyfikacji celów, broń rozpoznająca użytkownika - Mikroelektronika, układy scalone (ASIC)

	• Systemy kierowania ogniem • Systemy naprowadzania i sterowania • Technologie hiperdźwiękowe	• Technologie broni i napędów raketowych • Technologie światłowodowe • Sterowne pociski małego kalibru • Technologie wspierające autonomizację platform bezałogowych, przy użyciu AI • Nanotechnologia, technologie materiałowe
Technologie kosmiczne i satelitarne	• Elementy do produkcji sensorów • Małe platformy satelitarne, nanosatellity • Technologie obserwacji, łączności i nawigacji satelitarnej • Technologie wynoszenia satelitów i pojazdów kosmicznych • Baterie słoneczne • Technologie obrazowania SAR • Technologie zasilania satelitów energią słoneczną • Sztuczna inteligencja np. w przetwarzaniu obrazów jeszcze na orbicie • Przetwarzanie dużych zbiorów danych pochodzących z satelitów • Penetratory gruntu, w przyszłości mogą być używane do pozyskiwania surowców w kosmosie	• Technologie komunikacji kwantowej • Technologie komunikacji optycznej (systemy SSA i SST) • Kosmiczne górnictwo; suborbitalny transport • Konstelacje mikrosatelitów • Nowe źródła energii, nowoczesne źródła napędu np. na nadtlenek wodoru • Technologie wynoszenia satelitów i pojazdów kosmicznych (dalszy rozwój) • Robotyka kosmiczna • Technologie łączności i zarządzania rojami (nano)satelitów, z wykorzystaniem AI
Sensory i obserwacja	• Technologie fotoniczne, w tym fotoniki światłowodowej • Technologie łączności i transmisji danych • Miniaturyzacja systemów sensorycznych • Sensory optoelektroniczne i integracja z innymi rodzajami sensorów • Sensory radarowe i optyczne satelitarne • Technologie radarowe • Zobrazowania hiperspektralne, wysokorozdzielcze • Technologie wykorzystania światła laserowego	• Technologie bezprzewodowej komunikacji optycznej • Technologie fotoniczne, w tym fotonika zintegrowana • Technologie kwantowe (kwantowe procesory na atomach), kryptografia kwantowa i postkwantowa • Kartowanie i nawigacja w czasie rzeczywistym • Technologie do monitorowania parametrów i zagrożeń (biologiczne, chemiczne, radiacyjne) na polu walki • Technologie wielosensorowe wsparte sztuczną inteligencją • Sensory multispektralne • Technologie sonarowe

	• Technologie identyfikacji biometrycznej • Sensory światłowodowe	• Systemy czujników akustycznych
Platformy bezzałogowe	• Bezzałogowe systemy powietrzne • Bezzałogowe systemy detekcyjne • BSL - płatowce i wielowirnikowce • Rozwinięte mikro zdolności do małych środków latających • Technologie MALE i HALE • Statki bezzałogowe - drony • Technologie mikrofalowe • Wykorzystanie sztucznej inteligencji celem wsparcia działań platform bezzałogowych	• Bezzałogowe systemy wodne, podwodne • Bezzałogowe platformy lądowe • Technologie wspierające autonomizację platform bezzałogowych, przy użyciu AI • Rozwiązania wspierające zarządzanie rojem BSL, przy użyciu AI • Nanotechnologie • Systemy wyposażenia dronów • Rozwiązania wspierające zarządzanie ruchem BVLOS • Wykorzystanie AR w BSL



Przykłady praktycznych zastosowań technologii kluczowych

Technologie wpisujące się w dziedzinę BEZPIECZEŃSTWO I OBRONNOŚĆ znajdują zastosowanie w codziennym życiu. Jednym z najbardziej znanych przykładów są technologie kosmiczne wykorzystywane w wielu dziedzinach życia: nawigacji, telekomunikacji. Satelity obserwacyjne pozwalają też przewidywać wielkość plonów w rolnictwie i obserwować zmiany zachodzące w przyrodzie. Nawigacja satelitarna jest powszechnie używana w obronności i łączności wojskowej oraz służbach ratownictwa medycznego. Przykłady konkretnych rozwiązań i projektów to:

- **Narodowy System Informacji Satelitarnej** – krajowy interoperacyjny systemem odbioru, przechowywania, przetwarzania i udostępniania danych satelitarnych wraz z niezbędną infrastrukturą, wdrażany i zarządzany przez Polską Agencję Kosmiczną. System wykorzystuje dane obserwacji Ziemi pochodzące z satelitów Programu Copernicus oraz z satelitów komercyjnych. W budowie takiego systemu wykorzystywane są doświadczenia polskich firm w zakresie budowy dotychczasowych centrów danych satelitarnych ESA. Polska dysponuje też siecią teleskopów umiejscowionych na różnych kontynentach, które pozwalają śledzić co dzieje się na orbicie, ostrzegać przed możliwymi zderzeniami i spadkiem na Ziemię szczątków obiektów kosmicznych.
- **Drony FlyEye oraz amunicja krążąca Warmate** – to wykorzystywane przez stronę ukraińską w wojnie z okupantem polskie systemy rozpoznania oraz systemy uderzeniowe opracowane i produkowane przez WB Electronics. W początkowej fazie drony FlyEye służyły jedynie do obserwacji pola walki, natomiast obecnie są częścią większej całości – wymieniają dane z systemem zarządzania polem walki TOPAZ, współpracują z haubicami Krab (produkowane przez Hutę Stalowa Wola). Zaletą bezzałogowca jest niska wykrywalność oraz długotrwałość lotu – jego powierzchnia odbicia radarowego jest bardzo mała, a dodatkowo FlyEye podczas lotu składa śmigło i włącza silnik tylko jeśli szuka (wykorzystując sztuczną inteligencję) kolejnych prądów powietrznych.



Potencjał instytucjonalny, branżowy, kompetencyjny

Potencjał przedsiębiorstw wpisujących się w obszar obronności jest przeciętny, z tendencją wzrostową, biorąc pod uwagę wskaźniki dla wybranych działów PKD⁶¹ dotyczących wartości dodanej, zatrudnienia oraz liczby firm, a także liczby pracujących, odsetka przedsiębiorstw przemysłowych i usługowych, które wprowadziły innowacje produktowe, czy poziom wydatków na B+R. Wskazać można na:

- Znaczący wzrost liczby pracujących w tych działach – między rokiem 2016 a 2021 szczególnie duży wzrost dotyczył Działu 30 Produkcja pozostałego sprzętu transportowego (o 20,12%), a w Dziale 25 Produkcja wyrobów z metali odnotowano wzrost o 10,21%⁶²,
- Wysoki odsetek przedsiębiorstw, które wprowadziły innowacje produktowe w Dziale 30 Produkcja pozostałego sprzętu transportowego (47,3% w 2021 roku; wzrost o 14,4 p.p. w porównaniu do 2017 roku) oraz przeciętny w Dziale 25 Produkcja wyrobów z metali (20,7%; brak zmiany w stosunku do 2017 roku),
- Wzrastające wydatki na B+R w sektorze przedsiębiorstw (z 347,8 mln zł w Dziale 25 Produkcja wyrobów z metali w 2016 roku do 768,8 mln zł w 2021 roku, tj. o 121%; dla Działu 30 Produkcja pozostałego sprzętu transportowego jest to odpowiednio 355,2 mln zł, 520,2 mln zł, wzrost o 46%),
- Niewielki (mimo wzrostu wartości wydatków) udział wydatków B+R w wydatkach ogółem (3,2% dla Działu 25 Produkcja wyrobów z metali (tyle samo było w 2016 roku); 2,2% dla Działu 30 Produkcja pozostałego sprzętu transportowego (spadek w stosunku do 2016 roku, kiedy było to 3,3%)).

Firmy funkcjonujące w przemyśle zbrojeniowym mogą być skupione wokół Polskiej Grupy Zbrojeniowej (PZG), ale jest też duża grupa przedsiębiorstw niezrzeszonych w PGZ (np. Zakłady Lotnicze Mielec, produkujące statki powietrzne, Huta Stalowa Wola – producent artyleryjskiego sprzętu wojskowego i opancerzonych transporterów gąsienicowych). Polska Grupa Zbrojeniowa jest jednym z największych koncernów obronnych w Europie. Zrzesza ponad 50 mniejszych producentów, działających w domenach lądowej, broni i amunicji, elektroniki, informatyki i cybertechnologii (C4ISR), lotniczej oraz morskiej, i ma udziały w 32 innych spółkach⁶³. Większość z firm koncentruje się na produkcji na potrzeby krajowe, a eksport sprzętu wojskowego z Polski jest stosunkowo niewielki, choć wzrósł skokowo w roku 2022 (pod względem eksportu wzrost w sekcji XIX - broń i amunicja, ich części i akcesoria wyniósł 642% w stosunku do 2016 r.). Jednocześnie krajowe firmy w większości nie dysponują wielkimi mocami produkcyjnymi, ani kapitałem umożliwiającym jego gwałtowny wzrost, przez co większość bieżących zakupów polskiej armii kierowanych jest do wielkich zagranicznych koncernów zbrojeniowych.

Z kolei analiza kondycji przedsiębiorców działających w sektorach związanych ze zidentyfikowanymi kluczowymi obszarami w zakresie bezpieczeństwa takimi jak: technologie informacyjne i sieciowe,

⁶¹ Główne klasy PKD przedsiębiorstw działających w przemyśle obronnym to: 25.40 Produkcja broni i amunicji (Dział 25 Produkcja wyrobów z metali), 30.30 Produkcja statków powietrznych, statków kosmicznych i podobnych maszyn oraz 30.40 Produkcja wojskowych pojazdów bojowych (Dział 30 Produkcja pozostałego sprzętu transportowego).

⁶² Dane GUS.

⁶³ Dane na lipiec 2022, za: <https://www.money.pl/gospodarka/przemysl-zbrojeniowy-w-polsce-i-na-swiecie-6793115001195392a.html> (dostęp: 15.03.2023)

technologie kosmiczne i satelitarne, sensory i obserwacja oraz platformy bezałogowe (autonomiczne) powietrzne, lądowe, morskie⁶⁴, wskazuje na:

- Przeciętną lokację pod względem wartości dodanej, zatrudnienia oraz liczby firm, co jednak nie świadczy o niskim potencjale tych sektorów, ale o mniejszej, w porównaniu do innych, wielkości.
- Bardzo wysoki wzrost liczby pracujących w Dziale 62. Działalność związana z oprogramowaniem i doradztwem w zakresie informatyki oraz działalność powiązana (wzrost o 54,5% między 2016 a 2021 rokiem), przeciętny w przypadku Działu 26 Produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych (8,0%) oraz spadek w Dziale 61. Telekomunikacja (-4,8%).
- Bardzo wysoki odsetek przedsiębiorstw przemysłowych, które wprowadziły innowacje produktowe w Dziale 26 Produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych (61,5% w 2021 roku, wzrost o 8,5 p.p. w porównaniu do 2017 roku); bardzo wysoki odsetek przedsiębiorstw usługowych, które wprowadziły innowacje produktowe w Dziale 62 Działalność związana z oprogramowaniem i doradztwem w zakresie informatyki oraz działalność powiązana (60,0%; wzrost o 33,7 p.p.).
- Bardzo wysoki wzrost wydatków na B+R w Dziale 26 Produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych (o 234% między 2016 a 2021 rokiem). Wzrósł też udział tych wydatków w wydatkach ogółem (2,6% w 2016 roku do 2,8% w 2021 roku).

Potencjał innowacyjny przedsiębiorstw działających kluczowych obszarach technologicznych bezpieczeństwa i obronności wspierany wzmocniony jest dzięki inicjatywom i funduszom zewnętrznym. Nową możliwością w zakresie finansowania prac B+R w tym obszarze jest uruchomiony w 2021 roku Europejski Fundusz Obronny (EDF) z budżetem prawie 8 mld euro na lata 2021-2027. Kolejne możliwości dają też dwa uruchomione przez NATO programy wspomagające rozwój technologii dual-use (m.in. akcelerator DIANA oraz Fundusz Innowacji NATO – fundusz inwestycyjny wspierający start-upy na wczesnym etapie rozwoju, które działają w kluczowych dla NATO obszarach – takich jak AI, przetwarzanie big data, technologie kwantowe, pojazdy autonomiczne, biotechnologia i ulepszanie człowieka, nowe materiały, nowe źródła energii i technologie kosmiczne). Bezpieczeństwo i obronność jest jednym z siedmiu wyodrębnionych w Krajowym Planie Badań strategicznych, interdyscyplinarnych kierunków badań naukowych.

W przypadku technologii kosmicznych ważnym źródłem finansowania działań jest Europejska Agencja Kosmiczna, do której Polska co roku wpłaca ponad 60 mln euro (zgodnie z budżetem na 2023 rok), z założeniem, że większość środków składki danego kraju wraca do niego w postaci kontraktów i zamówień. Polskie podmioty w konkurencji z firmami zachodnimi mogą wykorzystywać swoje mocne strony, takie jak bardzo dobrze rozwinięte technologie IT, doświadczenia w pokrewnych dziedzinach (na przykład możliwość wytworzenia porównywalnej jakości elektroniki czy komponentów do segmentu naziemnego i konkurowanie ceną). Jednakże pod względem pozyskiwania takich zamówień polskie firmy mają niedostatecznie rozwinięty potencjał, aby wchodzić w większe międzynarodowe konsorcja oraz brak doświadczonego i wyspecjalizowanego personelu mogącego prowadzić duże projekty kosmiczne. Słabą stroną jest także brak dostępu do odpowiedniej infrastruktury laboratoryjno-testowej⁶⁵. Podkreślić należy zatem kluczową rolę sektora publicznego, który powinien wspierać

⁶⁴ Do takich przedsiębiorców zaliczono tych reprezentujących: Dział 26 Produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych, Dział 30 Produkcja pozostałego sprzętu transportowego (analizowany już wyżej w ramach obszaru obronności), Dział 61 Telekomunikacja, Dział 62 Działalność związana z oprogramowaniem i doradztwem w zakresie informatyki oraz działalność powiązana.

⁶⁵ Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego, trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym, Polska Agencja Kosmiczna 2021.

rozwijający się sektor prywatny poprzez m. in. nowe metody finansowania, czy przygotowanie odpowiednich ram prawnych, a także działania wspierające przedsiębiorców w pozyskiwaniu zagranicznych kontraktów. W Polsce politykę kosmiczną koordynuje Ministerstwo Rozwoju i Technologii, podejmując działania na rzecz sektora m.in. we wsparciu Polskiej Agencji Kosmicznej POLSA, czy Agencji Rozwoju Przemysłu SA. Wysoki potencjał mają ośrodki naukowe, od których, jak wskazują eksperci, rozpoczął się rozwój polskiego sektora kosmicznego, i które mają wysoki potencjał instrumentalny (instrumenty badawcze, pomiarowe, robotyczne) i kompetencyjny.

Dodatkowe szanse na zwiększanie potencjału przedsiębiorczego daje Centrum Inkubacji Przedsiębiorczości ESA (ESA BIC), które powstało w październiku 2022 r. w Polsce. To największa sieć inkubatorów kosmicznych w Europie, wspierających przedsiębiorców z pomysłami biznesowymi związanymi z przemysłem i usługami kosmicznymi, w tym start-upów. ESA BIC Polska będzie miała dwa oddziały – w Warszawie i w Rzeszowie.

Barierą pozostaje wzrastająca, ale nadal niewielka liczba przedsiębiorstw działających bezpośrednio w sektorze kosmicznym⁶⁶ oraz niewielka skala zatrudnienia – w przedsiębiorstwach z sektora, jedynie niecałe 10% wszystkich zatrudnionych stanowią pracownicy zatrudnieni do zadań związanych z sektorem kosmicznym⁶⁷. Barierą jest także brak odpowiednio wykształconej kadry w obszarze technologii kosmicznych, jednakże, jak deklarują przedstawiciele Stowarzyszenia Polskich Profesjonalistów Sektora Kosmicznego⁶⁸, rozwiązaniem nie jest jedynie tworzenie dedykowanych kierunków studiów, gdyż sektor kosmiczny sektor multidyscyplinarny, tworzony w głównej mierze przez absolwentów takich kierunków, jak automatyka, informatyka, elektronika, mechatronika, mechanika, telekomunikacja, nawigacja, fizyka, a także geografia (teledetekcja). Wskazane jest uwzględnienie w programach studiów technicznych/ informatycznych zajęć związanych z technologiami kosmicznymi, angażowanie w prowadzenie zajęć praktyków oraz współpraca uczelni z przemysłem. Potencjał kompetencyjny wspierany będzie też m.in. poprzez program staży narodowych w ESA⁶⁹.

Podsumowując, w ramach BEZPIECZEŃSTWA I OBRONNOŚCI w szczególności wspierany powinien być potencjał branżowy – m.in. poprzez stymulowanie zamówień przez administrację publiczną i zwiększanie poziomu inwestycji z budżetu państwa. Istnieje silny potencjał kompetencyjny po stronie instytutów badawczych, choć, jak pokazano w dalszej części rozdziału, słabością tych podmiotów pozostaje niska konkurencyjność na arenie międzynarodowej. Wszystkie wyróżnione obszary technologiczne cechują się ponadprzeciętnym rozwojem w ostatnich latach w skali światowej. Ich znaczenie dla rozwoju technologicznego jest zatem fundamentalne. Polska powinna mieć w każdym z tych obszarów potencjał rozwinięty przynajmniej w stopniu umożliwiającym sprawną absorpcję innowacji i technologii pochodzący z zewnątrz⁷⁰.

⁶⁶ Wielkość polskiego sektora kosmicznego można oszacować na podstawie podmiotów zarejestrowanych na portalu ds. rejestracji oraz ubiegania się o przetargi Europejskiej Agencji Kosmicznej – STAR. W sierpniu 2020 r. było to 331 podmiotów z Polski.; za: Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego, trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym, Polska Agencja Kosmiczna 2021.

⁶⁷ Na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorstw z sektora kosmicznego, za: Ocena stanu rozwoju badań i użytkowania przestrzeni kosmicznej w Polsce za 2022 rok, Redakcja: dr Aleksandra Bułafa, Polska Agencja Kosmiczna 2023.

⁶⁸ Przegląd realizacji wskaźników Polskiej Strategii Kosmicznej, Stowarzyszenie Polskich Profesjonalistów Sektora Kosmicznego, 2023.

⁶⁹ Umowa na National Trainee Programme jest obecnie procedowana.

⁷⁰ Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii, Ośrodek Przetwarzania Informacji – PIB oraz Uniwersytet Warszawski, 2022.



Kluczowe podmioty

Kluczowy obszar technologiczny	Podmioty publiczne	Przedsiębiorstwa
Broń precyzyjna i uzbrojenie, technologie wykorzystywane na polu walki	- Akademia Górniczo-Hutnicza - Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych - Politechnika Warszawska - Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej „Blachownia” - Wojskowa Akademia Techniczna - Wyższa Szkoła Policji w Szczytnie	- Huta Stalowa Wola S.A. - Lubawa S.A. - Polska Grupa Zbrojeniowa S.A. - Polskie Zakłady Lotnicze Mielec sp. z o.o. - PZL - Świdnik S.A.
Technologie kosmiczne i satelitarne	- Agencja Rozwoju Przemysłu S.A. - Centrum Astronomiczne Mikołaja Kopernika w Warszawie - Centrum Badań Kosmicznych PAN - Centrum Technologii Kosmicznych AGH - Główny Urząd Miar - Politechnika Śląska - Polska Agencja Kosmiczna POLSA - Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa	- Asseco Poland S.A. - KP Labs sp. z o.o. - SatRevolution S.A. - Śląskie Centrum Naukowo-Technologiczne Przemysłu Lotniczego sp. z o.o. - Thales Alenia Space Polska sp. z o.o.
Sensory i obserwacja	- Polskie Centrum Fotoniki i Światłowodów - Sieć Badawcza Łukasiewicz Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki	- EXATEL S.A. - GMV Innovating Solutions sp. z o.o. - PCO S.A. - Scanway S.A. - Vigo Photonics S.A.
Platformy bezzałogowe	- Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów - Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa	- Cervi Robotics sp. z o.o. - Creotech Instruments S.A. - Spectre Solutions sp. z o.o. - WB Electronics S.A.



Przewagi konkurencyjne w kontekście konkurencyjności międzynarodowej

W dziedzinie BEZPIECZEŃSTWA I OBRONNOŚCI polskie przedsiębiorstwa posiadają wysoki potencjał konkurencyjny na rynkach zagranicznych w takich obszarach jak sensory, optyka, robotyka i automatyka czy mechatronika. Projektują i budują m.in. systemy zasilania urządzeń pokładowych, systemy optyczne i komunikacyjne dla satelitów, systemy zobrazowania z przestrzeni kosmicznej, sensory i penetratory gruntu dla sond kosmicznych, czy oprogramowanie, które testuje systemy i podsystemy obiektów wynoszonych na orbitę.

Przykładem aktywności na polu międzynarodowym może być firma Creotech Instruments S.A., budująca pierwszy duży komputer kwantowy dla Unii Europejskiej. Realizuje także oparty na autorskiej platformie mikrosatelitarnej projekt badawczo-rozwojowy EagleEye, w ramach którego opracowywany

jest mikrosatelita obserwacyjny Ziemi, który na przełomie lat 2023 i 2024 ma wznieść się na orbitę okołoziemską.

Polskie podmioty wpisują się w główne trendy rynkowe obecne globalnie, m.in. specjalizują się w małych satelitach oraz podsystemach dla nich, małych rakietach, a także analizie danych satelitarnych. Polska posiada wysoki potencjał i kompetencje w zakresie wykorzystania sensorów optycznych, np. w systemach radarowych satelitarnych oraz naziemnych związanych z wyszukiwaniem śmieci kosmicznych. Jednocześnie, zdaniem ekspertów, **niewykorzystany jest potencjał w zakresie budowy i dostarczania takich sensorów na rynek światowy**. Konieczne byłoby wzmacnianie potencjału produkcyjnego takich sensorów, co pozwoliłoby na połączenie tego potencjału z potencjałem kompetencyjnym. Silny jest potencjał polskich podmiotów IT w sektorze kosmicznym – polskie firmy są dostawcami rozwiązań IT dla ESA, EUMET-SAT oraz dużych europejskich firm z branży kosmicznej, lotniczej oraz obronności i bezpieczeństwa; opracowują oprogramowanie umożliwiające m.in. precyzyjne lądowanie na powierzchni Księżyca, wykonywanie autonomicznych operacji na orbicie wokół Ziemi, przetwarzanie dużych ilości danych na pokładzie satelity, oprogramowanie wspomagające komunikację satelitarną lub oprogramowanie wykorzystujące sygnał nawigacji satelitarnej (programowalny odbiornik GNSS) do utrzymywania właściwej pozycji satelity lub rakiety. Specjalizują się także w wytwarzaniu oprogramowania, które służy do przetwarzania i udostępniania danych satelitarnych oraz oprogramowania dla systemów świadomości sytuacyjnej w przestrzeni kosmicznej⁷¹.

W obszarze obronności większość firm koncentruje się na produkcji na potrzeby krajowe, a eksport sprzętu wojskowego z Polski jest stosunkowo niewielki, choć wzrósł skokowo w roku 2022. Nieliczne polskie hity eksportowe dotyczą raczej specjalistycznego mniejszego i tańszego sprzętu. Dodatkowo, krajowe firmy w większości nie dysponują wielkimi mocami produkcyjnymi, ani kapitałem umożliwiającym jego gwałtowny wzrost.

Konkurencyjność międzynarodową wzmacniać będą inicjatywy i programy, w których uczestniczy Polska, a które będą bezpośrednio przekładać się na większe możliwości współpracy zagranicznej i zagraniczne projekty polskich przedsiębiorstw. Wskazać można programy wspomagające rozwój technologii dual-use NATO (m.in. akcelerator DIANA oraz Fundusz Innowacji NATO), udział w programach obowiązkowych oraz opcjonalnych ESA, a także projekty w ramach Europejskiego Funduszu Obronnego. Znaczenie dla budowania przewag międzynarodowych ma udział Polski w działaniach międzynarodowych instytucji zajmujących się kosmosem m.in. Komisji Europejskiej, ESA, Europejskiej Organizacji Eksploatacji Satelitów Meteorologicznych (EUMETSAT), Europejskiej Agencji Obrony (EDA), Komitetu Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Pokojowego Wykorzystania Przestrzeni Kosmicznej (UN COPUOS), czy w ramach porozumienia Artemis mającemu służyć wypracowaniu nowych zasad pokojowego wykorzystania kosmosu, zwłaszcza wydobywania surowców mineralnych.



Kluczowe kompetencje/kwalifikacje

	Kluczowe obecnie kompetencje/ kwalifikacje	Kluczowe kompetencje/ kwalifikacje przyszłości
Wiedza teoretyczna	1. Znajomość zasad i procedur projektowania 2. Znajomość najnowszych trendów technologicznych w branży	1. Znajomość zagadnień technicznych w obszarze mechaniki, budowy maszyn, konstrukcji, w tym lotniczej i kosmicznej

⁷¹ Analiza obszaru IT w polskim sektorze kosmicznym, ARP, 2022.

	3. Znajomość języka obcego (angielski) minimum na poziomie B2 oraz słownictwa branżowego 4. Znajomość języków programowania 5. Znajomość zagadnień technicznych w obszarze mechaniki, budowy maszyn, konstrukcji, w tym lotniczej i kosmicznej 6. Znajomość przepisów oraz innych standardów międzynarodowych, krajowych i branżowych 7. Znajomość zasad działania sprzętu laboratoryjnego do testowania prototypów 8. Wiedza z zakresu bezpieczeństwa cyfrowego (systemy zabezpieczeń, programy zabezpieczające) 9. Wiedza z zakresu technologii komputerowych (w tym najnowszych technologii) 10. Znajomość zagadnień technicznych w obszarze materiałoznawstwa 11. Znajomość zagadnień z zakresu matematyki i analizy danych liczbowych 12. Znajomość optoelektroniki, optyki precyzyjnej 13. Znajomość technologii mikrofalowych, mikro i nanotechnologii 14. Znajomość technologii komunikacji satelitarnej 15. Znajomość technologii fotoniki światłowodowej	2. Znajomość najnowszych trendów technologicznych w branży 3. Wiedza z zakresu bezpieczeństwa cyfrowego (systemy zabezpieczeń, programy zabezpieczające) 4. Znajomość optoelektroniki, optyki precyzyjnej 5. Wiedza w zakresie komunikacji i łączności satelitarnej 6. Znajomość nanotechnologii 7. Znajomość języków programowania 8. Znajomość technologii napędów rakietowych 9. Znajomość technologii komunikacji i optyki kwantowej 10. Znajomość tworzenia systemów skierowanej broni laserowej 11. Znajomość technologii napędów rakietowych 12. Wiedza w zakresie produkcji półprzewodników (wzrost kryształów, processing warstw) 13. Wiedza w zakresie terraformacji⁷²
Umiejętności praktyczne	1. Umiejętność analizowania projektów po kątem technicznym i kosztowym 2. Umiejętność kontrolowania jakości produktów i optymalizowania rozwiązań technologicznych projektów 3. Umiejętność przewidywania ryzyka projektowego i wprowadzania działań łagodzących	1. Rozumienie realizowanych procesów technologicznych na etapie produkcji/obsługi i ich wpływu na bezpieczeństwo i koszty 2. Umiejętność analizowania projektów po kątem technicznym i kosztowym 3. Umiejętność kontrolowania jakości produktów i optymalizowania rozwiązań technologicznych projektów

⁷² Rynek pracy, edukacja, kompetencje. Aktualne trendy i wyniki badań (lipiec 2023), PARP 2023.

	4. Umiejętność planowania i wykonywania prób technologicznych 5. Umiejętność projektowania symulacji warunków i zjawisk, w których ma funkcjonować urządzenie 6. Rozumienie realizowanych procesów technologicznych na etapie produkcji/obsługi i ich wpływu na bezpieczeństwo i koszty 7. Umiejętność doskonalenia i optymalizacji przebiegu procesów technologicznych 8. Umiejętności związane z analizą zaawansowanych danych, zarządzaniem systemami, integracją systemów 9. Umiejętność integracji i analizy (dużych zbiorów) danych (z różnych źródeł) 10. Umiejętność wykonywania modeli 3D 11. Umiejętności w zakresie rozpoznania kosmicznego i technologii związanych z eksploracją kosmiczną 12. Umiejętność przetwarzania sygnałów RF (częstotliwość radiowa) 13. Umiejętność przetwarzania danych satelitarnych/geoprzestrzennych	4. Umiejętność przewidywania ryzyka projektowego i wprowadzania działań łagodzących 5. Umiejętność doskonalenia i optymalizacji przebiegu procesów technologicznych 6. Umiejętność obsługi rojów BSL (bezzałogowców) i tworzenia oprogramowania 7. Umiejętność zarządzania ruchem kosmicznym (satelitami) i tworzenia oprogramowania 8. Znajomość zagadnień wojny informacyjnej – zdolność detekcji i identyfikacji zagrożeń dla stabilności społeczeństw i rządów 9. Umiejętność tworzenia modeli i algorytmów AI 10. Umiejętność integracji i analizy (dużych zbiorów) danych (z różnych źródeł) 11. Umiejętność przetwarzania danych z komunikacji kwantowej 12. Umiejętność wykorzystania rozwiązań człowiek-maszyna 13. Umiejętność obsługi maszyn do produkcji półprzewodników
Kompetencje społeczne (postawy)	1. Umiejętność zachowywania tajemnicy zawodowej zw. z dostępem do informacji poufnych 2. Myślenie analityczne, procesowe i krytyczne, nastawione na rozwiązywanie problemów 3. Innowacyjność, kreowanie nowych rozwiązań 4. Interdyscyplinarność 5. Poczucie odpowiedzialności za siebie, zespół i realizowane zadania 6. Umiejętność pracy zespołowej 7. Skuteczne komunikowanie się 8. Umiejętność uczenia się i samorozwoju	1. Elastyczność (aktualizowanie działań, perspektywy, planów) 2. Interdyscyplinarność 3. Innowacyjność, kreowanie nowych rozwiązań 4. Myślenie holistyczne i analizowanie problemów w ujęciu całościowym i szczegółowym 5. Skuteczne komunikowanie się 6. Myślenie analityczne, procesowe i krytyczne, nastawione na rozwiązywanie problemów 7. Aktywność i inicjatywność

9. Myślenie holistyczne i analizowanie problemów w ujęciu całościowym i szczegółowym 10. Elastyczność (aktualizowanie działań, perspektywy, planów) 11. Aktywność i inicjatywność 12. Asertywność (wytrwałe dążenie do celu, wywieranie wpływu, prezentowanie własnego stanowiska)	8. Umiejętność poszukiwania i współpracy z instytucjami zewn. i negocjowania warunków 9. Umiejętność zarządzania małymi zespołami w projektach kosmicznych
13. Umiejętność poszukiwania i współpracy z instytucjami zewn. i negocjowania warunków	

Kompetencje/kwalifikacje zostały uszeregowane w tabeli od najważniejszych – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców oraz badania delfickiego; kolorem zaznaczono kompetencje/kwalifikacje deficytowe – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców



Komplementarność i synergia między kluczowymi obszarami technologicznymi

Różnorodność technologii wchodzących w obszar technologii kosmicznych i satelitarnych sprawia, że obszar ten jest kluczowy dla wielu pozostałych kluczowych obszarów technologicznych, np. sensorów i obserwacji, w cyfryzacji w obszarze geoinformacji, w transporcie (innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania, innowacyjne materiały, pokrycia oraz powłoki), a także energii (w zakresie innowacyjnych źródeł pozyskiwania energii takich jak technologie jądrowe, wodorowe, oraz w zakresie odporności i bezpieczeństwa systemów energetycznych. Pozostałe kluczowe obszary technologiczne w ramach BEZPIECZEŃSTWA I OBRONNOŚCI mają charakter uzupełniający wobec innych kluczowych obszarów technologicznych, niemniej można wskazać np. silne znaczenie technologii w zakresie sensorów i obserwacji dla wszystkich pozostałych obszarów kluczowych w ramach BEZPIECZEŃSTWA I OBRONNOŚCI, ale też efektywności energetycznej dla przemysłu. Z kolei obszar technologii związanych z platformami bezzałogowymi jest silnie powiązany z technologiami z obszaru transportu.

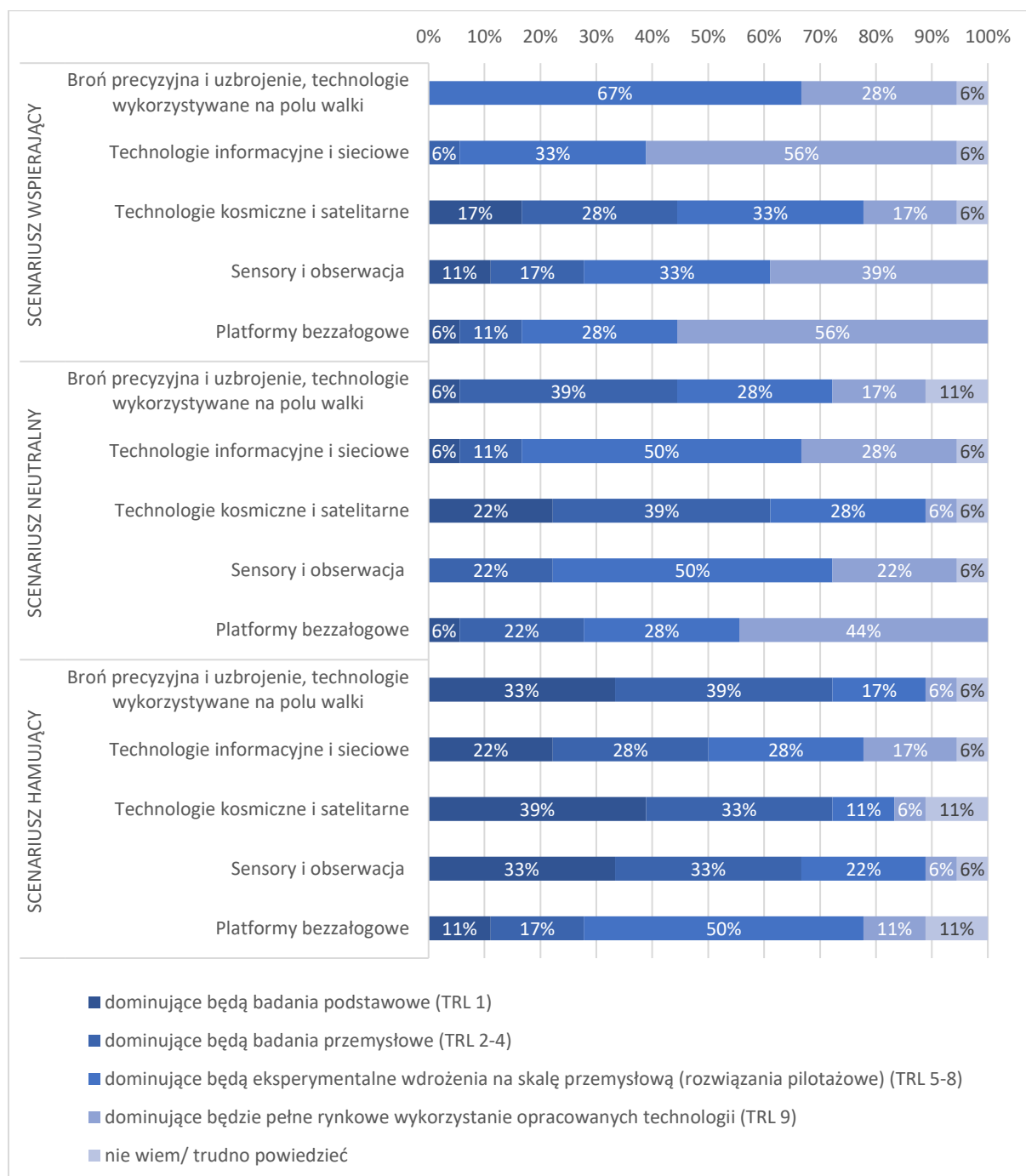


Przewidywana ścieżka rozwoju obszarów do roku 2040

Przeprowadzona w ramach badania delfi ekspercka ocena poziomu gotowości technologicznej dla dziedziny BEZPIECZEŃSTWO I OBRONNOŚĆ wskazuje na silny wpływ czynników hamujących bądź spowalniających rozwój kluczowych obszarów technologicznych. W scenariuszu negatywnym, zakładającym pogłębienie się barier, nastąpi w tym wypadku silniejsze ukierunkowanie na badania podstawowe, poza obszarem platform bezzałogowych, w których dominujące będą eksperymentalne wdrożenia na skalę przemysłową (rozwiązania pilotażowe). W pozytywnym scenariuszu, zakładającym zwiększenie środków finansowych na rozwój innowacji oraz zamówienia na rozwiązania w zakresie obronności i bezpieczeństwa, wzrost potencjału przedsiębiorstw do uczestniczenia w międzynarodowych projektach i zamówieniach np. ESA lub z Europejskiego Funduszu Obrony, a także przyjęcie rozwiązań legislacyjnych ułatwiających podejmowanie działań np. w sektorze kosmicznym, oczekiwać można pojawienia się nowych innowacyjnych technologii w skali rynkowej niemalże we wszystkich kluczowych obszarach technologicznych. Zahamowane nieco zostaną badania podstawowe i przemysłowe na rzecz wdrożeń eksperymentalnych i pełnego rynkowego wykorzystania produktów. Wyjątkiem będzie sektor kosmiczny, który jest jednym z najbardziej innowacyjnych i zaawansowanych

technologicznie obszarów w gospodarce europejskiej i światowej, i w którym badania podstawowe i badania przemysłowe będą odgrywać znaczącą rolę. Przystąpienie Polski do ESA w 2012 roku, stworzyło nowe możliwości dla budowy przemysłu kosmicznego, umożliwiło dostęp do infrastruktury badawczej Agencji, programów, staży i szkoleń.

Wykres 3 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie BEZPIECZEŃSTWO I OBRONNOŚĆ



Źródło: badanie delfickie, n=18

Obok prowadzonych badań podstawowych i przemysłowych, eksperci oczekują, że w przyszłych latach w globalnym sektorze kosmicznym będzie zauważalny wzrost projektów komercyjnych, nastawionych na realizację konkretnych celów, nie tylko badań. Najwyższa dojrzałość oczekiwana jest w takich obszarach jak platformy bezzałogowe oraz technologie informacyjne i sieciowe wykorzystywane w

rozwiązaniach służących poprawie bezpieczeństwa i obronności, co wynika z powszechnego zastosowania BSL w takich dziedzinach, jak rolnictwo czy środowisko. Zdaniem ekspertów, technologie wykorzystujące drony służące do monitorowania i pomiarów w środowisku zaliczają się do najbardziej dojrzałych, są dostępne i oferowane na rynku, ale też stale rozwijane. Wysoki jest będzie potencjał gospodarczy przedsiębiorstw w sektorze produkcji wyrobów elektronicznych i optycznych, sensorów.

Czynniki i uwarunkowania, w tym bariery, wpływające na rozwój kluczowych obszarów technologicznych:

- **Ograniczone rozwijanie technologii na rzecz zakupu gotowego zagranicznego sprzętu i wyposażenia**, co powoduje uzależnienie swojego bezpieczeństwa od państwa sprzedającego, bowiem współczesny sprzęt wymaga ciągłych modyfikacji, remontów, usług wsparcia technicznego, czy zakupu amunicji i materiałów eksploatacyjnych. W uzasadnionych przypadkach można je zakupić w formie licencji lub pozyskać w ramach offsetu. Największe korzyści daje jednak opracowanie całkowicie własnych rozwiązań.
- **Niedostateczna współpraca sił zbrojnych z sektorem komercyjnym**, w zakresie realizacji zamówień przez polskie firmy dla armii.
- **Ograniczony popyt krajowy na technologie kosmiczne oraz rozwiązania militarne** (ograniczony do spółek Skarbu Państwa),
- **Niedostateczne finansowanie badań w sektorach bezpieczeństwa i obronności, sektorze kosmicznym**⁷³ – zagrożenie stanowi niepewna sytuacja środków z Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności, które mają być źródłem m.in. realizacji założeń Krajowego Programu Kosmicznego.
- **Niedostateczny potencjał polskich przedsiębiorstw i uczelni pod względem zaprezentowania swoich możliwości oraz produktów i rozwiązań za granicą**. Jest to problem powszechny, wychodzący poza sektory związane z bezpieczeństwem i obronnością i przejawia się m.in. niższym niż średnia europejska, wskaźnikiem sukcesu w programie Horyzont 2020 oraz Horyzont Europa. Problemem pozostaje nadal niewielkie zainteresowanie naukowców i przedsiębiorców współpracą międzynarodową oraz brak kontaktów międzynarodowych, co przekłada się na słabą pozycję startową do budowania konsorcjów.
- **Brak dedykowanej ustawy o działalności kosmicznej**, która reguluje kwestie odpowiedzialności, gdyż zgodnie z prawem międzynarodowym to państwo odpowiada za ewentualne szkody wyrządzone przy wykorzystywaniu technologii kosmicznych. Brak tej ustawy istotnie osłabia warunki rozwoju polskiego sektora kosmicznego i przyczynia się do niewypełniania przez Polskę zobowiązań międzynarodowych, wynikających z konwencji Organizacji Narodów Zjednoczonych o rejestracji obiektów kosmicznych. Nierealizowanie zobowiązań wynikających z prawa międzynarodowego może negatywnie wpływać na wizerunek Polski, jako kraju, który pretenduje do aktywnego udziału w europejskiej polityce kosmicznej.

⁷³ W sektorze kosmicznym sytuacja finansowa ulegnie poprawie – w czerwcu 2023 r. roku Polska podjęła strategiczną decyzję o zwiększeniu krajowego zaangażowania w budżet ESA o dodatkowe 295 mln euro w latach 2023-2025. Należy to również traktować jako wyzwanie dla polskich przedsiębiorstw, których potencjał zdiagnozowano jako wymagający dodatkowej stymulacji.

Wyzwania i rekomendacje dla rozwoju kluczowych obszarów technologicznych:

- **Konsekwentna budowa własnych zdolności przemysłowo-obronnych i rozwój własnych technologii** – redukowanie uzależnienia od zagranicznych kontrahentów, ale z wykorzystaniem możliwości, jakie daje offset, a także budowanie całościowej struktury krajowych producentów i krajowych firm naprawczo-remontowych oraz bazy specjalistów w sektorze obronności, w celu uniezależnienia od zewnętrznych dostawców.
- Powołanie przy Ministerstwie Obrony Narodowej (z udziałem Sił Zbrojnych, Ministerstwa Rozwoju i Technologii i Polskiego Funduszu Rozwoju) **rządowo-przemysłowej grupy roboczej**, która pozwoliłaby polskiemu rządowi i siłom zbrojnym nawiązać bardziej bezpośrednie relacje z polskim przemysłem. Do udziału w takim grupie warto zaprosić przedsiębiorców m.in. z sektorów lotniczego, obronnego, kosmicznego, stocznioowego. Rolą grupy powinna być identyfikacja możliwości zwiększenia współpracy armii z sektorem przedsiębiorstw, wdrożenia rozwiązań istotnych z punktu widzenia korzyści gospodarczych dla Polski w sektorze obronności, zwiększenia możliwości wykorzystania przez polskie siły zbrojne potencjału produkcyjnego i kompetencyjnego firm.
- **Wypracowanie mechanizmów wsparcia uczestnictwa w partnerstwach europejskich**, poprzez np. zaangażowanie specjalistów, tzw. brokerów technologii i innowacji, powstanie sektorowych punktów kontaktowych; wspieranie udziału polskich podmiotów w europejskich stowarzyszeniach, sieciach i organizacjach branżowych (np. poprzez dofinansowanie składek); podnoszenie kompetencji przedsiębiorców i naukowców w zakresie promocji i prezentacji osiągnięć (poprzez działania szkoleniowe i doradcze), ale też wspieranie przez administrację krajową zewnętrzną poprzez promowanie efektów polskich projektów w formie bazy wiedzy oraz działań promujących te efekty za granicą. Konieczny jest również rozwój systemu informowania, szkoleń i wspierania przedsiębiorstw w realizacji zamówień publicznych organizacji międzynarodowych, takich jak NATO.
- **Wdrażanie programów wspierających start-upy** w zakresie rozwoju i wdrażania innowacyjnych technologii związanych z bezpieczeństwem i obronnością. Inwestowanie w start-upy technologii podwójnego zastosowania może być kluczowym czynnikiem w zapewnieniu europejskiej suwerenności technologicznej⁷⁴.

Kamienie milowe:

- Opracowanie bazy efektów projektów NCBR i promowanie ich za granicą,
- Podnoszenie potencjału do podejmowania zagranicznej współpracy i zagranicznych zamówień publicznych polskich przedsiębiorców poprzez działania szkoleniowe, usługi brokerów technologii i innowacji,
- Przyjęcie ustawy o działalności kosmicznej,
- Opracowanie i przyjęcie Krajowego Programu Kosmicznego,
- Wprowadzenie ulg podatkowych dla firm prowadzących badania i rozwój,

⁷⁴ Takie szanse daje Fundusz Innowacji NATO, w który Polska zainwestowała 42 mln euro, co stanowi 5% całej kwoty, którą fundusz ma przeznaczyć na wsparcie dla polskich start-upów dual use. Poza wsparciem finansowym polskie przedsiębiorstwa będą mogły liczyć na działania wspierające zespoły naukowe, start-upy oraz firmy technologiczne w rozwoju technologii podwójnego zastosowania. Koordynatorem tych działań będzie Polska Fundacja Rozwoju – PFR Venture.

- Wdrożenie regulacji, które ułatwiają współpracę między sektorem prywatnym a publicznym i transfer technologii między sektorem obronnym i cywilnym,
- Zwiększenie liczby polskich firm w projektach finansowanych z Europejskiego Funduszu Obronnego, NATO, ESA, Europa Horyzont.

Zalecenia w zakresie Krajowych Inteligentnych Specjalizacji:

- Uwzględnienie w KIS technologii kosmicznych – do rozważenia utworzenie odrębnej KIS poświęconej innowacyjnym technologiom kosmicznym (obejmującej zakres wskazany w Polskiej Strategii Kosmicznej), lub silniejsze uwzględnienie tych technologii w ramach obecnych KIS,
- Zaakcentowanie w opisie KIS 6 Transport przyjazny środowisku oraz KIS 13 znaczenia technologii wpisujących się w KIS dla bezpieczeństwa narodowego (np. bezzałogowe platformy bojowe wodne, podwodne, powietrzne i lądowe, technologie wspierające autonomizację platform bezzałogowych przy użyciu AI, systemy wyposażenia dronów bojowych i detekcyjnych, jednostki pływające dla wojska, alternatywne paliwa i środki napędu),
- Zaakcentowanie w opisie KIS 10 Technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjne znaczenia technologii dla bezpieczeństwa narodowego w odpowiedzi na zagrożenia hybrydowe oraz fizyczne, m.in. wykorzystanie technologii cyfrowych do zarządzania polem walki, wykorzystanie technologii VR i AR oraz AI w celach wojskowych, rozwijanie technologii łączności i nawigacji niezależnych od sygnału satelitarne (np. nawigacja oparta o mapowanie terenu za pomocą sztucznej inteligencji, nawigacja inercyjna, nawigacja kwantowa z zastosowaniem akcelerometrów kwantowych, łączność optyczna), podkreślenie znaczenia cyberbezpieczeństwa jako kwestii bezpieczeństwa państwa.

Wskazane kluczowe obszary technologiczne oraz technologie powinny stać się priorytetowym kierunkiem działań wspierających w ramach KIS.

5.4 Biotechnologia

W ramach BIOTECHNOLOGII zidentyfikowano następujące **kluczowe obszary technologiczne**:

- **Biotechnologia w ochronie środowiska**
- **Biotechnologia w rolnictwie**
- **Biotechnologia żywności**
- **Biotechnologia w medycynie**
- **Biotechnologia w innych obszarach**



BIOTECHNOLOGIA

Biotechnologia to świadczenie dóbr i usług z zastosowaniem metod biologicznych. Integruje nauki przyrodnicze i inżynierię w celu zastosowania komórek lub ich części oraz molekularnych analogów w celu pozyskania produktów i usług (definicja wg Europejskiej Federacji Biotechnologów). Biotechnologia jest nauką interdyscyplinarną - łączy zastosowanie procesów technologicznych z naukami przyrodniczymi. Zidentyfikowane cele związane z rozwojem biotechnologii wiążą się ściśle z: ochroną środowiska naturalnego oraz zrównoważonym rozwojem (nowe, czyste, przyjazne środowisku technologie, opracowanie skutecznych metod usuwania zanieczyszczeń), zrównoważonym rolnictwem oraz wyżywieniem rosnącej populacji ludzi, ochroną zdrowia, medycyną i diagnostyką, a także z wykorzystaniem bioprocessów do wytwarzania/modyfikacji/funkcjonalizacji

nowych bioproduktów (biopolimerów i biotworzyw), biochemikaliów, substancji biologicznie aktywnych, biopaliw i innych.

Biotechnologia w ochronie środowiska obejmuje technologie o charakterze horyzontalnym, bowiem mogą być powiązane z każdą działalnością gospodarczą w sektorze przemysłu, usług, czy w sektorze komunalnym. Zdolność organizmów do rozkładu zanieczyszczeń wykorzystuje się w różnorodnych technologiach, m.in. oczyszczania ścieków (technologia osadu czynnego); oczyszczanie powietrza (np. zastosowanie biofiltrów do usuwania zanieczyszczeń powietrza), unieszkodliwianie/przetwarzanie odpadów przemysłowych i komunalnych – produkcja biogazu, kompostowanie, bioremediacja gleb i terenów skażonych zanieczyszczeniami.

Biotechnologia w rolnictwie odgrywa szczególną rolę w kontekście rolnictwa zrównoważonego, w szczególności ochrony i nawożenia roślin. Ważnym aspektem w kontekście stosowania biotechnologii w rolnictwie jest aktualny kryzys nawozowy i energetyczny. Rosnąca świadomość społeczeństwa w zakresie zagrożeń dla zdrowia ludzi i bezpieczeństwa środowiska w istotny sposób przyczyniła się do intensyfikacji działań mających na celu ograniczenie ryzyka związanego z powszechnym stosowaniem środków chemicznych w rolnictwie. Celem jest ograniczenie stosowania pestycydów oraz szersze wdrażanie zintegrowanej ochrony roślin (m.in. stosowanie niechemicznych środków ochrony roślin, w tym metod biologicznych).

W toku prowadzonych badań, w szczególności na podstawie przeprowadzonych paneli eksperckich w obszarze Biotechnologii, eksperci wskazali na konieczność włączenia do analiz dodatkowego obszaru kluczowego jakim jest **Biotechnologia żywności** (metody biotechnologiczne wykorzystywane w produkcji żywności, wytwarzanie, przetwarzanie, wzbogacanie, utrwalanie żywności, biotechnologiczne pozyskiwanie żywności, biotechnologia składników żywności, żywność funkcjonalna, nutraceutyki, diagnostyka żywności, biosensory). Wskazany obszar kluczowy jest także związany z obszarem Biotechnologii w rolnictwie, szczególnie w aspekcie rolnictwa ekologicznego oraz w aspekcie wykorzystania odpadów i produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego.

Biotechnologie znalazły również szerokie zastosowanie w **medycynie**. Cenne „narzędzie” w tym obszarze stanowi inżynieria genetyczna, której osiągnięcia mogą poprawiać wydajność i jakość już istniejących produktów (np. białek, metabolitów czy całych komórek), poprawiać właściwości produktów (np. wykorzystując inżynierię białkową), otrzymywać znane produkty według nowych szlaków biochemicznych zaprojektowanych zgodnie z zasadami inżynierii metabolicznej, wytwarzać nowe, wcześniej nie występujące w naturze produkty (np. techniką ukierunkowanej lub hybrydowej biosyntezy). Do intensywnie rozwijających się obszarów biotechnologii medycznej można zaliczyć inżynierię tkankową – wytwarzanie całych tkanek, które mogą być użyte jako transplantaty w medycynie regeneratywnej, w chirurgii rekonstrukcyjnej, a także produkcję biofarmaceutyków. Działalność badawczo-rozwojowa w tym obszarze, pomimo iż już zaowocowała cennymi i skutecznymi rozwiązaniami (np. szczepionki mRNA, terapie komórkowe CAR-T⁷⁵ itd.), należy wciąż do działalności wysokiego ryzyka i wymaga dużych wydatków inwestycyjnych (w tym wsparcia rządowego), współpracy wielu instytucji i specjalistów z wielu dziedzin, specjalistycznej infrastruktury badawczo-rozwojowej, a także podejścia interdyscyplinarnego. Biotechnologia i biologia medyczna zostały wprowadzone do

⁷⁵ Agencja Badań Medycznych w 2022 ogłaszała konkurs „Rozwój medycyny celowanej lub personalizowanej na bazie terapii komórkowych lub produktów białkowych, mający na celu wsparcie innowacyjnych rozwiązań w obszarze celowanego/personalizowanego leczenia opartego o terapie komórkowe lub produkty białkowe z wykorzystaniem narzędzi i rozwiązań bioinformatycznych w różnych obszarach terapeutycznych i wskazaniach medycznych, ze szczególnym uwzględnieniem terapii nowotworowych oraz chorób metabolicznych; <https://abm.gov.pl/pl/konkursy/archiwalne-nabory-1/2022/produkty-bialkowe-abm20225/1444,Konkurs-na-rozwoj-medycyny-celowanej-lub-personalizowanej-na-bazie-terapii-komor.html> (dostęp: 08.08.2023)

katalogu dziedzin nauki i dyscyplin naukowych w 2022 r.⁷⁶, zatem sam sektor nauki dopiero zaczyna mierzyć naukowy dorobek biotechnologiczny Polski. Zgodnie z Rządowym Planem Rozwoju Sektora Biomedycznego na lata 2022-2031 na świecie mamy aktualnie do czynienia z tzw. nową falą innowacji w opiece zdrowotnej, która jest związana głównie z terapiami komórkowymi, genowymi, z użyciem komórek macierzystych, czy też terapeutykami na bazie RNA. Trendy te są kluczowymi czynnikami rozwoju sektora biomedycznego i źródłem dla projektowania kierunków rozwoju sektora biomedycznego w Polsce. Sektor biomedyczny obejmuje zróżnicowane obszary wiedzy i praktyki, korzysta przy tym z osiągnięć nauk biologicznych, biochemicznych, biofizycznych i biotechnologicznych. Leki i terapie tworzone w ramach branży farmaceutycznej opierają się na procesach syntezy chemicznej, podczas gdy biofarmaceutyki wytwarzane są w organizmach żywych, takich jak bakterie, drożdże i komórki ssaków. W ramach biotechnologii medycznej projektowane są i produkowane szczepionki oraz antybiotyki, są tworzone sztuczne narządy oraz opracowywane hormony i komórki macierzyste.

Sukcesy biotechnologii medycznej możliwe są między innymi dzięki bioinformatyce i technikom obliczeniowym stosowanym do analizy danych i formułowania rozwiązań biologicznych, a także nanotechnologii. Inżynieria biomedyczna jest pokrewnym i ściśle powiązanym z biotechnologią medyczną obszarem, który obejmuje zastosowanie zasad inżynierii i koncepcji projektowych w medycynie i biologii do celów zdrowotnych (np. diagnostycznych lub terapeutycznych). Inne szeroko zakrojone badania w obszarze biotechnologii obejmują: opracowanie biosensorów, które znajdują zastosowanie m.in. w diagnostyce medycznej, monitoringu środowiska, badaniach bezpieczeństwa i jakości produktów spożywczych, jak i w rolnictwie, a także produkcję biopaliw (bioetanol, biodiesel). Należy również zaznaczyć, iż rozwój biotechnologii oraz stosowanie produktów biotechnologicznych rodzą także nowe wyzwania, które wiążą się z etyką oraz wymagają szczegółowej oceny relacji ryzyka do korzyści.



Megatrendy silnie wpływające na obszary kluczowe

- Postępująca urbanizacja, zwiększenie znaczenia miast
- Zmiany klimatu oraz zanieczyszczenie środowiska
- Kurcząca się dostępność surowców
- Utrata bioróżnorodności
- Rozwój zrównoważonego rolnictwa
- Wzrost znaczenia wysokiej jakości życia w obliczu niesprzyjających trendów demograficznych chorób cywilizacyjnych i geriatrycznych



Powiązanie obszarów kluczowych z celami strategicznymi na poziomie kraju i Europy

Zidentyfikowane obszary kluczowe dla BIOTECHNOLOGII wykazują powiązanie z większością analizowanych w ramach niniejszego opracowania dokumentów strategicznych. Szczególnie silne i bezpośrednie powiązania występują z celami strategicznymi nakreślonymi w *Agendzie na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju 2030* (Cel 2. Wyeliminować głód, osiągnąć bezpieczeństwo żywnościowe i lepsze odżywianie oraz promować zrównoważone rolnictwo; Cel 3. Zapewnić wszystkim ludziom, niezależnie od wieku, zdrowe życie i dążyć do zapewnienia dobrostanu; Cel 6. Zapewnić wszystkim ludziom dostęp do wody i odpowiednie warunki sanitarne, poprzez zrównoważone gospodarowanie zasobami wody; Cel 11. Tworzyć bezpieczne, zrównoważone, odporne na skutki klęsk żywiołowych

⁷⁶ Rozporządzenie Ministra Edukacji i Nauki z dnia 11 października 2022 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych (Dz.U. 2022 poz. 2202)

miasta i osiedla ludzkie). Powiązań głównie silnych/bezpośrednich jak i słabych pośrednich można upatrywać dla obszarów kluczowych: Biotechnologia w rolnictwie, Biotechnologia żywności, Biotechnologia w medycynie oraz Biotechnologia w ochronie środowiska. Obszar kluczowy Biotechnologia w rolnictwie i Biotechnologia żywności silnie zaznacza się w obliczu zidentyfikowanych potrzeb technologicznych w szczególności dotyczących systemów zrównoważonej produkcji żywności i mechanizmów prężnego rolnictwa. Z kolei dla obszaru Biotechnologia w medycynie powiązań upatruje się w obliczu pojawiających się zagrożeń zdrowotnych w kontekście badań oraz opracowania nowych szczepionek i leków przeciwko chorobom zakaźnym i niezakaźnym. Z kolei w ramach Biotechnologii w ochronie środowiska zidentyfikowane powiązania dotyczą głównie zjawiska urbanizacji i wynikającą z tego presję na środowisko naturalne. W obrębie wszystkich zidentyfikowanych obszarów kluczowych dla Biotechnologii zidentyfikowano powiązanie z *Europejskim Zielonym Ładem*, gdyż celem ww. dokumentu jest przekształcenie UE w sprawiedliwe i prosperujące społeczeństwo żyjące w nowoczesnej, zasobooszczędnej i konkurencyjnej gospodarce oraz ochrona, zachowanie i poprawa kapitału naturalnego UE, jak i ochrona zdrowia i dobrostanu obywateli. Silne powiązanie obszaru kluczowego Biotechnologie w ochronie środowiska wskazano także dla dokumentów: *Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju*, *Strategia produktywności 2030*, *Krajowa Strategia Rozwoju Regionalnego 2030. Rozwój społecznie wrażliwy i terytorialnie zrównoważony* oraz *Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności*. Z kolei biotechnologia w medycynie silne powiązania wykazuje z celami wskazanymi w *Krajowym Programie Reform 2022/2023* oraz *Programie Nowy Polski Ład*. Warto także zaznaczyć powiązanie bezpośrednie z dokumentem *Strategic Plan 2020-2024. DG Research and Innovation*, ponieważ rozwój innowacji i badań naukowych, ma na celu rozwój społeczny i ekonomiczny, z jednoczesną ochroną środowiska naturalnego. W sprawozdaniu dotyczącym prognozy strategicznej z 2021 r. (*2021 Strategic Foresight Report* (UE)) skupiono się na kluczowych światowych megatrendach, które będą nadal miały wpływ na UE w nadchodzących dziesięcioleciach. Trendy te związane są ze zmianami klimatu, postępowaniem technicznym i cyfryzacją, po ważne zmiany gospodarcze, geopolityczne i demograficzne. W ramach dokumentu wyszczególniono 10 obszarów, które uznano za strategiczne dla swobody i zdolności UE w zakresie prowadzenia działań w najbliższych dziesięcioleciach. Wśród nich znalazły się: zapewnienie zrównoważonych i odpornych systemów opieki zdrowotnej i żywności oraz wzmocnienie zdolności w zakresie zarządzania danymi, sztucznej inteligencji i najnowocześniejszych technologii. Uwzględniając założenia przedstawione w dokumencie, dotyczące zapewnienia odpornego i zrównoważonego systemu żywnościowego poprzez innowacje i biotechnologię można zakładać powiązanie z obszarami kluczowymi: Biotechnologia w ochronie środowiska, Biotechnologia w rolnictwie, Biotechnologia żywności i Biotechnologia w medycynie. Dokument podkreśla, że kluczowe znaczenie będzie miało spójne i zrównoważone podejście do całego systemu żywnościowego, od produkcji żywności po ograniczenie odpadów żywnościowych. Istotne jest również skupienie się na środkach zapobiegawczych i zajęcie się problemem chorób współistniejących. Raport *Groundswell Part 2 : Acting on Internal Climate Migration* (Bank Światowy) zawiera prognozy i analizy wewnętrznej migracji klimatycznej dla trzech regionów: Azji Wschodniej i Pacyfiku, Afryki Północnej oraz Europy Wschodniej i Azji Środkowej. W raporcie stwierdzono również, że szybkie i skoordynowane działania mające na celu ograniczenie globalnych emisji oraz wspieranie rozwoju ekologicznego, sprzyjającego włączeniu społecznemu mogłyby znacznie zmniejszyć skalę wewnętrznej migracji klimatycznej. Raport nie odnosi się bezpośrednio do rozwoju biotechnologii, ale porusza tematykę związaną z rozwojem systemu rolno-spożywczego i bezpieczeństwa żywnościowego, dlatego można zakładać, jego pośrednie powiązanie z następującymi obszarami: Biotechnologia w rolnictwie, Biotechnologia żywności.



Regiony wspierające kluczowe obszary technologiczne w ramach RIS



- 1 - Biotechnologia w ochronie środowiska
- 2 - Biotechnologia w rolnictwie
- 3 - Biotechnologia żywności
- 4 - Biotechnologia w medycynie
- 5 - Biotechnologia w innych obszarach

Wszystkie kluczowe obszary technologiczne w ramach BIOTECHNOLOGII wspierane są w ramach RIS w województwach: pomorskim, lubuskim, wielkopolskim, lubelskim, małopolskim i podkarpackim.

Z kolei w województwach: kujawsko-pomorskim, warmińsko-mazurskim, mazowieckim i śląskim wspierane są wszystkie wymienione obszary kluczowe za wyjątkiem Biotechnologii w innych obszarach. W województwie podlaskim nie wskazano żadnych z analizowanych obszarów kluczowych. Z kolei obszar kluczowy Biotechnologia w medycynie nie jest wspierana tylko w województwach: zachodniopomorskim i podlaskim.



Przykłady technologii

Kluczowy obszar technologiczny	Technologie rozwinięte (wysoki stopień gotowości technologicznej)	Technologie przyszłościowe (wczesny etap rozwoju)
Biotechnologia w ochronie środowiska	• Bioremediacja jako technologia usuwania zanieczyszczeń w środowisku glebowym i wodnym • Fitoremediacja gleb zanieczyszczonych, zwłaszcza metalami ciężkimi • Technologie oczyszczania ścieków, w tym technologie membranowe do oczyszczania wody i separacji zanieczyszczeń • Wykorzystanie osadów ściekowych do produkcji nawozów • Fito-rekultywacja obszarów zdegradowanych	• Biotechnologia mikroglonów • Biotechnologia mikrobów metanotroficznych • Biotransformacje odpadów (waste-to-product) • Immobilizowane enzymy do oczyszczania trudnobiodegradowalnych zanieczyszczeń i mikrozanieczyszczeń • Odzysk surowców ze ścieków i odpadów • Fytlloremediacja, w tym dobór roślin i szczepionki do oczyszczania powietrza • Ciemna fermentacja - produkcja zielonego wodoru • Odzysk surowców ze ścieków i odpadów • Wykorzystanie drobnoustrojów immobilizowanych na innowacyjnych nośnikach • Biohydrometalurgia • Fitogórnictwo (z ang. Phytomining)

		Wykorzystanie nanotechnologii w oczyszczaniu wody i powietrza, np. Nanomateriały adsorbujące zanieczyszczenia
Biotechnologia w rolnictwie	- Biogazownie - Szczepionki glebowe - Mikroorganizmy jako wspomaganie nawożenia i ochrony roślin - Substancje bioaktywne do zaprawiania nasion - Biotechnologia roślin i biologiczne środki ochrony roślin - Organiczne rolnictwo i biopestycydy - Preparaty nawozowe wzbogacone o pożyteczne drobnoustroje; - Biopreparaty wspomagające kompostowanie i biotransformację odpadów rolniczych - Technologie gmo w rolnictwie	- Hodowla roślin ukierunkowana na poprawę plonu i odporności na stresy - Nowe substancje bioaktywne - Nowe powłoki/otoczki w nawozach o kontrolowanym uwalnianiu - Ochrona biologiczna - Pożyteczne drobnoustroje immobilizowane na nośnikach mineralnych - Precyzyjne rolnictwo - Biotechnologia mikrobów glebowych - Wykorzystanie biomasy, surowców i produktów rolniczych jako odnawialnych źródeł energii - Wykorzystanie crispr-cas do edycji genów roślin w celu uzyskania pożądanych cech, takich jak wyższa tolerancja na suszę czy zwiększona zawartość składników odżywczych
Biotechnologia żywności	- Inżynieria metaboliczna i bioprosesowa w ukierunkowaniu fermentacji - Dodatki nutraceutyków do żywności - Modyfikacje genetyczne roślin - Biotechnologia żywności funkcjonalnej - Opracowanie, uprawa nowych odmian roślin - Produkcja białek i tłuszczów, wtórnych metabolitów roślinnych jako suplementów diety - Biotechnologiczne metody produkcji enzymów spożywczych	- Produkcja białek i tłuszczów metodami fermentacyjnymi z produktów ubocznych w produkcji żywności - Biotechnologia syntetyczna do tworzenia nowych składników żywności, takich jak białka roślinne o wysokiej jakości odżywczej
Biotechnologia w medycynie	- Biopowłoki na implantach, biokości, bioimplanty - Inżynieria genetyczna - Diagnostyka molekularna - Leki biologiczne biorównoważne - Produkcja leków i szczepionek nowej generacji - Produkcja białek rekombinowanych	- Biodruk 3d - Leki ukierunkowane, nowe szczepionki - Technologia car-t, medycyna regeneracyjna oparta o komórki macierzyste - Zastosowanie biopolimerów/kopolimerów dla regeneracji stawów

	• Genomika i bioinformatyka w medycynie • Terapie celowane/personalizowane	
Biotechnologia w innych obszarach	• Biokatalizatory • Produkcja biochemikaliów z biomasy • Inżynieria bioprosesowa • Wykorzystanie biokatalizatorów w przemyśle chemicznym do produkcji zrównoważonych substancji chemicznych • Wykorzystanie mikroorganizmów do rozkładu organicznych materiałów/odpadów	• Mikroalgi - hodowla i otrzymywanie bioproduktów • Nanomateriały • Wykorzystanie biomasy dla celów energetycznych oraz chemicznych • Biotechnologia mikrobów elektrochemicznych • Nanosensory do wykrywania substancji chemicznych w środowisku



Przykłady praktycznych zastosowań technologii kluczowych

Współczesna biotechnologia to wielopłaszczyznowa, multidyscyplinarna dziedzina. Produkty biotechnologiczne powstają dzięki synergii badań podstawowych w obszarze nauk biologicznych (biochemii, biologii molekularnej, genetyki, mikrobiologii, biologii komórki, immunologii) z naukami inżynierskimi. Szeroki wachlarz biotechnologii jest wykorzystywany na dużą skalę w następujących obszarach: ochrona środowiska, medycyna i zdrowie publiczne (medycyna, branża farmaceutyczna, diagnostyka), rolnictwo i produkcja żywności, a także w innych branżach obejmujących, m.in. produkcję chemikaliów, kosmetyków, papieru, tekstyliów, oraz w rozwoju alternatywnych źródeł energii. W obszarze gospodarki jak i w kontekście aspektów społecznych, biotechnologie stanowią realną odpowiedź na wyzwania w obszarze ochrony zdrowia, ochrony środowiska naturalnego, zapotrzebowania na nowe, przyjazne środowisku sposoby produkcji energii oraz szeroko pojętego zrównoważonego rozwoju. W obliczu problemu wynikającego z obecności różnego rodzaju zanieczyszczeń w środowisku, wykorzystanie skutecznych metod usuwania zanieczyszczeń z gleby, powietrza i wody bazując o biotechnologie stanowi realną odpowiedź na potrzebę stosowania technologii zrównoważonych i bardziej przyjaznych środowisku (np. bioremediacja). Biotechnologie wykorzystywane do unieszkodliwiania/przetwarzania odpadów przemysłowych i komunalnych stanowią jedno z wyzwań w obliczu skutków gospodarczej działalności człowieka, do których należy m.in. powstawanie dużych ilości odpadów komunalnych i przemysłowych (np. wykorzystanie osadów ściekowych do produkcji nawozów). Wobec pogłębiającego się światowego kryzysu wodnego do roku 2030, świat może doświadczyć 40-procentowego ograniczenia dostępności czystej i bezpiecznej wody pitnej. Do roku 2050 zagrożona deficytem wody będzie połowa światowej populacji. W związku z powyższym równie istotne jest wykorzystanie procesów biotechnologicznych w zakresie uzdatniania wody przeznaczonej do konsumpcji oraz oczyszczania ścieków odprowadzanych do środowiska (m.in. oczyszczanie ścieków metodą osadu czynnego, odzysk cennych surowców ze ścieków). Aktualny kryzys nawozowy i energetyczny, a także rosnąca świadomość społeczeństwa w zakresie zagrożeń dla zdrowia ludzi i bezpieczeństwa środowiska w istotny sposób przyczyniła się do intensyfikacji działań mających na celu wykorzystanie biotechnologii w rolnictwie w kierunku przejścia na bardziej zrównoważone rolnictwo (szczepionki glebowe, substancje bioaktywne dla zaprawiania nasion, biotechnologia roślin i biologiczne środki ochrony roślin, mikroorganizmy jako wspomaganie nawożenia i ochrony roślin, organiczne rolnictwo i biopestycydy, technologie GMO w rolnictwie). W aspekcie społecznym bardzo istotną kwestię odgrywają biotechnologie medyczne obejmujące opracowanie leków przeciwko

chorobom cywilizacyjnym, w tym nowotworowym, a także neurodegeneracyjnym, które w coraz większym stopniu wpływają na życie społeczne i koszty opieki zdrowotnej.

Przykłady praktycznych wdrożeń w Polsce obejmują:

- **Bariery reaktywne do hamowania migracji zanieczyszczeń występujących w środowisku gruntowo-wodnym** - przepływ wody przez barierę nieprzepuszczalną jest ukierunkowany na przepuszczalną barierę aktywną poprzez panele szczelne i drenażowe. Bariery reaktywne składają się ze zbiorników wypełnionych materiałem aktywnym oraz układu przepływowego wraz z piezometrami kontrolnymi. Bariera ma na celu swobodnie przepuszczać wodę i zatrzymywać oraz eliminować zanieczyszczenia migrujące w strumieniu wód podziemnych. Wprowadzony materiał aktywny umożliwia immobilizację lub rozkład in-situ zanieczyszczeń w wyniku zachodzących procesów fizycznych oraz biochemicznych m.in. na drodze utleniania-redukcji, (ad)sorpcji, wymiany jonowej, strącania, denitryfikacji i biodegradacji, bez konieczności wypompowania wód na powierzchnię terenu w celu dalszej obróbki. Firma wdrażająca rozwiązanie Remea sp. z o.o. Kluczowy obszar technologiczny: biotechnologia w ochronie środowiska.
- **Biostymulatory** - Technologia BACTIM® NUTRI pomaga zmaksymalizować plony zbóż, rzepaku, kukurydzy i innych gatunków roślin poprzez zwiększenie puli dostępnego azotu, fosforu oraz intensyfikację rozwoju systemu korzeniowego. Technologia oparta jest o wprowadzenie do gleby unikalnych mikroorganizmów o zdolności do asymilacji azotu atmosferycznego oraz solubilizacji uwstecznionego fosforu. Firma, która opracowała produkt INTERMAG sp. z o.o. Kluczowy obszar technologiczny: biotechnologia w rolnictwie.
- **Nawozy rolnicze** - Florovit AGRO to seria nawozów płynnych i granulowanych, zawierających składniki i mikroelementy niezbędne do prawidłowego wzrostu i rozwoju różnego rodzaju roślin. Wśród nawozów Florovit AGRO znajdują się m.in. nawozy organiczno-mineralne, komposty granulowane, nawozy doglebowe dedykowane uprawom owocowym, warzywnym, rolniczym, nawozy dolistne, nawozy krystaliczne do nawożenia opryskowego. Przykładem jest Florovit Agro Bionawóz - uniwersalny nawóz azotowo-potasowy przeznaczony do stosowania dolistnego i doglebowego we wszystkich uprawach rolniczych, sadowniczych i warzywniczych, zawierający wolne aminokwasy i betainy. GRUPA INCO S.A. jest uznanym producentem nawozów ogrodnich i rolniczych. Kluczowy obszar technologiczny: biotechnologia w rolnictwie.
- **Metoda pozyskiwania izolatu białka z rzepaku** - to wyjątkowe w skali światowej rozwiązanie pozwala na wytworzenie białka z materiału, który powstaje podczas produkcji oleju rzepakowego. Innowacja pozwala pozyskać białko z rzepaku w formie, która nie tylko zachowuje swoje wartości odżywcze, ale jest również pozbawiona typowej dla tego produktu goryczki. Innowacyjną technologię opracował polski start-up NapiFeryn BioTech. Kluczowy obszar technologiczny: biotechnologia żywności.
- **Dodatek paszowy oparty na bakteriofagach** - produkt BAFASAL® skutecznie hamujący szczepy Salmonella spp. w przemysłowych fermach drobiu, który swoim działaniem ma zastępować używane wcześniej antybiotyki. Działanie BAFASALu® oparte jest na zastosowaniu bakteriofagów. Produkt opracowany przez Proteon Pharmaceuticals S.A. Kluczowy obszar technologiczny: biotechnologia żywności.
- **Leki biopodobne** – to leki, które zawierają co najmniej jedną substancję czynną wytworzoną biologicznie lub uzyskaną ze źródeł biologicznych. Do takich źródeł biologicznych należą drobnoustroje, komórki zwierzęce i ludzkie. Firma Polpharma Biologics posiada własne linie

produkcyjne leków biopodobnych przeznaczonych do licencjonowania na zewnątrz. Kluczowy obszar technologiczny: biotechnologia w medycynie.

- **Terapia adoptywna komórkami CART** - program mający na celu opracowanie i wprowadzenie do Polski na szeroką skalę przełomowej terapii leczenia nowotworów przy użyciu modyfikowanych genetycznie limfocytów CAR-T cells (terapia adoptywna komórkami CART). CAR-T to najnowocześniejsza, najbardziej zaawansowana technologicznie forma immunoterapii komórkowej. Polega na pobraniu z krwi pacjenta jego limfocytów T, komórek układu odpornościowego, które mają zdolność niszczenia nowotworu. W laboratorium komórki te zostają zaprogramowane tak, aby potrafiły rozpoznać cechy nowotworu. Po odpowiedniej stymulacji i namnożeniu zostają podane pacjentowi dożylnie. Liderem projektu jest Warszawski Uniwersytet Medyczny. Kluczowy obszar technologiczny: biotechnologia w medycynie.
- **Produkcja biomateriału polimerowego** - unikalną technologię wytwarzania celulozy bakteryjnej przeznaczonej do produkcji wyrobów medycznych. BOWIL Biotech jest pierwszą na świecie fabryką biocelulozy, zaprojektowaną zgodnie ze standardami farmaceutycznego GMP. Kluczowy obszar technologiczny: biotechnologia w innych obszarach.
- **Licznik kolonii** – system umożliwiający automatyczne zliczanie kolonii mikroorganizmów w mikrobiologicznych analizach ilościowych. Firma oferująca produkt BIOAVLEE. Kluczowy obszar technologiczny: biotechnologia w innych obszarach.



Potencjał instytucjonalny, branżowy, kompetencyjny

Biotechnologia prezentuje się jako silny i dynamicznie rozwijający się obszar gospodarki. Obszar biotechnologii odznacza się silnym potencjałem kompetencyjnym. Analiza w odniesieniu do zatrudnienia w B+R, pozwoliła zaobserwować, że udział personelu związanego potencjalnie z obszarem biotechnologii tj. nauki inżynierskie i techniczne był zdecydowanie największy w latach 2016-2020 (40,1% w roku 2016 i 45,3% w roku 2020). Odnotowano również wysoki i rosnący udział personelu w obszarze nauk przyrodniczych, który jest silnie związany z dziedziną biotechnologii (17,9% w roku 2016 i 21,2% w roku 2020). Dodatkowo dodatnia dynamika zmian zatrudnienia od roku 2016 wskazuje na umacnianie się przewag nad krajami Unii Europejskiej. W ramach POIR w latach 2014-2022, w ramach KIS 3 Biotechnologiczne i chemiczne procesy, bioprodukty i produkty chemii specjalistycznej oraz inżynierii środowiska kwota dofinansowania projektów B+R wyniosła ok. 2 mld zł. Natomiast całkowita wartość wdrożeń wyników prac B+R realizowanych przy wsparciu publicznym wyniosła dla tego obszaru ok. 1,6 mld zł. Zaobserwowany trend związany ze wzrostem nakładów w obszarach gospodarki i nauki powiązanych z Biotechnologią świadczy o rosnącym potencjale rozwojowym tego obszaru technologicznego. Analiza liczby zgłoszeń patentowych oraz publikacji naukowych wskazuje, iż bardzo korzystnie pod względem liczby zgłoszonych patentów wyróżniały się technologie medyczne i farmaceutyczne oraz technologie chemiczne. Z kolei pod względem liczby publikacji naukowych największy dorobek odnotowano w przypadku technologii medycznych i farmaceutycznych, technologii rolno-spożywczych i technologii chemicznych. Wysoki potencjał branżowy obszaru biotechnologii związany jest z głównie z rosnącym zatrudnieniem i obserwowanym wzrostem innowacyjności przedsiębiorstw. Wartość dodana w odniesieniu do działów gospodarki związanych z biotechnologią wskazuje na istnienie przewagi gospodarczej i jej wysokiego potencjału dla rozwoju w przyszłości. Biotechnologia jest silną gałęzią, a największa innowacyjność jest zgrupowana wokół biotechnologii w medycynie. Na uwagę zasługuje dział gospodarki związany z sektorem biofarmaceutycznym C21 *Produkcja podstawowych substancji farmaceutycznych oraz leków i pozostałych wyrobów farmaceutycznych*, który odnotowuje wzrost od 2017 roku. W 2021 w tym obszarze przemysłu udział przedsiębiorstw wprowadzających innowacje produktowe wyniósł aż 70%. W przypadku nakładów

wewnętrznych na działalność badawczą i rozwojową według dziedzin B+R w roku 2016 oraz 2020 w odniesieniu do obszaru Biotechnologia, zaobserwowana dynamika była najwyższa w przypadku dziedziny biotechnologia środowiskowa (223%), biotechnologia medyczna (203%) oraz biotechnologia przemysłowa (161%). Największą dynamikę wzrostu nakładów na B+R dla okresu czasu 2016-2021⁷⁷ zaobserwowano dla obszaru nauk medycznych i nauk o zdrowiu (178,6 %), co świadczy o rosnącym potencjale rozwojowym dziedziny, która nierozzerwalnie związana jest z obszarem biotechnologii.

Podsumowując, biotechnologia jest znaczącym obszarem w Polsce, gdzie istotny rozwój następuje w dziedzinie biotechnologii związanej z medycyną i ochroną środowiska.

W odniesieniu do potencjału instytucjonalnego należy podkreślić stosunkowo wysoki potencjał budowania innowacyjnej gospodarki w oparciu o sektor polskich firm biotechnologicznych oraz jednostek B+R. Z raportu pn.: *Ewaluacja potencjału badawczo-rozwojowego jednostek naukowych i jego wpływu na realizację celów KIS*⁷⁸ wynika, że w roku 2019 z 146 jednostek naukowych tworzących zaplecze badawczo-rozwojowe dla obszaru biotechnologia, 68 uzyskało ocenę "A+" lub "A". Spośród jednostek naukowych zdecydowanie najliczniejszą grupę stanowią wydziały szkół wyższych (82 jednostki), następnie instytuty badawcze PAN (24 jednostki) oraz instytuty badawcze inne (23 jednostki). Najmniej liczne spośród jednostek naukowych są wydziały politechnik (17 jednostek). Analiza w odniesieniu do aparatury badawczo-rozwojowej wykazała, że obszarem wskazującym na wysoki potencjał dla dalszego rozwoju odznaczał się dział gospodarki potencjalnie związany z biotechnologią: badania naukowe i prace rozwojowe. Dynamika zmian w odniesieniu do wartości aparatury brutto wyniosła 31%. Natomiast w przypadku liczby podmiotów posiadających aparaturę naukowo badawczą zaobserwowana zmiana dla tego sektora pomiędzy rokiem 2016 a 2020 wyniosła tylko 4%. Zdecydowaną większość projektów realizowanych przez jednostki naukowe stanowiących zaplecze badawcze, bo aż 80,9% stanowią badania podstawowe (pr. krajowe), jednocześnie najmniej (6,5%) to projekty badawcze międzynarodowe. Ponadto jak wskazują dane z raportu: *Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii*⁷⁹, w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych większość z najlepszych jednostek mogła wykazać się wyższym od przeciętnego potencjałem kadrowym i publikacyjnym oraz realizacją projektów w programie Horyzont 2020. Z kolei w obszarze technologii środowiskowych Liderem okazała się Politechnika Śląska, natomiast cztery kolejne instytucje wykazały niewiele mniejszy potencjał, należały do nich: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Politechnika Częstochowska oraz Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie.

Podsumowując, biotechnologia stanowi kluczowy obszar dla zrównoważonego rozwoju gospodarczego, społecznego i środowiskowego Polski, ze względu na posiadany wysoki potencjał kompetencyjny, instytucjonalny oraz branżowy. Wysoki potencjał instytucjonalny w obszarach związanych z biotechnologią wskazuje, że należy szczególnie wzmacniać rozwój infrastruktury badawczo-rozwojowej oraz wspierać rozwój przedsiębiorstw prowadzących działalność biotechnologiczną. W dalszej perspektywie działalność biotechnologiczna w Polsce ma wysoki potencjał ze względu na posiadane zaplecze naukowo-badawcze, wykwalifikowaną kadrę oraz dostęp do grantów. Pozytywnym aspektem jest wzrost nakładów finansowych na obszary związane z rozwojem biotechnologii w Polsce, będące

⁷⁷ Zmiany metodologiczne GUS umożliwiają prezentowanie danych statystycznych w przytoczonych latach 2016-2020, lata wcześniejsze są nieporównywalne.

⁷⁸ Ewaluacja potencjału badawczo-rozwojowego jednostek naukowych i jego wpływu na realizację celów KIS, Raport końcowy, Ecorys Polska, Taylor Economics, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, 2019.

⁷⁹ Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii, Ośrodek Przetwarzania Informacji – PIB oraz Uniwersytet Warszawski, 2022.

odpowiedzią na pojawiające się wyzwania społeczeństwa związane m.in. ze starzeniem się społeczeństwa i stałym wzrostem występowania chorób cywilizacyjnych. W związku z powyższym obserwowany rozwój biotechnologii następuje w obszarach związanych z biofarmacją, biomedycyną, ochroną środowiska i produkcją spożywczą. W celu wykorzystania potencjału jaki niesie z sobą rozwój biotechnologii w Polsce należy zapewnić tworzenie przyjaznego ekosystemu dla rozwoju start-upów, przedsiębiorstw oraz finansowanie ukierunkowane na wspieranie innowacyjnych projektów w tym obszarze.



Kluczowe podmioty

Kluczowy obszar technologiczny	Podmioty publiczne	Przedsiębiorstwa
Biotechnologia w ochronie środowiska	• Instytut Agrofizyki Państwowej Akademii Nauk • Politechnika Łódzka • Politechnika Śląska • Politechnika Wrocławska • Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie • Uniwersytet Śląski	• A&A Biotechnology • Biospekt Sp. z o.o. • EKOB-TBA SP. Z O. O. • Nijhuis Industries Central Europe Sp. z o.o. • PETROSTER Sp.J • Remea sp. z o.o.
Biotechnologia w rolnictwie	• Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy • Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego • Uniwersytet Gdański • Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie	• Bio-Lider Sp. z o.o. Sp.J. • GRUPA INCO S.A. • INTERMAG sp. z o.o. • Mikroflor sp. z o.o. sp. k • ORGANIKA-AGRARIUS Sp. z o. o. • POLSIL BIOPREPARATY SP.J. • PROCAM Agronomia Sukcesu
Biotechnologia żywności	• Instytut Genetyki Roślin Polskiej Akademii Nauk • Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu • Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie	• BTL Sp. z o.o. • NapiFeryn BioTech Sp. z o.o. • PHYTOPHARM KLĘKA S.A. • Proteon Pharmaceuticals • Przedsiębiorstwo Usługowo-Handlowe CHEMIROL sp. z o.o.
Biotechnologia w medycynie	• Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych Polskiej Akademii Nauk • Centrum NanoBioMedyczne Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu • Narodowy Instytut Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie Państwowy Instytut Badawczy • Uniwersytet Jagielloński • Warszawski Uniwersytet Medyczny	• Adamed Pharma S.A. • Bioton S.A. • Captor Therapeutics S.A. • Celon Pharma • Mabion S.A. • Molecure SA • OncoArendi Therapeutics • Polpharma Biologics S.A. • Pure Biologics SA • Ryvu Therapeutics S.A. • Scope Fluidics S.A • Selvita S.A. • Zakład Farmaceutyczny AMARA Sp. z o.o.

Biotechnologia w innych obszarach	• Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych Polskiej Akademii Nauk (CBMiM PAN) • Politechnika Łódzka • Politechnika Śląska	• ACTERYON Sp. z o.o. • Bioavlee • Bowil Biotech • EURx Sp. z o.o. • Instytut Biotechnologii Surowic i Szczepionek BIOMED Spółka Akcyjna • Lipopharm.pl • NanoVelos • ProChimia Surfaces Sp. z o.o. • Sygnis S.A. • SyVento Sp. z o.o.
-----------------------------------	---	---



Przewagi konkurencyjne w kontekście konkurencyjności międzynarodowej

Pomimo spektakularnego wzrostu sektora biotechnologicznego w Polsce w trakcie ostatnich kilku lat, biotechnologia w Polsce jest w fazie rozwoju, a największe sukcesy jeszcze przed nią. Z 3,5 tys. projektów sfinansowanych w NCBR z perspektywy 2014-2020 z Funduszy Europejskich, 145 to projekty biotechnologiczne⁸⁰. Jednak należy zaznaczyć, iż silna działalność innowacyjna zgrupowana głównie wokół biotechnologii w medycynie, a także wysoka dynamika nakładów wewnętrznych na działalność badawczą i rozwojową w biotechnologii środowiskowej, biotechnologii medycznej i biotechnologii przemysłowej wskazuje na silny potencjał rozwojowy tego obszaru. Pod kątem regulacyjnym ważnym punktem w rozwoju polskiej branży biotechnologicznej jest opracowanym przez Agencję Badań Medycznych *Rządowy Planu Rozwoju Sektora Biomedycznego w Polsce 2022-2031*, który nakreśla cele rozwoju tego sektora w perspektywie długoterminowej. Działalność B+R w sektorze biomedycznym, obejmujących także biotechnologie medyczne, pomimo że zaowocowała już cennymi i skutecznymi rozwiązaniami (np. szczepionki mRNA, terapie komórkowe CAR-T itd.), należy wciąż do działalności wysokiego ryzyka i wymaga dużych nakładów inwestycyjnych, współpracy wielu instytucji i specjalistów z wielu dziedzin, specjalistycznej infrastruktury badawczo-rozwojowej oraz podejścia interdyscyplinarnego. Największe wyzwania dla globalnego sektora biomedycznego obejmujące choroby nowotworowe, neurologiczne i zakaźne, kierunkują wydatki i projekty w obszarze terapii genowych, komórkowych, bioinformatyki nowoczesnych wyrobów medycznych. To właśnie technologie genowe (szczególnie bazujące na RNA i technologii przekąźnikowego mRNA) i komórkowe (szczególnie bazujące na technologii CAR-T) wsparte narzędziami bioinformatycznymi z myślą o tworzeniu terapii celowanych/personalizowanych wyznaczają współcześnie trendy rozwoju biotechnologii medycznej. Procesowi rozwoju polskiej biotechnologii sprzyja także coraz bardziej intensywniejsza współpraca międzynarodowa oraz korzystne otoczenie regulacyjne krajów, które już rozpoznały wartość wynikającą z postępu biotechnologicznego. Poszukiwanie nowych, innowacyjnych, proekologicznych technologii ograniczających emisję zanieczyszczeń do atmosfery, wody i gleby stanowi silny czynnik napędzający rozwój biotechnologii środowiskowych, szczególnie w świetle Europejskiego Zielonego Ładu, którego jest przekształcenie UE w sprawiedliwe i prosperujące społeczeństwo żyjące w nowoczesnej, zasobooszczędnej i konkurencyjnej gospodarce oraz ochrona, zachowanie i poprawa kapitału naturalnego UE oraz ochrona zdrowia i dobrostanu obywateli. Potencjał do rozwoju polskiej biotechnologii na arenie międzynarodowej drzemie także w obszarze biotechnologii żywności i biotechnologii w rolnictwie, bowiem UE dąży do celu, którym jest przekształcenie sposobu produkcji i konsumpcji żywności w Europie, aby zmniejszyć ślad środowiskowy systemów żywnościowych, wzmocnić odporność na kryzysy, zapewniać zdrową i przystępną cenowo

⁸⁰ <https://www.gov.pl/web/ncbr/jak-ncbr-wspiera-biotech-relacja-z-biotech-day-na-gpw> (dostęp: 16.08.2023).

żywność również przyszłym pokoleniom (Strategia „Od pola do stołu”), zatem potencjał wzrostowy upatruje się w rozwoju systemów zrównoważonej produkcji żywności i mechanizmów prężnego i zrównoważonego rolnictwa w Polsce.

Jako dobrą praktykę w obszarze Biotechnologii należy wskazać funkcjonowanie w Polsce Komitetu Biotechnologii Polskiej Akademii Nauk⁸¹. Komitet swym zakresem działania obejmuje biotechnologię (wraz z naukami pokrewnymi takimi jak np. biochemia, biologia molekularna, biofizyka, genetyka, mikrobiologia) oraz jej zastosowania w różnych działach gospodarki. Komitet Biotechnologii PAN jest samorządną reprezentacją specjalistów z dyscypliny nauki biologiczne wchodzącej w obręb dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych, oraz różnych dyscyplin w dziedzinach nauk medycznych, nauk rolniczych oraz nauk inżynieryjno-technicznych, służącą integrowaniu uczonych z całego kraju. W Polsce funkcjonują także stowarzyszenia i związki w sektorze biotechnologicznym służące rozwojowi innowacyjnego przemysłu biotechnologicznego w Polsce (np. BioForum Związków Form Biotechnologicznych). Z kolei na poziomie międzynarodowym funkcjonuje stowarzyszenie firm i instytucji EuropaBio, zainicjowane w 1996 r. w celu reprezentowania interesów przemysłu biotechnologicznego na poziomie europejskim.



Kluczowe kompetencje/kwalifikacje

	Kluczowe obecnie kompetencje/ kwalifikacje	Kluczowe kompetencje/ kwalifikacje przyszłości
Wiedza teoretyczna	1. Znajomość zasad pracy w laboratoriach biologicznych i biotechnologicznych oraz adekwatnych przepisów prawa 2. Znajomość zasad rynkowych w obszarze wdrożeń 3. Znajomość instrukcji obsługi aparatury, sprzętu i urządzeń kontrolno-pomiarowych stosowanych w procesach biotechnologicznych oraz zasad bezpiecznego użytkowania aparatury 4. Znajomość zasad postępowania z odczynnikami chemicznymi stosowanymi do badań; znajomość kart charakterystyki substancji niebezpiecznych stosowanych w procesach biotechnologicznych 5. Znajomość zasad bezpiecznego prowadzenia procesów biotechnologicznych 6. Znajomość zasad sporządzania dokumentacji przebiegu procesów biotechnologicznych	1. Znajomość trendów, kierunków rozwoju i nowych osiągnięć w obszarze biotechnologii 2. Posiadanie wiedzy specjalistycznej z zakresu biotechnologii w medycynie 3. Znajomość narzędzi informatycznych stosowanych w dziedzinie nauk biologicznych 4. Posiadanie wiedzy specjalistycznej z zakresu biotechnologii w rolnictwie 5. Posiadanie wiedzy specjalistycznej z zakresu biotechnologii stosowanych w ochronie środowiska 6. Znajomość zasad Dobrej Praktyki Produkcyjnej (GMP/cGMP), zasad Dobrej Praktyki Laboratoryjnej (GLP); Systemu Analizy Zagrożeń i Krytycznych Punktów Kontroli (HACCP) 7. Znajomość zasad bezpiecznego prowadzenia procesów biotechnologicznych 8. Specjalistyczna wiedza z zakresu mikrobiologii przemysłowej i środowiskowej, inżynierii bioprosesowej, biochemii, biologii komórki

⁸¹ <https://kbiotech.pan.pl/pl/> (dostęp: 08.08.2023).

	7. Znajomość trendów, kierunków rozwoju i nowych osiągnięć w obszarze biotechnologii 8. Znajomość zasad Dobrej Praktyki Produkcyjnej (GMP/cGMP), zasad Dobrej Praktyki Laboratoryjnej (GLP); Systemu Analizy Zagrożeń i Krytycznych Punktów Kontroli (HACCP) 9. Znajomość procedur i instrukcji postępowania z obiektami badawczymi 10. Znajomość potencjalnych zagrożeń dla zdrowia i życia oraz mienia i środowiska, znajomość wytycznych dotyczących bezpieczeństwa biologicznego oraz pracy z GMM i GMO 11. Znajomość narzędzi informatycznych w dziedzinie nauk biologicznych 12. Znajomość przepisów prawa dotyczących RODO 13. Znajomość norm i aktów prawnych dotyczących zasad prowadzenia procesów biotechnologicznych oraz z zakresu ochrony środowiska (na szczeblu krajowym i UE) 14. Posiadanie wiedzy specjalistycznej z zakresu biotechnologii stosowanych w medycynie 15. Posiadanie wiedzy specjalistycznej z zakresu biotechnologii stosowanych w ochronie środowiska 16. Posiadanie wiedzy specjalistycznej z zakresu biotechnologii stosowanych w rolnictwie 17. Posiadanie wiedzy specjalistycznej z zakresu biotechnologii żywności	9. Specjalistyczna wiedza w obszarze genetyki i biologii molekularnej, w tym terapii genowych, diagnostyki molekularnej, proteomiki, bioinformatyki, mikrobiologii, wirusologii 10. Wiedza w zakresie bezpieczeństwa i certyfikacji żywności, żywności funkcjonalnej, normalizacji, analizy zagrożeń w łańcuchu żywnościowym, systemów kontroli i certyfikacji w rolnictwie ekologicznym 11. Wiedza na temat zaawansowanych technik biokatalizy i fermentacji w celu produkcji bioproduktów i biopaliw 12. Znajomość technologii bioprocessowych z wykorzystaniem mikroorganizmów elektrochemicznych do produkcji energii z odpadów organicznych
Umiejętności praktyczne	1. Umiejętność prowadzenia eksperymentów i badań naukowych, opracowywanie i interpretacja ich wyników 2. Wykonywanie powierzonych zadań samodzielnie i/lub w zespole pracowniczym z uwzględnieniem procedur i standardów obowiązujących w miejscu pracy.	1. Opracowywanie, testowanie i wdrażanie nowoczesnych procesów oraz metod biotechnologicznych, w tym monitorowanie i optymalizacja procesów 2. Umiejętność prowadzenia eksperymentów i badań naukowych, opracowywanie i interpretacja ich wyników

3. Nadzorowanie aparatury, sprzętu i urządzeń kontrolno-pomiarowych w procesach biotechnologicznych	3. Określanie i różnicowanie możliwości wykorzystania mikroorganizmów w procesach biotechnologicznych
4. Umiejętność praktycznego wykorzystania aparatury, sprzętu i urządzeń kontrolno-pomiarowych w procesach biotechnologicznych	4. Umiejętność izolowania i oczyszczania materiałów
5. Prowadzenie dokumentacji przebiegu procesów biotechnologicznych oraz opracowywanie raportów z przebiegu procesów biotechnologicznych	5. Projektowanie instalacji biotechnologicznych oraz planowanie i nadzorowanie ich realizacji
6. Opracowywanie, testowanie i wdrażanie nowoczesnych procesów oraz metod biotechnologicznych, w tym monitorowanie i optymalizacja procesów	6. Umiejętność praktycznego wykorzystania specjalistycznej aparatury, sprzętu i urządzeń kontrolno-pomiarowych stosowanych w procesach biotechnologicznych
7. Umiejętność izolowania i oczyszczania materiałów, półproduktów i produktów biotechnologicznych oraz kontrola ich jakości w zakresie badanych parametrów	7. Umiejętność wykorzystania rozwiązań informatycznych w biotechnologii m.in. narzędzia do przetwarzania i analizy dużych zbiorów danych przy wykorzystaniu sztucznej inteligencji i algorytmów maszynowego uczenia
8. Stosowanie zasad bezpiecznego prowadzenia procesów biotechnologicznych, w tym zasad dotyczących bezpieczeństwa biologicznego oraz pracy z GMM i GMO	8. Umiejętność stosowania technologii nawigacyjnych i informatycznych, w szczególności w rolnictwie precyzyjnym
9. Opracowywanie dokumentacji technologicznej, instrukcji stanowiskowych zasad bezpiecznego prowadzenia procesów biotechnologicznych, w tym zasad dotyczących bezpieczeństwa biologicznego oraz pracy z GMM i GMO	9. Umiejętności praktyczne związane z fizyczną pracą na obiektach badawczych, w tym polach doświadczalnych
10. Określanie i różnicowanie możliwości wykorzystania mikroorganizmów w procesach biotechnologicznych	10. Modelowanie procesów biotechnologicznych
11. Prowadzenia systematycznej oceny zagrożenia dla zdrowia oraz życia i podejmowania działań adekwatnych do stopnia zagrożenia	11. Wielowymiarowa analiza zagrożeń
12. Projektowanie instalacji biotechnologicznych oraz planowanie i nadzorowanie ich realizacji	12. Analityka (instrumentalna, chemiczna, produktowa),
	13. Umiejętność wykorzystania mikroorganizmów do produkcji żywności
	14. Umiejętność projektowania żywności funkcjonalnej
	15. Umiejętność stosowania technologii związanych z produkcją bioproduktów medycznych, takich jak leki biologiczne i szczepionki
	16. Umiejętność korzystania z nowoczesnej infrastruktury i narzędzi do badań, gromadzenia i przetwarzania danych
	17. Znajomość zaawansowanych technologii biologicznych i umiejętność ich stosowania w różnych dziedzinach
	18. Znajomość i wykorzystanie zaawansowanych technologii informatycznych, takich jak IoT, AI i

- analiza big data, do monitorowania i optymalizacji produkcji rolniczej
19. Umiejętność stosowania precyzyjnych technik nawożenia i irygacji, takich jak inteligentne systemy dostarczania nawozów i monitorowania wilgotności gleby
 20. Kompetencje związane z agroekologią i zrównoważonym rolnictwem, w tym umiejętność projektowania systemów upraw ekologicznych i zastosowania naturalnych metod ochrony roślin
 21. Umiejętność analizy rynku i trendów konsumenckich w celu dostosowania produkcji rolnej do preferencji konsumentów
 22. Inżynieria genetyczna w aspekcie finalnego podniesienia wydajności produkcji, techniki in vitro, znajomość markerów molekularnych do masowej selekcji, przyspieszenia i ułatwienia identyfikacji pożądanych genotypów w upraw
 23. Umiejętność opracowywania i stosowania nowych metod analizy żywności, w tym technik instrumentalnych i sensorycznych
 24. Zastosowanie metod biologii syntetycznej w celu modyfikacji genetycznej organizmów i produkcji nowych składników żywności
 25. Umiejętność projektowania i tworzenia żywności funkcjonalnej, takiej jak suplementy diety i produkty dla specjalnych grup konsumentów
 26. Proteomika i lipidomika w diagnostyce medycznej, opracowanie supramolekularnych nośników leków farmaceutycznych i genetycznych, pozyskiwanie substancji biologicznie aktywnych z użyciem organizmów transgenicznych
 27. Stosowanie technik analitycznych i diagnostycznych opartych o przeciwciała, aptamery, ligandy, enzymy
 28. Znajomość i zastosowanie zasad etyki i prawa w dziedzinie biotechnologii medycznej
 29. Umiejętność projektowania i tworzenia biomateriałów do zastosowań w różnych dziedzinach,

		np. inżynieria materiałowa, energetyka i przemysł
Kompetencje społeczne (postawy)	1. Odpowiedzialność 2. Innowacyjność, kreowanie nowych rozwiązań Przestrzeganie norm etycznych i zawodowych, w tym zasad uczciwości, rzetelności i bezpieczeństwa 3. Umiejętność współdziałania i współpracy w zespole 4. Umiejętność planowania i organizacji pracy 5. Umiejętności komunikacyjne, umiejętność rozwiązywania konfliktów 6. Predyspozycje i chęć do rozwoju zawodowego 7. Interdyscyplinarność zespołu 8. Umiejętność nawiązywania współpracy z innymi jednostkami/przedsiębiorstwami w obszarze biotechnologii 9. Umiejętność prezentacji wyników badań naukowych w ramach wystąpień publicznych	1. Interdyscyplinarność zespołu 2. Umiejętność współdziałania i współpracy w zespole 3. Poszanowanie dla członków zespołu, działanie na rzecz wspólnego dobra, zakładanie dobrej woli 4. Predyspozycje i chęć do rozwoju zawodowego 5. Umiejętność planowania i organizacji pracy 6. Innowacyjność, kreowanie nowych rozwiązań 7. Kompetencje związane z komunikacją naukową, wymianą wiedzy i transferem technologii w celu wprowadzania innowacyjnych rozwiązań biotechnologicznych na rynek, współpraca międzysektorowa 8. Przestrzeganie norm etycznych i zawodowych, w tym zasad uczciwości, rzetelności i bezpieczeństwa 9. Kreatywność, umiejętność uczenia się, adaptacji nowych rozwiązań, 9. Krytyczne myślenie, zarówno wobec swojej osoby, jak i w kontekście wykonywanych prac badawczych 10. Umiejętność współpracy międzysektorowej 11. Umiejętność efektywnego komunikowania się na płaszczyźnie nauka-biznes-samorząd

Kompetencje/kwalifikacje zostały uszeregowane w tabeli od najważniejszych – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców oraz badania delfickiego; kolorem zaznaczono kompetencje/kwalifikacje deficytowe – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców.



Komplementarność i synergia między kluczowymi obszarami technologicznymi

Kluczowy obszar technologiczny Biotechnologia w rolnictwie i Biotechnologia żywności jest odgrywa istotną rolę dla dziedziny Rolnictwo, w szczególności w kontekście komplementarności z kluczowymi obszarami technologicznymi: Precyzyjne rolnictwo, Innowacyjne środki kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin, Produkcja żywności wysokiej jakości. Biotechnologie stosowanie w rolnictwie odgrywają szczególną rolę w kontekście rolnictwa zrównoważonego, w szczególności ochrony i nawożenia roślin. Biotechnologia w rolnictwie wykazuje także silną synergię w kontekście Produkcji żywności wysokiej jakości, szczególnie w aspekcie rolnictwa ekologicznego oraz w aspekcie możliwości wykorzystania odpadów i produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego.

Obszar technologiczny Biotechnologia w ochronie środowiska jest ważny dla obszarów technologicznych: Zrównoważone gospodarowanie zasobami wody, gleby, powietrza i

bioróżnorodności, Remediacja środowiska gruntowo-wodnego w ramach dziedziny Surowce, odpady i środowisko. Synergia ta wynika z tego, iż biotechnologie wiążą się ściśle z ochroną środowiska naturalnego oraz zrównoważonym rozwojem. Technologie te mają charakter horyzontalny, bowiem mogą być powiązane z każdą działalnością gospodarczą w sektorze przemysłu, usług, czy w sektorze komunalnym.

Należy także wskazać silne powiązania dziedziny BIOTECHNOLOGIA, w szczególności biotechnologia w medycynie i biotechnologia żywności, a także biotechnologia w rolnictwie, z obszarami: sztuczna inteligencja oraz gromadzenie, przetwarzanie i przesyłanie danych w dziedzinie Cyfryzacja, co warunkowane jest zapotrzebowaniem na nowoczesne metody automatyzacji, uczenia maszynowego oraz coraz większą dostępność danych biologicznych w celu zwiększenia wydajności badań i rozwoju. Również istotny wpływ upatruje się Biotechnologii w medycynie na obszary kluczowe w dziedzinie Zdrowie, szczególnie w kontekście diagnostyki jak i produkcji leków i preparatów leczniczych.



Przewidywana ścieżka rozwoju obszarów do roku 2040

Przeprowadzona w ramach badania Delphi ekspercka ocena poziomu gotowości technologicznej dla dziedziny BIOTECHNOLOGIA wskazuje na silny wpływ czynników hamujących bądź spowalniających rozwój na kluczowe obszary technologiczne. Zgodnie z opiniami ekspertów w dziedzinie BIOTECHNOLOGIA wg scenariusza hamującego nastąpi silne ukierunkowanie na badania podstawowe we wszystkich analizowanych obszarach kluczowych (45%). Pełne rynkowe wykorzystanie opracowanych technologii prognozowane jest jedynie w obszarach biotechnologia w medycynie (27%) i biotechnologia w rolnictwie (9%).

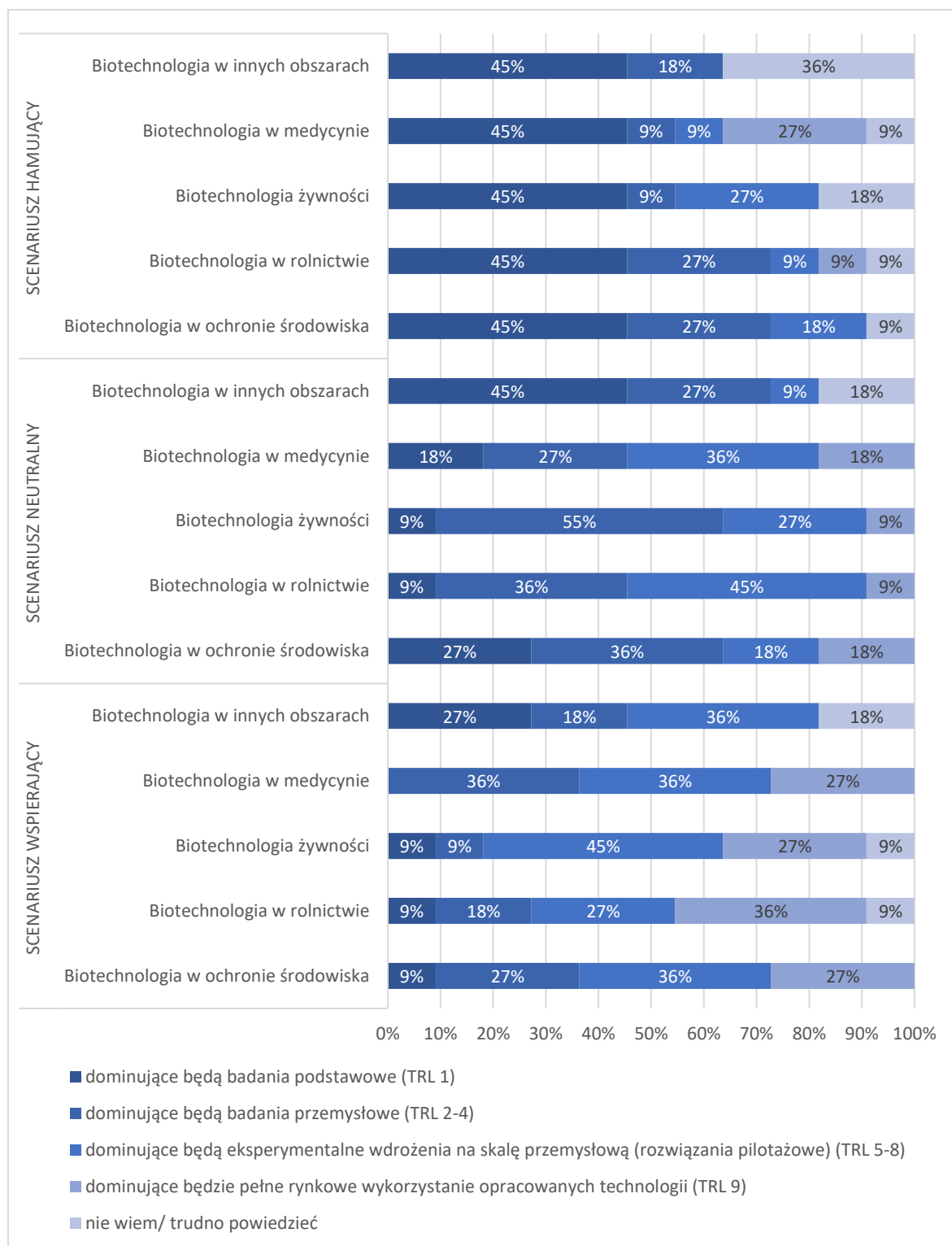
Scenariusz neutralny wskazuje, iż przede wszystkim zdynamizowaniu ulegnie wdrażanie rozwiązań w zakresie biotechnologii w rolnictwie, medycynie i żywności. W obszarze biotechnologii w rolnictwie można oczekiwać dominowania eksperymentalnych wdrożeń na skalę przemysłową. Pełne rynkowe wykorzystanie opracowanych technologii prognozuje się w obszarze biotechnologii w medycynie (18%) i biotechnologii w ochronie środowiska (18%). Nie oczekuje się natomiast dużej zmiany w tempie rozwoju biotechnologii w innych obszarach, których aplikowalność na przemysłową skalę będzie jeszcze silnie ograniczona.

Korzystny scenariusz wspierający zapewni pojawienie się nowych innowacyjnych technologii niemalże we wszystkich kluczowych obszarach technologicznych. Zahamowane zostaną badania podstawowe na rzecz eksperymentalnych wdrożeń na skalę przemysłową jak i na rzecz pełnego rynkowego wykorzystania opracowanych technologii. Badania podstawowe w obszarze biotechnologii w medycynie zostaną zahamowane całkowicie. Najszersze pełne rynkowe wykorzystanie prognozuje się w obszarze biotechnologii w rolnictwie (37%), nieco mniej w obszarach: biotechnologie w ochronie środowiska, w medycynie i żywności (27%). Na podstawie analizy wszystkich z powyższych scenariuszy można wnioskować, iż przewidywana ścieżka rozwoju do roku 2040 jest trudna do określenia dla biotechnologii w innych obszarach, gdyż najwięcej respondentów nie potrafiła określić jak wyglądać będzie w tym przypadku ich dojrzałość technologiczna.

Do szans rozwojowych analizowanego obszaru należy m.in. zaliczyć trendy technologiczne i zapotrzebowanie sektora przedsiębiorstw wymuszające rozwój B+R. Polityka klimatyczna i trendy w zakresie ochrony środowiska również stymulują poszukiwanie nowych rozwiązań aktywowanych przez projekty B+R. Ponadto pandemia COVID-19 uwypukliła ogromny potencjał innowacyjny branży biotechnologicznej i jej wpływ na rynek ochrony zdrowia. Bazując na dorobku kilkunastu ostatnich lat firmy biotechnologiczne były w stanie szybko opracować testy i narzędzia diagnostyczne, leki o zmienionym składzie oraz nowoczesne szczepionki. Ponadto, tradycyjnie powolny w przyjmowaniu

nowych technologii przemysł farmaceutyczny, przechodzi gwałtowne zmiany dzięki pomyślnemu wykorzystaniu biotechnologicznych i bioinformatycznych rozwiązań w leczeniu i diagnostyce.

Wykres 4 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie BIOTECHNOLOGIA



Źródło: badanie delfickie, n=11

Czynniki i uwarunkowania, w tym bariery, wpływające na rozwój kluczowych obszarów technologicznych:

- Jakość współpracy między sferą nauki i biznesu warunkująca przepływ innowacyjnych technologii i wiedzy,
- Niedostateczne rozwiązania legislacyjne lub przedłużający się czas ich procedowania, ułatwienie transferu wynalazku z laboratorium na rynek, w tym dostosowanie regulacji prawnych,
- Jakości wiedzy w sferze nauki jak i biznesu, w zakresie własności intelektualnej i komercjalizacji wyników badań naukowych,
- Restrykcyjne wymogi w zakresie ochrony środowiska,
- Potrzeba racjonalnej gospodarki kurczącymi się, szeroko rozumianymi, zasobami,
- Dostęp do wykwalifikowanych specjalistów, badaczy i ekspertów w dziedzinie biotechnologii,
- Skuteczne mechanizmy ochrony własności intelektualnej stymulujące innowacje i wdrażanie technologii na rynku,
- Wymiana wiedzy, transfer technologii i udział w międzynarodowych projektach badawczych przyspieszające generowanie innowacji,
- Potrzeba wdrażania rozwiązań zgodnych z gospodarką cyrkularną oraz uniezależniania się od dostaw surowców zewnętrznych,
- Rozwój w kierunku zrównoważonego rolnictwa,
- Niedostateczne rozwiązania dla finansowania badań i wdrożeń.

Wyzwania i rekomendacje dla rozwoju kluczowych obszarów technologicznych

Dla procesów generowania i wdrażania innowacyjnych technologii z dziedziny BIOTECHNOLOGIA kluczowe znaczenie mają:

- Wzmocnienie potencjału rozwojowego przedsiębiorstw w obszarze biotechnologii,
- Podniesienie jakości wiedzy w sferze nauki jak i biznesu, w zakresie własności intelektualnej i komercjalizacji wyników badań naukowych,
- Zacieśnienie współpracy między sferą nauki i biznesu w celu przepływu innowacyjnych technologii i wiedzy,
- Rozwój systemów zrównoważonej produkcji żywności i mechanizmów prężnego i zrównoważonego rolnictwa,
- Rozwój specjalistycznego zaplecza naukowego, w tym infrastruktury badawczej,
- Potrzeba poszukiwania nowych, innowacyjnych, proekologicznych technologii ograniczających emisję zanieczyszczeń do środowiska,
- Poprawa jakości życia i zdrowia obywateli,
- Minimalizacja ryzyka podczas wdrażania innowacyjnych biotechnologii.

Kamienie milowe:

- Kompleksowe rozwiązania dla finansowania badań i wdrożeń w obszarze biotechnologii,
- Tworzenie multikompetencyjnych zespołów badawczych angażujących osoby posiadające wiedzę dotyczącą uwarunkowań prawnych, wiedzę w obszarze komercjalizacji, wdrożeń i transferu technologii, a także badań rynku,
- Zmiany systemowe w celu poprawy profilaktyki i leczenia chorób dzięki nowoczesnym technologiom w obszarze biotechnologii medycznej,

- Nowoczesne metody automatyzacji, uczenia maszynowego oraz coraz większa dostępność danych biologicznych w celu zwiększenia wydajności badań i rozwoju,
- Multidyscyplinarne podejście do procesów tworzenia innowacji oraz zintegrowane zarządzanie działalnością innowacyjną w całym łańcuchu wartości, od odkrycia w ramach badań podstawowych, przez rozwój pomysłu w ramach działalności rozwojowej do etapu komercjalizacji produktu i jego dyfuzji na dużą skalę,
- Sprawny system zarządzania, prowadzący do skutecznej komercjalizacji i dyfuzji rozwiązań odpowiadających na potrzeby społeczne i wnoszące istotną wartość dla społeczeństwa i gospodarki w stosunku do poniesionych nakładów,
- Bezpieczeństwo żywnościowe i zrównoważona produkcja żywności,
- Ograniczenie stosowaniem środków chemicznych w rolnictwie, promowanie rolnictwa zrównoważonego.

Zalecenia w zakresie Krajowych Inteligentnych Specjalizacji:

- Szersze ujęcie w opisie KIS 2 Nowoczesne rolnictwo, leśnictwo i żywność aspektów związanych z biotechnologią żywności (metody biotechnologiczne wykorzystywane w produkcji żywności, wytwarzanie, przetwarzanie, wzbogacanie, utrwalanie żywności, biotechnologiczne pozyskiwanie żywności, biotechnologia składników żywności, żywność funkcjonalna, nutraceutyki, diagnostyka żywności, biosensory),
- Zaakcentowanie w opisie KIS 3 Zrównoważone (bio)produkty, (bio)procesy i środowisko technologii bioinformatycznych, m.in. w celu przyspieszenia procesu projektowania i testowania nowych terapii, automatyzacji i optymalizacji produkcji, modelowaniu danych w zakresie farmakogenomiki i personalizacji terapii, a także budowania modeli efektywności leczenia i zapobiegania chorobom,
- Multidyscyplinarne podejście do procesów tworzenia innowacji oraz zintegrowane zarządzanie działalnością innowacyjną w całym łańcuchu wartości, w szczególności w przemyśle i wykorzystanie odpadów,
- Uwzględnienie wyzwań związanych z procesem skutecznej komercjalizacji i dyfuzji rozwiązań odpowiadających na potrzeby społeczne i wnoszących istotną wartość dla społeczeństwa i gospodarki w stosunku do poniesionych nakładów,
- Zapewnienie stabilnego środowiska regulacyjnego stwarzającego warunki do wytwarzania wysokiej jakości produktów i technologii; stabilność ogólnego otoczenia o kluczowym znaczeniu dla komercjalizacji i działalności gospodarczej.

5.5 Budownictwo

W ramach Budownictwa zidentyfikowano następujące **kluczowe obszary technologiczne**:

- **Innowacyjne materiały, technologie i maszyny**
- **TIK w budownictwie.**

Budownictwo stanowi odpowiedź na potrzeby ludzi oraz aktualne trendy i wyzwania społeczno-gospodarcze. Rosnąca świadomość w zakresie energooszczędności, zmian klimatu i ekologii, konieczność redukcji i minimalizacji kosztów, postępująca cyfryzacja i automatyzacja, rozwój



BUDOWNICTWO

sztucznej inteligencji oraz deficyt siły roboczej i konkurencyjność – to podstawowe czynniki, które silnie oddziałują na poszukiwanie innowacyjnych rozwiązań w branży budowlanej.

Innowacyjne materiały, technologie i maszyny

Wyzwania środowiskowe podyktowane polityką klimatyczną UE, m.in. w postaci ograniczenia emisyjności CO₂ procesów produkcji, dążenia do zeroemisyjności budynków, odpowiedzialna gospodarka odpadami, wprowadzanie gospodarki o obiegu zamkniętym (circular economy) – to główne determinanty rozwoju innowacji materiałowych w budownictwie. W odpowiedzi na konieczność poprawy efektywności energetycznej budynków, redukcję emisji CO₂, ale także poprawę komfortu jakości życia w ostatnim czasie obserwowany jest dynamiczny wzrost produkcji materiałów budowlanych o coraz lepszych parametrach, z wykorzystaniem wydajnych (opłacalnych ekonomicznie i środowiskowo) technologii zapewniających redukcję śladu węglowego, a więc redukcję łącznej sumy gazów cieplarnianych emitowanych w całym ich cyklu życia. Inwestorzy pracują nad rozwijaniem kompozytów, inteligentnych materiałów samonaprawiających się oraz naśladujących przyrodę. Jednocześnie na topie pozostaje wdrażanie i rozwijanie rozwiązań z wykorzystaniem OZE, rozwój technologii kogeneracyjnych i rekuperacyjnych, technologii BIPV oraz budownictwa pasywnego, zeroemisyjnego.

Z uwagi na rosnące koszty siły roboczej, niedobór pracowników, presję na przyspieszenie procesu inwestycyjnego obserwuje się rozwój technologii lekkiego budownictwa prefabrykowanego (prefabrykaty konstrukcyjne oraz inżynieryjne), budownictwa modułowego oraz budownictwa szkieletowego. Innowacyjnym podejściem w budownictwie jest wykorzystanie nowoczesnych technologii, w tym druku 3D, przyczyniających się do robotyzacji procesu budowlanego. Jednocześnie poszukiwane są technologie i maszyny usprawniające procesy produkcji materiałów budowlanych oraz procesy i zadania wykonywane na placu budowy. Do tej pory poziom wykorzystania nowoczesnych technologii w budownictwie nie był imponujący i odbiegał od innych gałęzi gospodarki, jednak ten trend będzie się stopniowo odwracać dzięki rosnącej sile cyfryzacji.

Sz szczególnie ważny aspekt w budownictwie stanowią odzysk i ponowne wykorzystanie materiałów. Szacuje się, że obecnie około 39% całkowitej światowej emisji gazów cieplarnianych pochodzi z branży budowlanej, jednocześnie odpady budowlane i rozbiórkowe stanowią prawie 30% wszystkich odpadów w UE⁸². Ponowne użycie odpadów wpisuje się w koncepcję gospodarki o obiegu zamkniętym, której jednym z założeń jest konieczność recyklingu 70% wszystkich odpadów budowlanych od 2020 roku. Inwestorzy stale pracują nad rozwojem technologii dążących do przekształcania odpadów i ponownego ich wykorzystania jako surowców wtórnych.

TIK w budownictwie

Rozwój technologii informacyjno-komunikacyjnych w budownictwie jest ściśle związany z koniecznością reakcji na kurczące się zasoby nieodnawialnych źródeł energii. Budynki odpowiadają za znaczne straty energetyczne, dlatego niezwykle istotne jest dążenie do ich redukcji również za pomocą rozwijających się rozwiązań informatycznych, umożliwiających monitorowanie i zarządzanie funkcjami budynku/obiektu. Stosowane są w tym celu systemy pomiarowo-sterujące i układy automatyki. Podstawą działania systemów i urządzeń automatyki w budynku/obiekcie jest Internet Rzeczy (ang. Internet of Things). Dane przetwarzane w różnych urządzeniach trafiają do chmury zintegrowanej z

⁸² <https://www.sweco.pl/aktualnosci/urban-insight/budownictwo-o-obiegu-zamknietym-szansa-ktorej-nie-mozemy-zmarnowac/> (dostęp: 04.09.2023).

głównym oprogramowaniem (centralą). Użytkownik ma ponadto możliwość sterowania systemami w sposób zdalny, np. za pomocą urządzeń przenośnych, takich jak smartfony, tablety czy laptopy.

Do przykładowych technologii bezpośrednio związanych z TIK w budownictwie można zaliczyć:

- Technologie Systemu Kontroli Dostępu,
- technologie inteligentnego oświetlenia (ang. Smart Light),
- technologie Systemu Zarządzania Energią, np. HEMS (ang. home energy management system),
- technologie Kontroli Światła Dziennego,
- technologie systemów sterowania ogrzewaniem, wentylacją i klimatyzacją (HVAC, ang. heating, ventilation and air conditioning),
- technologie systemów przeciwpożarowych,
- technologie systemów zarządzania produkcją i magazynowaniem energii odnawialnej,
- technologie systemów alarmowych i monitoringu,
- technologia BIM.

Technologie te są stosowane najczęściej w budynkach biurowych, instytucjach, w obiektach przemysłowych, a także coraz częściej wykorzystywane są w budownictwie wielorodzinnym i jednorodzinnym. Podsystemy wykorzystują różne rodzaje urządzeń, które powinny mieć możliwość wymiany informacji. Z tego powodu funkcjonują również zintegrowane systemy sterowania, takie jak:

- BMS (ang. Building Management System) – system zarządzania wszystkimi technicznymi funkcjami budynku,
- SMS (ang. Security Management System) – system zarządzania wszystkimi systemami bezpieczeństwa w budynku,
- BMCS (ang. Building Management and Control System) – globalny system zarządzania budynkiem, sterujący zarówno systemem BMS, jak i SMS.

Jednocześnie kluczową rolę w rozwoju budownictwa odgrywać będzie rozwój rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji, które znajdą zastosowanie począwszy od procesu planowania, projektowania procesu budowy, poprzez realizację.



Megatrendy silnie wpływające na obszary kluczowe

- Globalizacja i deglobalizacja,
- Wzrost napięć międzynarodowych i politycznych,
- Transformacja cyfrowa,
- Nasilające się procesy migracyjne,
- Postępująca urbanizacja, zwiększenie znaczenia miast,
- Niekorzystne zmiany demograficzne,
- Wzrost znaczenia wysokiej jakości życia,
- Zmiany klimatu oraz zanieczyszczenie środowiska,
- Kurcząca się dostępność surowców,
- Deficyt wody pitnej,
- Utrata bioróżnorodności.



Zidentyfikowane obszary kluczowe związane z budownictwem wpisują się w cele najważniejszych dokumentów strategicznych na poziomie kraju i Europy⁸³. Bezpośrednie powiązanie występuje z celami *Agendy na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030*, które odnoszą się do zapewnienia zrównoważonego rozwoju m.in. poprzez zapewnienie wszystkim ludziom dostępu do zasobów środowiska i ich racjonalnego wykorzystania, zahamowania zmian klimatycznych i przeciwdziałania ich skutkom oraz poszanowania energii, co prowadzić będzie do wzrostu efektywności energetycznej oraz rozwoju zaawansowanych, czystych technologii.

Szczególnie silne i bezpośrednie powiązania występują z celami strategicznymi odnoszącymi się do przekształcenia UE w sprawiedliwe i prosperujące społeczeństwo żyjące w nowoczesnej, zasobooszczędnej i konkurencyjnej gospodarce, która w 2050 r. osiągnie zerowy poziom emisji gazów cieplarnianych netto i w ramach której wzrost gospodarczy będzie oddzielony od wykorzystania zasobów naturalnych (*Europejski Zielony Ład*). Wśród rozwiązań i trendów technologicznych mających istotne znaczenie dla realizacji celów znalazło się dążenie do wprowadzania rozwiązań związanych z ograniczaniem zasadochłonności budownictwa, wprowadzeniem gospodarki o obiegu zamkniętym oraz zwiększaniem cyfryzacji budynków. W dokumencie pn. *2030 Digital Compass* budownictwo zaliczono jako jeden z pięciu najważniejszych ekosystemów transformacji cyfrowej.

W *Strategii Odpowiedzialnego Rozwoju* wskazano, że ważne jest stosowanie innowacyjnych rozwiązań technologicznych w sektorze ekobudownictwa (np. budynki pasywne, pikoenergetyka, budownictwo drewniane) oraz wdrażanie cyfrowych modeli zarządzania, np. zużyciem energii i innych mediów, a także wprowadzanie nowych rozwiązań technologicznych mających na celu zmniejszenie zapotrzebowania na surowce i bardziej efektywne ich wykorzystanie oraz zwiększenie odzysku surowców wtórnych. Również *KSRR 2030* wskazuje, że w celu wzmacniania regionalnych przewag konkurencyjnych, istotne będzie wdrażanie technologii cyfrowych wspierających MŚP i gospodarstwa domowe, a także innowacji w obszarze smart city i smart village. Również *Nowy Polski Ład* wśród trendów technologicznych służących realizacji celu *Rodziny i dom w centrum życia* wymienia technologie cyfryzacji i systemy zdalnego sterowania wszystkimi instalacjami w domu, technologie w budownictwie oraz nowoczesne materiały budowlane, a także rozwiązania takie jak odzysk ciepła z rekuperacji, kolektory słoneczne, fotowoltaika, materiały niskoemisyjne. Na progresywny, zrównoważony i inkluzywny wzrost produktywności oparty na wykorzystaniu wiedzy oraz nowych technologii, zwłaszcza cyfrowych wskazuje *Strategia Produktywności 2030*. Wśród trendów służących realizacji tego celu wskazuje się wykorzystanie odpadów z sektora budowlanego do produkcji materiałów i surowców wtórnych oraz dążenie do wdrażania gospodarki o obiegu zamkniętym.

⁸³ Agenda na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju 2030, Europejski Zielony Ład, Strategic Plan 2020-2024. DG Research and Innovation, Strategia „Shaping Europe’s Digital Future, European Union, 2020”, Strategia „COM(2020) 65 final WHITE PAPER On Artificial Intelligence - A European approach to excellence and trust”, 2030 Digital Compass, Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju, Krajowy Program Badań. Założenia polityki naukowo – technicznej i innowacyjnej państwa, Krajowa Strategia Rozwoju Regionalnego 2030. Rozwój społecznie wrażliwy i terytorialnie zrównoważony, Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności, Program Nowy Polski Ład, Polityka energetyczna Polski do 2040 r.



Regiony wspierające kluczowe obszary technologiczne w ramach RIS



1 – Innowacyjne materiały, technologie i maszyny
2 – TIK w budownictwie

Dziedzina BUDOWNICTWO jest bezpośrednio ujęta w RIS w województwie łódzkim, gdzie jedną z inteligentnych specjalizacji są Zaawansowane materiały budowlane, a także w opolskim – Zrównoważone technologie budownictwa i drewna i w świętokrzyskim – Zasobooszczędne budownictwo. Oba kluczowe obszary technologiczne są wspierane w ramach RIS w województwach: zachodniopomorskim, warmińsko-mazurskim, podlaskim, mazowieckim, łódzkim, lubelskim, świętokrzyskim, małopolskim, opolskim oraz śląskim. W województwach pomorskim oraz kujawsko-pomorskim istnieją powiązania z TIK w budownictwie, a w województwie podkarpackim – z Innowacyjnymi materiałami, technologiami i maszynami.



Przykłady technologii

Kluczowy obszar technologiczny	Technologie rozwinięte (wysoki stopień gotowości technologicznej)	Technologie przyszłościowe (wczesny etap rozwoju)
Innowacyjne materiały, technologie i maszyny	- Budownictwo pasywne, zeroemisyjne - Druk 3D - Betony wodoprzepuszczalne - Nowoczesne standardy materiałów budowlanych, w tym materiały izolacyjne termicznie i akustycznie - Produkcja włóknistych materiałów termoizolacyjnych (mineralnych) - Technologie energetyki słonecznej zintegrowane z budynkiem - Zaawansowane materiały termoizolacyjne: aerożele, materiały zmiennofazowe - Zaawansowane rozwiązania stolarki okiennej i drzwiowej	- Budownictwo modułowe - Produkcja kompozytów - Produkcja materiałów samonaprawiających się - Nowoczesne materiały o obniżonym śladzie węglowym: drewno, beton, cegła - Cement (technologie zmniejszające emisyjność; wykorzystanie CO₂, w tym technologie wodorowe – zielony wodór) - Wtórne wykorzystanie materiałów o obniżonym śladzie węglowym - Sztuczna inteligencja (sterowanie maszynami, automatyzacja procesów) - Technologie oszczędzania wody „Inne” materiały izolacyjne – spełniające wymagania ppoż. - Produkcja termoizolacyjnych materiałów pochodzenia naturalnego i konstrukcje z drewna klejonego - Konstrukcje z drewna klejonego w połączeniu z technologią VIP (materiałów próżniowych)

TIK w budownictwie	• Modelowanie informacji o budynku (BIM) • Inteligentne systemy sterowania ogrzewaniem, wentylacją i klimatyzacją • Inteligentne systemy zarządzania energią w budynkach • Inteligentne systemy pomiarowe • Systemy inteligentnego oświetlenia • VLC (Visible Light Communication) • Internet Rzeczy w Budynkach (Building Internet of Things, BIoT)	• Cyfrowe Bliźniaki (Digital Twin) • LiFi • Rozwiązania adaptacyjne w systemach technicznych wspierające dobrostan człowieka • Sztuczna inteligencja w sterowaniu i zarządzaniu inteligentnym domem • Sterowanie inteligentnym domem za pomocą ruchu gałek ocznych, napięcia mięśniowego i ruchu • Satelitarny nadzór i badania zasobu budynkowego za pomocą zdjęć satelitarnych • Systemy bioadaptacyjne pozwalające efektywnie zwiększać produktywność i dobre samopoczucie pracowników (np. NatureConnect dostosowanie oświetlenia do rytmu okołodobowego człowieka)
-----------------------	--	---



Przykłady praktycznych zastosowań technologii kluczowych

Budownictwo stanowi odpowiedź na potrzeby ludzi oraz aktualne trendy i wyzwania społeczno-gospodarcze. Rosnąca świadomość w zakresie ochrony środowiska, energooszczędności to podstawowe czynniki, które silnie oddziałują na poszukiwanie innowacyjnych rozwiązań w branży budowlanej na całym świecie. Polskie firmy budowlane realizują we własnym zakresie (lub współuczestniczą w nich) projekty współfinansowane z programów mających na celu poszukiwanie innowacyjnych rozwiązań, technologii w zakresie udoskonalania parametrów materiałów budowlanych, przykładem mogą być projekty współfinansowane w ramach programu Horyzont 2020.

- **Grupa Seleno koordynuje projekt badawczy BioMotive w ramach Horyzont 2020** polegający na rozwijaniu technologii tzw. bio-based chemistry, która dotyczy produkcji surowców chemicznych z roślin nieużytkowanych przez ludzi ani przez zwierzęta, pozyskane w ten sposób surowce chemiczne będą służyć do syntezy tworzyw sztucznych stosowanych m.in. w produkcji samochodów i w przemyśle budowlanym. Projekt ENSULATE polegający na opracowaniu lekkiego i wysoce izolacyjnego komponentu do dużych powierzchni przezroczystych. Komponent taki ma być lżejszy o 35% od obecnie dostępnych technologii i stwarzać możliwość wykorzystania zarówno do konstrukcji nowych obiektów, jak i dla celów niedrogiej modernizacji przeszklonych powierzchni budynków publicznych i komercyjnych w Europie. Wraz ze zmniejszeniem wagi komponent ma zapewnić wzrost właściwości izolujących o 25%, redukcję kosztów o 20%, zwiększoną o 20% trwałość oraz mniejsze o 15% zużycie energii przez budynek.
- Inny przykład stanowi firma **OKNOPLAST, która wprowadziła ponad 30 innowacyjnych rozwiązań technologicznych**, takich jak: okno termoizolacyjne, „niewidoczne zawiasy”, ukryte w ramie, okno z poczwórną szybą, a także z komorami wypełnionymi kryptonem, 70-milimetrowy profil, a także produkty Prolux i Pixel zapewniające 22% więcej światła niż tradycyjne okna.
- **Technologia DefibraTech 1.0.** chroniona jest patentem europejskim (EPO), do którego wyłączne prawa posiada VestaEco, polski producent ekologicznych materiałów izolacyjnych. Zaletą technologii jest wykorzystanie biomasy rolniczej do produkcji sucho-formowanych płyt.

Płyty o niskiej gęstości mogą służyć jako materiał izolacyjny, jako zewnętrzne ocieplenie pomieszczeń, zabezpieczając m.in. przed zmianami wywołanymi warunkami atmosferycznymi. Specyficzne właściwości produktu umożliwiają ochronę budynków przed nadmiernym nagrzaniem latem oraz nadmiernym wychłodzeniem zimą. Ponadto materiał budulcowy płyty cechuje wysoka zdolność tłumienia hałasu, dzięki czemu przenikanie wysokich dźwięków ze źródeł zewnętrznych zostaje znacznie ograniczone.

- W zakresie TIK w budownictwie przykładem jest **technologia BleBox**, która została zaprezentowana i wyróżniona podczas Międzynarodowej Wystawy Innowacji i Wynałazków w Chengdu (Chiny). Polega na autonomicznym funkcjonowaniu poszczególnych modułów sterujących urządzeniami w budynku, bez konieczności stosowania dodatkowych urządzeń, takich jak hub czy jednostka centralna. Każde z urządzeń może działać niezależnie, dzięki podłączeniu do domowej sieci wi-fi, a ponadto może być sterowane z dowolnego miejsca na świecie. Produkty dla inteligentnego domu BleBox są stosowane w ponad 35 krajach świata, m.in. w ramach systemów sterowania oknami czy roletami.



Potencjał instytucjonalny, branżowy, kompetencyjny

Do głównych obszarów gospodarki wspierających rozwój budownictwa można zaliczyć sekcję C Przetwórstwo przemysłowe, sekcję F Budownictwo, sekcję J Informacja i komunikacja oraz sekcję M Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna. Potencjał branżowy budownictwa należy określić jako wysoki, szczególnie jest dostrzegany w ramach sekcji C Przetwórstwo przemysłowe, w przypadku sekcji F Budownictwo podkreślenia wymaga fakt, że od 2016 roku obserwuje się stały wzrost liczby osób pracujących w sektorze, a do 2020 roku obserwowany był trend wzrostowy w zakresie zakładania nowych firm (wzrost z 1,09 w 2016 r. do 1,26 w 2020 r.). Analiza eksportu towarów i usług w latach 2016-2020 na podstawie przychodu z eksportowanych towarów i usług [zł] wykazała, że sekcja C Produkty przetwórstwa przemysłowego odznacza się dominującym i stale rosnącym udziałem względem pozostałych sekcji PKWiU 2015. Zgodnie z danymi raportu *Polska w międzynarodowym handlu towarowym – 2021 r.* w 2020 r. pięć największych, pod względem wartości eksportu, sekcji towarowych stanowiły: maszyny i urządzenia mechaniczne, pojazdy, metale nieszlachetne i artykuły z nich, produkty przemysłu chemicznego lub przemysłów pokrewnych, tworzywa sztuczne i artykuły z nich. W 2020 roku te obszary stanowiły 61,3% polskiego eksportu towarowego. W przypadku działalności innowacyjnej znaczący udział innowacji odnotowano w działach Wytwarzanie i przetwarzanie koksu i produktów rafinacji ropy naftowej (C19), Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych (C20). Udział przedsiębiorstw przemysłowych z tych obszarów, które wprowadziły innowacje, wyniósł w 2021 roku kolejno 61,1% oraz 54,5%. Wysoki potencjał rozwoju innowacyjności w odniesieniu do wprowadzanych innowacji produktowych pomiędzy rokiem 2017 a rokiem 2021 zaobserwowano również dla działu C19 Wytwarzanie i przetwarzanie koksu i produktów rafinacji ropy naftowej, C20 Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych, C24 Produkcja metali. Należy zaznaczyć, że potencjał rozwoju budownictwa w kraju jest jednocześnie ukryty w przedsiębiorstwach o kapitale zagranicznym działających na rynku polskim.

Największego potencjału w zakresie prac B+R można upatrywać w wiodących firmach w poszczególnych branżach związanych z dziedziną, które to dysponują rozwiniętym zapleczem badawczo-rozwojowym. Mniejsze przedsiębiorstwa borykają się z większymi trudnościami w rozwoju działalności B+R, a dzieje się tak z uwagi na brak ugruntowanej pozycji na rynku, konieczność konkurencji ceną w celu utrzymania się na rynku (problem jest związany z nieuczciwą konkurencją produktową), brak środków finansowych oraz odpowiedniej infrastruktury i ryzyka, z jakimi wiąże się przeznaczenie własnych środków finansowych na B+R (niepowodzenie prac, brak możliwości wdrożenia i komercjalizacji).

Niemniej nakłady na działalność badawczo-rozwojową polskiej branży budowlanej zwiększają się, podobnie jak liczba firm korzystających z dotacji na działalność B+R.

Analizując potencjał instytucjonalny, w roku 2016 w budownictwie funkcjonowało 19 podmiotów wyspecjalizowanych badawczo, liczba ta wzrosła w roku 2020 i wyniosła 25 podmiotów. Wartość brutto wyposażenia w aparaturę badawczo-rozwojową wśród tych podmiotów między rokiem 2016 a 2020 była największa spośród wszystkich obszarów wyróżnionych przez GUS, w których funkcjonują podmioty wyspecjalizowane badawczo. Potencjał B+R mierzony jest także siłą zaplecza w postaci jednostek naukowych. Z *Ewaluacji potencjału badawczo-rozwojowego jednostek naukowych i jego wpływu na realizację celów KIS* wynika, że w roku 2019 w kraju funkcjonowały 54 jednostki naukowe związane z budownictwem. Pod względem liczby jednostek naukowych związanych z poszczególnymi inteligentnymi specjalizacjami KIS 5 plasowała się dopiero na 4. pozycji od końca. Lepiej omawiany obszar prezentował się w zakresie kategorii naukowych jednostek – w przypadku KIS 5 w najwyższej kategorii A+ znajdowało się 9,3% jednostek w tym obszarze, przez co pozwoliło ulokować KIS 5 na 5. pozycji wśród pozostałych KIS. Do wiodących branżowych jednostek naukowych w obszarze należy zaliczyć przede wszystkim Instytut Techniki Budowlanej (ITB), a także Sieć Badawczą Łukasiewicz – Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego oraz Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych. Analizując dane z badania *Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii*⁸⁴, należy zaznaczyć, że budownictwo (KIS 5) wpisuje się w 9 z analizowanych obszarów technologicznych i szczególnie zaznacza się w obszarach technologicznych Technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej i Technologie energetyczne. W przypadku pierwszego obszaru wytypowano 8 jednostek publicznych o znacznym potencjale kadrowym, publikacyjnym i aktywności patentowej, wyróżniały się tutaj szczególnie Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie oraz Politechnika Warszawska. W przypadku technologii energetycznych wytypowano 5 jednostek o mniejszym, ale znaczącym potencjale i tutaj również wyróżniały się Politechnika Warszawska, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, a także Politechnika Poznańska.

Analizując potencjał kompetencyjny, należy zaznaczyć, że z uwagi na mutlidyscyplinarny charakter budownictwa oraz występowanie wielu powiązań z innymi dziedzinami, wymaga on od osób zatrudnionych szeregu różnych kompetencji i kwalifikacji. Według raportu *SMART SKILLS – ewaluacja potencjału i możliwości rozwoju kwalifikacji dla inteligentnej gospodarki* do umiejętności i kwalifikacji niezbędnych do prawidłowej realizacji procesów biznesowych i zadań w firmach w przypadku KIS 5 zaliczono przede wszystkim umiejętności/kwalifikacje techniczne, obsługę maszyn oraz kompetencje miękkie. Co istotne jako grupy umiejętności i kwalifikacji uzupełniających wskazano informatyczne programistyczne. Selekcja kompetencji zdiagnozowanych jako istotne w branży wyłoniła: znajomość technologii BIM, umiejętność koordynowania prac podległych zespołom, gotowość do współpracy w zespole międzybranżowym, gotowość do współpracy w zespole międzynarodowym oraz obsługę programów do projektowania (np. AutoCad, ZwCad). Istotnymi problemami są niedostosowanie programów studiów do potrzeb rynku prac oraz niewielka liczba szkół branżowych lub technicznych. W programach nauczania niewielki nacisk kładzie się na realizację zajęć praktycznych, a odbywanie stażów i praktyk nie jest obligatoryjne, co jednak uznaje się za klucz do zdobycia niezbędnych umiejętności. W raporcie podkreślono, że na rynku pracy brakuje przede wszystkim specjalistów od BMI, inżynierów ochrony środowiska oraz specjalistów ds. marketingu inwestycyjnego i PR inwestycji. Niedostatki wskazanych kadr w przedsiębiorstwach, które skupiają się na działalności innowacyjnej, stanowi istotne utrudnienie dla ich dalszego rozwoju.

⁸⁴ Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii, OPI-PIB, UW, 2022.

Podsumowując, należy podkreślić, że budownictwo jest dziedziną, która cechuje się wysokim potencjałem branżowym, niemej konieczne jest podejmowanie działań mających na celu wzmacnianie potencjału instytucjonalnego oraz kompetencyjnego. Wciąż istotnymi problemami pozostają niewystarczający poziom współpracy pomiędzy nauką a biznesem, a także zbyt duża teoretyczność badań prowadzonych w jednostkach naukowych, co stanowi barierę w skutecznym rozwoju innowacyjności obszaru budownictwa. Jednostki są także niedostatecznie aktywne pod kątem komercjalizacji wyników swoich prac.



Kluczowe podmioty

Kluczowy obszar technologiczny	Podmioty publiczne	Przedsiębiorstwa
Innowacyjne materiały, technologie i maszyny	• AGH w Krakowie • Instytut Materiałów Budowlanych i Technologii Betonu Sp. z o.o. • Instytut Techniki Budowlanej • Łukasiewicz - Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych • Łukasiewicz – WIT • Politechnika Śląska	• DRUTEX S.A. • FAKRO SP. Z O.O. • Eko-okna S.A. • Góraźdże Cement S.A. • Grupa Kapitałowa Cersanit • Grupa Kapitałowa PRUSZYŃSKI • Grupa Kapitałowa Selena FM • KOFARB SP z o.o. • Termo Organika • WKIZB ATLAS
TIK w budownictwie	• Politechnika Łódzka • Politechnika Krakowska • Politechnika Poznańska • Politechnika Śląska • Politechnika Warszawska • Politechnika Wrocławska • Sieć Badawcza Łukasiewicz - Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP	• Ampio Sp. z o.o. • APA Sp. z o.o. • F&F Filipowski sp.k. • Grenton Sp. z o.o. • Nexwell Engineering Michał Kowalczyk



Przewagi konkurencyjne w kontekście konkurencyjności międzynarodowej

Polska jest zarówno dużym producentem, jak i eksporterem różnorodnych materiałów budowlanych – od kruszyw, cementu, wapna, cegieł, aż po wyroby drewniane, armaturę, ceramikę sanitarną, chemię budowlaną. Generalnie polskie firmy z branży budowlanej charakteryzuje duży potencjał innowacyjny, niemniej przewag w kontekście konkurencyjności międzynarodowej można upatrywać w niewielu branżach. Zdecydowaną przewagą polskiego budownictwa są firmy zajmujące się produkcją stolarki budowlanej. Polska branża stolarki otworowej działa prężnie i odnosi sukcesy na arenie międzynarodowej, wprowadzając sukcesywnie innowacje, przykładem mogą być tu pomioty, tj. Drutex, Oknoplast, Fakro, Ekookna, Aluprof. Podobnie kształtuje się sytuacja z polskim przemysłem cementowym, który zalicza się do czołówki światowej (niemniej liderami są tu spółki o kapitale zagranicznym funkcjonujące w Polsce). Istotną rolę odgrywają również firmy zajmujące się produkcją chemii budowlanej, np. Atlas, Selena (Tytan). Firmy działające na rynku przywiązują dużą wagę, aby produkty odpowiadały trendom i wyzwaniom związanym z ochroną środowiska, efektywnością energetyczną tworząc innowacyjne rozwiązania.

W przypadku obszaru technologicznego TIK w budownictwie, w odpowiedzi na zapotrzebowanie rynku prężnie rozwijają się rodzime firmy, w których powstają innowacyjne technologie, cieszące się zainteresowaniem również na rynkach zagranicznych. Przykładem może być innowacyjna technologia Grenton Smart Home System, z przeznaczeniem dla domów, willi, apartamentów oraz budynków deweloperskich, to kompletny system inteligentnego domu. System składa się z warstwy hardware'owej – modułów zaprojektowanych i produkowanych w Polsce, ale również z oprogramowania konfiguracyjnego Object Manager oraz aplikacji myGrenton, pozwalającej użytkownikom systemu na zarządzanie swoim domem z urządzeń mobilnych. Do głównych zadań systemu należą integracja wszystkich podsystemów automatyki budynku oraz samodzielne reagowanie w oparciu o płynące z niej dane. Technologia wypracowana przez firmę Grenton została rozpowszechniona w krajach Europy Zachodniej, m.in. w Wielkiej Brytanii, Szwecji, Litwie, Turcji, a także w Zjednoczonych Emiratach Arabskich i Iraku. Firma Grenton, projektująca i produkująca innowacyjne rozwiązania, funkcjonuje na rynku od 2010 roku, została doceniona w konkursach branżowych, np. kilkakrotnie otrzymując Złoty Medal na Międzynarodowych Targach BUDMA (w roku 2022 za Grenton Multisensor, w roku 2018 za Grenton Smart Panel czy w roku 2019 za Grenton Gate Http). Porozumienie z wiodącym na Bliskim Wschodzie Emirackim integratorem Kromtek Systems, dotyczące dystrybucji systemów i modułów Grenton Smart Home System, zaowocowało otwarciem przez firmę Grenton nowego biura w Dubaju.



Kluczowe kompetencje/kwalifikacje

	Kluczowe obecnie kompetencje/ kwalifikacje	Kluczowe kompetencje/ kwalifikacje przyszłości
Wiedza teoretyczna	1. Wiedza na temat właściwości wyrobów budowlanych i norm w tym zakresie stosowanych w projektowaniu inwestycji budowlanych 2. Wiedza z zakresu technologii budowlanych stosowanych w realizacji projektów budowlanych 3. Znajomość kierunków i trendów rozwoju nauki o wyrobach/ materiałach budowlanych oraz technologie stosowania i wytwarzania wyrobów budowlanych 4. Wiedza z zakresu prawa budowlanego: ustawa o wyrobach budowlanych i inne przepisy konieczne do programowania, planowania, projektowania oraz realizacji inwestycji budowlanych 5. Znajomość aktualnych trendów związanych z wymaganiami odbiorców produktów/ materiałów budowlanych oraz wiedza na temat mechanizmów kształtujących trendy związane z wymaganiami odbiorców wyrobów budowlanych na krajowych i światowych rynkach	1. Znajomość technologii budowlanych stosowanych w realizacji projektów budowlanych 2. Wiedza na temat zasad projektowania robót budowlano-montażowych, norm projektowych w zakresie stosowania wyrobów budowlanych, zasad użytkowania sprzętu i oprogramowania do wykonywania prac projektowych 3. Wiedza na temat kierunków i trendów rozwoju nauki o wyrobach/materiałach budowlanych oraz technologiach stosowania i wytwarzania wyrobów budowlanych 4. Wiedza z zakresu ochrony środowiska pod kątem podnoszenia efektywności

	6. Wiedza na temat innowacji w zakresie przetwarzania, zabezpieczania, utylizowania, ponownego wykorzystania odpadów w budownictwie 7. Wiedza na temat zasad projektowania robót budowlano-montażowych, norm projektowych w zakresie stosowania wyrobów budowlanych, zasad użytkowania sprzętu i oprogramowania do wykonywania prac projektowych 8. Wiedza z zakresu materiałoznawstwa, fizyki budowli, konstrukcji i technologii budowlanych 9. Wiedza z zakresu efektywności energetycznej i oszczędności energii w budynkach 10. Wiedza na temat rozwiązań w zakresie odzysku i recyklingu wyrobów budowlanych 11. Wiedza na temat metod analizy rentowności produkcji materiałów budowlanych 12. Znajomość rozwiązań stosowanych w produkcji materiałów budowlanych w zakresie ograniczania śladu węglowego	energetycznej, redukcji śladu węglowego itp. 5. Wiedza z zakresu instalacji i systemów zasilania w energię elektryczną i ciepłą z uwzględnieniem OZE 6. Wiedza o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu automatyki i robotyki i pokrewnych 7. Znajomość zagadnień interoperacyjności i cyberbezpieczeństwa 8. Wiedza z zakresu wykorzystania sztucznej inteligencji w sterowaniu i zarządzaniu inteligentnym budynkiem
Umiejętności praktyczne	1. Umiejętność stosowania zasad i przepisów ergonomii, BHP, ochrony przeciwpożarowej i ochrony środowiska oraz przepisów ochrony własności intelektualnej 2. Umiejętność posługiwania się zaawansowaną literaturą branżową, wykorzystującą specjalistyczne słownictwo 3. Umiejętność prowadzenia działań inżynierskich w zakresie budownictwa, wykorzystując i stosując praktyczną wiedzę i zrozumienie specyfiki materiałów, urządzeń i narzędzi, procesów i technologii 4. Umiejętność opracowywania i wdrażania procedur zapewniania prawidłowości przebiegu procesów technologicznych 5. Umiejętność optymalizacji operacji i procesów jednostkowych oraz optymalizacji instalacji technologicznych 6. Umiejętność dobierania maszyn, urządzeń i aparatów do produkcji innowacyjnych materiałów lub z wykorzystaniem innowacyjnych surowców 7. Umiejętności z zakresu cyfryzacji, obsługa programów, w tym BIM	1. Umiejętność prowadzenia działań inżynierskich w zakresie budownictwa, wykorzystując i stosując praktyczną wiedzę i zrozumienie specyfiki materiałów, urządzeń i narzędzi, procesów i technologii 2. Umiejętność opracowywania i wdrażania innowacyjnych technologii produkcji materiałów budowlanych 3. Umiejętność optymalizacji operacji i procesów jednostkowych oraz optymalizacji instalacji technologicznych 4. Umiejętność projektowania procesów produkcji zgodnie z zasadami gospodarki obiegu zamkniętego 5. Umiejętność wykorzystania sztucznej inteligencji w

	8. Umiejętność opracowywania i wdrażania innowacyjnych technologii produkcji materiałów budowlanych 9. Umiejętność projektowania oraz wykonania urządzeń, obiektów i systemów sterowania pracą instalacji budynkowych 10. Umiejętność zarządzania systemem sterowania inteligentnego budynku	- systemach sterowania budynkami 6. Umiejętności z zakresu cyfryzacji 7. Umiejętność określania zasobów niezbędnych do realizacji procesu produkcji, w tym określania norm zużycia surowców i mediów technologicznych w produkcji, w tym opracowywania i wprowadzania rozwiązań mających na celu optymalizację kosztów produkcji
Kompetencje społeczne (postawy)	1. Wymaga od siebie i innych przestrzegania tajemnicy zawodowej oraz zasad dotyczących wykorzystywania własności intelektualnej, kultury współpracy i konkurencji 2. Świadomość odpowiedzialności za pracę własną oraz gotowość podporządkowania się zasadom pracy w interdyscyplinarnym zespole i ponoszenia odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania 3. Umiejętność współpracy zespołowej ukierunkowanej na bezpieczne i efektywne wykonanie zadań 4. Komunikacja w zespole i przepływ informacji, organizacja pracy zespołu 5. Przedkładanie kreatywnych rozwiązań problemów konstrukcyjnych 6. Umiejętność inicjowania i propagowania działań na rzecz ochrony środowiska oraz minimalizowania szkodliwego wpływu działalności sektora na środowisko	1. Umiejętność pracy w zespołach, które mogą składać się z przedstawicieli różnych branż i poziomów 2. Umiejętność inicjowania i propagowania działań na rzecz ochrony środowiska oraz minimalizowania szkodliwego wpływu działalności sektora na środowisko Rozumienie potrzeby i znajomość możliwości ciągłego dokształcania się i podnoszenia kompetencji zawodowych, osobistych i społecznych, umiejętność inspirowania i organizowania procesu uczenia się innych osób 3. Umiejętność komunikowania się na tematy specjalistyczne w interdyscyplinarnych zespołach pracowych

Kompetencje/kwalifikacje zostały uszeregowane w tabeli od najważniejszych – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców oraz badania delfickiego; kolorem zaznaczono kompetencje/kwalifikacje deficytowe – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców.



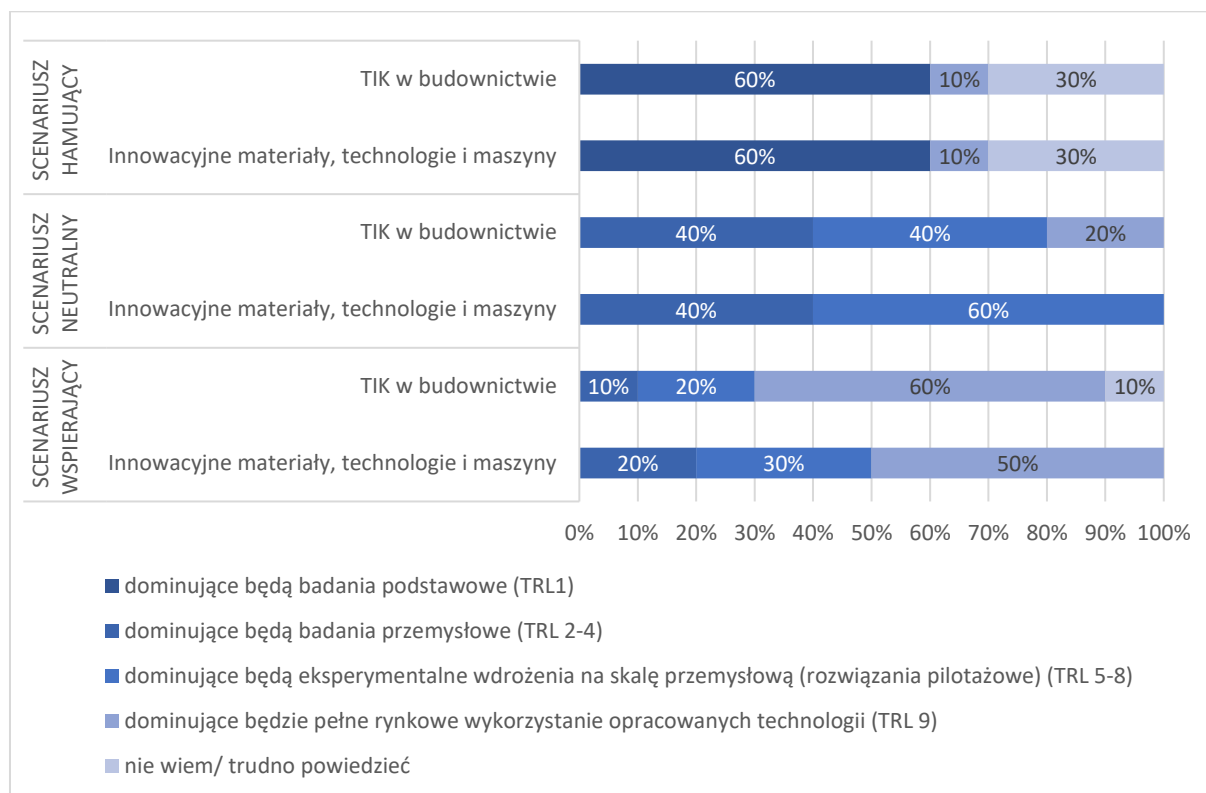
Szczególnie silna komplementarność i synergia obszarów kluczowych technologicznych budownictwa – z uwagi na jego interdyscyplinarny charakter – zachodzi z kluczowymi obszarami technologicznymi z dziedziny Surowce, odpady i środowisko, wymienić tu należy m.in. zrównoważone gospodarowanie zasobami wody, gleby, powietrza i bioróżnorodności, efektywne gospodarowanie surowcami, zrównoważony przemysł, technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami. Rozwój nowoczesnych technologii związanych z redukcją wykorzystania zasobów naturalnych oraz surowców, ochroną środowiska, wprowadzaniem GOZ będzie determinował poszukiwanie nowoczesnych technologii z zakresu innowacyjnych materiałów, technologii i maszyn. Silny wpływ na rozwój budownictwa będą mieć również nowoczesne rozwiązania i technologie z dziedziny energetyki, tj. odnawialne źródła energii (OZE), technologie magazynowania i odzyskiwania energii, efektywność energetyczna dla przemysłu. Dążenie do redukcji emisyjności przemysłu i gospodarki, rozwój wykorzystania OZE, poszukiwanie nowoczesnych rozwiązań dążących do podnoszenia efektywności energetycznej będzie miało decydujący wpływ na rozwój kluczowych obszarów budownictwa, dążąc do neutralności klimatycznej. Jednocześnie, zgodnie z dominującym trendem transformacji cyfrowej, niepodważalną rolę w rozwoju budownictwa, zwłaszcza obszaru technologicznego TIK w budownictwie, będzie mieć rozwój kluczowych obszarów technologicznych, tj. Sztuczna inteligencja, Gromadzenie przetwarzanie i przesyłanie danych, Internet Rzeczy. Cyfryzacja sektora budowlanego ma ogromny potencjał w zakresie zwiększenia produktywności, obniżenia kosztów budowy, ułatwienia procesu projektowania i realizacji poprzez lepsze gromadzenie i analizę danych.



Przewidywana ścieżka rozwoju obszarów do roku 2040

Analiza poziomu gotowości technologicznej dla dziedziny BUDOWNICTWO wskazuje, że na kluczowe obszary technologiczne silny wpływ mają czynniki hamujące bądź spowalniające ich rozwój, m.in. bariery finansowe, znikoma współpraca przedsiębiorstw i jednostek naukowych, niski poziom komercjalizacji rozwiązań. Powoduje to nacisk na badania podstawowe w przypadku obu obszarów. Biorąc jednak pod uwagę obecne trendy związane z budownictwem ekologicznym, z koniecznością ograniczania zużycia surowców oraz adaptacją do zmian klimatu oraz powiązane z nimi strategię i kierunki działań (np. Europejski Zielony Ład, pakiet Fit for 55) oraz uregulowania prawne na poziomie unijnym i krajowym, w scenariuszu neutralnym należy spodziewać się silniejszego ukierunkowania na badania przemysłowe, w szczególności w zakresie innowacyjnych materiałów, technologii i maszyn. Z punktu widzenia dziedziny BUDOWNICTWA kluczowe będą rozwiązania dotyczące nowelizacji dyrektywy o efektywności energetycznej, wskazującej na konieczność doprowadzenia do ograniczenia w 2030 r. zużycia energii końcowej na poziomie UE o co najmniej 11,7% w porównaniu z prognozami zużycia energii na 2030 r. sporządzonymi w 2020 r., co jest bezpośrednio związane z poszukiwaniem nowych rozwiązań dla zwiększania efektywności energetycznej w budynkach (generują one w UE łącznie około 40% zużycia energii i odpowiadają za 36% emisji gazów cieplarnianych). Ponadto pakiet Fit for 55 ustanawia wiążące limity emisyjne dla budynków, które to podnoszą dotychczasowy unijny cel redukcyjny. W ramach scenariusza wspierającego istotną rolę odegrają kontynuacja oraz pojawienie się nowych, zróżnicowanych programów wspierających projekty badawcze/inwestycje sektora nauki z sektorem biznesu w dziedzinie budownictwa (zarówno niskobudżetowych, jak i wysokobudżetowych, z uproszczonymi procedurami), pozwalających w szybkim tempie realizować prace B+R, a także zapewnienie odpowiednich środków finansowych, również na komercjalizację wypracowanych rozwiązań. W tym scenariuszu dominować będzie pełne rynkowe wykorzystanie opracowanych technologii, na rzecz ograniczenia badań podstawowych i przemysłowych.

Wykres 5 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w 3 scenariuszach rozwoju w dziedzinie BUDOWNICTWO



Źródło: badanie delfickie, n=10.

Czynniki i uwarunkowania, w tym bariery, wpływające na rozwój kluczowych obszarów technologicznych:

- Konkurencja ze strony podmiotów z kapitałem zagranicznym,
- Programy kształcenia niedostosowane do zmian technologicznych oraz potrzeb i wyzwań branży,
- Niski poziom komercjalizacji rozwiązań wśród jednostek naukowych i przedsiębiorstw,
- Znikoma współpraca przedsiębiorstw z jednostkami naukowymi (z uwagi na bariery związane z formalizacją współpracy),
- Brak zróżnicowania programów wspierających projekty badawcze/inwestycje sektora nauki z sektorem biznesu (długotrwała ścieżka realizacji, projekty obciążone dużym ryzykiem, wysokobudżetowe),
- Bariery inwestycyjne – brak własnych środków finansowych przedsiębiorstw na prowadzenie prac B+R,
- Zmiany w przepisach prawa, w tym zmieniające się warunki techniczne, normy EN określające minimalne parametry produktów dopuszczonych do obrotu i dyrektywy UE, m.in. CPR, EPBD, RED II (przepisy nakładające obowiązki w zakresie np. deklaracji środowiskowych dla produktu, informacji o śladzie węglowym produktu, stosowania surowców z odzysku),
- Ceny energii grzewczej dla budynków,
- Depopulacja Polski przyczyniająca się do wzrostu zapotrzebowania na termomodernizację i podnoszenie standardów dla istniejącego zasobu budynkowego,

- Rozwój klastrów, wspólnot energetycznych oraz rozwój lokalnego pozyskiwania i magazynowania energii z OZE, przyczyniających się rozwojowi budynków samowystarczalnych energetycznie.

Wyzwania i rekomendacje dla rozwoju kluczowych obszarów technologicznych:

- Sprawne wdrażanie dyrektyw UE w ramach obszarów budownictwa, ciepłownictwa i produkcji materiałów budowlanych, które to ukierunkowuje polskie firmy, w jakich obszarach mają rozwijać innowacje,
- Większy nacisk na komercjalizację prac B+R,
- Zwiększenie zasobów kadrowych w postaci najlepiej wykwalifikowanych pracowników (profesjonalizacja kadry),
- Intensyfikacja działań badawczo-rozwojowych, w szczególności w przedsiębiorstwach,
- Intensyfikacja współpracy sektora biznesu z sektorem nauki,
- Dostosowanie do wymagań proekologicznych regulacji,
- Konieczność rozwoju rozwiązań sprzyjających adaptacji do zmian klimatu,
- Konieczność transformacji niskoemisyjnej z uwagi na ograniczone zasoby surowcowe,
- Rozwój współpracy z branżą IT i środowiskiem start-upów,
- Dalszy rozwój dziedziny w oparciu o rozwiązania takie jak Internet Rzeczy, sztuczna inteligencja, druk 3D.

Kamienie milowe:

- Implementacja do prawa polskiego nowelizacji dyrektywy UE o efektywności energetycznej (zmniejszenie do 2030 r. końcowego zużycia energii końcowej na szczeblu UE o 11,7% w porównaniu z prognozami zużycia energii na 2030 r. sporządzonymi w 2020 r.),
- Uruchomienie rządowego programu umożliwiającego sprawną (ograniczenie formalizmu, skrócenie ścieżki decyzyjnej, większa elastyczność odnośnie zmian i modyfikacji w projekcie) realizację projektów badawczo-rozwojowych umożliwiających komercjalizację wypracowanych rozwiązań,
- Wprowadzenie preferencyjnych kredytów dla podmiotów realizujących inwestycje w zakresie tworzenia innowacji z możliwym umorzeniem w przypadku uzasadnionego braku popytu na produkt,
- Wprowadzenie małych programów na zasadzie wymiany kadry nauka – biznes w celach poszukiwania innowacji,
- Przeprowadzenie debaty publicznej o znaczeniu efektywności energetycznej budynków i ich wpływowi na bezpieczeństwo energetyczne kraju.

Zalecenia w zakresie Krajowych Inteligentnych Specjalizacji:

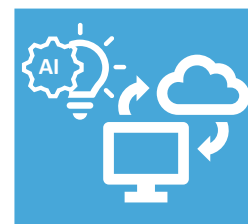
Szczególnego znaczenia w dziedzinie BUDOWNICTWO nabierać będą:

- technologie redukujące czas produkcji materiałów oraz budowy,
- budownictwo przyjazne dla człowieka, poprawiające komfort i jakość życia, rozwiązania z zakresu „zdrowego” budownictwa w kontekście pozytywnego wpływu na zdrowie i funkcjonowanie człowieka,
- budownictwo miejskie (w kontekście ekosystemu) w oparciu o SMART CITY (inteligentne miasto),
- rozwój rozwiązań z zakresu sprzężenia budynków z infrastrukturą transportową (np. współdzielone parkingi, rozwój aplikacji).

5.6 Cyfryzacja

W ramach CYFRYZACJI zidentyfikowano następujące **kluczowe obszary technologiczne**:

- Sztuczna inteligencja
- Gromadzenie, przetwarzanie i przesyłanie danych
- Internet Rzeczy
- Technologie kwantowe
- Technologie immersyjne i gamingowe
- Geoinformacja
- Cyberbezpieczeństwo



CYFRYZACJA

Sztuczna inteligencja

Dziedzina wiedzy obejmująca m.in. sieci neuronowe, tworzenie modeli zachowań inteligentnych oraz programów komputerowych symulujących te zachowania (boty, czaty). Obejmuje również uczenie maszynowe (ang. machine learning), w którym dzięki rozwijanym algorytmom i oprogramowaniu, uzyskujemy zautomatyzowany proces pozyskiwania i analizy danych, który umożliwia samoistne ulepszanie systemu (w tym jego autonomiczność). W wyniku rozwoju Internetu Rzeczy nowe dane powstają na niespotykaną dotąd skalę, a w połączeniu z wielkimi możliwościami obliczeniowymi komputerów, otrzymujemy zupełnie nowe możliwości wykorzystania algorytmów sztucznej inteligencji (AI) i uczenia się w procesie analizy dostępnych informacji. Rozwiązania stosowane w dziedzinie sztucznej inteligencji można podzielić na dwa rodzaje:

- oprogramowanie: wirtualni asystenci, oprogramowanie do analizy obrazu, wyszukiwarki internetowe, systemy rozpoznawania mowy, twarzy, pisma, maszynowe tłumaczenie tekstu, generowanie obrazów, sztuczna twórczość;
- "Ucieleśniona" sztuczna inteligencja: roboty, samochody autonomiczne, drony itp.⁸⁵

Gromadzenie, przetwarzanie i przesyłanie danych

Dosyć szeroki obszar kluczowy obejmujący wiele technologii. Jak wskazano w Europejskiej strategii w zakresie danych są one siłą napędową rozwoju gospodarczego, są podstawą wielu nowych produktów i usług. Ilość danych generowanych na świecie gwałtownie rośnie – z 33 zettabajtów w 2018 roku do prognozowanych 175 zettabajtów w 2025 roku⁸⁶. Do zbiorów danych, które są tak duże i złożone, że do przetwarzania wymagają nowych rozwiązań odnosi się technologia **big data**. Dane wykorzystywane w big data pochodzą z wielu różnych źródeł. Mogą być tworzone przez ludzi: w aplikacjach mobilnych, w internecie, w tym w mediach społecznościowych i transakcjach handlowych, rejestrach administracji elektronicznej itp. Mogą też być generowane przez urządzenia i gromadzone za pomocą czujników w obiektach podłączonych do Internetu Rzeczy, w tym np. w inteligentnych samochodach, fabrykach, domach, satelitach GPS i satelitach zbierających dane pogodowe. Technologia big data umożliwia bardzo szybkie gromadzenie danych (w czasie zbliżonym do rzeczywistego) i analizowanie ich w celu uzyskania nowych wniosków⁸⁷. Kolejną technologią związaną z przetwarzaniem danych jest chmura obliczeniowa (ang. cloud computing). Jest to nowoczesna technologia służąca do przechowywania,

⁸⁵ <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20200827STO85804/sztuczna-inteligencja-co-to-jest-i-jakie-ma-zastosowania> (dostęp: 16.08.2023).

⁸⁶ Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Europejska strategia w zakresie danych, COM(2020) 66 final (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0066&from=PL>) (dostęp: 16.08.2023).

⁸⁷ <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20210211STO97614/big-data-definicja-korzystania-wyzwania-infografika> (dostęp: 23.03.2023).

przetwarzania i zarządzania danymi. Opiera się na współdzielonych zasobach (oprogramowaniu i infrastrukturze)⁸⁸. Istotną technologią z punktu widzenia porządkowania i przechowywania danych na temat transakcji zawartych w Internecie jest **blockchain**. Dane są umieszczane w następujących po sobie blokach, które wspólnie tworzą jeden wirtualny łańcuch. Jest to więc baza danych, choć od typowej bazy różni się kilkoma cechami⁸⁹. W kontekście obszaru kluczowego dotyczącego przesyłania danych ważne są jeszcze technologie 5G i 6G. Standard 5G zapewnia dostęp do szybkiego i stabilnego Internetu o parametrach niemożliwych do osiągnięcia w przypadku dotychczasowych technologii mobilnych⁹⁰. Z kolei szósta generacja technologii komunikacji bezprzewodowej zapewni jeszcze większe prędkości i niemal zerowe opóźnienia. Szacuje się, że 6G będzie od 100, do nawet tysiąca razy szybsze od 5G.

Internet Rzeczy

Dzięki rozwojowi technologii w zakresie przetwarzania i przesyłania danych narodził się **Internet Rzeczy** (ang. IoT). Określa się w ten sposób sieć różnego rodzaju fizycznych urządzeń, wyposażonych we wbudowaną technologię umożliwiającą komunikację, wymianę danych oraz interakcję – zarówno wewnątrz sieci, jak i ze środowiskiem zewnętrznym. Istotą koncepcji Internetu Rzeczy jest możliwość połączenia i komunikacji z fizycznymi obiektami, wcześniej niezdolnymi do samodzielnego generowania, transmisji i odbioru danych. Dzięki temu obiekty te są w stanie samodzielnie rozpoznać zdarzenia i zmiany zachodzące w otoczeniu oraz w sposób autonomiczny podjąć odpowiednią akcję i/lub reakcję bez interwencji człowieka.

Technologie kwantowe

Bardzo duże zbiory danych wymagają ogromnych mocy obliczeniowych na etapie ich przetwarzania. Tymczasem potencjał klasycznych komputerów posiada wyraźne ograniczenia, a ich dalsza ewolucja nie będzie już tak gwałtowna jak kiedyś (w oparciu o prawo Moore’a).⁹¹ Odpowiedzią na te problemy jest rozwój **technologii kwantowych**, w tym komputera kwantowego. Komputery kwantowe mają być zdolne do wykonywania obliczeń, których złożoność i szybkość jest niemożliwa do osiągnięcia za pomocą klasycznego komputera. Obserwowany jest dynamiczny rozwój szerokiego zakresu technologii kwantowych takich jak: komunikacja kwantowa, obliczenia kwantowa, metrologia kwantowa oraz symulacje kwantowe. Powyższe technologie posiadają potencjał zrewolucjonizowania szeregu dziedzin, problemów oraz aplikacji, wykorzystując zagadnienia i efekty opisywane przez mechanikę kwantową.

Technologie immersyjne i gamingowe

To przede wszystkim technologie takie jak rozszerzona rzeczywistość (ang. AR – augmented reality) i wirtualna rzeczywistość (ang. VR – virtual reality). Które mogą zmienić sposób, w jaki użytkownicy wchodzi w interakcje ze środowiskiem fizycznym i cyfrowym oraz swoimi urządzeniami. Technologie te to narzędzia gospodarki kreatywnej. W tej grupie mieści się także koncepcja **metawersum** rozumiana jako wyobrażenie równoległego, cyfrowego świata, łączącego wspólne cechy trzech rzeczywistości

⁸⁸ <https://www.gov.pl/web/popcwsparcie/co-to-jest-chmura-obliczeniowa> (dostęp: 23.03.2023).

⁸⁹ Wszelkie zapisy wprowadzone do rejestru transakcji są całkowicie nieodwracalne, a zatem nie można ich usunąć ani zmodyfikować, dzięki czemu dane są chronione przed wszelkimi próbami oszustw. Technologia gwarantuje anonimowość jej użytkownikom i poufność szczegółowych danych.

⁹⁰ <https://www.gov.pl/web/5g/podstawowe-informacje> (dostęp: 23.03.2023).

⁹¹ Zgodnie z nim, liczba tranzystorów w mikroprocesorach i co za tym idzie moc obliczeniowa komputerów, powinna się podwajać mniej więcej co dwa lata. Jak słusznie przewidział Goordon Moore w 2020 roku dynamika miniaturyzacji już znacznie osłabła, zaś inżynierowie znajdują się o kilka kroków od wycisnięcia z konwencjonalnych rozwiązań maksimum efektywności. Głównym problemem konwencjonalnych mikrochipów jest zjawisko zwane tunelowaniem kwantowym, które powoduje przy postępującej miniaturyzacji, że ładunki elektryczne zaczną ignorować cieniutkie bariery, przeskakując tam gdzie nie powinny.

(prawdziwej, wirtualnej oraz rozszerzonej). Zgodnie z literaturą, obszar ten obejmuje także niebawem cyfryzację zmysłów, a następnie uczuć i myśli. Przejawem cyfryzacji z wykorzystaniem technologii immersyjnych jest też koncepcja tzw. „serious games”. „Poważne gry” to takie gry komputerowe, których cel przekracza czystą rozrywkę. Obszar ten został wydzielony w ramach dziedziny CYFRYZACJA z uwagi na swój indywidualny charakter oraz szeroki zakres możliwości, jakie technologie te stwarzają.

Geoinformacja

To dziedzina wiedzy związana z gromadzeniem, przetwarzaniem, analizą i prezentacją informacji geograficznej, czyli danych związanych z położeniem geograficznym. Wykorzystuje narzędzia informatyczne i technologie geoprzestrzenne oraz mapy cyfrowe. Dzięki geoinformacji możliwe jest zbieranie, przetwarzanie i analiza dużej ilości danych geograficznych w czasie rzeczywistym, co pozwala na szybkie podejmowanie decyzji oraz dokładne planowanie działań. Geoinformacja staje się kluczowa dla rozwoju wielu innych technologii z uwagi na możliwość zapewnienia precyzyjnej lokalizacji.

Cyberbezpieczeństwo

To wszelkie działania – metody, procedury, rozwiązania prawne – zapewniające odporność systemów informacyjnych na działania naruszające poufność, integralność, dostępność i autentyczność przetwarzanych danych lub związanych z nimi usług oferowanych przez te systemy. Na cyberbezpieczeństwo składa się ochrona zasobów – danych, informacji, a ogólnie treści cyfrowych, ochrona sieci teleinformatycznych, urządzeń czyli komputerów, a także ochrona przesyłu treści za pomocą sieci, a więc samego procesu komunikowania. Obszar ten staje się kluczowy dla zapewnienia stabilnego i bezpiecznego rozwoju wszystkich pozostałych technologii cyfrowych.



Megatrendy silnie wpływające na obszary kluczowe

- Transformacja cyfrowa
- Globalizacja i deglobalizacja
- Wzrost napięć międzynarodowych i politycznych
- Postępująca urbanizacja
- Zmiany klimatu, zanieczyszczenie środowiska



Powiązanie obszarów kluczowych z celami strategicznymi na poziomie kraju i Europy

Zidentyfikowane obszary kluczowe wykazują silne i bezpośrednie powiązania ze zdecydowaną większością analizowanych w ramach badania dokumentów strategicznych. Warto podkreślić, że jedynie w wybranych przypadkach związki takie uznano za pośrednie (przede wszystkim wówczas, gdy w opisie celów dokumentów strategicznych nie wskazywano wprost na wykorzystanie określonych technologii/rozwiązań cyfrowych, a zarazem analiza ekspercka wykazała, że do osiągnięcia zakładanych rezultatów lub wdrożenia technologii z innych obszarów, prawdopodobnie istotne będzie wykorzystanie określonych rozwiązań cyfrowych). Warto zaznaczyć, że bezpośrednie i silne powiązania z wszystkimi dokumentami strategicznymi wykazuje obszar kluczowy związany z gromadzeniem, przetwarzaniem i przysyłaniem danych, a z niemal wszystkimi – obszar kluczowy związany ze sztuczną inteligencją. Co za tym idzie, szczególne znaczenie (tak bezpośrednie, jak i pośrednie) dla realizacji celów strategicznych ma także obszar kluczowy związany z cyberbezpieczeństwem. Tak szerokie i wieloaspektowe powiązania obszarów kluczowych związanych z cyfryzacją wynikają przede wszystkim z faktu, że technologie cyfrowe znajdują zastosowanie i pozwalają realizować cele w wielu dziedzinach życia – przyczyniając się w efekcie do zapewnienia trwałego wzrostu dochodów obywateli UE/Polski,

przy jednoczesnym wzroście spójności w wymiarze społecznym, ekonomicznym, środowiskowym i przestrzennym.

Omawiane obszary kluczowe związane z cyfryzacją znajdują potwierdzenie także w *2021 Strategic Foresight Report (UE)*, gdzie wskazano, że jednym z megatrendów mającym wpływ na rozwój UE będzie właśnie cyfrowa hipertężność i transformacje technologiczne. Z kolei obszar cyberbezpieczeństwa wskazywany jest także jako kluczowy dla zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa (a dalej rozwoju) wszystkich krajów UE w *Strategii bezpieczeństwa UE 2020-2025*.

Poza przekrojowymi dokumentami strategicznymi, istotne dla omawianych obszarów kluczowych są także dokumenty strategiczne odnoszące się wprost do rozwoju tychże obszarów lub technologii wchodzących w ich skład. Do takich dokumentów zaliczają się np.: *Strategiczny program badań nad technologiami kwantowymi*⁹² (przyjęty na poziomie UE), *Strategia 5G dla Polski* – oba dokumenty dotyczą technologii wpisujących się w obszar kluczowy związany z przetwarzaniem i przesyłaniem danych, *Strategia Cyberbezpieczeństwa Rzeczypospolitej Polskiej na lata 2019-2024* (obszar kluczowy: cyberbezpieczeństwo), *Polityka dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce od roku 2020* (obszar kluczowy: AI). Warto nadmienić, że przyjęcie Polityki dla AI w Polsce było jednym z efektów udziału Polski w unijnej inicjatywie skoordynowanego planu dotyczącego sztucznej inteligencji z 2021 r.



Regiony wspierające kluczowe obszary technologiczne w ramach RIS



- 1 - Sztuczna inteligencja
- 2 – Gromadzenie, przetwarz. i przesył. danych
- 3 - Internet Rzeczy
- 4 - Technologie kwantowe
- 5 - Technologie immersyjne i gamingowe
- 6 - Geoinformacja
- 7 – Cyberbezpieczeństwo

Kluczowe obszary technologiczne w dziedzinie CYFRYZACJI są wspierane niemal we wszystkich RIS (za wyjątkiem województwa dolnośląskiego). Nie jest to więc dziedzina niszowa, a raczej dominująca bez względu na województwo. W większości województw bezpośrednio wskazano RIS, które uwzględniają kluczowe obszary technologiczne, w tym szczególnie gromadzenie, przetwarzanie i przesyłanie danych, sztuczną inteligencję i Internet Rzeczy. W większej części z nich RIS odnosi się do technologii z zakresu ICT, rzadziej uwzględnia się kwestię cyfrowego/informacyjnego społeczeństwa czy usług ICT. W najmniejszym stopniu w RIS uwzględnione zostały technologie kwantowe, choć w województwach pomorskim, kujawsko-pomorskim, wielkopolskim, lubelskim, mazowieckim, łódzkim i podkarpackim uwzględniono w tę technologię w RIS to nie udało się zidentyfikować działań/ projektów

wpisujących się w ten obszar. Warto dodać, że cyfryzacja jest obszarem interdyscyplinarnym, który – w ramach RIS – jest uwzględniany w ramach m.in. transportu, energetyki, ochrony zdrowia, przemysłu. Realizowane działania mają często charakter hybrydowy, w którym uwzględnia się komponenty cyfrowe/informatyczne.

⁹² <https://digital-strategy.ec.europa.eu/pl/policies/quantum-technologies-flagship> (dostęp 23.03.2023).



Przykłady technologii

Kluczowy obszar technologiczny	Technologie rozwinięte (wdrożone lub mające wysoki stopień gotowości technologicznej)	Technologie przyszłościowe (wczesny etap rozwoju)
Sztuczna inteligencja	• Machine learning • Przetwarzanie języka naturalnego (Natural Language Processing, NLP) • Narrow AI	• Systemy wieloagentowe (Multi Agent Systems - MAS) • Deep Neural Network (DNN) • Generative AI (GenAI) • AI w medycynie • AI w rolnictwie • AI w energetyce • Edge AI
Gromadzenie, przetwarzanie i przesyłanie danych	• Cloud Computing • Big Data • Customer Data Platform (CDP) • Technologie bezprzewodowej łączności (Bluetooth, Wi-Fi, 5G) • BI (business intelligence)	• Edge computing • Blockchain • Technologie bezprzewodowej łączności 6G • Li-Fi (Visible Light Communication) • LPWAN (low-power wide-area network, sieć rozległa małej mocy)
Internet Rzeczy	• Inteligentne domy/biura • Monitoring zdrowia	• Smart Agriculture • Przemysł 4.0
Technologie kwantowe	• Detektory kwantowe • Kwantowa dystrybucja klucza (quantum key distribution - QKD)	• Kwantowe urządzenia do pozycjonowania, nawigacji i pomiaru czasu (PNT) • Kwantowe technologie radarowe • Teleportacja kwantowa • Internet kwantowy • Komputer kwantowy • Kryptografia kwantowa
Technologie immersyjne i gamingowe	• AR i VR, w tym wdrożenia rynkowe • AR i VR w nabywaniu nieruchomości, w turystyce, w kulturze, edukacji i szkoleniach (edutainment) • Fotogrametria – skanowanie wolumetryczne (np. 360 for forensics) • modelowanie przestrzeni, scenografii,	• Przemysłowe wykorzystanie AR • VR w pojazdach • Collaborative clouds in VR • Tworzenie wirtualnych światów (world building) • Web 4 • Inwestycje wirtualne (e-commerce) • Automatyczne tworzenie treści (deepfake, machine-learning algorithms)

	• Digital twin (modele 3D miast i budynków, aktywności społecznej, mody, procesów, partycypacji) • Mieszana rzeczywistość (MR) • Storytelling	
Geoinformacja	• Mobilne systemy mapowania, • UAV (Bezzałogowe Statki Powietrzne) • Mapy 3D • Tworzenie map ze zdjęć lotniczych	• Precyzyjna nawigacja wewnątrz budynków i kartografia wewnątrz budynków, • Integracja BIM-GIS • Zastosowanie technologii geoinformacji w rolnictwie • Wykorzystanie AI w analizie geoinformacji • Tworzenie i analiza w czasie rzeczywistym HD maps dla pojazdów autonomicznych • Pozyskiwanie i analiza danych geoinformacyjnych z UAV
Cyberbezpieczeństwo	• Narzędzia klasy SIEM • Uwierzytelnianie 2 etapowe • Biometria	• Zabezpieczenie technologii bionicznych • Wykorzystanie sztucznej inteligencji i blockchain w cybsec. • Kryptografia kwantowa • Post-quantum encryption



Przykłady praktycznych zastosowań technologii kluczowych

W odniesieniu do kluczowych obszarów technologicznych wyodrębnionych w dziedzinie CYFRYZACJA wskazać można następujące przykłady praktycznych zastosowań technologii w obszarze gospodarki lub życia społecznego:

- **SentiOne** – narzędzie, dzięki któremu można poznać opinię na temat firmy, produktów czy jakości obsługi. Specjalny algorytm przeszukuje Internet na podstawie zdefiniowanych przez klienta słów kluczowych i dostarcza informacji na temat wypowiedzi z nimi związanych. Obecnie firma monitoruje ponad 69,5 tys. źródeł w Internecie i przetwarza ponad 150 mln wzmianek dziennie, co przekłada się na wyższą skuteczność ich modeli sztucznej inteligencji (Sztuczna inteligencja).
- **VoicePIN Voice Biometrics** - to nowa technologia i coraz częściej wykorzystywane narzędzie w procesie uwierzytelniania użytkownika, które nie tylko skraca proces weryfikacji użytkownika, ale również zwiększa jego bezpieczeństwo. Spółka VoicePIN.com jest wiodącym polskim i europejskim producentem technologii biometrii głosu. Biometria głosowa to technologia umożliwiająca zdalną weryfikację tożsamości (uwierzytelnianie, autentykację) użytkownika na podstawie statystycznych i akustycznych parametrów jego głosu. Adoptowana jest w co raz większym zakresie przez różne branże (m.in. finansową, ubezpieczeniową, telekomunikacyjną).

Spółka oferuje również rozwiązania: VoicePIN Dronn, VoicePIN Predictive Analytics, VoicePIN AntiFraud⁹³ (Sztuczna inteligencja).

- **Synerise** - to wszechstronna platforma, która dzięki wykorzystaniu sztucznej inteligencji do analizy danych, zapewnia różnorodne rozwiązania dla biznesu – od optymalizacji ceny po personalizację podróży konsumenta (Sztuczna inteligencja).
- **Emplobot** - oprogramowanie, które tworzą trzy współgrające ze sobą moduły, pozwalające na przeprowadzenie kandydatów przez cały proces rekrutacyjny, od pierwszego kontaktu, aż po rozmowę rekrutacyjną (Sztuczna inteligencja).
- **platformy komunikacyjne w chmurze (:CPaaS) tworzone przez Vercom S.A.** - umożliwiają firmom budowanie i rozwijanie trwałych relacji z odbiorcami za pośrednictwem wielu kanałów komunikacji: email, sms, push, komunikatory (OTT). Pomagają przezwyciężyć złożoność komunikacji, automatyzować oraz zwiększać jej skalę, zachowując przy tym wysoką dostarczalność i efektywność (Gromadzenie, przetwarzanie i przesyłanie danych).
- **TutorDerm** - symulator medyczny stworzony dla potrzeb edukacji z dziedziny dermatologii klinicznej i estetycznej wykorzystującego technologię wirtualnej rzeczywistości. Produkt Spółki InventionMed umożliwia praktykowanie zabiegów dermatologicznych, dając tym samym szansę lekarzom, kosmetologom oraz studentom na zdobywanie niezbędnego doświadczenia jeszcze przed kontaktem z pacjentem (Technologie immersyjne i gamingowe).
- **„Allegro: Cosmic Experience”** – aplikacja VR stworzona przez EpicVR dla firmy Allegro. Jest to innowacyjne narzędzie szkoleniowe, które umożliwia pracownikom działu obsługi klienta Allegro przygotowanie się do udzielania swoim klientom i partnerom prawdziwie „kosmicznej” pomocy. Dzięki wykorzystaniu technologii wirtualnej rzeczywistości (VR) oraz inspiracją motywem Star Wars, aplikacja oferuje angażujące i interaktywne doświadczenia szkoleniowe (Technologie immersyjne i gamingowe).
- **Program COPERNICUS** - (poprzednio znany jako GMES – Global Monitoring for Environment and Security) to najbardziej ambitny program obserwacji Ziemi do tej pory. Program jest koordynowany i zarządzany przez Komisję Europejską i realizowany we współpracy z państwami członkowskimi, Europejską Agencją Kosmiczną (ESA), Europejską Organizacją Eksploatacji Satelitów Meteorologicznych (EUMETSAT), Europejskim Centrum Prognoz Średnioterminowych (ECMWF), agencjami UE i instytutem badawczym Mercator Océan. Copernicus stał się bardzo ujednoliconym systemem, którego ogromna ilość danych jest wykorzystywana w szeregu tematycznych usług, zaprojektowanych z myślą o korzyściach dla środowiska, w którym żyjemy, potrzebach humanitarnych, a także wspierania skutecznej polityki na rzecz zrównoważonego rozwoju. Usługi te można wyszczególnić w następującej tematyce: zarządzanie terenem, zarządzanie środowiskiem morskim, atmosferą, a także reagowanie na sytuacje kryzysowe, wspieranie bezpieczeństwa oraz monitoring zmian klimatycznych. Program przyczynia się np. do zwiększenia ochrony granic UE, co ma na celu ograniczenie nielegalnej imigracji i uratowanie większej liczby osób na morzach. Wspiera też zewnętrzne działania UE dzięki dostarczaniu decydentom geoinformacji na temat odległych, trudno dostępnych obszarów, w których ważną rolę odgrywają kwestie bezpieczeństwa. W dziedzinie nadzoru morskiego program Copernicus przyczynia się do osiągnięcia

⁹³ <https://voicepin.com/solutions/> (dostęp: 16.08.2023).

bezpieczeństwa żeglugi, wspiera kontrolę rybołówstwa i egzekwowanie prawa oraz pomaga zwalczać zanieczyszczenie morza (Geoinformacja).

- **The Compass** – rozwiązanie stworzone przez Associated Apps jest wirtualnym asystentem, który ma wspierać użytkownika głównie z dysfunkcją wzroku, ale także inne osoby potrzebujące wsparcia wewnątrz obiektów użyteczności publicznej, na przykład centrów handlowych, budynków biurowych, dworców, hoteli. Rozwiązanie działa na podobnej zasadzie jak nawigacja samochodowa. Jej funkcjonalność obejmuje między innymi nawigowanie do właściwej trasy w przypadku zejścia z wyznaczonej ścieżki, a także możliwość skontaktowania się z pomocą lub doprowadzenie użytkownika do drugiego użytkownika na terenie danego obiektu. Od strony technicznej za działanie systemu odpowiada komunikacja z wykorzystaniem Wi-Fi i instalowanych w mapowanym obiekcie beaconów. W określeniu położenia dodatkowo pomocne są sensory takie jak barometr czy czujnik pola magnetycznego (Geoinformacja).
- **FLDX** - adaptacyjny system detekcji i tłumienia ataków DDoS – system stworzony przez NASK to niezwykle szybka i skuteczna ochrona dostępności usług w sieci, niezależnie od tego, czy źródłem zagrożenia jest atak wolumetryczny typu DDoS (Distributed Denial of Service), czy nagły wzrost aktywności użytkowników. System FLDX może zostać wykorzystany do ochrony infrastruktury krytycznej państwa, infrastruktury sieci militarnych i administracji państwowej, a także jako źródło informacji o incydentach bezpieczeństwa oraz mechanizm tłumienia wybranych typów zagrożeń. W odróżnieniu od rozwiązań oferowanych na rynku system FLDX nie wymaga ani bazy sygnatur znanych ataków, ani statycznych reguł filtracji pakietów. System samodzielnie oblicza reguły filtracji pakietów i dynamicznie dostosowuje konfigurację urządzeń sieciowych do aktualnej sytuacji (Cyberbezpieczeństwo).



Potencjał instytucjonalny, branżowy, kompetencyjny

Prowadzone analizy wskazują na wysoki potencjał branżowy przedsiębiorstw w dziedzinie CYFRYZACJA. Od 2016 roku rośnie liczba nowych firm technologicznych w Polsce (nastąpił wzrost o około 20%) - warto odnotować, że tak wyraźny wzrost miał miejsce dopiero między 2020 a 2021 rokiem, co może być wynikiem pandemii i rosnącego zapotrzebowania na rozwiązania cyfrowe. Firmy związane z cyfryzacją cechują się znaczącym potencjałem do umiędzynarodowienia swojej działalności – co po części może wynikać także z tego, że posiadają one istotną przewagę w zakresie innowacyjności i potencjał dla dalszego jej rozwoju na tle pozostałych obszarów gospodarki. Analiza wskaźnika GUS dotyczącego udziału przedsiębiorstw usługowych, które w 2021 roku wprowadziły innowacje produktowe w % przedsiębiorstw ogółem wskazuje, że w czołówce są właśnie przedsiębiorstwa związane z ICT (blisko 50% firm wprowadziło takie innowacje). Co więcej, w przypadku takich przedsiębiorstw miał miejsce najwyższy przyrost innowacyjności między 2017 a 2021 rokiem (niemal dwukrotny wzrost). O innowacyjności firm związanych z omawianymi obszarami kluczowymi wskazują także wyniki raportu dot. aktywności technologicznej, innowacyjnej i biznesowej przedsiębiorstw w ramach KIS⁹⁴. Najczęstszymi innowacjami produktowymi są bowiem te w obszarze technologii informacyjno-komunikacyjnych. Idzie to w parze ze względnie najwyższą średnią innowacji produktowych wskazywanych przez przedsiębiorstwa działające w obrębie KIS 10. Warto podkreślić, że w przypadku firm działających w obszarze KIS 10 zidentyfikowano niemal najwyższy odsetek wprowadzania innowacji w skali rynkowej, a nie tylko w skali poszczególnych przedsiębiorstw. Firmy działające w obszarze KIS 10 ponoszą znaczące koszty na zakup wiedzy i technologii od podmiotów

⁹⁴ Aktywność technologiczna, innowacyjna i biznesowa przedsiębiorstw działających w ramach krajowych inteligentnych specjalizacji, ASM – Centrum Badań i Analiz Rynku Sp. z o.o., 2020.

zewnętrznych (wysoce zaawansowanej), która to później wykorzystywana jest właśnie do tworzenia innowacyjnych produktów. Wszystko to powoduje, że to właśnie w przypadku KIS 10 ma miejsce znaczący udział firm tworzących wysoce zaawansowane technologie. We wskazanym wyżej raporcie zidentyfikowano także inne cechy przedsiębiorstw działających w obszarach kluczowych związanych z cyfryzacją, które mogą świadczyć o ich wysokim potencjale. Po pierwsze firmy takie cechują się relatywnie wysoką rentownością i stopą zwrotu poniesionych nakładów inwestycyjnych. Po drugie, firmy takie częściej sięgały po wsparcie ze środków POIR, w tym wsparcie na innowacyjność i internacjonalizację – co w efekcie zapewne przyczyniło się do tego, że znaczący ich odsetek eksportuje swoje rozwiązania. Z drugiej strony, przedstawiciele badanych firm dość zachowawczo postrzegają swoją pozycję konkurencyjną na arenie międzynarodowej – mimo że wiele z nich definiuje siebie jako liderów w skali krajowej.

Z potencjałem branżowym wiąże się ściśle potencjał kompetencyjny przedsiębiorstw, który został oceniony jako średni (przede wszystkim w dłuższej perspektywie czasu). Z jednej strony rosta co prawda liczba pracujących w podmiotach gospodarki narodowej związanych z obszarem ICT – między 2016 a 2021 rokiem nastąpił w tym zakresie wzrost o niemal 32% według danych GUS. Z drugiej jednak strony, wzrost liczby firm technologicznych w powiązaniu z kryzysem demograficznym (oraz wyczerpywaniem się możliwości łatwego sprowadzania wykształconych pracowników z krajów Europy Wschodniej) powodują, że w ocenie różnych badanych interesariuszy kluczowym wyzwaniem dla wzrostu konkurencyjności polskich firm z dziedziny CYFRYZACJI będzie właśnie zapewnienie odpowiednio licznej i merytorycznie przygotowanej kadry. W ich ocenie braki kadrowe już są identyfikowane w polskich firmach i przekładają się na tempo ich rozwoju.

O wysokim potencjale branżowym, a pośrednio też kompetencyjnym przedsiębiorstw świadczyć może fakt, że to właśnie przedsiębiorstwa cechują się znaczącymi nakładami na cele B+R, w tym na zakup nowej aparatury badawczo-rozwojowej czy właśnie zatrudnianie pracowników ją użytkujących. Z danych GUS wynika, że nakłady firm działających w obszarze ICT stanowiły 1/3 wszystkich nakładów na B+R poniesionych w sektorze przedsiębiorstw w 2021 r. Dynamika wzrostu tych nakładów również była wysoka – w okresie 2016-2021 zwiększyły się one ponad dwukrotnie. Miarą potencjału w obszarze B+R jest także aktywność w pozyskiwaniu środków finansowych na realizację prac B+R. NCBR opracowało raport *Cyfrowa przyszłość dzieje się u nas*, w którym analizie poddano umowy zawarte przez tę instytucję od początku 2016 do połowy 2021 roku w ramach następujących konkursów finansowanych z Funduszy Europejskich w ramach Programu Inteligentny Rozwój: Szybka Ścieżka, Sektorowe programy B+R, Strategiczne programy badawcze dla gospodarki, Regionalne agendy naukowo-badawcze, Projekty aplikacyjne. Badaniu poddano łącznie 2 604 umowy o łącznej wartości 26 mld zł, w tym 16 mld zł dofinansowania udzielonego przez NCBR. Prawie 60% z tych projektów obejmowało prace związane z cyfryzacją.

Potencjał instytucjonalny i kompetencyjny jednostek naukowych działających w obszarze cyfryzacji uznano za umiarkowany. Z jednej bowiem strony, ewaluacja potencjału B+R jednostek naukowych aktywnych w zakresie "Inteligentnych sieci i technologii informacyjno-komunikacyjnych oraz komunikacyjnych" nie wypadła zbyt korzystnie: tylko 33 podmioty (39%) uzyskały jedną z najwyższych kategorii: "A+" lub "A"; ocenę "B" otrzymało 39 z 84 jednostek (46%), nie mało było też przypadków kategorii najniższych - "C" - 12 z 84 (14%). Relatywnie najniższym typem jednostek naukowych okazała się grupa najliczniejsza, czyli wydziały szkół wyższych (nie będących politechnikami) - wszystkie kategorie "C" adresowane były właśnie do podmiotów tego rodzaju. Oznacza to, że 1/4 wydziałów szkół wyższych (niepolitechnicznych) miało bardzo słaby potencjał naukowy, a tym samym nie mogła być traktowana jako istotne wsparcie dla rozwoju problematyki związanej z KIS 10. Najlepiej w zestawieniu wypadły instytuty badawcze PAN - każdy z 3 instytutów PAN otrzymał kategorię "A". Autorzy raportu wskazali także, że zdecydowana większość jednostek stawiała na rozwój jedynie w sferze naukowej - w

niewielkim stopniu starając się wzbogacić także i dorobek praktyczny.⁹⁵ Również przeprowadzona analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych zaliczyła obszar technologii informacyjnych i komunikacyjnych do trzeciej kategorii obszarów technologicznych. Jednostki naukowe w tym obszarze osiągnęły zarówno niski udział, jak i niższą niż przeciętna specjalizację w zakresie zgłoszeń patentowych – mimo że tylko w tym obszarze (w ramach tej kategorii) odnotowano zarazem znaczny wolumen zgłoszeń patentowych oraz publikacji⁹⁶. Z drugiej jednak strony w tej samej analizie stwierdzono, że jednostki naukowe w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych osiągały znaczące rezultaty w potencjale kadrowym, publikacyjnym i aktywności projektowej⁹⁷. W raporcie wskazano także, że dobry wynik obszaru technologii informacyjnych i komunikacyjnych w zakresie potencjału naukowego (trzeci wynik jednostek naukowych z tego obszaru pod względem nadanych stopni naukowych, tj. doktoratów i habilitacji, oraz liczby zatrudnionych naukowców w 2019 roku z co najmniej jedną publikacją, a także pod względem uczestnictwa i koordynacji przedsięwzięć w programach Horyzont2020⁹⁸, jak i pozostałych funduszy europejskich, programach krajowych i międzynarodowych) oraz obecność 7 jednostek o znacznym potencjale technologicznym stwarza korzystne warunki do rozwoju KIS 10.⁹⁹

Podsumowując, wysoko oceniono potencjał branżowy i kompetencyjny przedsiębiorstw – jednakże w przypadku tego drugiego ocena ta dotyczy stanu obecnego, dlatego też konieczne jest prowadzenie działań, których efektem będzie zarówno pozyskiwanie z zewnątrz (z innych krajów) odpowiednich specjalistów, jak też zachęcanie osób już pracujących w Polsce (ale także młodzieży) do nabywania kompetencji i kwalifikacji wysoce specjalistycznych w obszarze cyfryzacji. Za umiarkowany uznano z kolei potencjał instytucjonalny i kompetencyjny jednostek naukowych – deficyty występują przede wszystkim w wymiarze praktycznym (tj. przenoszenia wiedzy i osiągnięć naukowych do praktyki gospodarczej). Z tego też względu istotne jest kontynuowanie wsparcia publicznego (w tym unijnego) na wspólne przedsięwzięcia jednostek naukowych i firm, które będą kończyć się wdrażaniem wyników prac do działalności gospodarczej.



Kluczowe podmioty

Kluczowy obszar technologiczny	Podmioty publiczne	Przedsiębiorstwa
Sztuczna inteligencja	- Akademia Górniczo-Hutnicza - IDEAS NCBR - Ośrodek Przetwarzania Informacji – Państwowego Instytutu Badawczego - Politechnika Śląska	- Emplicity - Forward Operators AI Lab - SentiOne - Synerise - user.com

⁹⁵ Ewaluacja potencjału badawczo-rozwojowego jednostek naukowych i jego wpływu na realizację celów KIS, Ecorys Polska Sp. z o. o., Taylor Economics Sp. z o.o, 2019.

⁹⁶ Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii, OPI-PIB, UW, 2022.

⁹⁷ Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii, OPI-PIB, UW, 2022.

⁹⁸ W związku z ogólnie niewielkimi sukcesami Polski w zakresie uczestnictwa w programach Horyzont 2020, to właśnie te osiągnięcia mogą wskazywać na wyższy potencjał projektowy jednostek naukowych.

⁹⁹ Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii, OPI-PIB, UW, 2022.

Kluczowy obszar technologiczny	Podmioty publiczne	Przedsiębiorstwa
	• Politechnika Warszawska • Politechnika Wrocławska	
Gromadzenie, przetwarzanie i przesyłanie danych	• Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego (Uniwersytet Warszawski) • Politechnika Gdańska • Politechnika Krakowska • Politechnika Warszawska • Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technik Innowacyjnych EMAG • Uniwersytet Jagielloński	• Atende • CloudFerro sp. z o.o. • Sabre Polska • Surveily • Synerise • Vercom
Internet Rzeczy	• Akademia Górniczo-Hutnicza • Politechnika Rzeszowska • Politechnika Warszawska • Politechnika Wrocławska • Uniwersytet Jagielloński	• AIUT • AKE Robotics • Asseco • Atende • Comarch • Flytronics • VersaBox • Virtual Power Plant
Technologie kwantowe	• Centrum Fizyki Teoretycznej PAN • Podmioty zrzeszone w Kłastrze Q – Kłastrze Technologii Kwantowych • Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe • Uniwersytet Warszawski	• Creotech Instruments • QNA Technology • Quantum Blockchains • Beit.tech • Nanoxo
Technologie immersyjne i gamingowe	• Akademia Górniczo-Hutnicza • Krakowski Park Technologiczny Sp. z o.o. • Łódzka Szkoła Filmowa (VNLab) • Łódzki Klaster Gamedev • Politechnika Łódzka • Polsko-Japońska Akademia Technik Komputerowych • Uniwersytet Jagielloński (academia electronica, ErasmusXR) • Uniwersytet Łódzki • Wyższa Szkoła Bankowa we Wrocławiu	• 11 bit studios • ATM • CD projekt • CI Games • CinematicVR • PlayWay • Ten Square Games
Geoinformacja	• Akademia Górniczo-Hutnicza • Państwowy Instytut Geologiczny – PIB	• GISPartner • MGGP S.A. • SmallGIS

Kluczowy obszar technologiczny	Podmioty publiczne	Przedsiębiorstwa
	- Politechnika Warszawska (Centrum Analiz Geoprzestrzennych i Obliczeń Satelitarnych) - Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu - Uniwersytet Łódzki	
Cyberbezpieczeństwo	- Centrum Cyberbezpieczeństwa AGH (CC AGH) - NASK – PIB - Polski Klaster Cyberbezpieczeństwa (#CyberMadeInPoland) - Stowarzyszenie Instytut Kościuszki - Zakład Cyberbezpieczeństwa Politechniki Warszawskiej	- Aegis Security - Arcabit - Asseco Systems - Autenti - BW Advisory - Cyberus Labs



Przewagi konkurencyjne w kontekście konkurencyjności międzynarodowej

Znaczenie sektora ICT w gospodarce globalnej rośnie. Szacuje się, że ponad połowa wartości sektora pochodzi z jego tradycyjnych obszarów (hardware, software i usługi), 30% z branży telekomunikacyjnej i aż 17% z nowych technologii, niedających się zakwalifikować w starych ramach, np. Internet Rzeczy. Liderami rozwoju pozostają Stany Zjednoczone oraz gospodarki azjatyckie, w szczególności Chiny. Polski sektor odznacza się wysokiej jakości kadrą i preferencyjnymi warunkami dla inwestorów, niestety wykazuje też niską innowacyjność i małe inwestycje w badania i rozwój¹⁰⁰.

Polską przewagą konkurencyjną są z pewnością **rozwiązania z zakresu cyberbezpieczeństwa**. Sektor cyberbezpieczeństwa stanowi jeden z najatrakcyjniejszych rynków rozwoju dla polskich firm technologicznych. Można wskazać przykłady polskich firm, które już teraz zbierają wysokie rundy finansowania, pozyskują prestiżowych klientów i skalują własne działania w kolejnych krajach.¹⁰¹ Ponadto polskie rozwiązania (w tym te wdrażane przez podmioty publiczne) są innowacyjne w skali międzynarodowej.¹⁰² Polskie start-upy oferują liczne rozwiązania z zakresu takich kategorii jak: Tożsamość i dostęp, Ochrona danych, Chmura i infrastruktura, Bezpieczeństwo publiczne, Przeciwdziałanie praniu pieniędzy, Bezpieczeństwo.¹⁰³

Kolejną grupą technologii, które są polską przewagą konkurencyjną są **technologie gamingowe**. Rynek gier komputerowych to jedna z najszybciej rozwijających się gałęzi przemysłu kreatywnego w Polsce. Według raportu PARP *The game industry of Poland – report 2023*, przychody branży gamingowej w kraju w 2022 r. wzrosły o 11% r/r i wyniosły 1,286 mld euro (ok. 6 mld zł wg ówczesnego przelicznika), co dało prawdopodobnie ok. 8 miejsce w Europie. W ciągu 5 lat obroty branży zwiększyły się o 250%.

¹⁰⁰ https://www.parp.gov.pl/storage/publications/pdf/BKL_sektor_IT_raport-branzowy-2020_04_03.pdf (dostęp: 17.07.2023).

¹⁰¹ <https://mamstartup.pl/polskie-startupy-ktorej-zajmujecie-sie-cyberbezpieczenstwem-zobacz-mape-przygotowana-przez-pfr-pfr-ventures-i-infoshare/> (dostęp: 17.07.2023r.).

¹⁰² <https://www.nask.pl/pl/aktualnosci/4280,Produkty-NASK-z-nagroda-Lider-Bezpieczenstwa-Panstwa.html> ; <https://fldx.pl/> (dostęp: 17.07.2023).

¹⁰³ <https://pfrsa.pl/aktualnosci/polski-sektor-cyberbezpieczenstwa-poznaj-startupy-ktore-poprawiaja-bezpieczenstwo-w-sieci.html> (dostęp: 17.07.2023).

W 2022 roku działało w Polsce 494 producentów i wydawców gier, a w sektorze pracowało 15,3 tys. osób, to jest o 16% więcej niż rok wcześniej (2 – 3 miejsce w Europie, czyli istnieje nadal potencjał do poprawy pozycji pod względem przychodów z eksportu).

Patrząc na technologie o dużym potencjale rozwojowym w przyszłości należy zwrócić uwagę na **technologie kwantowe**. Aktualnie jednym z najważniejszych obszarów aktywności są prace przy opracowaniu komputera kwantowego w ramach European High Performance Computing Joint Undertaking – EuroHPC JU (tj. Europejskie Wspólne Przedsięwzięcie w dziedzinie Obliczeń Wielkiej Skali). W drodze konkursu wyłonione zostało sześć lokalizacji w całej Unii Europejskiej, które zostaną właścicielami i operatorami pierwszych komputerów kwantowych (Czechy, Niemcy, Hiszpania, Francja, Włochy i Polska). Celem przedsięwzięcia EuroQCS (European Quantum Computing and Simulation), o łącznej wartości 100 mln euro, jest umieszczenie na terenie tych krajów komputerów kwantowych i ich integracja z systemami superkomputerowymi. Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe (PCSS) afiliowane przy Instytucie Chemii Bioorganicznej PAN w Poznaniu jest koordynatorem i inicjatorem polskiego projektu (Euro QCS-Poland), a jednocześnie miejscem instalacji systemu. W konsorcjum projektowym z Polski uczestniczą także Centrum Fizyki Teoretycznej PAN oraz firma Creotech Instruments S.A., która dostarczy ważne komponenty komputera - specjalistyczną elektronikę kontrolno-pomiarową w infrastrukturze polskiego komputera kwantowego integrowanego z infrastrukturą superkomputera PCSS w Poznaniu. Creotech Instruments to wiodąca w Polsce spółka tworząca specjalistyczną elektronikę na potrzeby rynku kwantowego. Firma od 2019 roku współtworzy najbardziej zaawansowany na rynku ekosystem sprzętowy do kontroli kubitów Sinara, opracowywany wspólnie z wiodącymi grupami badawczymi, m.in. z Uniwersytetem w Oxfordzie. Zaangażowana jest również w powstanie pierwszego dużego komputera kwantowego dla Komisji Europejskiej. Celem tego międzynarodowego przedsięwzięcia jest budowa 100-kubitowego komputera kwantowego do 2025 roku oraz uzyskanie gotowości technologicznej do budowy 1000-kubitowego rozwiązania do 2029 roku.

Prace nad technologiami kwantowymi i zaangażowanie w nie podmiotów z Polski wynika bezpośrednio z faktu udziału Polski w międzynarodowej (unijnej - koordynowanej przez KE) inicjatywie Quantum Technologies Flagship – tj. długoterminowej inicjatywie badawczej i innowacyjnej, której celem jest umieszczenie Europy na czele drugiej rewolucji kwantowej.



Kluczowe kompetencje/kwalifikacje

	Kluczowe obecnie kompetencje/ kwalifikacje	Kluczowe kompetencje/ kwalifikacje przyszłości
Wiedza teoretyczna	1. Znajomość języków programowania 2. Posiadanie specjalistycznej wiedzy z zakresu wytwarzania oprogramowania 3. Znajomość technologii chmurowych 4. Znajomość zasad tworzenia i wykorzystania baz danych oraz systemów zarządzania nimi 5. Znajomość zasad projektowania baz danych 6. Posiadanie aktualnej wiedzy o specyfice cyber zagrożeń	1. Znajomość języków programowania 2. Znajomość technologii chmurowych 3. Znajomość zasad projektowania baz danych oraz sposobów analizy danych 4. Posiadanie specjalistycznej wiedzy z zakresu wytwarzania oprogramowania

	Kluczowe obecnie kompetencje/ kwalifikacje	Kluczowe kompetencje/ kwalifikacje przyszłości
	7. Posiadanie wiedzy z obszaru bezpieczeństwa sieci, systemów operacyjnych, baz danych, rozwiązań chmurowych i oprogramowania 8. Posiadanie wiedzy o sposobach i mechanizmach zapewnienia cyberbezpieczeństwa 9. Znajomość aktualnych trendów i uwarunkowań rynkowych oraz dobrych praktyk w stosowaniu różnych rozwiązań 10. Znajomość technologii związanych z rachunkiem prawdopodobieństwa i statystyką	5. Posiadanie wiedzy nt. przetwarzania języka naturalnego, NLP 6. Znajomość rozwiązań projektowych i narzędzi używanych w tworzeniu gier i aplikacji 7. Posiadanie wiedzy o sposobach i mechanizmach zapewnienia cyberbezpieczeństwa 8. Wiedza z zakresu fizyki i inżynierii kwantowej 9. Wiedza nt. możliwości i ograniczeń AI 10. Wiedza nt. sieci neuronowych, uczenia maszynowego 11. Wiedza z zakresu kryptografii kwantowej
Umiejętności praktyczne	1. Posiadanie umiejętności związane z produkcją kodu 2. Umiejętność pisania, analizowania, modyfikowania, rozbudowywania algorytmów oraz kodu oprogramowania 3. Posiadanie umiejętności pracy z danymi z różnych źródeł i o różnej strukturze 4. Posiadanie umiejętności analitycznych 5. Posiadanie umiejętności związanych z analizą, przetwarzaniem dużych zbiorów danych 6. Posiadanie umiejętności rozumowania badawczego 7. Posiadanie umiejętności pracy z bibliotekami data science i sztucznej inteligencji 8. Posiadanie umiejętności tworzenia, rozwijania algorytmów AI i ich kompletnej implementacji 9. Posiadanie zaawansowanych umiejętności w zakresie programowania ML, NLP, NLU oraz DL wykorzystywane do realizacji skalowalnych projektów z użyciem AI 10. Posiadanie umiejętności stosowania machine learning	1. Posiadanie zaawansowanych umiejętności w zakresie programowania ML, NLP, NLU oraz DL wykorzystywane do realizacji skalowalnych projektów z użyciem AI 2. Posiadanie umiejętności tworzenia, rozwijania algorytmów AI i ich kompletnej implementacji 3. Posiadanie umiejętności właściwego formułowania zadań, które AI ma wykonać 4. Posiadanie umiejętności wykorzystywania AI w innych procesach i zadaniach (np. na potrzeby programowania, zapewnienia cyberbezpieczeństwa) 5. Posiadanie umiejętności związanych z produkcją kodu 6. Posiadanie umiejętności analitycznych (w tym stosowanie big data, data science, zastosowanie AI i ML w analizie danych)

	Kluczowe obecnie kompetencje/ kwalifikacje	Kluczowe kompetencje/ kwalifikacje przyszłości
	11. Posiadanie umiejętności przeprowadzania testów bezpieczeństwa aplikacji oraz infrastruktury IT 12. Posiadanie umiejętności przywracania sprawności dla zaatakowanego systemu, programu, usługi	7. Posiadanie umiejętności związanych z analizą, przetwarzaniem dużych zbiorów danych 8. Umiejętność oceny jakości informacji 9. Umiejętność projektowania układów energoelektronicznych, prototypowania rozwiązań w oparciu o mikrokontrolery AI
Kompetencje społeczne (postawy)	1. Pomysłowość i kreatywność 2. Zdolność do szybkiego uczenia się 3. Krytyczne i analityczne myślenie 4. Zdolność do pracy zespołowej 5. Gotowość do brania na siebie odpowiedzialności 6. Umiejętność zarządzania czasem i terminowość 7. Samodzielna organizacja pracy i radzenie sobie w sytuacjach stresujących 8. Zdolność do wychodzenia poza schematy postępowania 9. Umiejętność "oduczania się" i otwartość na nową wiedzę	1. Zdolność do szybkiego uczenia się 2. Zdolność do wychodzenia poza schematy postępowania 3. Kreatywność 4. Krytyczne i analityczne myślenie 5. Zdolność do pracy zespołowej, w tym w interdyscyplinarnych zespołach 6. Postawy etyczne i empatia 7. Elastyczność

Kompetencje/kwalifikacje zostały uszeregowane w tabeli od najważniejszych – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców oraz badania delfickiego; kolorem zaznaczono kompetencje/kwalifikacje deficytowe – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców



Komplementarność i synergia między kluczowymi obszarami technologicznymi

W przypadku cyfryzacji niemal wszystkie obszary technologiczne uznać można za kluczowe – wynika to wprost z faktu rosnącego znaczenia transformacji cyfrowej we wszystkich niemal obszarach życia społecznego i gospodarczego. Wyjątkiem są technologie kwantowe oraz technologie immersyjne i gamingowe, które to można uznać za obszary wspomagające rozwój innych obszarów technologicznych. W przypadku technologii kwantowych można jednak założyć, że są to technologie, które w niedalekiej przyszłości staną się kluczowe (wraz z wprowadzaniem kolejnych innowacyjnych i rozwiązań).

Zastosowanie technologii **sztucznej inteligencji** jest kluczowe dla rozwoju i uzyskania efektów synergii w takich obszarach, jak:

- Systemy automatyzujące procesy w TSL;
- Broń precyzyjna i uzbrojenie, technologie wykorzystywane na polu walki, Technologie kosmiczne i satelitarne, Sensory i obserwacja; Platformy bezałogowe;

- Biotechnologia w rolnictwie, żywności i medycynie;
- Internet rzeczy, Technologie kwantowe, Cyberbezpieczeństwo;
- Technologie jądrowe, Efektywność energetyczna dla przemysłu;
- TIK w budownictwie;
- Precyzyjne rolnictwo, Innowacyjne środki kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin;
- Zrównoważone gospodarowanie zasobami wody, gleby, powietrza i bioróżnorodności, Inteligentne zarządzanie środowiskiem;
- Innowacyjne środki transportu, Innowacyjne systemy zarządzania transportem;
- Informatyczne narzędzia medyczne.

Głównym celem sztucznej inteligencji jest odtworzenie ludzkiego sposobu postrzegania rzeczywistości i reagowania na nią, a następnie wykroczenie poza właściwe im ograniczenia. Sztuczna inteligencja szybko stała się fundamentem innowacji. Będzie się nadal rozwijać się i znajdować zastosowanie w różnych dziedzinach, takich jak medycyna, przemysł, transport, rolnictwo, finanse, edukacja itd. Będzie odgrywać coraz większą rolę w optymalizacji procesów, podejmowaniu decyzji, diagnozowaniu chorób, automatyzacji zadań i wielu innych obszarach.

Zastosowanie technologii związanych z **gromadzeniem, przetwarzaniem i przesyłaniem danych** jest kluczowe dla rozwoju i uzyskania efektów synergii w takich obszarach, jak:

- Systemy automatyzujące procesy w TSL;
- Technologie kosmiczne i satelitarne, Sensory i obserwacja; Platformy bezzałogowe;
- Biotechnologia w rolnictwie, żywności i medycynie;
- Sztuczna inteligencja, Internet rzeczy, Technologie kwantowe, Technologie immersyjne i gamingowe, Geoinformacja, Cyberbezpieczeństwo;
- TIK w budownictwie;
- Precyzyjne rolnictwo, Innowacyjne środki kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin;
- Inteligentne zarządzanie środowiskiem;
- Innowacyjne środki transportu, Innowacyjne systemy zarządzania transportem.

Obecnie mamy do czynienia z sytuacją, w której coraz więcej różnego rodzaju obiektów – ludzi, urządzeń, instytucji, firm – funkcjonuje pozostawiając elektroniczne ślady. Są one gromadzone w bazach danych i stanowią specyficzny produkt. Stają się zasobem, którego umiejętne wydobycie i przetworzenie może okazać się niezwykle cenne dla biznesu, instytucji publicznych i poszczególnych osób.

Zastosowanie technologii związanych z **Internetem rzeczy** jest kluczowe dla rozwoju i uzyskania efektów synergii w takich obszarach, jak:

- Sensory i obserwacja; Platformy bezzałogowe;
- Biotechnologia w rolnictwie, żywności i medycynie;
- Gromadzenie przetwarzanie i przesyłanie danych;
- TIK w budownictwie;
- Precyzyjne rolnictwo;
- Innowacyjne środki transportu, Innowacyjne systemy zarządzania transportem.

Internet rzeczy zapewni rozwój technologii z wyżej wskazanych obszarów. Powstające rozwiązania w tych obszarach wymagają zapewnienia odpowiedniego poziomu autonomiczności w zakresie gromadzenia i przesyłania w czasie rzeczywistym danych, których to z kolei odpowiednie przetwarzanie/analiza będzie kluczowe np. w procesie podejmowania decyzji.

Zastosowanie **technologii geoinformacyjnych** jest kluczowe dla rozwoju i uzyskania efektów synergii w takich obszarach, jak:

- Inteligentne maszyny rolnicze, Systemy automatyzujące procesy w TSL;
- Technologie jądrowe, Czyste technologie węglowe, Wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla;
- Precyzyjne rolnictwo, Innowacyjne środki kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin;
- Inteligentne zarządzanie środowiskiem.

Technologie z powyżej wskazanych obszarów wymagać będą precyzyjnej geolokalizacji do tego, by optymalnie wykorzystywać swoje możliwości i zwiększyć uzyskiwane efekty.

Zastosowanie **technologii cyberbezpieczeństwa** jest kluczowe dla rozwoju i uzyskania efektów synergii w takich obszarach, jak:

- Gromadzenie przetwarzanie i przesyłanie danych, Technologie kwantowe;
- Technologie jądrowe, Odporność i bezpieczeństwo systemów energetycznych, Efektywność energetyczna dla przemysłu;
- Inteligentne zarządzanie środowiskiem;
- Innowacyjne środki transportu, Innowacyjne systemy zarządzania transportem.

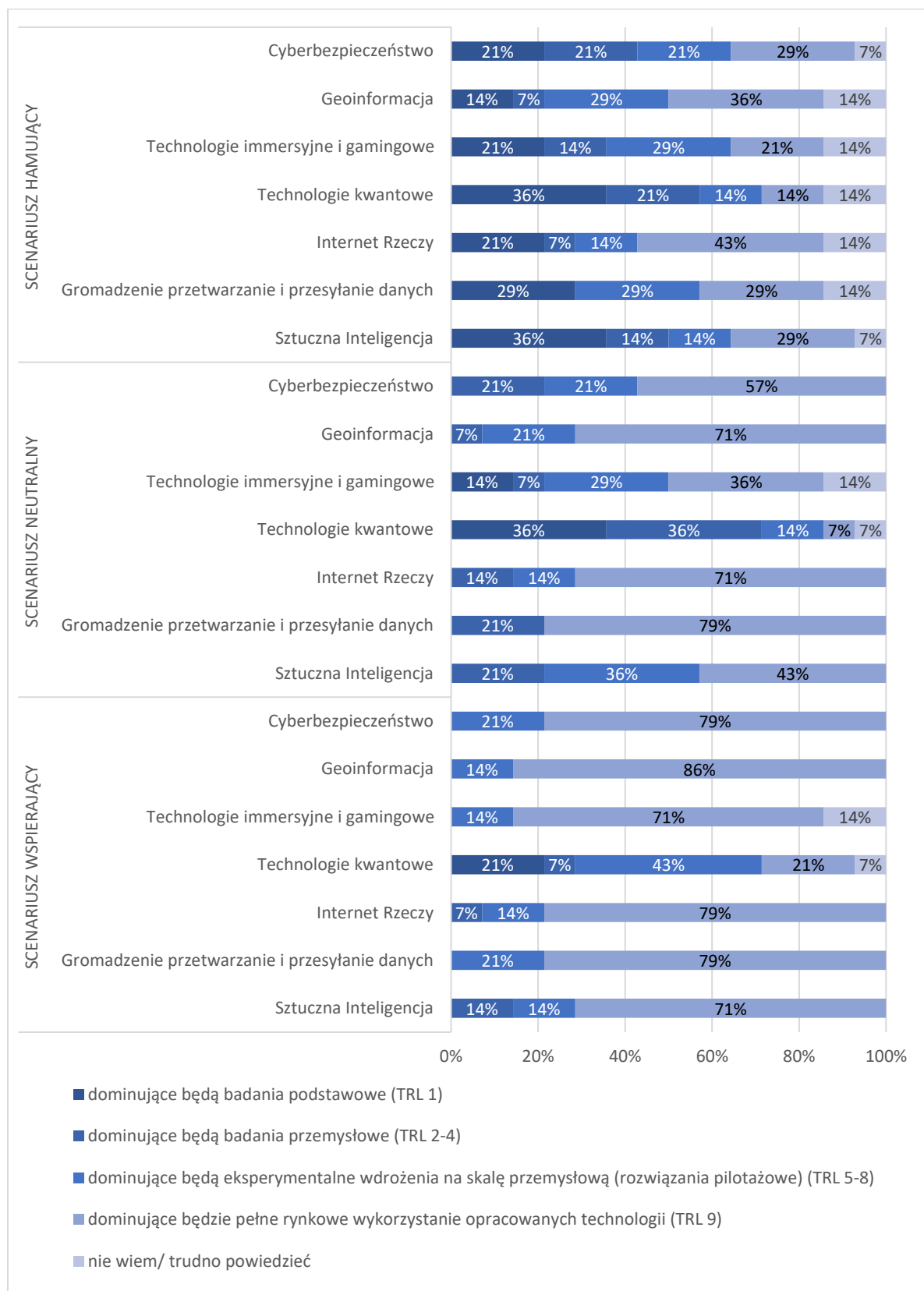
W przypadku technologii krytycznych dla bezpieczeństwa państwa oraz technologii gromadzących/przetwarzających dane wrażliwe czy dane kluczowe dla sprawnego funkcjonowania kraju istotne znaczenie ma kwestia zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa cyfrowego. Warto wspomnieć jednak, że technologie cyberbezpieczeństwa są ważne dla wszystkich rozwiązań, które są połączone z zewnętrzną siecią internetu.



Przewidywana ścieżka rozwoju obszarów do roku 2040

Przeprowadzona w ramach badania delfickiego ekspercka ocena poziomu gotowości technologicznej dla dziedziny CYFRYZACJA wskazuje na silny wpływ czynników hamujących bądź spowalniających rozwój kluczowych obszarów technologicznych. Zgodnie z opiniami ekspertów nastąpi w tym przypadku silniejsze ukierunkowanie na badania podstawowe, przede wszystkim w takich kluczowych obszarach technologicznych jak: Sztuczna inteligencja i Technologie kwantowe. Warto jednak podkreślić, że zdaniem ekspertów nawet w scenariuszu hamującym, w dwóch obszarach kluczowych dominować lub odgrywać znaczącą rolę będą eksperymentalne wdrożenia na skalę przemysłową (rozwiązania pilotażowe): Technologie immersyjne i gamingowe; Gromadzenie przetwarzanie i przesyłanie danych. Z kolei pełne rynkowe wykorzystanie opracowanych technologii dominować będzie w przypadku Internetu Rzeczy, Geoinformacji i Cyberbezpieczeństwa. Wynika to z szybkiego postępu rozwoju technologii cyfrowych, jaki obecnie ma miejsce. Dlatego też w scenariuszu neutralnym (zachowującym dotychczasowy status quo pod względem wspierania procesów innowacyjnych) w niemal wszystkich obszarach kluczowych dominować może – w ocenie ekspertów - pełne rynkowe wykorzystanie opracowanych technologii. Jedynym wyjątkiem będą prawdopodobnie technologie kwantowe – przede wszystkim z uwagi na początkowy etap ich rozwoju. W tym przypadku nadal dominować będą badania podstawowe i przemysłowe. Zakładając natomiast scenariusz wspierający – uwzględniający realizację działań w różny sposób wspierających rozwój innowacji technologicznych – widać, że we wszystkich obszarach (za wyjątkiem Technologii kwantowych) dominować będzie już wyłącznie pełne rynkowe wykorzystanie opracowanych technologii. W przypadku Technologii kwantowych dominujące będą zaś rozwiązania pilotażowe.

Wykres 6 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie CYFRYZACJA



Źródło: badanie delfickie, n=14.

Czynniki i uwarunkowania, w tym bariery, wpływające na rozwój kluczowych obszarów technologicznych

- Wysoki potencjał branżowy przedsiębiorstw (czynnik wzmacniający),
- Wysoki potencjał kompetencyjny przedsiębiorstw (czynnik obecnie wzmacniający) z tendencją malejącą w przyszłości – rosnący niedobór wysoko wykwalifikowanych specjalistów (czynnik silnie hamujący),
- Umiarkowany potencjał instytucjonalny i kompetencyjny jednostek naukowych (czynnik wzmacniający),
- Ograniczona współpraca sektora nauki z biznesem – obecny rozwój technologiczny dzieje się głównie po stronie firm, a do szybszego rozwoju przełomowych technologii cyfrowych potrzeba zaplecza silnych i interdyscyplinarnych zespołów akademickich (czynnik silnie hamujący),
- Przedłużający się brak odpowiednich zmian w systemie edukacji/ kształcenia w zakresie szeroko rozumianych kierunków informatycznych (czynnik silnie hamujący),
- Niechęć firm polskich do inwestowania własnych środków w innowacyjne (obarczone ryzykiem) rozwiązania (czynnik silnie hamujący),
- Dominująca i rosnąca wciąż rola międzynarodowych przedsiębiorstw w procesie tworzenia i rozwijania technologii (czynnik silnie hamujący),
- Niski poziom internacjonalizacji polskich technologii (czynnik silnie hamujący),
- Ulokowanie produkcji półprzewodników poza Europą, uzależnienie Europy od USA i krajów azjatyckich (czynnik hamujący),
- Brak angażowania instytucji publicznych w finansowanie przedsięwzięć z obszaru cyfryzacji, określanie strategii/kierunków rozwoju (czynnik hamujący),
- Niedostateczny dostęp do infrastruktury technologicznej w Polsce (np.: sieci 5G, chmury, architektury sieciowej) (czynnik hamujący).

Wyzwania i rekomendacje dla rozwoju kluczowych obszarów technologicznych:

- Zapewnienie odpowiednich zasobów (energii; infrastruktury teleinformatycznej i specjalistów IT).

REKOMENDACJA: Podejmowanie przez sektor publiczny działań inwestycyjnych mających na celu zapewnienie w kraju powszechnego dostępu do odpowiedniej infrastruktury teleinformatycznej (w tym sieci 5G, przestrzeni chmurowych – serwerów, wysokiej jakości architektury sieciowej).

- Zmiany w programach nauczania / kształcenia – w tym zapewnienie kadr, które będą uczyć odpowiednio zaawansowanej informatyki, programowania.

REKOMENDACJA: Wprowadzenie odpowiednich zmian w programach nauczania (począwszy od poziomu szkół podstawowych), których efektem będzie większy nacisk na kształcenie kompetencji cyfrowych, w tym umiejętności programowania oraz umiejętności analitycznych. Działanie to musi być poprzedzone zatrudnieniem wysoko wykwalifikowanej kadry nauczycieli informatyki, którzy będą odpowiadać za realizację tej części podstawy programowej.

- Tworzenie i dostosowywanie regulacji prawnych do rozwijanych technologii.

REKOMENDACJA: Utworzenie bazy ekspertów (w tym przedstawicieli świata nauki i biznesu działających w obszarze technologii z dziedziny CYFRYZACJI), którzy – w uzasadnionych przypadkach – pełnić mogliby rolę doradczo-konsultacyjną dla autorów/ pomysłodawców aktów prawnych (w tym projektów poselskich) mających szczególne znaczenie dla rozwoju

technologii z dziedziny CYFRYZACJI. Ponadto istotne będzie prowadzenie bieżącej oceny skutków tych regulacji oraz nowelizowanie ich na potrzeby dostosowywania do szybko postępujących zmian/ wyzwań technologicznych.

- Dookreślenie tego, jakie prace można zaliczyć do B+R w cyfryzacji.

REKOMENDACJA: Wypracowanie – na potrzeby konkursów w programach operacyjnych na lata 2021-2027 – przez MRiT w porozumieniu z innymi interesariuszami (np. PARP, NCBR, Grupa Robocza KIS 10) metodologii/ ekosystemu innowacji cyfrowej (stanowiących element/ narzędzie wsparcia w procesie weryfikowania/ oceny czy zakładane prace można zaliczyć do B+R w dziedzinie cyfryzacji).

- Wsparcie państwa w rozwoju innowacyjnych technologii cyfrowych (poprzez odpowiednie programy/ polityki publiczne/ generowanie popytu),

REKOMENDACJA: Wypracowanie jednoznacznych procedur/ przepisów w zakresie stosowania przez polskie instytucje publiczne zamówień przedkomercyjnych oraz zamówień na innowacyjne rozwiązania. W kolejnym kroku ważne będzie wypromowanie idei ich stosowania (zwiększenie świadomości zamawiających związane z potrzebą stosowania zamówień na innowacje, jak również rolą i efektami, jakie mogą one przynieść nie tylko jednostce sektora finansów publicznych, ale również społeczeństwu) oraz dostarczenie niezbędnej wiedzy w tym zakresie pracownikom instytucji publicznych, którzy mieliby je stosować w praktyce.

- Wzrost świadomości ogółu społeczeństwa na temat możliwości oraz realnych zagrożeń wynikających z rozwoju i stosowania nowych technologii cyfrowych.

REKOMENDACJA: Prowadzenie kampanii edukacyjnych o zasięgu ogólnokrajowym dotyczących nowych technologii i konkretnych rozwiązań – edukowanie w zakresie możliwych korzyści wynikających z ich wykorzystywania/stosowania oraz zagrożeń, jakie za sobą niosą i wzorów zachowań, które mogą im przeciwdziałać.

Kamienie milowe:

- Przyjęcie i zobligowanie do stosowania jednej definicji prac B+R w dziedzinie CYFRYZACJI,
- Zapewnienie odpowiednio doświadczonej kadry nauczycielskiej w szkołach podstawowych i ponadpodstawowych,
- Zwiększenie udziału osób kończących kierunki techniczne wśród wszystkich absolwentów uczelni,
- Rozstrzygnięcie wszystkich przetargów na sieć 5G – w efekcie zapewnienie na terenie całego kraju powszechnego dostępu do sieci 5G,
- Przyjęcie Strategii Chmurowej dla Polski. Dalszy rozwój i promowanie Systemu ZUCH,
- Uregulowanie zasad i procedur stosowania zamówień przedkomercyjnych i zamówień na rozwiązania innowacyjne.

Zalecenia w zakresie Krajowych Inteligentnych Specjalizacji:

- Zaleca się szersze uwzględnienie technologii kwantowych (przykładowo: komunikacja kwantowa, obliczenia kwantowe, metrologia kwantowa oraz symulacje kwantowe) w ramach KIS. W chwili obecnej jedna z technologii kwantowej jest wprost ujęta tylko w opisie KIS 9 (V. Systemy oraz sieci sensorowe i telekomunikacyjne: Optyczne urządzenia i systemy zapewniające bezpieczeństwo transmisji i/lub przetwarzania danych na poziomie warstwy fizycznej, w tym systemy kwantowej dystrybucji kluczy kryptograficznych).

5.7 Energia

W ramach ENERGIA zidentyfikowano następujące kluczowe obszary technologiczne:

- **Paliwa odnawialne i bioenergia**
- **Technologie jądrowe**
- **Technologie wodorowe**
- **Czyste technologie węglowe**
- **Odnawialne źródła energii (OZE)**
- **Technologie magazynowania i odzyskiwania energii**
- **Odporność i bezpieczeństwo systemów energetycznych**
- **Efektywność energetyczna dla przemysłu**
- **Wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla**



ENERGIA

Rynek energii z roku na rok zmienia się a globalne zapotrzebowanie na energię rośnie nieprzerwanie od ponad 150 lat, a warunkowane jest m.in. uprzemysłowieniem, urbanizacją oraz wzrostem jakości poziomu życia ludności. W perspektywie do roku 2050 zapotrzebowanie na energię może się podwoić w porównaniu do poziomu z roku 2000. Jednocześnie względy środowiskowe związane z przeciwdziałaniem zmianom klimatu wywołanym przez emisję gazów cieplarnianych (w tym dwutlenek węgla), wyczerpywanie się zasobów surowców energetycznych w kraju, kryzys energetyczny jak i decyzje polityczne związane z osiągnięciem neutralności energetycznej w perspektywie 2050 powodują konieczność przyspieszenia transformacji energetycznej w Europie oraz w kraju. Pociąga to za sobą zmianę miksu energetycznego i zmniejszenie wykorzystania węgla kamiennego i brunatnego a zwiększenie udziału mocy w niskoemisyjne źródła energii jak OZE, biopaliwa, wodór, energia jądrowa. Wyzwaniem technologicznym nie tylko w kraju staje się bilansowanie generacji energii z różnych źródeł oraz magazynowania energii z OZE. Trwają również poszukiwania zeroemisyjnych źródeł energii. Polska w ostatnich latach bierze aktywny udział w międzynarodowych gremiach i konsorcjach branżowych na rzecz budowy gospodarki wodorowej.

Kryzys energetyczny dotyka całej Europy. W każdym z krajów jest on podyktowany nie zawsze tymi samymi czynnikami. Jako element wspólny są wysokie koszty nośników energii, stanowiące następstwo nieoczekiwanych zmian społeczno-gospodarczych wywołanych względami pandemicznymi oraz zbrojnymi za wschodnią granicą i sankcjami na Rosję, głównego eksportera paliw kopalnych na rynek europejski. Konsekwencją obecnej sytuacji na europejskim rynku energii jest uzasadniona obawa braku mocy i pomimo udziału Polski w rynku energii pomiędzy państwami członkowskimi UE, a także państwami z bliskiego unijnego sąsiedztwa w obliczu własnych problemów energetycznych może oznaczać dla kraju coraz częstsze trudności w zbilansowaniu krajowego systemu elektroenergetycznego. Polska zatem również staje przed ryzykiem braku mocy w źródłach sterowalnych (jednostkach wytwórczych centralnie dysponowanych, JWCD) w nadchodzących latach i koniecznością dywersyfikacji miksu energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego i zniwelowania możliwości występowania okresowych braków energii w systemie. Niemniej dla utrzymania bezpieczeństwa energetycznego kraju produkcja z emisyjnych źródeł zostanie podtrzymana, ale z uwagi na rynek emisji i koszty z tym związane będzie wymuszało wdrożenie czystych technologii węglowych w synergii z procesem wychwyty, składowania lub wykorzystania dwutlenku węgla.

Istotne jest również zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii i konieczna jest unowocześnienie i dostosowanie do postępujących zmian technologicznych jak przemysł 4.0 i potrzeb związanych ze zmianą miksu energetycznego i możliwością szerszego włączenia w system energii pochodzących z odnawialnych źródeł energii jak i alternatywnych paliw. Wyzwaniem jest modernizacja, utrzymanie i

rozbudowa infrastruktury wytwórczej oraz infrastruktury sieciowej (przesyłu i dystrybucji), jak również zabezpieczenie systemów pod kątem cyberbezpieczeństwa. W dobie przemian i zachodzącej szerokiej informatyzacji i automatyzacji rozwój inteligentnych sieci elektroenergetycznych wspomaganych sztuczną inteligencją umożliwiać będzie efektywne zarządzanie i wykorzystanie energii oraz ograniczenie strat przy zachowaniu wysokiej jakości zasilania.

Transformacja energetyczna generuje szereg wyzwań a dostęp do czystej i zielonej energii związany jest z koniecznością wdrożenia nowych rozwiązań i technologii w wielu dziedzinach związanych z wytwarzaniem energii, przesyłem, dystrybucją, magazynowaniem oraz monitorowaniem i zarządzaniem sieciami, jak przemysł, transport, smartcity. Poprawa efektywności energetycznej staje się w obliczu zmian legislacyjnych i wzrostem cen energii i emisji kolejnym kierunkiem rozwoju technologicznego realizowanym w wielu aspektach w firmach jak niwelowanie strat energii, zmiana źródeł energii na efektywniejsze, produkcja własna energii, optymalizacja zużycia prądu.



Megatrendy silnie wpływające na obszary kluczowe

- Wzrost napięć międzynarodowych i politycznych
- Transformacja cyfrowa
- Postępująca urbanizacja, zwiększenie znaczenia miast
- Niekorzystne zmiany demograficzne
- Wzrost znaczenia wysokiej jakości życia
- Zmiany klimatu oraz zanieczyszczenie środowiska
- Kurcząca się dostępność surowców



Powiązanie obszarów kluczowych z celami strategicznymi na poziomie kraju i Europy

Transformacja energetyczną mającą na celu uniezależnienie się od emisyjnych paliw kopalnych a przejście na niskoemisyjne lub zeroemisyjne źródła energii wynika z rozstrzygnięć strategicznych powziętych zarówno przez ONZ i określone w *Agendzie na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju 2030* jak i Unię Europejską a przedstawioną m.in. w strategii *Europejski Zielony Ład*, która zakłada że w 2050 r. UE osiągnie zerowy poziom emisji gazów cieplarnianych netto a wzrost gospodarczy będzie oddzielony od wykorzystania zasobów naturalnych.

Na poziomie kraju energia, bezpieczeństwo energetyczne, innowacyjność technologii energetycznych, transformacja w kierunku zeroemisyjnej gospodarki poruszana jest w szeregu krajowych dokumentach strategicznych. Nadrzędnym dokumentem w tym obszarze tematycznym jest *Polityka Energetyczna Państwa 2040*, która to stanowi wkład w realizację Porozumienia paryskiego zawartego w grudniu 2015 r. podczas 21. konferencji stron Ramowej konwencji Organizacji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (COP21) z uwzględnieniem konieczności przeprowadzenia transformacji w sposób sprawiedliwy i solidarny. PEP2040 wyznacza ramy transformacji energetycznej w Polsce oraz zawiera strategiczne przesądzenia w zakresie doboru technologii służących budowie niskoemisyjnego systemu energetycznego. PEP2040 wykazuje wzajemne relacje pomiędzy sektorem energii a produktywnością gospodarki oraz wizją rozwoju kraju. Silne powiązania występują m.in. ze *Strategią odpowiedzialnego Rozwoju*, *Polityką ekologiczną państwa 2030*, *Strategią produktywności i Krajową Strategią Rozwoju Regionalnego 2030*, *Krajowym Programem badań*, *Krajową Strategią Rozwoju Regionalnego 2030*, *Strategią Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 r.*, jak również *Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do 2040 r.*



Regiony wspierające kluczowe obszary technologiczne w ramach RIS



- 1 - Paliwa odnawialne i bioenergia
- 2 - Technologie jądrowe
- 3 - Technologie wodorowe
- 4 - Czyste technologie węglowe
- 5 - Odnawialne źródła energii (OZE)
- 6 - Technologie magazyn. i odzyskiwania energii
- 7 - Odporność i bezp. systemów energetycznych
- 8 - Efektywność energetyczna dla przemysłu
- 9 - Wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla

Kluczowe obszary technologiczne w dziedzinie ENERGIA wspierane są w ramach RIS w całym kraju, z tym że w regionach: łódzkie, śląskie, opolskie, małopolskie, pomorskie, świętokrzyskie, została wyodrębniona specjalizacja energetyczna.

Natomiast pośrednio m.in. efektywność energetyczna, zwiększenie wykorzystania OZE, magazynowaniem i odzyskiwaniem energii została uwzględniona w województwach: dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, lubelskim, lubuskim, mazowieckim, podkarpackim, podlaskim, wielkopolskim, zachodniopomorskim, warmińsko-mazurskim.



Przykłady technologii

Kluczowe obszary technologiczne	Technologie rozwinięte (wysoki stopień gotowości technologicznej)	Technologie przyszłościowe (wczesny etap rozwoju)
Paliwa odnawialne i bioenergia	• biopaliwa I generacji • paliwa syntetyczne • biomasa • biogaz rolniczy • technologia zgazowania paliwa alternatywnego RDF • reaktor KAJOT do zgazowywania biomasy • uprawa roślin energetycznych • spalanie odpadów	• biometan i biopaliwa II generacji • paliwa syntetyczne • paliwo hybrydowe typu RMD 80 • technologia zgazowania paliwa alternatywnego RDF • rośliny o podwyższonym wychwycie CO₂
Technologie jądrowe	• elektrownie jądrowe IV generacji • reaktory wodne ciśnieniowe PWR (ang. pressurized water reactor) • reaktor lekkowodny wrzący BWR (ang. boiled water reactor) • reaktory wysokotemperaturowe chłodzone gazem HTGR (ang. high temperature gas-cooled reactors)	• duże elektrownie jądrowe • fuzja jądrowa (reaktor fuzyjny) • fuzja termojądrowa (reaktor termojądrowy) • reaktory powielające jak reaktor prędkości chłodzony gazem GFR (ang. gas-cooled fast reactor) • reaktory wysokotemperaturowe

		chłodzone gazem HTGR (ang. high temperature gas-cooled reactors) • mikroreaktory jądrowe • reaktory małoskalowe SMR (ang. small modular reactors)
Technologie wodorowe	• elektrolizery i ogniwa wodorowe • produkcja wodoru z metanu / reforming metanu • napędy i spalanie wodoru • systemy transportu wodoru	• instalacje wyspowe produkcji wodoru na małą (lokalną) skalę • konwersja wodoru do paliw o wysokim cieple spalania • magazyny wodoru (np. w postaci stałej) • odwracalne ogniwa paliwowe • elastyczne wielkoskalowe elektrolizery i ogniwa • przetwarzanie chemiczne - amoniak • transport wodorowy • ekologiczna produkcja wodoru • okołoenergetyczne technologie redukcji emisji CO₂ np. w przemyśle cementowym, zielona stal
Czyste technologie węglowe	• spalanie z sekwestracją dwutlenku węgla (CCS) • technologia bloku gazowo-parowego ze zintegrowanym zgazowaniem paliwa IGCC • parowe bloki energetyczne na parametry nadkrytyczne • ultrakrytyczne bloki węglowe • zgazowanie węgla z sekwestracją dwutlenku węgla (CCS) • zgazowanie w atmosferze powietrza i/lub tlenu • siłownie z kotłami fluidalnymi	• zgazowanie węgla z sekwestracją dwutlenku węgla (CCS), w tym podziemne • super nadkrytyczne technologie spalania w temperaturze ponad 700C • wykorzystanie węgla w branżach poza energetyką
Odnawialne źródła energii (OZE)	• fotowoltaika, ogniwa PV, perowskity • kolektory słoneczne dla ciepła • turbiny wiatrowe • predykcja generacji energii	• PV o wysokiej sprawności • ogniwa perowskitowe o podwyższonych parametrach użytkowych • technologia wykorzystująca siłę pływów morskich • mikrosieci • AI w modelowaniu prognozowaniu i koordynowaniu popytu na OZE
Technologie magazynowania i odzyskiwania energii	• alternatywne baterie dla litowo-jonowych, generatory prądu stałego • elektrownie-szczytowo-pompowe	• magazyny energii cieplnej - materiały zmiennofazowe • długookresowe magazyny energii elektrycznej

	• hybrydowy system magazynowania energii HESS (ang. hybrid energy storage system) • baterie LFP, LTO • wodne magazyny ciepła • magazyny sodowe • magazyny sieciowe z przepracowanych baterii EV • przydomowe magazyny energii	• magazyny długoterminowe ciepła i sezonowe • magazynowanie ciepła w solach • pompy ciepła • roztwory soli stopionej • superkondensatory • ogniwa paliwowe, w tym wodorowe • wielkoskalowe magazyny energii
Odporność i bezpieczeństwo systemów energetycznych	• cyfrowa infrastruktura energetyczna, kablowe sieci dystrybucyjne • dywersyfikacja źródeł energii • praca wyspowa • rozproszone systemy sterowania konsumpcją i generacją energii • cyberbezpieczeństwo systemów OT (ang. operational technology) • oprogramowanie sterujące/zabezpieczające polskich firm • inteligentna sieć energetyczna - smart grid • sterowanie systemem z wykorzystaniem źródeł regulacyjnych	• elastyczny system podaży-popytu • lokalne obszary bilansowania • inteligentna sieć energetyczna - smart grid • wirtualna elektrownia VPP (ang. virtual power plant)
Efektywność energetyczna dla przemysłu	• źródła OZE: fotowoltaika, pompy ciepła, • oświetlenie LED • technologie wykorzystania ciepła odpadowego • systemy agregujące różne formy energii • poprawa izolacyjności cieplnej • poprawa sprawności przetwarzania energii • inteligentne systemy sterowania • materiały z funkcją magazynowania energii elektrycznej	• zdekarbonizowane technologie energetyczne • energoelektronika w technologii SiC oraz GaN • sieci elektroenergetyczne DC • materiały zmiennofazowe - magazynowanie ciepła i chłodu • napędy o zmniejszonym zużyciu energii • technologie obniżania jednostkowego zużycia energii
Wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla	• Sekwestracja dwutlenku węgla CCS (ang. carbon capture and storage) • metody polimerowe wychwyty • technologie kriogeniczne wychwyty CRYOCAP • składowanie w kawernach • technologie aminowe / wykorzystanie CO₂ we wspomaganiu wydobywania węglowodorów	• bezpośredni wychwyt z powietrza • technologie membranowe • przerób na inne związki chemiczne • sekwestracja z zagospodarowaniem dwutlenku węgla CCS/U



Przykłady praktycznych zastosowań technologii kluczowych

Kluczowe obszary technologiczne jak czyste technologie węglowe, magazynowanie energii, OZE ze względu na lokalizację jednostek wytwórczych energii w kraju wdrażane są w zależności od dostępności paliwa, charakterystyki lokalizacji (np. dostęp do wody chłodzącej), warunków do wyprowadzenia mocy oraz roli jednostki w systemie elektroenergetycznym. Ze względu na dostępność paliwa elektrownie zawodowe zlokalizowane są w południowej i centralnej części kraju, ale ze względu na zachodzące zmiany i wdrożenia OZE w systemie elektroenergetycznym postępują zmiany. Realizowane są projekty B+R zarówno z zakresu konwersji biomasy, węgla ujęcia metanu jak i o charakterze środowiskowym dla zmniejszenia presji środowiska, w tym na klimat oraz przyspieszenia transformacji sektora wydobywczego i energetycznego na niskoemisyjny. Na północy kraju ze względu na warunki wietrzności rozwijana jest morska energetyka wiatrowa oraz energetyka jądrowa. Prowadzone są inwestycje i działania przedinwestycyjne. W perspektywie kilku lat ma nastąpić budowa pierwszych bloków jądrowych, co wpłynie na zmiany społeczno-gospodarczej, lokalny rynek pracy i konieczność zapewnienia odpowiednich kadr i zaplecza badawczego. Jednocześnie w kraju wdrażane są rozproszone systemy wytwórcze bazujące na bioenergii i OZE podmiotów zbiorowych (np. klastrów energii i spółdzielni energetycznych) oraz indywidualne instalacje OZE.

Dodatkowo, w kraju perspektywnym kierunkiem rozwoju dziedziny ENERGII są technologie wodorowe, które aktualnie rozwijane są na terenie całego kraju. W kraju działają inicjatywy na rzecz budowy gospodarki wodorowej tzw. doliny i huby wodorowe. Aktualnie zostało powołanych 8 takich inicjatyw:

- Pomorska Dolina Wodorowa, Dolnośląska Dolina Wodorowa, Mazowiecka Dolina Wodorowa, Śląsko-Małopolska Dolina Wodorowa, Podkarpacka Dolina Wodorowa, Centralny Klaster Wodorowy im. Braci Łaszczyńskich, Wielkopolska Dolina Wodorowa, Zachodniopomorska Dolina Wodorowa¹⁰⁴ – wśród głównych interesariuszy można wyróżnić: PKN Orlen S.A., ARP S.A., Politechnika Śląska, Akademia Górniczo Hutnicza, KOMAG, PKP Energetyka S.A., Port Gdynia. Przedmiotem współpracy jest produkcja zielonego wodoru, napędy wodorowe w transporcie, infrastruktura (stacje ładowania wodoru), magazynowanie i bezpieczny transport wodoru (m.in. projekty Orlen S.A., Grupy Azoty S.A., Tauron S.A.). Inicjatywa jest silnie powiązana z kluczowym obszarem technologicznym jakim są technologie wodorowe.

Również technologie związane z zapewnieniem odporności i bezpieczeństwa systemów elektroenergetycznych oraz efektywności energetycznej przemysłu odnoszą się do całej kraju. Przez operatorów sieci realizowane są projekty B+R z zakresu m.in.:

- nowej generacji usług sieciowych na potrzeby OSD i OSP - projekt badawczy OneNet dofinansowany z programu Horizon 2020, realizowany przez PSE (powiązanie z obszarem - odporność i bezpieczeństwo systemów energetycznych),
- zrównoważonych i zintegrowanych systemów energetycznych - w ramach projektu SERENE, finansowanego z programu UE Horyzont 2020, zostaną opracowane oraz zademonstrowane opłacalne i zorientowane na konsumenta/prosumenta energii elektrycznej i ciepłej rozwiązania, umożliwiające miejscowym społecznościom zaspokojenie ich potrzeb energetycznych z lokalnych źródeł odnawialnych. Polską część tego międzynarodowego projektu koordynuje Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego Polskiej

¹⁰⁴ <https://arp.pl/pl/jak-dzialamy/doliny-wodorowe/> (dostęp: 17.07.2023).

Akademii Nauk i KEZO Centrum Badawcze w ścisłej współpracy z Gminą Przywidz, Energa-Operator SA oraz STAY-ON Storage Engineering (powiązanie z obszarem - odporność i bezpieczeństwo systemów energetycznych),

- zarządzania danymi z zaawansowanej infrastruktury pomiarowej – inicjatywa realizowana przez Tauron Dystrybucja (powiązanie z obszarem - Efektywność energetyczna dla przemysłu), czy
- systemów magazynowania energii jako elementu stabilizacji pracy sieci – inicjatywy realizowana przez Tauron Dystrybucja, m.in. w ESS Cieszanowice, ESS Góra Żar (powiązanie z obszarem - Technologie magazynowania i odzyskiwania energii).



Potencjał instytucjonalny, branżowy, kompetencyjny

Dziedzina ENERGIA w ujęciu działalności gospodarczej na tle innych sektorów gospodarczych jest działem gospodarki o wysokim potencjale gospodarczym bazującym na ogólnej ocenie potencjału instytucjonalnego, branżowego i kompetencyjnego oraz o wysokiej innowacyjności..

W kontekście **potencjału instytucjonalnego** należy zauważyć że dziedzina ENERGIA charakteryzuje się wysokim potencjałem, który jednak jest aktualnie słabnie (w ramach oceny zatrudnienia i liczby firm działających w obszarze ENERGI). Niemniej należy zauważyć, że w tej branży możemy zauważyć bardzo wysoką innowacyjność, co może świadczyć o chwilowo uśpionym potencjale – taka sytuacja nie wyklucza, że w najbliższym czasie analizowana branża może ponownie stać się liderem zmian i przewagą konkurencyjną Polski. Tutaj w szczególności należy wymienić obszary zgrupowane wokół odporności i bezpieczeństwa systemów energetycznych, efektywności energetycznej dla przemysłu, paliw odnawialnych i bioenergii oraz technologie przesyłu nośników energii.

Ocena **potencjału branżowego** dziedziny ENERGIA bazująca na analizie potencjału badawczo-rozwojowego, również potwierdza wysoki potencjał na tle innych branż i dziedzin. Jest to obszar o już istniejącym wysokim potencjale oraz o wspomnianej powyżej - wysokiej innowacyjności. Należy podkreślić, że najbardziej rokującymi podobszarami jest efektywność energetyczna dla przemysłu oraz czyste technologie węglowe, w tym karbochemia. Kolejnymi bardzo istotnymi obszarami będzie tutaj również odporność i bezpieczeństwo systemów energetycznych, paliwa odnawialne i bioenergia oraz technologie wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE).

W odniesieniu do kwot dofinansowania projektów B+R oraz całkowitej wartości wdrożeń wyników prac B+R realizowanych przy wsparciu publicznym w ramach projektów realizowanych w ramach POIR w latach 2014-2022, analiza wykazała, że wśród krajowych inteligentnych specjalizacji najsilniej skorelowanych z obszarem energia, kwota dofinansowania projektów B+R była największa w przypadku **KIS 6. Rozwiązania transportowe przyjazne środowisku** (ok. 5,1 mld zł) oraz **KIS 4. Wysokosprawne, niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii** (ok. 5 mld zł). Z kolei największe wartości wdrożeń wyników prac B+R prowadzonych przy wsparciu Programu dotyczyły **KIS 6. Rozwiązania transportowe przyjazne środowisku** (ok. 4,4 mld zł) oraz **KIS 7. Gospodarka o obiegu zamkniętym** (ok. 3,7 mld zł). W przypadku **KIS 9. Elektronika i fotonika** kwota dofinansowania projektów B+R oraz wartość wdrożeń wyników prac B+R prowadzonych przy wsparciu Programu były najniższe (kolejno ok. 2,5 mld zł oraz 1,2 mld zł).

Wydatki na B+R w obszarze energetyki są aktualnie na dużym poziomie, a ich dynamika zmian jest na przeciętnie dodatnim poziomie. Możemy tutaj zauważyć, że największe wzrosty wydatków występują w obszarach gospodarki (działy PKD) związanych z technologiami przesyłu nośników energii oraz bezpieczeństwem jądrowym. Dodatkowo, wysokie wzrosty są zgrupowane wokół wychwytywania i składowania dwutlenku węgla, metanu oraz na technologie magazynowania i odzyskiwania energii.

Analiza w odniesieniu do **zatrudnienia w B+R**, pozwoliła zaobserwować, że udział personelu związanego potencjalnie z obszarem ENERGIA, tj. **nauki inżynieryjne i techniczne** był zdecydowanie największy w latach 2016-2020 (40,1% w roku 2016 i 45,3% w roku 2020). Należy również podkreślić wysoki i rosnący udział personelu związanego z obszarem **nauk przyrodniczych** (17,9% w roku 2016 i 21,2% w roku 2020).

W ramach **potencjału kompetencyjnego** dziedzina ENERGIA oceniana jest na poziomie przeciętnym. Z raportu pn.: *Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii*¹⁰⁵ wynika, że analizowana dziedzina przyporządkowana jest do KIS 4. Wysokosprawne, niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii - który wpisał się w cały obszar technologii energetycznych. Przygotowano w nim umiarkowaną liczbę publikacji oraz ponad połowę technologii informacyjnych i komunikacyjnych, które, z kolei, charakteryzowały się dużą liczbą zgłoszeń patentowych. W omawianym KIS znalazły się też technologie środowiskowe, w których zaobserwowano wysoki udział i współczynnik specjalizacji zgłoszeń patentowych z Polski.

Zgłoszenia patentowe w latach 2010-2019 w obszarze **technologie energetyczne** wyniosły 17,49 per capita. Pozytywnie wyróżniającymi się obszarami technologicznymi pośrednio powiązanymi z obszarami energia pod względem liczby zgłoszonych patentów są **technologie chemiczne, technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej oraz technologie pomiarowe**. Z kolei pod względem liczby publikacji naukowych największy dorobek odnotowano w przypadku **technologii chemicznych, technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej oraz technologii informacyjno-komunikacyjnych**. W przypadku technologii energetycznych liczba publikacji naukowych na 1 mln mieszkańców wyniosła 167,10 na podstawie danych z bazy WOS¹⁰⁶ oraz 52,5 na podstawie danych bazy MAG¹⁰⁷.

Na podstawie Raportu PARP *SMART SKILLS – ewaluacja potencjału i możliwości rozwoju kwalifikacji dla inteligentnej gospodarki*¹⁰⁸ – w przypadku analizowanej dziedziny występuje średnia luka kompetencji wśród pracowników inżynieryjnych, B+R, pracowników fizycznych, w szczególności w zakresie kwalifikacji: związanych z obsługą maszyn, pracami fizycznymi, kierowniczych/zarządczych, w zakresie znajomości języków obcych oraz marketingu i sprzedaży. W dziedzinie tej zauważalna jest wysoka rotacja, która z uwagi na wysoki poziom zapotrzebowania na tego rodzaju kadrę prowadzi do rywalizacji pracowników między przedsiębiorstwami, emigrację kadr, dodatkowymi czynnikami niedoborów są brak zastępowalności pokoleniowej, niewystarczająca liczba absolwentów/szkół oraz niedostosowanie programów nauczania ze względu na niewystarczającą współpracę przedsiębiorstw z uczelniami.

Analiza potencjału, pomimo wysokiej oceny zarówno z kontekście instytucjonalnym jak i branżowym wykazuje istotne nisze warunkujące kierunki polskiego rozwoju gospodarczego do których można zaliczyć: mikrogeneracja, w tym mikrogrid, mikroturbiny wiatrowe, nowe technologie bateryjne, samowystarczalne energetycznie zakłady przemysłowe, technologie materiałowe do budowy urządzeń (np. włókna szklane do budowy turbin wiatrowych). W przypadku potencjału kompetencyjnego należy zwrócić uwagę na istniejące luki oraz wysoką rotację, która mogą spowodować spadek produktywności przedsiębiorstw działających w analizowanym obszarze.

¹⁰⁵ Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii, Ośrodek Przetwarzania Informacji – PIB oraz Uniwersytet Warszawski, 2022.

¹⁰⁶ Web of Sciences: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search> (dostęp: 20.03.2023).

¹⁰⁷ Microsoft Academic Graph: <https://makg.org/> (dostęp: 20.03.2023).

¹⁰⁸ SMART SKILLS – ewaluacja potencjału i możliwości rozwoju kwalifikacji dla inteligentnej gospodarki, IBC Group Central Europe Holding S.A oraz Centrum Badań Marketingowych INDICATOR, PARP, 2022.



Kluczowe obszary technologiczne	Podmioty publiczne	Przedsiębiorstwa
Paliwa odnawialne i bioenergia	• Białogardzki Klaster Energii • Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk • Instytut Technologii Paliw i Energii • Izba Gospodarcza Ciepłownictwo Polskie • Polskie Towarzystwo Elektrociepłowni Zawodowych • Sieć Badawcza Łukasiewicz – Warszawski Instytut Technologiczny, Górnośląski Instytut Technologiczny, • Unia Producentów i Pracodawców Przemysłu Biogazowego i Biometanowego	• Centrum Elektroniki Stosowanej „CES” Sp. z o.o. • DB ENERGY SA • Kogeneracja Zachód S.A. • MDI Energia S.A. • Spółki energetyczne i paliwowe jak Orlen S.A., Tauron S.A., PGE, Enea Bioenergia
Technologie jądrowe	• Główny Instytut Górnictwa - Śląskie Centrum Radiometrii Środowiskowej • Narodowe Centrum Badań Jądrowych • Państwowa Agencja Atomistyki • Sieć Badawcza Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny • Uniwersytet Warszawski	• APS Energia SA • Polskie Elektrownie Jądrowe sp. z o.o. • Energomontaż Północ Gdynia • Famet S.A. Kędzierzyn-Koźle • Orlen S.A. • Polimex Mostostal • Warbud, KMW Engineering, Gotech, • Zakłady Remontowe Energetyki (ZRE) Katowice S.A.
Technologie wodorowe	• Doliny wodorowe, m.in. Wielkopolska Platforma Wodorowa, Śląska Dolina Wodorowa, Dolnośląska Dolina Wodorowa • Instytut Nafty i Gazu - Państwowy Instytut Badawczy • Politechnika Gdańska - Centrum Wodorowe • Politechnika Poznańska • Politechnika Śląska • Politechnika Warszawska • Politechnika Wrocławska • Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu	• Agencja Rozwoju Przemysłu • Grupa Azoty S.A. • Hydro Sanok Sp. z o.o. • Hynfra P.S.A. • KGHM Polska Miedź S.A. • Orlen S.A. • ZE PAK S.A. - Zespół Elektrowni Pątnów-Adamów-Konin

Czyste technologie węglowe	• Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie • Główny Instytut Górnictwa – Centrum Czystych Technologii Węglowych • Instytut Energetyki - Instytut Badawczy • Instytut Technologii Paliw i Energii • Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla - Centrum Czystych Technologii Węglowych	• Elektrociepłownie systemowe jak PGE Energia Ciepła, TAURON Ciepło, Veolia Energia Warszawa, PEC w Suwałkach Sp. z o.o. • Elektrownie systemowe, m.in. PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A. • Spółki węglowe jak PGG S.A., JSW S.A.
Odnawialne źródła energii (OZE)	• Instytut Energetyki Rozproszonej Sp. z o.o. • Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN • Konwersja Energii i Źródła Odnawialne Centrum Badawcze PAN • Politechnika Gdańska - Centrum Morskiej Energetyki Wiatrowej • Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu • Uniwersytet Rzeszowski	• Baltic Power spółka z o.o. • Da Vinci Green Energy P.S.A. • Enea S.A. • ENGIE Zielona Energia • Grupa Insta Sp. z o.o. • LMV Group Sp. z o.o. • Saule Technologies • Tauron Polska Energia S.A. • Wind Service Sp. z o.o.
Technologie magazynowania i odzyskiwania energii	• Instytut Technologii Paliw i Energii • Politechnika Gdańska • Politechnika Lubelska • Politechnika Śląska • Politechnika Warszawska • Politechnika Warszawska - Instytut Techniki Ciepłej • Stowarzyszenie Magazynowania Energii	• ALPIQ ENERGY SE Warszawa • Axpo Polska Sp. z o.o. Warszawa • Energa Wytwarzanie z Grupy Orlen S.A. • E-ZPUE S.A. Katowice • Wings S.A. Gdańsk
Odporność i bezpieczeństwo systemów energetycznych	• Instytut Energetyki - Instytut Badawczy • Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN • Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk • Politechnika Śląska • Politechnika Wrocławska • Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Elektrotechniki	• ABB Ltd • Apator S.A. • EMCA S.A. • PGE Polska Grupa Energetyczna S.A. • Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A. • UESA Polska Sp. z o.o.

Efektywność energetyczna dla przemysłu	- Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii - Instytut Energetyki - Instytut Badawczy - Politechnika Gdańska - Politechnika Poznańska - Instytut Energetyki Ciepłej - Stowarzyszenie "Poszanowanie Energii i Środowiska" (SAPE-POLSKA) - Uniwersytet Warmińsko-Mazurski	- Apa Group - CEMEX Polska - Dalkia Polska - Lerta Poland Sp. z o.o. Poznań - PGE Ventures Sp. z o.o. - Veolia Poland
Wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla	- Centrum Energetyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie - Główny Instytut Górnictwa - Państwowego Instytutu Geologicznego - Politechnika Krakowska - Towarzystwo Gospodarcze Polskie Elektrownie	- Alfa Laval Polska Sp. z o.o. - Energopomiar Sp. z o.o. Gliwice - Grupy Enea - Łęczyńska Energetyka Sp. z o.o. - Lafarge Cementowni Kujawy - Orlen S.A. - PGE GiEK, - Tauron Wytwarzanie S.A.



Przewagi konkurencyjne w kontekście konkurencyjności międzynarodowej

Sektor energii podlega stałemu oddziaływaniu trendom technologicznym i biznesowym. Polska jest silnym i aktywnym członkiem wspierającym IEA i podejmowane są w kraju działania w zakresie przekształcenia systemu energetycznego na niskoemisyjny w oparciu o potencjał sektora B+R. Aktualnie potencjał technologiczny kraju oparty jest nie tylko na technologiach węglowych ale i również dotyczy dziedzin i sfer związanych z czystą energią. Do technologii tworzących krajowe przewagi można zaliczyć:

- czyste technologie węglowe połączonych z wychwytywaniem dwutlenku węgla i wytwarzaniem gazu, syngazu z wodoru i dwutlenku węgla jak i technologie spalania w warunkach nadkrytycznych, piroliza, zgazowanie węgla,
- paliwa biogazowe, kogeneracja,
- magazynowanie energii, w tym w szczególności ESP, baterie i szersze, systemowe ujęcie problematyki magazynowania,
- inteligentne sposoby zarządzania energią, w szczególności na poziomie lokalnym, gdzie działają klastry energetyczne i wspierają rozwój technologii w zakresie energetyki rozproszonej.

Potencjał do przewagi technologicznej zauważalny jest w obszarze technologii wodorowych, w tym elektrolizy membranowej jak i bezmembranowej). Polska jest 3 producentem wodoru na świecie, ale głównie wytwarza typ szary. Opracowanie metod produkcji, magazynowania i dystrybucji pozwoli zbudować gospodarkę wodorową, co jest głównym celem krajowej strategii w tej dziedzinie. W kraju w tym obszarze działa wiele dolin/hubów wodorowych zrzeszających zarówno jednostki naukowe jak i przedsiębiorstwa. Podmioty te aktywnie uczestniczą w międzynarodowych gremiach eksperckich pracujących na rzecz budowy gospodarki wodorowej, jak European Clean Hydrogen Alliance, Hydrogen Europe.

Polska uczestniczy w różnorodnych międzynarodowych zespołach badawczych przyczyniając się zarówno do rozwiązań technologicznych ale i szeregu inicjatyw w zakresie tworzenia rozwiązań systemowych, prawnych, politycznych dla rozwoju zielonej energii w Europie (TARGET-CE, MoRe: optymalny miks energetyczny dla obszaru wysp Wolin i Uznam, Baltic Smart Asset Management BSAM). W zakresie technologii można wymienić projekty obejmujące różnorodne zagadnienia: m.in. wychwytywanie CO₂: Go4ECOPlanet, magazynowanie CO₂: PilotSTRATEGY, łańcuch czystych technologii węglowych - inteligentne sieci wspomagające odmetanowanie kopalni węgla kamiennego MasterMINE, biometan: REGATRACE, magazynowanie: NorthSTOR+, zaawansowany magazyn gazu i CO₂ w akiferze AGaStor), HyStorIES.



Kluczowe kompetencje/kwalifikacje

	Kluczowe obecnie kompetencje/ kwalifikacje	Kluczowe kompetencje/ kwalifikacje przyszłości
Wiedza	1. Wiedza dziedzinowa z zakresu energetyki 2. Wiedza z zakresu metodyk badawczych obejmujących procesy badawcze i testowanie prototypów 3. Wiedza z zakresu najnowszych, wiodących technologii w sektorze energetycznym 4. Znajomość języków obcych (szczególnie angielskiego) - o minimum na poziomie B2 oraz słownictwa branżowego 5. Znajomość zasad i procedur projektowania oraz dobierania urządzeń i instalacji elektroenergetycznych 6. Wiedza z zakresu regulacji prawnych oraz innych standardów międzynarodowych, krajowych i branżowych 7. Wiedza z zakresu technologii informatyczno-komunikacyjnych (w tym najnowszych technologii) 8. Wiedza z zakresu bezpieczeństwa cyfrowego 9. Wiedza z zakresu rozwiązań sieciowych 10. Wiedza z zakresu metod planowania i zarządzania, w tym zwinnych metodyk pracy (agile, scrum, lean) 11. Wiedza z zakresu baz danych 12. Wiedza z zakresu systemów, oprogramowania, algorytmów uczenia maszynowego	1. Wiedza dziedzinowa z zakresu energetyki, jak: – biochemia, bioinżynieria, chemia, biotechnologia, synteza chemiczna – inżynieria procesowa – inżynieria jądrowa, fizyka jądrowa, – bezpieczeństwo technologii jądrowych, – synteza termojądrowafuzja termojądrowa – fizyka, termodynamika – inżynieria materiałowa – energoelektronika – nano-inżynieria, mechanika płynów 2. Wiedza z zakresu najnowszych, wiodących technologii w sektorze energetycznym, jak: – automatyka budynkowa – bezpieczeństwo technologii jądrowych – zagospodarowanie odpadów radioaktywnych – bezpieczeństwo wodorowe – bezpieczne przedłużanie żywotności bloków 500+ – zgazowanie węgla – utylizacja elementów farm wiatrowych, paneli PV – długookresowe magazynowanie energii elektrycznej – sposoby magazynowania energii

		– efektywność energetyczna budynków – automatyka budynkowa – znajomość technik załączania i magazynowania CO₂/chemicznego wykorzystania – regulacje prawne, rozbudowa sieci przemysłowych 3. Wiedza z zakresu systemów, oprogramowania, algorytmów uczenia maszynowego oraz – sztucznej inteligencji – systemów wbudowanych, cyfrowego przetwarzania sygnałów – bigdata – automatyki
Umiejętności	1. Umiejętność pracy z zaawansowanymi strumieniami danych 2. Umiejętność tworzenia nowych rozwiązań technologicznych 3. Umiejętność tworzenia nowych rozwiązań technologicznych, w tym wykorzystujących sztuczną inteligencję 4. Umiejętność wdrażania nowych technologii do użytku praktycznego / przemysłowego 5. Umiejętność wykonywania testów prototypów urządzeń i instalacji energetycznych 6. Umiejętność wyszukiwania informacji, danych z rozproszonych źródeł oraz weryfikacji ich rzetelności 7. Umiejętność doskonalenia i optymalizacji przebiegu procesów technologicznych 8. Umiejętność inicjowania i rozwijania współpracy środowiska branżowego, w tym środowiska naukowego, zmierzającej do transferu nowych rozwiązań w zakresie energetyki 9. Umiejętności matematyczne 10. Umiejętność zarządzania ryzykiem projektowym i wprowadzania działań łagodzących 11. Umiejętność tworzenia wzorców proekologicznych w procesach produkcyjnych	1. Umiejętność tworzenia nowych rozwiązań technologicznych, w tym: – umiejętności inżynierskie do budowy instalacji – obsługa produkcji i utylizacji paneli PV – zwiększenie mocy jednostkowych i sprawności – zmniejszenie strat przesyłowych i bilansowych 2. Umiejętność tworzenia nowych rozwiązań technologicznych wykorzystujących sztuczną inteligencję – modelowanie i tworzenie symulacji – efektywność przetwarzania informacji – kalkulowanie śladu węglowego ogniw – nowe podejście do magazynowania energii 3. Umiejętność wdrażania nowych technologii do użytku jak: – przedsiębiorczość – umiejętność stosowania metod zarządzania – umiejętność zarządzania procesami – obsługa zgazowania zintegrowanego z wychwytem CO₂ – prowadzenie ruchu bloków jądrowych

	12. Umiejętność realizacji projektów B+R	– rozwój infrastruktury paliw alternatywnych
	13. Umiejętność zarządzania projektem	– wykorzystanie odpadów
Kompetencje społeczne	1. Współpraca w grupie 2. Rozwiązywanie konfliktów 3. Myślenie analityczne, procesowe i krytyczne, nastawione na rozwiązywanie problemów 4. Zachowywanie tajemnicy zawodowej związanej z dostępem do informacji poufnych 5. Innowacyjność, kreowanie nowych rozwiązań 6. Poczucie odpowiedzialności za siebie, zespół i realizowane zadania 7. Elastyczność (aktualizowanie działań, perspektywy, planów, organizacja pracy) 8. Interdyscyplinarność 9. Asertywność (wytrwałe dążenie do celu, wywieranie wpływu, prezentowanie własnego stanowiska)	1. Interdyscyplinarność 2. Innowacyjność, kreowanie nowych rozwiązań

Kompetencje/kwalifikacje zostały uszeregowane w tabeli od najważniejszych – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców oraz badania delfickiego; kolorem zaznaczono kompetencje/kwalifikacje deficytowe – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców



Komplementarność i synergia między kluczowymi obszarami technologicznymi

Na rozwój obszarów kluczowych w dziedzinie ENERGIA kluczowy wpływ będą miały technologie dziedziny zarówno z zakresu cyfryzacji, robotyzacji i automatyzacji jak również biotechnologii, ochrony środowiska, transportu oraz bezpieczeństwa i obronności. To silne powiązanie wynika przede wszystkim z wieloaspektowych zagadnień związanych z energią, którą można rozpatrywać horyzontalnie – biorąc pod uwagę komplementarność i synergię między kluczowymi obszarami technologicznymi ale i również w kategorii zależności. Kwestie informatyczne istotne są szczególnie w przypadku kluczowego obszaru związanego z odpornością i bezpieczeństwem systemów energetycznych, efektywnością energetyczną dla przemysłu oraz magazynowaniem i odzyskiwaniem energii, natomiast odkrycia i rozwiązania z zakresu biotechnologii i surowcowe silnie wpływają na rozwój sektora paliw odnawialnych i bioenergii oraz technologii OZE. Technologie jądrowe wykazują zależność z technologiami z obszaru bezpieczeństwa i obronności oraz środowiskowego zawierającego aspekty GOZ i ochrony środowiska.

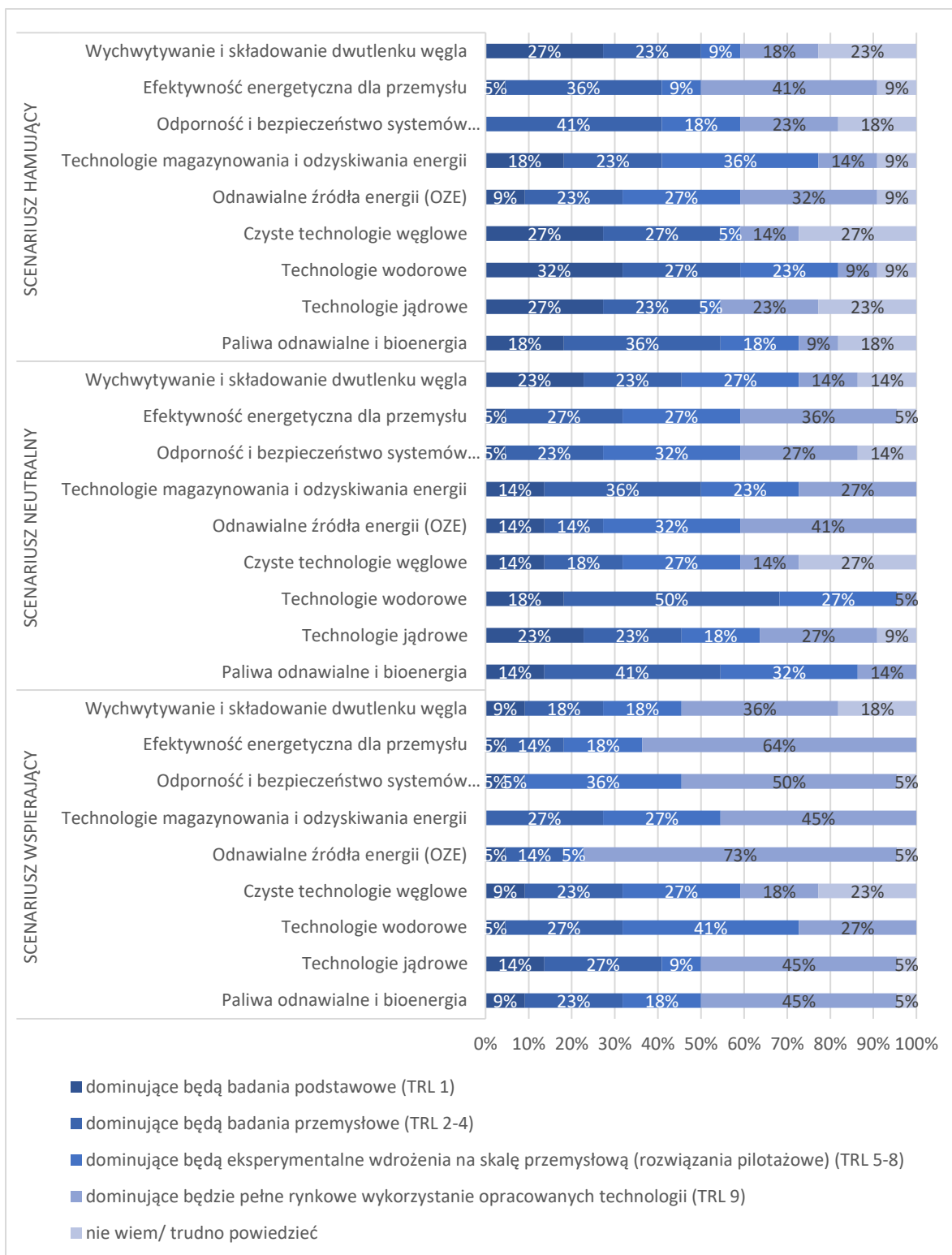


Przewidywana ścieżka rozwoju obszarów do roku 2040

Przeprowadzona w ramach badania delfi ekspercka ocena poziomu gotowości technologicznej dla dziedziny ENERGIA wskazuje, na silny wpływ czynników hamujących bądź spowalniających rozwój na kluczowe obszary technologiczne. Zgodnie z opiniami ekspertów w dziedzinie ENERGIA nastąpi w tym wypadku silniejsze ukierunkowanie na badania podstawowe, w szczególności w odniesieniu do nowych źródeł energii np.: technologie wodorowe ale i również technologie jądrowe oraz paliwa odnawialnych

i bioenergii. Niemniej jednak biorąc pod uwagę trwające procesy transformacji oraz zapotrzebowanie na energię w skali kraju rozwój technologii na etapie badań podstawowych konturowany będzie w zakresie czystych technologii węglowych i związane z nimi technologiami w zakresie wychwytywania i składowania dwutlenku węgla dla zachowania neutralnego bilansu CO₂.

Wykres 7 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie ENERGIA



Źródło: badanie delfickie, n=22

Dla tych dwóch technologii rynkowe zastosowania, pomimo znaczącego doświadczenia funkcjonujących w kraju ośrodków naukowych wskazano w małej skali, za wyjątkiem scenariusza wspierającego gdzie technologie wychwytu i składowania CO₂ znajdują szersze zastosowania w gospodarce (m.in. CCS i CCSU). W scenariuszu tym komercyjne wykorzystanie technologii jądrowych ze względu na obowiązującą politykę energetyczną oraz prowadzone działania powinno nastąpić po roku 2030 np. w związku z wdrażaniem małych reaktorów modułowych w technologii SMR przez spółki zainteresowane uniezależnieniem się od systemowych dostaw energii elektrycznej (m.in. spółki o profilu energetycznym, wydobywczym, chemicznym). W scenariuszu hamującym na wysokim poziomie dojrzałości technologicznej zidentyfikowano technologie związane z odnawialnymi źródłami energii i związane z nimi technologie magazynowania energii. Niemniej segment tego typu technologii wymaga kolejnej generacji rozwiązań na bardziej efektywniejszy co przekłada się na konieczność realizacji przede wszystkim badań przemysłowych i eksperymentalnych.

Scenariusz neutralny wskazuje, że podążając przyjętą trajektorią transformacji energetyki w Polsce oraz wymaganiami jakie stawia Europejski Zielony Ład i pakiet Fit for 55 przede wszystkim zdynamizowaniu ulegnie rynkowe wykorzystanie rozwiązań w zakresie technologii magazynowania i odzyskiwania energii oraz wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Ważnym aspektem wprowadzanych rozwiązań będzie poprawa odporności i bezpieczeństwa systemów energetycznych oraz poprawa efektywności energetycznej przemysłu, dla której można spodziewać się w najbliższych latach większej liczby projektów. Nie oczekuje się natomiast dużej zmiany w tempie rozwoju technologii wodorowych, których aplikowalność na przemysłową skalę będzie jeszcze ograniczona, m.in. ze względu na poziom dojrzałości oraz luki w regulacjach prawnych.

Wspierający scenariusz rozwojowy, a w szczególności znaczący wzrost środków na realizację polityki energetycznej zapewni pojawienie się nowych innowacyjnych technologii niemalże we wszystkich kluczowych obszarach technologicznych w dziedzinie ENERGIA. Zahamowane nieco zostaną badania podstawowe na rzecz wdrożeń eksperymentalnych i przemysłowych. Warto zauważyć, że scenariusz wspierający stawia pod znakiem zapytania rozwój technologii opartych na węglu, gdyż 1/5 respondentów nie potrafiła określić jak wyglądać będzie w tym przypadku ich dojrzałość technologiczna.

Czynniki i uwarunkowania, w tym bariery, wpływające na rozwój kluczowych obszarów technologicznych:

Na generowanie i wdrażanie innowacyjnych technologii z dziedziny ENERGIA wpływ mają następujące uwarunkowania:

- niedostateczne rozwiązania dla finansowania projektów B+R w zakresie energetyki – wybrane rozwiązania traktowane są jako inwestycje bardzo wysokiego ryzyka, w konsekwencji czego ich dostęp do finansowania jest ograniczony,
- niedostateczne stosowanie partnerstwa innowacyjnego (publiczno-prywatne) w zamówieniach publicznych,
- ostrożność w angażowaniu środków finansowych w B+R przez spółki Skarbu Państwa,
- dostępność i zaangażowanie prywatnego kapitału i możliwości inwestycyjne firm,
- brak rozwiązań legislacyjnych lub przedłużający się czas ich procedowania,
- niedobory w zasobach ludzkich i kompetencjach – braki wykwalifikowanej kadry,
- edukacja energetyczna społeczeństwa na każdym poziomie,
- niedobory surowców do budowy maszyn, urządzeń.

Wyzwania i rekomendacje dla rozwoju kluczowych obszarów technologicznych:

Dla procesów generowania i wdrażania innowacyjnych technologii z dziedziny ENERGIA kluczowe znaczenie mają następujące wyzwania i wynikające z nich zalecenia i rekomendacje:

- Optymalne i zrównoważone wykorzystanie dostępnych źródeł energii wraz z zapewnieniem bezpieczeństwa energetycznego kraju,
- Wzmocnienie istniejącego potencjału intelektualnego, kompetencji dla wsparcia, promocji i ochrony krajowych rozwiązań w polskiej gospodarce,
- Hamowanie odpływu specjalistów i innowatorów związanych ze zrównoważoną energią,
- Rozwój i wsparcie kompetencji w obszarach perspektywicznych na krajowym rynku energii,
- Rozwój technologii niskoemisyjnych i neutralnych klimatycznie,
- Wykorzystanie potencjału GOZ i energetycznego wykorzystania odpadów na poziomie lokalnym,
- Wzmacnianie potencjału w obszarach technologicznych mających obecnie przewagę na rynkach zagranicznych, m.in. poprzez automatyzację,
- Integracja technologiczna rozwiązań dla zrównoważenia dostaw energii i minimalizacji wpływu na środowisko.

Kamienie milowe:

- Mix energetyczny kraju zrównoważony potrzebami środowiskowymi i bezpieczeństwem energetycznym kraju,
- Uruchomienie programów finansowych nastawionych na wsparcie technologii dziedziny ENERGIA,
- Wycofanie bezpłatnych uprawnień do emisji w 2034 na mocy Fit for 55,
- Wprowadzenie zachęt fiskalnych (ulg podatkowych) na rzecz rozwoju technologii, w tym z dziedziny ENERGII,
- Powszechne stosowanie zielonych zamówień publicznych,
- Kampania edukacyjna dotycząca efektywności energetycznej oraz wyzwań technologicznych w dziedzinie ENERGIA.
- Pakiet aktów legislacyjnych wspierających rozwój rynku wodoru (m.in. ustawa o wspieraniu produkcji wodoru ze źródeł niskoemisyjnych),
- Budowa pierwszej w Polsce elektrowni jądrowej na Pomorzu z trzema reaktorami o mocy 1250 MW każdy,
- Nowe jednostki elektrowni szczytowo – pompowych ESP Tolkmicko (inwestor: Orlen S.A.) oraz ESP Rożnów II (inwestor: Tauron S.A.),
- Instalacje do produkcji niskoemisyjnego i odnawialnego wodoru, w tym elektrolizerów, wraz z infrastrukturą towarzyszącą w 2026 r.,
- Inteligentna infrastruktura elektroenergetyczna,
- Instalacje OZE realizowane przez społeczności energetyczne,
- Infrastruktura terminalowa offshore w 2026 r.,
- Wykorzystanie potencjału energetycznego GOZ na poziomie lokalnym,
- Wzmacnianie potencjału w obszarach technologicznych mających obecnie przewagę na rynkach zagranicznych, m.in. poprzez automatyzację,
- Wdrożenia w przemyśle zintegrowanych, niskoemisyjnych technologicznie rozwiązań dla zrównoważenia dostaw energii i minimalizacji wpływu na środowisko.

Zalecenia w zakresie Krajowych Inteligentnych Specjalizacji:

- Zaakcentowanie w opisie KIS 4 Zrównoważona energia obszaru technologie wodorowe dla międzybranżowego wsparcia i rozwoju innowacji w zakresie wytwarzania, magazynowania, transportu i wykorzystania wodoru, w szczególności zielonego
- Utworzenie otwartego katalogu technologii w opisie KIS 4 Zrównoważona energia dla możliwości rozszerzenia zakresu i włączenia pojawiających się nowych rozwiązań technologicznych odpowiadających na aktualne potrzeby branży.

5.8 Rolnictwo

W ramach ROLNICTWA zidentyfikowano następujące **kluczowe obszary technologiczne**:

- **Precyzyjne rolnictwo**
- **Gospodarka obiegu zamkniętego**
- **Produkcja żywności wysokiej jakości**
- **Innowacyjne środki kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin**



ROLNICTWO

Rolnictwo jest jednym z głównych działów gospodarki narodowej oraz najważniejszym elementem gospodarki żywnościowej. Rolnictwo w Polsce charakteryzuje się znacznym rozdrobnieniem gospodarstw, wysoką liczbą pracujących, niską rentownością gospodarstw rolnych, niską innowacyjnością, a także stosunkowo niskim zużyciem przemysłowych środków produkcji. Według danych GUS Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo miało 2,5% udział w tworzeniu PKB w Polsce w 2020 roku, a zatrudnienie w sektorze rolno-spożywczym wynosiło 9%. Dane ostatniego Spisu Powszechnego Rolnego 2020, pokazują powolne odchodzenie od rolnictwa tradycyjnego. W ciągu ostatnich 10 lat powierzchnia gruntów rolnych w Polsce zmniejszyła się o blisko 200 tys. ha. Liczba gospodarstw rolnych w Polsce zmniejszyła się o 13%. Zaś średnia powierzchnia gospodarstw wzrosła z 9,80 ha do 11,1 ha. Powolne zmiany oraz większa świadomość zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego oraz dostępu do wysokiej jakości pożywienia przy jednoczesnym minimalizowaniu negatywnego wpływu na środowisko naturalne i zwiększeniu wydajności rolnictwa, pozwoliło na wyodrębnienie kluczowych obszarów technologicznych.

Precyzyjne rolnictwo, to przede wszystkim poprawa wydajności rolnictwa, jak i zrównoważone wykorzystanie zasobów w produkcji rolnej. Precyzyjne rolnictwo, to zastosowanie nowych technologii i rozwiązań opartych na wykorzystaniu m.in. AI, IoT, *Smart Farming*. Dobrymi przykładami wykorzystania nowych technologii są: drony hybrydowe ekoSKY do oprysków i kontroli upraw, czujniki i systemy DSS do nawodnień rolniczych pozwalające na zoptymalizowanie zużycia wody, nanosatelity Światowid i KRAKsat wykorzystywane do teledetekcji w rolnictwie precyzyjnym, usługa FarmCloud i system RolnikON jako systemy zarządzania gospodarstwem, aplikacje ziBees czy system Bee HUB pomocne w pszczelarstwie do szybkiego reagowania na niekorzystne zjawiska w ulu.

Gospodarka obiegu zamkniętego w rolnictwie, to ograniczanie śladu węglowego, mądre zarządzanie odpadami rolnymi oraz właściwa kontrola cykli życia produktów rolniczych wraz z optymalnym wykorzystaniem surowców. W tym obszarze rozwijane są: technologie wytwarzania energii z odpadów np. biogaz, biometan lub biomasa, technologie energooszczędne sprzyjające ochronie środowiska, technologie ekologicznego nawadniania np. stosowanie wertykalnych miejskich szklarni z użyciem wody opadowej (farmy wertykalne, które wykorzystują zamknięty obieg wody pozwalający na zużywanie jej nawet do 90% mniej w porównaniu z rolnictwem tradycyjnym), technologie pasywnych

systemów gromadzenia ciepła, technologie innowacyjne zastosowania biomasy odpadowej – np. produkcja kartonu z włókien celulozowych ogórka i pomidora, biotechnologie w rolnictwie i hodowli, których celem jest poprawa wydajności rolnictwa, likwidacja głodu oraz ubóstwa i redukcja marnowania żywności.

Proces starzenia się społeczeństwa, przy coraz większej świadomości żywieniowej konsumentów, przyczynia się do wzrostu zainteresowania żywnością wysokiej jakości, sprzyjającą zachowaniu zdrowia i dobrego samopoczucia (żywność funkcjonalna). Stale rosnące zapotrzebowanie na zdrową żywność, rosnący popyt konsumpcyjny na produkty ekologiczne, odchodzenie od pewnych kategorii żywności, większa uwaga na kwestie redukcji marnowania żywności oraz wiedza o negatywnych skutkach środowiskowych wynikających z rolnictwa, pozwoliły na wyodrębnienie kolejnego kluczowego obszaru technologicznego, jakim jest produkcja żywności wysokiej jakości. W tym obszarze rozwijane są technologie: technologie minimalizujące stopień przetworzenia żywności (obróbka wysokimi ciśnieniami), technologie liofilizacji warzyw i owoców, technologie maksymalizujące udział naturalnych surowców (clean label), technologie minimalizujące zawartość alergenów, technologie produkcji żywności dla konkretnych grup konsumentów np. osoby starsze, niemowlęta, weganie, wegetarianie, technologie powstawania nowych rodzajów żywności (plant meat, cultured meat), technologie odzysku bioaktywnych składników z produktów ubocznych oraz ich zastosowania w finalnych przetworach spożywczych. Potencjał rozwojowy żywności wysokiej jakości dotyczy zarówno rynku globalnego, jak i krajowego, a zależy od zwiększania świadomości żywieniowej konsumentów oraz rozwoju badań składników bioaktywnych.¹⁰⁹

Zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego wiąże się ze zwiększeniem wydajności produkcji rolniczej poprzez stosowanie odpowiednich nawozów mineralnych, które uznawane są za jeden z głównych czynników plonotwórczych. Jednakże większa świadomość ekologiczna, dyrektywy Unijne związane z ochroną środowiska, podpisane zobowiązanie Polski w ramach HELCOM zmuszają do zmniejszenia emisji azotu, fosforu, potasu do wód Bałtyku. Dlatego też niezwykle ważny jest rozwój technologii innowacyjnych środków kształtowania żywności gleb i ochrony roślin np. technologie nawozów wzbogacanych mikrobiologicznie, technologie nawozów wzbogacanych w funkcjonalne dodatki (smart fertilizers - funkcjonalne dodatki, to mikroelementy w postaci kompleksów/ chelatów biodegradowalnych, inhibitorów ureazy i nityfikacji, hydrożeli oraz biostymulatorów, których celem jest zwiększenie efektywności działania nawozów poprzez lepsze gospodarowanie makroskładnikami i ograniczenie strat składników pokarmowych¹¹⁰), technologie nawozów organicznych i organiczno-mineralnych do poprawy jakości gleb, technologie produkcji biostymulatorów (nieorganiczne i oparte o kultury mikroorganizmów), technologie Orcal plus, bakterie strukturotwórcze, zaprawienie nasion.

Zagadnienia podjęte w kluczowych obszarach technologicznych są tematyką globalną, gdyż płynnie przenikają i uzupełniają się z megatrendami. Wzrost tempa życia i większa świadomość zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego stwarza wyzwania do rozwoju technologii minimalizujących stopień przetworzenia żywności, technologii maksymalizujących udział naturalnych surowców, technologii produkcji żywności dla konkretnych grup konsumentów. Globalne ocieplenie i większa dbałość o środowisko naturalne wzmacnia potrzebę wspierania technologii precyzyjnych w rolnictwie, jak również technologii wytwarzania innowacyjnych środków kształtowania żywności gleb i ochrony roślin. Kurczące

¹⁰⁹ Kopeć W., Mapa rozwoju rynków i technologii dla sektora żywności wysokiej jakości, dla PARP, 2019

¹¹⁰ Rusek P., Mapa rozwoju rynków i technologii dla sektora innowacyjnych nawozów przyjaznych dla środowiska, dla PARP, 2019

się zasoby surowców, jak również wody pitnej stanowią wyzwanie dla rozwoju gospodarki obiegu zamkniętego w celu minimalizowania strat oraz zwiększenia rentowności gospodarstw rolnych.



Megatrendy silnie wpływające na obszary kluczowe

- Globalizacja i deglobalizacja
- Wzrost znaczenia wysokiej jakości życia
- Zmiany klimatu oraz zanieczyszczenie środowiska
- Deficyt wody pitnej
- Rozwój zrównoważonego rolnictwa



Powiązanie obszarów kluczowych z celami strategicznymi na poziomie kraju i Europy

Zidentyfikowane obszary kluczowe ROLNICTWA wpisują się w większość analizowanych dokumentów strategicznych. W pierwszej kolejności warto wymienić szczególnie silne i bezpośrednie powiązania występujące z celami strategicznymi zawartymi w dokumencie *Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030*. Opisane są tam kwestie bezpieczeństwa żywnościowego, produkcji i promowania wysokiej jakości żywności, poprawy jakości życia, eliminacji głodu i redukcji marnowania żywności. Zapewnienie finansowania badań naukowych w dziedzinie rolnictwa i rozwoju technologii oraz banków genetycznych roślin i zwierząt hodowlanych wraz z rozwojem biotechnologii w obszarze żywności, w celu wzmocnienia zdolności produkcyjnych, jak również rozwój systemów zrównoważonej produkcji żywności i mechanizmów prężnego rolnictwa, umożliwiającego zwiększenie produkcji i wydajności. Zakładane cele pozwolą w znacznej mierze uzyskać zakładane rezultaty m.in. zmniejszyć do 2030 roku problem głodu, wyeliminować wszelkie formy niedożywienia, zapewnić powstanie systemów zrównoważonej produkcji żywności, poprawiając jednocześnie jakość gleby i gruntów. Kwestie spójnego i zrównoważonego podejścia do całego systemu żywnościowego, od produkcji żywności po ograniczenie marnotrawienia żywności, wymieniane są również w dokumencie *2021 Strategic Foresight Report*, dlatego też rozwój technologii w wyodrębnionych obszarach kluczowych będzie istotny w najbliższym czasie. Mocne zależności widoczne są również z celem strategicznym zrównoważonego rozwoju, dzięki któremu będzie możliwe rozwijanie technologii Internetu rzeczy (IoT) zwłaszcza w obszarach: monitorowania i zarządzania procesami w rolnictwie. Cel ten jest opisany w dokumencie *Strategic plan 2020-2024. DG research and innovation*. Kolejny z analizowanych dokumentów *Program Nowy Polski Ład* zawiera niezwykle ważne cele strategiczne, których nie można pominąć, a które mają silne zależności bezpośrednie, to Polska – nasza ziemia oraz zapewnienie finansowania i płynności dla przedsiębiorców. Cele te będą sprzyjać rozwijaniu nowoczesnych technologii w rolnictwie i w przemyśle rolno-spożywczym m.in. AI, rozwiązań Smart Farming, teledetekcji, mapowania oraz rozwoju rolnictwa precyzyjnego. W naszej ocenie nie można również zapomnieć o silnych powiązaniach występujących z celami tworzenia warunków dla wzrostu dochodów mieszkańców Polski oraz wzrostu wykorzystania surowców odnawialnych i biomasy w gospodarce, dzięki którym możliwe będzie rozwijanie technologii GOZ na obszarach wiejskich, jak również zaspokajanie potrzeb biznesowych w ramach GOZ, o czym jest mowa w *Strategii na rzecz odpowiedzialnego rozwoju*. Słabe pośrednie powiązanie dostrzeżone zostało z celami energetycznymi, gdyż technologie związane z wykorzystaniem odpadów rolniczych nie są wykorzystywane w dużej skali, ale mają potencjał rozwoju w dalszej perspektywie.



Regiony wspierające kluczowe obszary technologiczne w ramach RIS

Kluczowe obszary technologiczne w ramach dziedziny ROLNICTWO wspierane są w ramach RIS w



- 1 - Precyzyjne rolnictwo
- 2 - Gospodarka obiegu zamkniętego
- 3 - Produkcja żywności wysokiej jakości
- 4 – Innowacyjne środki kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin

województwach: warmińsko-mazurskim, podlaskim, mazowieckim, łódzkim, świętokrzyskim, małopolskim, opolskim, lubuskim. W województwie dolnośląskim skoncentrowano się na przedsiębiorstwach działających na rzecz produkcji żywności wysokiej jakości oraz środkach kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin. W województwach zachodnio-pomorskim i lubelskim nie wspierano projektów precyzyjnego rolnictwa jednakże nie oznacza to, że nie mogą one być wspierane w ramach rozwoju technologii przyszłości i technologii materiałowych. W województwie pomorskim i podkarpackim nie wspierano środków kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin. W województwie wielkopolskim i śląskim wspierano wszystkie obszary kluczowe poza produkcją żywności wysokiej jakości, czego wyjaśnieniem może być specyfika regionu i rozwiniętego przemysłu górniczego na Śląsku.



Przykłady technologii

Kluczowy obszar technologiczny	Technologie rozwinięte (wysoki stopień gotowości technologicznej)	Technologie przyszłościowe (wczesny etap rozwoju)
Precyzyjne rolnictwo	• Drony hybrydowe do oprysków i kontroli upraw • Aplikacja nawozów i środków ochrony w oparciu o analizy przestrzenne zasobów i stanu siedliska • Technologie mapowania pól • Technologie nawigacji/prowadzenia równoległego ciągników i maszyn • Technologie precyzyjnego nawadniania • Technologie wykorzystujące sensory umożliwiające monitorowanie produkcji • Technologie precyzyjne na bazie GPS zastosowane w siewnikach	• Digitalizacja rolnictwa • Rolniczy Internet rzeczy • Technologie precyzyjnego nasłoneczniania • Robotyzacja prac polowych • Technologie sensorów (glebowe, biologiczne i aerial imaging) • Systemy autonomicznego podejmowania decyzji w gospodarstwach rolnych • Technologie zdalne wykorzystujące drony • Technologie zdalnego monitorowanie chorób i szkodników

Gospodarka obiegu zamkniętego	• Technologia produkcji biodegradowalnych opakowań do przechowywania żywności • Biogazownie rolnicze • Technologie produkcji biogazu i kogeneracji biogazu • Technologie wykorzystania recyklatów w produkcji	• Technologie produkcji nowych biodegradowalnych polimerów (syntetycznych i bio) • Technologia pyrolizy w GOZ • Technologie recyklingu • Technologie magazynowania energii i samowystarczalność energetyczna • Technologie zagospodarowania obornika • Technologie zastępowania surowców nieodnawialnych w produktach
Produkcja żywności wysokiej jakości	• Farmy wertykalne (vertical farming) • Technologie nieinwazyjnego monitorowania jakości produktów rolnych • Technologie zwiększania zawartości substancji bioaktywnych w żywności • Technologie produkcji żywności funkcjonalnej, ekologicznej	• Technologie ekologicznej produkcji żywności i przetwórstwa • Technologie fizycznego wydłużania trwałości żywności • Technologie określania zawartości karotenów i tokoferoli • Technologie produkcji żywności bez dodatków syntetycznych i konserwantów • Technologie produkcji żywności o wysokich walorach żywieniowych dedykowanych konkretnym grupom konsumentów
Innowacyjne środki kształtowania żywności gleb i ochrony roślin	• Technologie produkcji Biopestycydów • Technologie produkcji Biostymulatorów (nieorganicznych i opartych o kultury mikroorganizmów) • Technologie produkcji nawozów organiczno-mineralnych (Orcal plus, bakterie strukturotwórcze, zaprawianie nasion) • Technologie produkcji nawozów z inhibitorami ureazy • Technologie systemów bezorkowych	• Technologie produkcji Bioherbicydów • Technologie produkcji Biostymulatorów (metabolity wtórne, syntetyczne konsorcja) • Technologie wykorzystania grzybów i grzybní w symbiozie z glebą i roślinami • Technologie produkcji Inteligentnych nawozów (otoczkowane, o spowolnionym działaniu) • Technologie produkcji biologicznych selektywnych środków ochrony roślin

- Technologie produkcji Stymulatorów/aktywatorów mineralnych



Przykłady praktycznych zastosowań technologii kluczowych

Postęp technologiczny w obszarze ROLNICTWO stwarza dostęp do praktycznych zastosowań, rozwijających się technologii, dla pojedynczych rolników w Polsce i na całym świecie. Rozwijające się technologie cyfrowe, takie jak teledetekcja z wykorzystaniem satelitów, bezzałogowe statki powietrzne (drony), Internet rzeczy (IoT), sztuczna inteligencja (AI) i przetwarzanie danych w chmurze zaczynają być bardziej przystępne dla pojedynczych podmiotów. Przykładami dobrych praktyk są:

- **Zaawansowane systemy pomiarowe IoT w zakresie ciągłego badania warunków pogodowych, wilgotności oraz dostępności minerałów w glebie** są narzędziem wspierającym rolników we wprowadzaniu ulepszonych praktyk regeneratywnych. Jest to rozwiązanie opierające się na specjalistycznym sprzęcie oraz oprogramowaniu proponowane przez polską innowacyjną firmę Atmesys Sp. z o.o. Połączenie odczytów z sensorów wraz z mikrobiologicznym badaniem gleby BIOTREX, to nowe podejście dostarczające rolnikom wskazówek dotyczących płodozmianu, optymalnych terminów sadzenia, zbiorów i zarządzania glebą. (Precyzyjne rolnictwo)
- **Polska aplikacja rolnicza Agro-Alarm** (Agrosimex Sp. z o.o.), która posiada przydatne funkcje, takie jak kalkulatory oprysków, agregat aktualności o nowościach w technice rolniczej i środkach ochrony roślin, o nowych odmianach oraz komunikaty dla sadowników o przymrozkach i innych zagrożeniach dla sadów owocowych i warzywnych. (Precyzyjne rolnictwo)
- **Polski start-up Nexbio** (NEXBIO Sp. z o.o.) opracował technologię, która potrafi przewidzieć pojawienie się choroby na uprawianych roślinach. Dzięki urządzeniu, można w sposób znaczący ograniczyć ilość stosowanych środków ochrony roślin. (Precyzyjne rolnictwo)
- **Polskie rozwiązanie SAT-AGRO** (SatAgro Sp. z o.o.), dzięki któremu bada się żyzność gleb na danym obszarze i jaką ilość nawozu należy zastosować w badanych miejscach w zależności od żyzności i jakości gleby. Przyczynia się to do osiągnięcia znacznych oszczędności. (Precyzyjne rolnictwo)
- **Nowoczesna platforma FarmCloud** (Agri Solutions Sp. z o.o.), łącząca wszystkie strony produkcji rolnej. FarmCloud centralizuje i umożliwia współpracę: producentów rolnych, firmy handlowo-usługowe, dostawców nowoczesnych technologii, konsumentów. Rolnicy otrzymują narzędzie do prowadzenia gospodarstwa i monitorowania upraw, firmy handlowo-usługowe aplikacje do budowania relacji z klientami, dostawcy technologii szybciej wprowadzają produkty na rynek, a konsumenci mają możliwość sprawdzenia pochodzenia żywności. Platforma FarmCloud, to dwie połączone danymi aplikacje: FarmPortal oraz AgriCRM. (Precyzyjne rolnictwo)
- **System RolnikON** (Polski Instytut Rolnictwa sp. z o.o.), który jest kompleksowym systemem dostępnym poprzez przeglądarkę internetową i dostępnym dla gospodarstw rolnych. Jego celem jest efektywne zarządzanie uprawą, materiałami, hodowlą, a co za tym idzie również energią i czasem użytkowników. Wspomaga zarządzanie historią pól, stadem, finansami, magazynem i maszynami. (Precyzyjne rolnictwo)
- **Technologia produkcji nawozów organiczno-mineralnych orcal plus** zaproponowana przez firmę Evergreen Solutions Sp. z o.o. Nowoczesne, inteligentne polskie produkty zawierają

unikatową formułę o potrójnym działaniu. Zawierają aktywny hydrat wapnia i substancję organiczną, dzięki czemu działają kompleksowo: odkwaszają glebę, poprawiają jej żyzność i zaopatrują rośliny w niezbędne składniki pokarmowe. Produkty powstają dzięki zastosowaniu opatentowanej innowacyjnej technologii wykorzystującej odpady. Technologia wpisuje się w politykę gospodarki obiegu zamkniętego. (Innowacyjne środki kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin)

- **System miejskich farm wertykalnych**, proponowany przez Listnycud / Future Friendly Farm Sp. z o.o. Uprawa roślin w zamkniętych pomieszczeniach, która jest ekologiczna, gdyż jest mniejsze o 90% zużycie wody niż w tradycyjnych uprawach i bez stosowania pestycydów. Dodatkowo uprawa w mieście ma prawie zerowy ślad węglowy (w odróżnieniu od produktów importowanych z zagranicy). (Gospodarka obiegu zamkniętego)
- **Program Think Green**, którego pomysłodawcą jest firma Coffee Service Sp. z o.o., jest to program, dzięki któremu dynamicznie rozwija się technologia produkcji opakowań z materiałów biodegradowalnych wyprodukowanych z surowców odnawialnych: kukurydzy, ziemniaków, drewna i trzciny cukrowej. (Produkcja żywności wysokiej jakości)

Zaprezentowane wyżej projekty są jednymi z wielu przykładów zastosowań innowacyjnych polskich technologii w praktyce.



Potencjał instytucjonalny, branżowy, kompetencyjny

Polska jest jednym z ważniejszych producentów żywności w Europie i ma wysoką przewagę konkurencyjną. Jednym z mierników potencjału jest wartość przychodów z eksportowanych towarów i usług, który odznacza się rosnącą dynamiką w badanym okresie 2016-2022. Należy jednak podkreślić, że jest to wartość sprzedaży wszystkich produktów i towarów, w tym inwentarza żywego, produktów pochodzenia zwierzęcego i produktów pochodzenia roślinnego.

- sekcja A Produkty rolnictwa, leśnictwa, łowiectwa i rybactwa oraz usługi wspomagające (wg podziału PKWiU) odznaczała się 2,06% udziałem w uzyskiwanych przychodach;
- eksport towarów i usług według nomenklatury CN Polska ma przewagę zauważalną w eksporcie w sekcjach I - Zwierzęta żywe; produkty pochodzenia zwierzęcego – 4,1% udział w przychodach ogółem, II - Produkty pochodzenia roślinnego – 2,5% udział w przychodach ogółem.

Przedsiębiorstwa działające w przemyśle rolno-spożywczym biorąc pod uwagę wskaźniki lokacji wartości dodanej, zatrudnienia, wskazują silny potencjał konkurencyjny.

- wartość wskaźnika lokacji wartości dodanej, w sekcji A Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo, wyniosła 1,41 (spadek o 16,2% w porównaniu z 2016 rokiem);
- wartość wskaźnika lokacji zatrudnienia, w sekcji A Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo, wyniosła 2,04 (spadek o 3,8% w porównaniu z 2016 rokiem).

Spadek wartości wskaźników jest odzwierciedleniem zmniejszania się liczby gospodarstw w Polsce, jak również skutków gospodarczych wywołanych przez pandemię COVID-19 i kryzysu wywołanego konfliktem zbrojnym na Ukrainie.

Polska ma dobrze rozwinięty przemysł spożywczy, który przyciąga inwestorów z całego świata. Należy podkreślić wysoki potencjał konkurencyjny Polski w przemyśle spożywczym (działy C10-C12).

- wartość wskaźnika lokacji wartości dodanej wyniosła 1,38 w 2020 roku (spadek o 20,1% w porównaniu z 2016 rokiem),;
- wartość wskaźnika lokacji zatrudnienia w przemyśle spożywczym była na stabilnym poziomie w ostatnich 3 latach i wynosiła 1,44 (spadek o 3,3% w porównaniu z 2016 rokiem).

Mimo widocznych spadków, należy podkreślić, że polskie produkty mięso, wędliny, sery czy też inne przetwory spożywcze odznaczają się wysoką jakością oraz smakiem, za co są cenione w kraju i zagranicą.

W obszarze ROLNICTWA działają również przedsiębiorstwa z branży chemicznej, które mają wysoki potencjał o rosnącej dynamice zatrudnienia. Wartość wskaźnika lokacji wyniosła 1,36 w 2020 roku (wzrost o 9,9% w porównaniu z 2016 rokiem). Wzrost zatrudnienia świadczy o potencjale konkurencyjnym i rozwoju tej sekcji gospodarki.

Wyznacznikiem rozwoju innowacyjności i przewag konkurencyjnych jest wprowadzanie innowacji produktowych w przedsiębiorstwach przemysłowych. Niezwykle chłonnym działem o silnym potencjale jest dział C20 Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych, w którego skład wchodzi produkcja nawozów, zaś mocny potencjał widoczny jest w dziale C10 Produkcja artykułów spożywczych.

- udział innowacji w 2021 roku, w dziale C20 Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych, wyniósł aż 54,5% i wzrasta z roku na rok,
- udział innowacji w 2021 roku, w dziale C10 Produkcja artykułów spożywczych, wyniósł 17,8%, nastąpił spadek o 12,4 p.p. odsetka przedsiębiorstw wprowadzających innowacje w porównaniu z rokiem ubiegłym.

Polskie przedsiębiorstwa działające w obszarze ROLNICTWA odznaczają się dużą aktywnością w strukturze podmiotów korzystających ze wsparcia i dofinansowania swoich projektów z funduszy zewnętrznych. Podmioty działające w branży starały się o pozyskanie dofinansowania ze środków np. PO IR 2014-2020, projektów finansowanych przez NCBR, projektów Horyzont 2020, projektów w ramach INTERREG, projektów z Regionalnych Programów Operacyjnych 2014-2020. Składane projekty przez te podmioty głównie dotyczyły Innowacyjnych technologii, procesów i produktów oraz budowy lub wzmocnienia zaplecza B+R. W ramach przytoczonych programów rozwijane były m.in.:

- technologie precyzyjnego rolnictwa np. tworzenie platform skupiających procesy produkcji i zarządzania; tworzenie aplikacji wykorzystujących systemy teledetekcji i mapowania; platformy zrzeszające producentów i przemysł w celu skrócenia łańcuchów dostaw,
- technologie produkcji żywności i jej przechowywania np. liofilizacja,
- technologie produkcji żywności wysokiej jakości,
- technologie ekologicznej hodowli roślin,
- technologie procesów i produktów w przemyśle rolno-spożywczym,
- technologie wykorzystujące bioodpady,
- technologie do oceny i kontroli jakości gleb,
- budowa zaplecza B+R.

Z analizy projektów PO IR 2014-2020¹¹¹ wynika, że przedsiębiorstwa działające w obszarze KIS 2 Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno- spożywczego i leśno-drzewnego, są bardzo aktywne i ich udział w strukturze podmiotów korzystających ze wsparcia wyniósł 13,21%. Składane projekty przez te podmioty głównie dotyczyły Innowacyjnych technologii, procesów i produktów sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego – aż 80,6% oraz żywności wysokiej jakości – 18,3%.

Wydatki, w obszarze ROLNICTWA, ponoszone na B+R posiadają niewielki udział we wszystkich wydatkach ponoszonych na B+R. Dane wydatków ponoszonych na B+R w sektorze przedsiębiorstw

¹¹¹ Aktywność technologiczna, innowacyjna i biznesowa przedsiębiorstw działających w ramach krajowych inteligentnych specjalizacji, Ministerstwo Rozwoju, Raport z badania, 2020.

według rodzajów działalności (PKD 2007) w latach 2016-2021 wykazały następujące udziały poszczególnych dziedzin we wszystkich wydatkach ponoszonych na B+R w sektorze przedsiębiorstw:

- 1,1% udział dziedziny rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo,
- 1,5% udział dziedziny produkcji artykułów spożywczych,
- 1,8% udział dziedziny produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych.

Jednakże co warto podkreślić w omawianych dziedzinach występuje tendencja wzrostu wydatków na działalność B+R w badanym okresie.

Niestety poziom wyposażenia w aparaturę badawczo-rozwojową w sektorze rolnictwa nie jest satysfakcjonujący i stanowi wyzwanie oraz bodziec do dalszego inwestowania w działalność B+R. Duży potencjał rozwoju mają przedsiębiorstwa przetwórstwa przemysłowego, które mają wzrostową tendencję dysponowania aparaturą B+R, gdyż w badanym okresie nastąpił 18% wzrost liczby podmiotów dysponujących aparaturą B+R, co wskazuje duży potencjał rozwoju.

Polska ma znaczny potencjał rozwoju technologii rolno-spożywczych, czego miarą są osiągnięcia wysokiego udziału patentów w globalnej liczbie oraz większa od przeciętnej specjalizacja i dodatkowo duża aktywność publikacyjna^{112, 113}. W rankingu największej liczby przyznawanych stopni naukowych technologie rolno-spożywcze uplasowały się na drugim miejscu (nadano 3 720 stopni naukowych). W 2019 roku w rankingu liczby naukowców z przynajmniej jedną publikacją technologie rolno-spożywcze były tuż za technologiami medycznymi i farmaceutycznymi (uzyskane liczby wynosiły odpowiednio 7 381 oraz 15 956), co świadczy o wysokich kompetencjach i zapleczu naukowym. Jednostki naukowe aktywnie uczestniczą w projektach finansowanych z funduszy europejskich wchodząc również w konsorcja międzynarodowe. Przykładowymi liderami w finansowaniu badań B+R są jednostki naukowe: Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie oraz Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowy Instytut Badawczy. Jednostki naukowe w obszarze technologii rolno-spożywczych mają wysoki potencjał w dziedzinach: uprawy gleby, nawożenia, produkcji żywności i jej konserwacji, hodowli i rozmnażania zwierząt, maszyn i narzędzi rolniczych. W strukturze projektów realizowanych przez jednostki naukowe stanowiących zaplecze badawcze największy udział posiadają badania podstawowe 81,7%, na drugim miejscu plasują się badania stosowane 11,4%. Najmniej liczną grupę stanowią projekty badawcze międzynarodowe 7,0%.

Podsumowując, w ramach ROLNICTWA powinno się w szczególności zwiększyć nakłady na wzmocnienie zaplecza naukowo-badawczego, gdzie występują deficyty w zakresie potencjału instytucjonalnego. Silny potencjał kompetencyjny po stronie instytutów badawczych jest mocną stroną, którą należy wykorzystać poprzez zachęcanie i wspieranie działań włączania naukowców w rozwój technologii w przedsiębiorstwach. Korzystając z potencjału branżowego przedsiębiorców i ich aktywności należałoby położyć nacisk na zachęcanie przedsiębiorców do większego inwestowania i wdrażania w innowacyjne technologie produktowe i procesowe przy wzmożonej współpracy z naukowcami.

¹¹² Ewaluacja potencjału badawczo-rozwojowego jednostek naukowych i jego wpływu na realizację celów KIS, miniraporty, PARP.

¹¹³ Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii, Ośrodek Przetwarzania Informacji – Państwowy Instytut Badawczy, Uniwersytet Warszawski, 2022.



Kluczowy obszar technologiczny	Podmioty publiczne	Przedsiębiorstwa
Precyzyjne rolnictwo	- Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk - Główny Urząd Statystyczny - Instytut Geodezji i Kartografii - Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy w Puławach - Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa - Politechnika Łódzka - Politechnika Wrocławska - Sieć Badawcza Łukasiewicz – PORT Polski Ośrodek Rozwoju Technologii - Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego - Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie - Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie	- Agri Solutions Sp. z o.o. - AgriTech Hub Sp. z o.o. - Agrocom Polska Jerzy Koronczok - Agrosimex Sp. z o.o. - Atmesys Sp. z o.o. - BZB UAS Sp. z o.o. - Nexbio Sp. z o.o. - Polski Instytut Rolnictwa sp. z o.o. - SatAgro Sp. z o.o. - SatRev S.A. - Smart Soft Solutions Sp. z o.o.
Gospodarka obiegu zamkniętego	- Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie - Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk - Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach - Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy w Puławach - Klaster Gospodarki Odpadowej i Recyklingu - Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego	- Biowatt S.A. - Blc-biogas Sp. z o.o. - Evergreen Solutions Sp. z o.o. - Future Friendly Farm Sp. z o.o. - Łukomet - Krzysztof Łuszczczyk
Produkcja żywności wysokiej jakości	- Instytut Innowacji Przemysłu Mleczarskiego w Grajewie - Łukasiewicz Instytut Chemii Przemysłowej - Ogólnopolskie Stowarzyszenie Przetwórców i Producentów Produktów Ekologicznych „Polska Ekologia” w Warszawie - Politechnika Łódzka Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności - Politechnika Śląska	- Coffee Service Sp. z o.o. - FrostX Sp. z o.o. - Future Friendly Farm Sp. z o.o. - Greenvit Sp. z o.o. - Nestle Polska S.A. - Probitech Poland Corp Sebastian Górecki - Tymbark–MWS Sp. z o.o.

	• Polska Izba Żywności Ekologicznej • Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego • Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu • Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie	
Innowacyjne środki kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin	• Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie • Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego w Warszawie • Instytut Nowych Syntezy Chemicznych w Puławach • Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach • Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy w Puławach • Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego • Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie	• Agrosimex Sp. z o.o. • Arkop Sp. z o.o. • Evergreen Solutions Sp. z o.o. • Grupa Inco SA • Intermag Sp. z o.o. • SatAgro Sp. z o.o. • Somigro sp. z o. o.



Przewagi konkurencyjne w kontekście konkurencyjności międzynarodowej

Mimo niewystarczającego zaplecza aparatury naukowo-badawczej oraz niewielkich nakładów finansowych na badania B+R w obszarze ROLNICTWA, Polska ma duży potencjał rozwoju w tym obszarze. Wyłaniającymi się technologiami o znaczeniu międzynarodowym są technologie rolnictwa precyzyjnego, które łączą nowe rozwiązania ery informacyjnej z dojrzałym przemysłem rolniczym. Właściwym kierunkiem poszukiwania odpowiednich rozwiązań w tym zakresie jest łączenie potencjałów, jakie drzeją na styku sfer nauki, przemysłu wysokich technologii i inwestycji rozwojowych. Przykładem są powstałe nanosatellity Światowid i KRAKsat (zakończył misję w 2022r.) wykorzystywane do teledetekcji w rolnictwie precyzyjnym. Pozwala, to na zintegrowanie systemu zarządzania uprawami, dopasowania rodzaju i ilości nakładów do rzeczywistych potrzeb upraw na niewielkich obszarach pól uprawnych. Warto w tym miejscu również wskazać technologie produkcji nawozów organiczno-mineralnych Orcał, które same w sobie są innowacją produktową, a użyta do ich produkcji technologia FuelCal® jest innowacją procesową. Technologia FuelCal® zapewniająca przetworzenie odpadów, wszelkiej biomasy poprodukcyjnej w produkt wynikowy wykorzystany w rolnictwie, jest przyjazna dla środowiska i zgodna z gospodarką obiegu zamkniętego. Aktywność przedsiębiorstw oraz jednostek naukowych i ich zaangażowanie w realizację innowacyjnych projektów jest szansą na podniesienie przewagi konkurencyjnej.

Polska angażuje się również w projekty międzynarodowe, wzmacniające konkurencyjność i współpracę międzynarodową. Przykładem jest udział Polski w tworzeniu platformy inteligentnej specjalizacji dla sektora rolno-spożywczego (S3P Agri-Food), jest to inicjatywa ustanowiona na szczeblu UE. Celem utworzenia platformy było przyspieszenie rozwoju wspólnych projektów inwestycyjnych w UE poprzez zachęcanie i wspieranie współpracy międzyregionalnej w obszarach tematycznych:

- Rolnictwo High-tech (ang. High-tech farming),
- Składniki odżywcze (ang. Nutritional Ingredients),
- Identyfikowalność i duże zbiory danych (ang. Traceability and big data),

- Inteligentne systemy czujników dla obszaru rolno-spożywczego (ang. aSmart sensor systems 4 agri-food),
- Zaangażowanie konsumentów w innowacje w branży rolno-spożywczej (ang. Consumer involvement in agri-food innovation).



Kluczowe kompetencje/kwalifikacje

	Kluczowe obecnie kompetencje/ kwalifikacje	Kluczowe kompetencje/ kwalifikacje przyszłości
Wiedza teoretyczna	1. Znajomość procesu produkcyjnego w zakresie niezbędnym do pełnienia obowiązków 2. Znajomość możliwych zagrożeń procesowych 3. Śledzenie najnowszych rozwiązań technologicznych 4. Znajomość działania aplikacji 5. Znajomość zasad i procedur postępowania w sytuacjach kryzysowych (zagrożenie jakości i bezpieczeństwa produktów) 6. Znajomość certyfikacji, akredytacji 7. Znajomość kategorii produktowych i trendów z nimi związanych (trendy branżowe, trendy związane z zachowaniami konsumentów) 8. Znajomość specyfiki produkcji spożywczej i produkcji żywności ekologicznej i asortymentu produkcji 9. Znajomość metod badania próbek materiału i analizy wyników (analiza sensoryczna, analiza mikrobiologiczna, analiza fizykochemiczna) 10. Posiada wiedzę z zakresu technologii komputerowych (w tym najnowszych technologii) 11. Znajomość mechanizmów monitorowania, nadzoru i kontroli systemów AI 12. znajomość trendów, nowych technologii w zakresie przetwarzania odpadów 13. Posiada wiedzę z zakresu baz danych	1. Znajomość procesu produkcyjnego w zakresie niezbędnym do pełnienia obowiązków 2. Śledzenie najnowszych rozwiązań technologicznych 3. Znajomość specyfiki produkcji spożywczej i produkcji żywności ekologicznej i asortymentu produkcji 4. Znajomość mechanizmów monitorowania, nadzoru i kontroli systemów AI 5. Znajomość możliwych zagrożeń procesowych 6. Znajomość zagadnień technicznych w obszarze materiałoznawstwa 7. Znajomość systemu GMP (Dobre Praktyki Produkcyjne – ang. Good Manufacturing Practice) 8. Znajomość technologii chmurowych 9. Znajomość metod badania próbek materiału i analizy wyników (analiza sensoryczna, analiza mikrobiologiczna, analiza fizykochemiczna) 10. Znajomość certyfikacji, akredytacji 11. Znajomość kategorii produktowych i trendów z nimi związanych (trendy branżowe, trendy związane z zachowaniami konsumentów) 12. Posiada wiedzę z zakresu technologii komputerowych (w tym najnowszych technologii) 13. Posiada wiedzę z zakresu baz danych 14. Zrozumienie procesów przejścia od gospodarki liniowej do cyrkularnej

	14. Znajomość technologii chmurowych 15. Znajomość zagadnień technicznych w obszarze materiałoznawstwa Znajomość systemu GMP (Dobre Praktyki Produkcyjne – ang. Good Manufacturing Practice)	
Umiejętności praktyczne	1. Umiejętność zastosowania posiadanej wiedzy w praktyce 2. Umiejętność korzystania z danych 3. Umiejętność opracowywania nowych technologii 4. Umiejętność formułowania pomysłów dotyczących nowych produktów/rozwoju produktów 5. Potrafi analizować informacje, poszukiwać i kreować rozwiązania problemów w realizacji swoich zadań zawodowych 6. Odczytywanie dokumentacji np. technicznej 7. Umiejętność odczytywania i interpretowania danych z teledetekcji i analiza obrazu 8. Potrafi poszukiwać nowych technologii 9. Umiejętność monitorowania i analizy wskaźników procesowych 10. Umiejętność określania wymagań dotyczących nowego produktu (tzw. brief produktowy) 11. Umiejętność analizy działań firm konkurencyjnych w zakresie wprowadzanych innowacji 12. Obsługa specjalistycznych programów niezbędnych do wykonywania obowiązków 13. Interpretacja wyników badań, wyciągania wniosków 14. Umiejętność wykorzystywania technik zgłębiania danych (data mining) 15. Umiejętność identyfikowania niezgodności względem zakładanych standardów 16. Umiejętność formułowania rekomendacji	1. Umiejętność zastosowania posiadanej wiedzy w praktyce 2. Umiejętność opracowywania nowych technologii 3. Interpretacja wyników badań, wyciągania wniosków 4. Odczytywanie dokumentacji np. technicznej 5. Obsługa specjalistycznych programów niezbędnych do wykonywania obowiązków 6. Umiejętność formułowania pomysłów dotyczących nowych produktów/rozwoju produktów 7. Potrafi poszukiwać nowych technologii 8. Umiejętność prawidłowego doboru środków produkcji do określonych upraw i terminów ich stosowania w gospodarstwie 9. Potrafi analizować informacje, poszukiwać i kreować rozwiązania problemów w realizacji swoich zadań zawodowych 10. Umiejętność analizy działań firm konkurencyjnych w zakresie wprowadzanych innowacji 11. Umiejętność analizy wpływu różnych środków praktyk rolniczych na żyzność gleb 12. Kompetencje mające na celu ponowne wykorzystanie produktu i jak najdłuższe utrzymanie produktów i materiałów na najwyższym poziomie ich użyteczności (kompetencje dające efekt w postaci ograniczania wykorzystania produktów i materiałów przy jak najdłuższym zachowaniu ich wartości)

	17. Potrafi zarządzać badaniami nad doskonaleniem procesów przetwarzania 18. Opracowanie i zastosowanie wyników badań kontrolnych 19. Umiejętność wykonania badania analitycznego, mikrobiologicznego, fizykochemicznego, fizykomechanicznego w celu kontrolowania produktu, substancji lub wyrobu (ich jakości, zgodności) 20. Umiejętność oceny stanu odżywienia roślin i zastosowania odpowiednich środków i techniki uprawy	Umiejętność odczytywania i interpretowania danych z teledetekcji i analiza obrazu
Kompetencje społeczne (postawy)	1. Odpowiedzialność 2. Umiejętność współpracy w grupie 3. Chęć rozwoju, łatwość zdobywania wiedzy 4. Potrafi wykazywać proaktywność i zaangażowanie w poszukiwaniu źródeł wiedzy i samorozwoju 5. Umiejętność dzielenia się wiedzą 6. Elastyczność, dostosowywanie się do sytuacji 7. Odporność na stres i dynamikę pracy 8. Komunikatywność 9. Pomysłowość i kreatywność w rozwiązywaniu problemów 10. Umiejętność analizowania informacji i poszukiwania przyczyn problemów 11. Umiejętność myślenia analitycznego 12. Umiejętność motywowania innych osób	1. Pomysłowość i kreatywność w rozwiązywaniu problemów 2. Odpowiedzialność 3. Umiejętność myślenia analitycznego 4. Chęć rozwoju, łatwość zdobywania wiedzy 5. Umiejętność współpracy w grupie 6. Odporność na stres i dynamikę pracy 7. Potrafi wykazywać proaktywność i zaangażowanie w poszukiwaniu źródeł wiedzy i samorozwoju 8. Komunikatywność 9. Umiejętność analizowania informacji i poszukiwania przyczyn problemów 10. Elastyczność, dostosowywanie się do sytuacji

Kompetencje/kwalifikacje zostały uszeregowane w tabeli od najważniejszych – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców oraz badania delfickiego; kolorem zaznaczono kompetencje/kwalifikacje deficytowe – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców



W przypadku ROLNICTWA tylko jeden z obszarów technologicznych można uznać za kluczowy – Innowacyjne środki kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin, pozostałe zaś obszary technologiczne są obszarami wspomagającymi rozwój innych obszarów technologicznych, które w przyszłości mogą stać się kluczowe po wprowadzaniu innowacyjnych technologii procesowych i produktowych.

Zastosowanie technologii **innowacyjnych środków kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin** jest kluczowe dla rozwoju i uzyskania efektów synergii w takich obszarach, jak:

- Inteligentne maszyny rolnicze
- Biotechnologia w rolnictwie
- Biotechnologia żywności
- Precyzyjne rolnictwo
- Produkcja żywności wysokiej jakości
- Środowisko i klimat - zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu

Technologie innowacyjnych środków kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin mogą rozwijać się w przedsiębiorstwach działających w innych obszarach, a to oznacza, że przedsiębiorstwa mogłyby ze sobą współpracować i wymieniać się swoją wiedzą i doświadczeniem, dlatego też warto zastanowić się nad tworzeniem wspólnych przedsięwzięć i możliwości kooperacji przedsiębiorstw lub tworzenia platform wymiany wiedzy.

Zastosowanie technologii **precyzyjnego rolnictwa** ma charakter wspomagający dla rozwoju i uzyskania efektów synergii w takich obszarach, jak:

- Inteligentne maszyny rolnicze
- Biotechnologia w rolnictwie
- Biotechnologia żywności
- Produkcja żywności wysokiej jakości
- Innowacyjne środki kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin

Zastosowanie technologii **gospodarki obiegu zamkniętego** ma charakter wspomagający dla rozwoju i uzyskania efektów synergii w takich obszarach, jak:

- Paliwa odnawialne i bioenergia
- Produkcja żywności wysokiej jakości
- Środowisko i klimat - zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu
- Efektywne gospodarowanie surowcami
- Technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami

Zastosowanie technologii **produkcji żywności wysokiej jakości** ma charakter wspomagający dla rozwoju i uzyskania efektów synergii w takich obszarach, jak:

- Biotechnologia żywności
- Precyzyjne rolnictwo
- Innowacyjne środki kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin

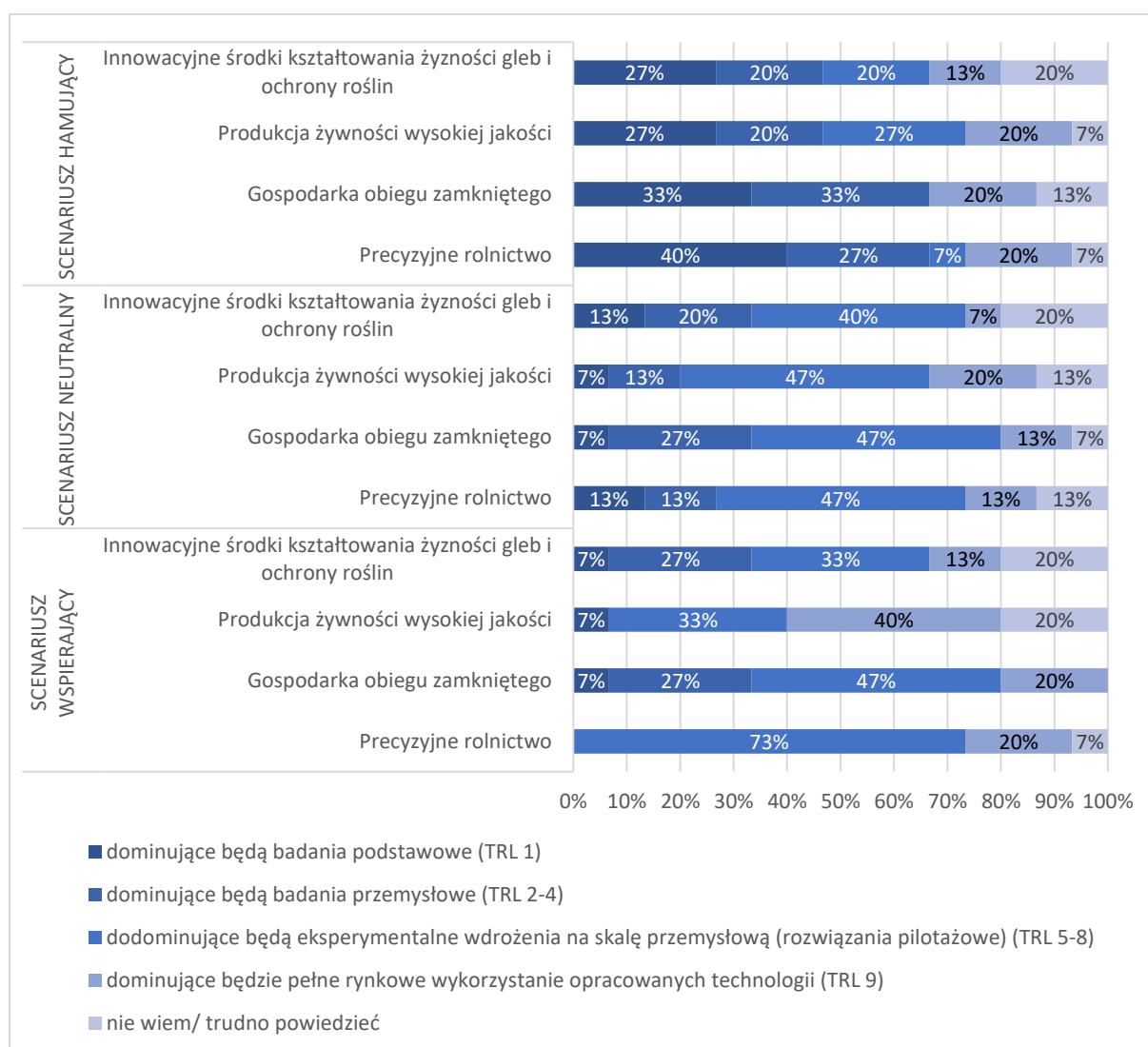
Równoległy rozwój powiązanych obszarów technologicznych wzmocni obszary związane z ROLNICTWEM, gdyż transfer wiedzy i innowacje mogą przenikać między tymi obszarami.



Przewidywana ścieżka rozwoju obszarów do roku 2040

Przeprowadzona w ramach badania delfi ekspercka ocena poziomu gotowości technologicznej dla dziedziny ROLNICTWO wskazuje na silny wpływ czynników hamujących bądź spowalniających rozwój kluczowych obszarów technologicznych. W opinii ekspertów według scenariusza hamującego nastąpi silne ukierunkowanie na badania podstawowe oraz badania przemysłowe we wszystkich wskazanych kluczowych obszarach technologicznych. W scenariuszu neutralnym zdaniem ekspertów zahamowane zostaną badania podstawowe na rzecz eksperymentalnych wdrożeń na skalę przemysłową (rozwiązania pilotażowe). W korzystnym scenariuszu rozwoju poprzez zwiększenie środków finansowych na rozwój innowacji i badań oraz większą aktywność przedsiębiorstw do podejmowania współpracy z jednostkami naukowymi dominujące będą eksperymentalne wdrożenia na skalę przemysłową. Inwestowanie w badania zapewni pojawienie się na rynku nowych innowacyjnych technologii, w szczególności najwyższą dojrzałością wykazują się technologie w produkcji żywności wysokiej jakości, co jest zgodne z obecnymi trendami zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego.

Wykres 8 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie ROLNICTWO



Źródło: badanie delfickie, n=15

Zdaniem ekspertów najwięcej będzie wdrożeń eksperymentalnych na skalę przemysłową w szybko rozwijającym się obszarze rolnictwa precyzyjnego, w którym nie będzie badań podstawowych i przemysłowych, a będzie skrócony system wdrożeń. Obecnie technologie rolnictwa precyzyjnego odgrywają duże znaczenie i będą stale się rozwijać wykorzystując nowe technologie AI, IoT, drony bezzałogowe.

W badaniu delfickim eksperci wskazali kluczowe wyzwania mające wpływ na rozwój kluczowych obszarów technologicznych w dziedzinie ROLNICTWA. Wyzwaniem o bardzo dużym znaczeniu zostało wspieranie kompetencji i kwalifikacji rolników, w celu zwiększenia innowacyjności gospodarstw. Na drugim miejscu uplasowało się wzmacnianie zaplecza naukowo-badawczego. Ważnymi wyzwaniami będą ograniczenie ilości stosowanych chemicznych środków ochrony i wzrostu roślin; jak również rozwój technologii innowacyjnych nawozów i środków ochrony roślin, rozwój technologii Smart Farming i AI; wzmacnianie wdrożeń wspierających gospodarkę obiegu zamkniętego. Zdaniem ekspertów mniejsze znaczenie ma wyzwanie rozwoju zrównoważonego rolnictwa poprzez wprowadzenie żywności ekologicznej, żywności skierowanej do konkretnych grup konsumentów.

Czynniki i uwarunkowania, w tym bariery, wpływające na rozwój kluczowych obszarów technologicznych:

- **Nieopłacalność produkcji rolno-spożywczej przy wysokich cenach energii.** Wysokie ceny energii to wzrost kosztów produkcji np. wysokie ceny środków do produkcji rolniczej (nawozów, paliwa, leków), a niskie ceny sprzedaży produktów rolnych, sprawiają, że produkcja rolno-spożywcza staje się nieopłacalna. Przy wysokich cenach energii przedsiębiorstwa muszą rezygnować z mechanizacji i inwestycji w nowe technologie chcąc się utrzymać na rynku. Wyzwaniem i rozwiązaniem sytuacji może być pozyskiwanie energii z odpadów np. budowy biogazowni rolniczych oraz magazynów energii. Niezbędne są również działania związane z unowocześnieniem infrastruktury energetycznej do bieżącego przekazywania energii.
- **Niedostateczne finansowanie B+R wraz z migracją zarobkową specjalistów i naukowców.** Mimo licznych działań podejmowanych zarówno na szczeblach regionalnych, jak i krajowych, to wciąż, finansowanie działalności naukowo-badawczej jest na niewystarczającym poziomie, a wynagrodzenia specjalistów w innych częściach świata są nieporównywalnie wyższe.
- **Niedostateczna współpraca ośrodków naukowo-badawczych z przedsiębiorstwami, a tym samym mały transfer wiedzy.** W celu efektywnego wykorzystania potencjału ośrodków naukowo-badawczych z przedsiębiorstwami oraz wzmocnienia rozwoju gospodarczego, niezbędne jest zagwarantowanie kooperacji i partnerskich relacji. Ośrodki naukowo-badawcze łączą twórców wiedzy z odbiorcami, co przy efektywnym systemie transferu wiedzy i dopasowanej ofercie przedsiębiorstw determinuje wzrost konkurencyjności. W środowisku wysokiego ryzyka, nakładów inwestycyjnych oraz długotrwałego doskonalenia technologii zanim stanie się ona zdatna do komercyjnego wykorzystania, niezmiernie istotne jest tworzenie rozległej sieci transferu środków produkcji: wiedzy, zasobów finansowo-technicznych i kapitału ludzkiego.
- **Przerost biurokracji hamujący rozwój przedsiębiorczości,** to kolejna bariera w rozwoju technologii innowacyjnych. Niesprawne i nieskuteczne działanie administracji państwowej wraz z nadmierną formalizacją i niekiedy opieszałością urzędniczą w załatwianiu spraw, blokują działania przedsiębiorstw. Tego typu problemy występują również we współpracy przedsiębiorców z ośrodkami naukowo-badawczymi, w których kadra nie nadąża za tempem zmian w technologiach. Pandemia COVID-19 poniekąd przyspieszyła i wymusiła szereg zmian usprawniających załatwianie spraw w urzędach administracji publicznej, dlatego też warto kontynuować wprowadzanie tego typu zmian.

- **Brak elastyczności w dostosowywaniu programów kształcenia do powstających nowych technologii.** Obecny hierarchiczny model edukacji nastawiony na zdobywanie wiedzy i stopniowe przechodzenie przez poszczególne szczeble edukacyjne, powinien zostać zastąpiony podejściem skoncentrowanym na zdobywanie umiejętności i kompetencji. Podejście to jest zgodne z Planem działań w zakresie kształcenia i szkolenia zawodowego na lata 2022-2025¹¹⁴, dzięki któremu wspierane będą działania wyposażania osób młodych i osób dorosłych w wiedzę, umiejętności i kompetencje pozwalające rozwijać się na zmieniającym się rynku pracy i w zmieniającym się społeczeństwie, z myślą o radzeniu sobie z odbudową i sprawiedliwą transformacją w kierunku ekologicznej i cyfrowej gospodarki, w czasach przemian demograficznych i we wszystkich cyklach koniunkturalnych.
- **Kapitałochłonność inwestycji oraz niewystarczająca dostępność technologii innowacyjnych dla gospodarstw o różnej wielkości.** Wprowadzanie nowoczesnych rozwiązań zarówno technologii produktowych, jak i procesowych wiąże się z poniesieniem dużych wydatków, bez względu na typ podmiotu wdrażającego daną technologię. Działania wspierające finansowanie wprowadzania i wdrażania innowacyjnych technologii powinny być kontynuowane zarówno w ramach programów krajowych, jak i unijnych.
- **Niewystarczająca wymiana i współpraca międzynarodowa specjalistów z ośrodków naukowych.** Potwierdzeniem tej tezy jest niewielki udział polskich ośrodków naukowo-badawczych oraz przedsiębiorców w międzynarodowych projektach.

Wyzwania i rekomendacje dla rozwoju kluczowych obszarów technologicznych:

- **Uruchomienie dedykowanych programów wsparcia pozyskiwania energii w ramach OZE i większe rozpowszechnienie Programu Priorytetowego Agroenergia,** realizowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, jak również rozważenie zwiększenia dofinansowania w formie dotacji do 75% kosztów kwalifikowanych realizacji projektów, co stanowiłoby zachętę do inwestycji dla małych i średnich gospodarstw rolnych. Warto rozważyć finansowanie tego typu przedsięwzięć z budżetów samorządów województwa.
- **Stworzenie ścieżek kariery zawodowej** z odpowiednim wsparciem finansowym dla specjalistów i naukowców wraz z kontynuacją finansowania zaplecza aparatury naukowo-badawczej.
- **Wypracowanie mechanizmów porozumienia i współpracy przedsiębiorstw z ośrodkami naukowo-badawczymi oraz ich finansowe wsparcie.** Należy kontynuować i promować wsparcie w zakresie prac B+R, w szczególności w fazie badań przemysłowych i prac rozwojowych, które zachęciłoby przedsiębiorców do realizacji projektów wysokiego ryzyka w kluczowych obszarach technologicznych i próby komercjalizacji innowacyjnych technologii. Warto żeby w ramach fazy prac rozwojowych zaplanować finansowanie kosztów ochrony patentowej. Dodatkowo potrzebna jest kontynuacja programów wspierających rozwój start-upów.
- **Interwencja w podejmowaniu działań wspierających administrację** w funkcjonowaniu w gospodarce opartej na wiedzy i danych cyfrowych. Zaleca się kontynuowanie działań wprowadzania cyfryzacji i elektronicznego obiegu dokumentów, co pozwoli usprawnić procesy wdrażania innowacji technologicznych.
- **Uelastycznienie programów kształcenia do nowych technologii,** szkolenia kadry naukowej i wyposażenie w umiejętności i kompetencje pozwalające na samokształcenie oraz zdobywanie wiedzy z zakresu innowacyjnych technologii, a później umiejętne jej przekazywanie i nauczanie.

¹¹⁴ Plan działań w zakresie kształcenia i szkolenia zawodowego na lata 2022-2025, Ministerstwo Edukacji i Nauki, sierpień 2022,

- **Stworzenie mechanizmów dofinansowania innowacyjności i konkurencyjności przedsiębiorstw z budżetów samorządów województwa**, wypracowanie dokumentów i prawnych możliwości poprzez wprowadzenie odpowiednich zapisów w Ustawie o samorządzie województwa i Ustawie PZP.
- **Wypracowanie mechanizmów wspierających uczestnictwo w konsorcjach międzynarodowych** poprzez dofinansowanie udziału w projektach. Finansowanie uczestnictwa w targach i branżowych spotkaniach, w celu wymiany doświadczenia i nawiązania współpracy. Konieczne jest opracowanie mechanizmów podnoszenia umiejętności współpracy poprzez szkolenia lub warsztaty.

Kamienie milowe:

- Rozwój rolnictwa precyzyjnego oraz automatyzacji i robotyzacji poprzez dofinansowanie projektów innowacyjnych i konkurencyjnych,
- Wspieranie kompetencji i kwalifikacji rolników, w celu zwiększenia innowacyjności gospodarstw poprzez szkolenia i warsztaty,
- Zwiększenie udziału przedsiębiorstw w projektach międzynarodowych finansowanych w ramach krajowych lub unijnych programów,
- Uruchomienie dedykowanych programów wsparcia pozyskiwania energii w ramach OZE poprzez dotacje lub ulgi podatkowe na budowę biogazowni rolniczych wraz z magazynami energii ze środków samorządów.

Zalecenia w zakresie Krajowych Inteligentnych Specjalizacji

Wyłonione w ramach badania kluczowe obszary technologiczne z dziedziny ROLNICTWA zawarte są w opisach zagadnień KIS 2 - Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego. Rozpisanie na poszczególne podobszary jest wystarczające i nie wymaga uszczegółowienia, niemniej jednak warto poddać weryfikacji opis KIS 2 pod kątem obszarów o najwyższym potencjale dla rozwoju innowacyjności i na nie położyć największy nacisk.

Jak wykazało badanie, wciąż występują braki współpracy sfery nauki z przedsiębiorstwami. Dlatego też szczególny nacisk w przyszłości należy skierować na stworzenie bazy/platformy (przykładem jest międzynarodowa platforma S3P Agri-Food) wymiany wiedzy i doświadczenia przedsiębiorców, korzystających z dofinansowania, jak również jednostek naukowych zaangażowanych w tworzenie innowacji w ramach projektów we wszystkich wyłonionych KIS. Dodatkowym argumentem jest również występująca synergia pomiędzy poszczególnymi KIS i obszarami tematycznymi. Stworzenie platformy dałoby możliwość szybszego transferu wiedzy do podmiotów gospodarczych i przyśpieszenie wprowadzania nowoczesnych technologii do pełnego rynkowego ich wykorzystania.

5.9 Surowce, odpady, środowisko

W ramach dziedziny SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO zidentyfikowano następujące **kluczowe obszary technologiczne**:

- Środowisko i klimat - zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu ¹¹⁵
- Efektywne gospodarowanie surowcami
- Zrównoważony przemysł
- Technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami
- Inteligentne zarządzanie środowiskiem
- Remediacja środowiska gruntowo-wodnego



**SUROWCE,
ODPADY,
ŚRODOWISKO**

Obszary te, w wymiarze środowiskowym, z bezpośrednim wpływem na wymiar społeczny i gospodarczy, wykazują silny potencjał rozwojowy zważywszy na istotną potrzebę interwencji w zakresie środowiska i klimatu w skali nie tylko kraju, ale całego globu.

W tym kontekście należy zwrócić uwagę na fakt, że aspekty ochrony środowiska i klimatu, a tym samym analizowana dziedzina SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO przekładają się horyzontalnie na zapisy szeregu kluczowych dokumentów programowych odnoszących się do różnych sektorów, dziedzin i kierunków interwencji – co potwierdza ich istotne znaczenie strategiczne.

Konieczność promowania i egzekwowania zrównoważonego rozwoju, przy określaniu i wdrażaniu wszystkich strategii politycznych i działań Unii wymaga uwzględnienia wymogów ochrony środowiska i klimatu w kierunkach rozwoju gospodarczego i technologicznego. Należy przy tym podkreślić, że istotność wszystkich działań związanych ze środowiskiem i klimatem jest regularnie podejmowana przez polityków, przedsiębiorców, samorządowców oraz społeczność lokalną. Wynika to zarówno z konieczności podjęcia systemowych działań związanych z wymogami prawnymi i regulacjami¹¹⁶, jak również doraźnych – poprzez egzekwowanie planów transformacji i wdrażania konkretnych technologii na rzecz ochrony środowiska, klimatu i bioróżnorodności¹¹⁷. Przykładem dedykowane inicjatywy, podkreślającą wagę wzmocnienie współpracy między już istniejącymi działaniami i partnerstwami w obszarze środowiska i klimatu jest uruchomiona Inicjatywa ENACT¹¹⁸, która ma na celu zwiększenie ochrony przed skutkami zmiany klimatu i odporności na nie z wykorzystaniem rozwiązań opartych na przyrodzie (Nature-based Solutions).

Dodatkowo, analiza otoczenia społeczno-gospodarczego w wymiarze ekologicznym potwierdza kluczowe znaczenie wyodrębnionych obszarów technologicznych powołując się na następujące determinanty:

- Problemy środowiskowe związane z antropopresją rozpatrywane są w następujących aspektach:
(a) nadmiernego wykorzystywania zasobów przyrodniczych i obciążenia środowiska

¹¹⁵ Na ostatnim etapie badań zmieniona została nazwa kluczowego obszaru technologicznego. Pierwotna nazwa: Zrównoważone gospodarowanie zasobami wody, gleby, powietrza i bioróżnorodności.

¹¹⁶ Na podst. wniosków z COP27, online: <https://www.consilium.europa.eu/pl/meetings/international-summit/2022/11/07-08/> (dostęp: 9.08.2023).

¹¹⁷ Na podst. wniosków z COP15, online: <https://klimat.rp.pl/liderzy/art37633941-cop15-jest-porozumienie-ws-ochrony-bioroznorodnosci-histeryczny-moment> (dostęp: 9.08.2023).

¹¹⁸ ENACT - Enhancing Nature-based Solutions for an Accelerated Climate Transformation, 2023, online: https://www.iucn.org/sites/default/files/2023-07/enact-partnership-for-nbs-1_0.pdf (dostęp: 7.08.2023).

spowodowanego rozwojem gospodarczym i wzrostem konsumpcji - co w efekcie powoduje, m.in. zanieczyszczenie wody, gleby i powietrza, (b) zmiany klimatu, (c) utraty bogactwa różnorodności biologicznej (dot. obszaru **Środowisko i klimat – zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu**);

- Zmiany klimatu są coraz silniejszym czynnikiem napędzającym migrację¹¹⁹ (dot. obszaru **Środowisko i klimat – zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu**);
- Proces szybkiego rozwoju przemysłu, globalizacja, urbanizacja są zjawiskami, które silnie naruszają równowagę mechanizmów przyrody stanowiąc globalne wyzwania, co podkreśla potrzebę intensyfikacji proekologicznych działań (dot. obszaru **Efektywne gospodarowanie surowcami, Zrównoważony przemysł oraz Remediacja środowiska gruntowo-wodnego**);
- Największe wzrosty wydatków B+R w dziedzinie SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO dotyczą obszarów gospodarki (działy PKD), które są związane z technologiami obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami, inteligentne zarządzanie środowiskiem oraz remediacją środowiska gruntowo-wodnego (dot. obszaru **Technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami, Inteligentne zarządzanie środowiskiem oraz Remediacja środowiska gruntowo-wodnego**);
- Jednym z podstawowych wyzwań w zakresie przeciwdziałania zmianom klimatu jest obniżenie emisyjności gospodarki (dot. obszaru **Środowisko i klimat - zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu** oraz **Zrównoważony przemysł**);
- Globalne zapotrzebowanie na różnego rodzaju zasoby naturalne w XX wieku wzrosło dziesięciokrotnie i oczekuje się, że do 2030 roku podwoi się w porównaniu z rokiem 2010. Dodatkowo oczekuje się, że wyzwania związane z zaspokojeniem popytu zostaną jeszcze bardziej zaostrome przez działania na rzecz dostosowania się do zmian klimatów, co w efekcie doprowadzi do sytuacji, że zasoby naturalne będą coraz rzadsze i droższe (dot. obszaru **Środowisko i klimat - zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu**);
- Wraz z rozwojem miast i regionów rośnie potrzeba zrównoważonego zarządzania środowiskiem. Również trwająca transformacja społeczno-gospodarcza i energetyczna regionów górniczych powoduje konieczność monitorowania skutków tych procesów. Rzetelne informacje i dane o środowisku system stanowią ważną pomoc przy podejmowaniu decyzji dla decydentów samorządowych, inwestorów czy stanowią źródłowe wiedzy dla pozostałych interesariuszy – jak np. społeczność lokalną (dot. obszaru **Inteligentne zarządzanie środowiskiem**);
- Surowce są istotnym elementem do produkcji wielu technologii potrzebnych do obecnie prowadzonej transformacji energetycznej. Powołując się na założenia Europejskiego Zielonego Ładu wzrasta rola surowców nieenergetycznych. Przejście na czystą zieloną energię przyniesie nowe wyzwania związane z zabezpieczeniem dostaw surowców koniecznych do rozwoju nowych technologii energetycznych (dot. obszaru **Efektywne gospodarowanie surowcami**);
- Konieczności rozwoju recyklingu mineralnych surowców wtórnych w kontekście gospodarki surowcowej stanowi istotny element w procesie przejścia na model gospodarki o obiegu zamkniętym, który aktualnie jest szeroko promowany przez Unię Europejską jako obowiązująca koncepcja gospodarowania odpadami (dot. obszaru **Efektywne gospodarowanie surowcami oraz Technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami**);
- Oczyszczalnie ścieków komunalnych jako obiekty końcowej, zbiorczej utylizacji odpadów mają istotne znaczenie we wdrażaniu założeń gospodarki o obiegu zamkniętym. Strumień ścieków

¹¹⁹ Międzynarodowy Bank Odbudowy i Rozwoju, Bank Światowy, Groundswell Part 2 : Acting on Internal Climate Migration, online: <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/2c9150df-52c3-58ed-9075-d78ea56c3267/full?obo.page=1#p-obo> (dostęp: 9.08.2023).

komunalnych wraz z zawartymi w nim zanieczyszczeniami może być źródłem odzysku wody, energii i surowców wtórnych. Zaostrzające się przepisy prawne dotyczące gospodarki wodno-ściekowej wymagają nowych inwestycji również w innowacyjne technologie (dot. obszaru - **Technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami**);

- Jednym z zasobów, którego deficyt jest w szczególności odczuwany przez Polskę jest woda pitna. Globalne potrzeby ze względu na nierównomierne rozmieszczenie trwałych zasobów wodnych są niezaspokojone. Do 2050 roku zapotrzebowanie na wodę wzrośnie dwukrotnie, a ponad połowa światowej populacji będzie zagrożona jej deficytem. Problem pogłębia m.in. nieracjonalne gospodarowanie dostępnymi zasobami wody pitnej jak i skutki zachodzących zmian klimatycznych na ziemi (dot. obszaru **Środowisko i klimat – zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu**).

Wzrost powiązań pomiędzy poszczególnymi czynnikami w wymiarze środowiskowym (zmiany klimatu, kurczenie się zasobów, zanieczyszczenie środowiska), ale także społecznym i technologicznym powoduje, że interakcje te skutkują poważnymi i narastającymi zagrożeniami objawiającymi się zmianami klimatu, degradacją ekosystemów i utratą różnorodności biologicznej, co wymaga pilnej potrzeby podjęcia działań w tym obszarze.

Zakres dziedziny SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO (w ujęciu funkcjonalnym i technologicznym) wskazuje na komplementarny i synergiczny charakter realizowanych przedsięwzięć badawczych i inwestycyjnych, co wiąże się z horyzontalnym i przekrojowym przestrzeganiem dorobku prawnego w obszarze środowiska i klimatu. Istotnym było jednak podkreślenie wyłaniających się obszarów technologicznych wynikających z aktualnych potrzeb i konkretnych wymagań. Główne wyzwania związane ze środowiskiem i klimatem wciąż jednak pozostają aktualne, a zaniechanie działań w tym zakresie może mieć poważne negatywne skutki dla kraju, Unii Europejskiej oraz dobrostanu jej obywateli.



Megatrendy silnie wpływające na obszary kluczowe

- Zmiany klimatu oraz zanieczyszczenie środowiska
- Kurcząca się dostępność surowców
- Deficyt wody pitnej



Powiązanie obszarów kluczowych z celami strategicznymi na poziomie kraju i Europy

Implementacja problematyki ochrony środowiska jest procesem, który na arenie międzynarodowej toczy się od wielu lat. Pierwsze zidentyfikowane problemy środowiskowe spowodowały konieczność podjęcia radykalnych i systemowych działań na szczeblu rządowym, co w następstwie spowodowało wyznaczenie konkretnych działań w zakresie środowiska. W efekcie włączono aspekty środowiska w inne obszary polityki – światowej, europejskiej i krajowej, stanowiąc przy tym ramy dla strategii horyzontalnych. W tym kontekście istotne znaczenie miały zalecenia i ustalenia konferencji międzynarodowych, m.in. tych z Rio de Janeiro z 1992 roku, konferencji w Kioto z roku 1997, a także zobowiązania państw w zakresie ochrony środowiska przyjęte na konferencjach o ochronie klimatu w Paryżu (2015) i Katowicach (2018). Inicjatywy te były przyczynkiem do podjęcia prac nad opracowaniem dokumentów, które bezpośrednio definiują cele związane z ochroną środowiska i klimatem jak np.:

- *Agenda na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju 2030*, ze szczególnym uwzględnieniem celu 6 oraz celów 11 -15;

- *Europejski Zielony Ład*, którego celem jest również ochrona, zachowanie i poprawa kapitału naturalnego UE oraz ochrona zdrowia i dobrostanu obywateli przed zagrożeniami i negatywnymi skutkami związanymi ze środowiskiem czy
- pakiet „Gotowi na 55”, który zawiera zestaw wniosków ustawodawczych mających zmienić i uaktualnić unijne przepisy oraz ustanowić nowe inicjatywy, tak by polityka UE była zgodna z celami klimatycznymi ustalonymi przez Radę i Parlament Europejski.

W przypadku dokumentów krajowych, bezpośrednie powiązanie do celów można odnaleźć w takich dokumentach jak: Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju; Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności; Polityka ekologiczna państwa 2030, czy Mapa drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym.

W tym kontekście, należy zwrócić uwagę, że aspekty ochrony środowiska i klimatu a tym samym analizowaną dziedziną pn. SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO przekładają się horyzontalnie na zapisy szeregu kluczowych dokumentów strategicznych i programowych odnoszących się do różnych sektorów, dziedzin i kierunków interwencji.



Regiony wspierające kluczowe obszary technologiczne w ramach RIS



- 1 - Środowisko i klimat - zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu
- 2 - Efektywne gospodarowanie surowcami
- 3 - Zrównoważony przemysł
- 4 - Technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami
- 5 - Inteligentne zarządzanie środowiskiem
- 6 - Remediacja środowiska gruntowo-wodnego

Kluczowe znaczenie działań proekologicznych w polityce krajowej i regionalnej bezpośrednio wpływa na zasięg geograficzny kluczowych obszarów technologicznych związanych z dziedziną SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO.

Nawiązując do prowadzonych analiz wskazano, że wszystkie kluczowe obszary technologiczne mają pokrycie w województwie pomorskim, warmińsko-mazurskim, kujawsko-pomorskim, mazowieckim, lubuskim, dolnośląskim, śląskim i małopolskim. W województwie lubelskim i podlaskim nie odnotowano występowania bezpośredniego powiązania z obszarem - remediacja środowiska gruntowo-wodnego. Najmniejsze powiązanie kluczowych obszarów technologicznych z aktualnymi RIS występuje w województwie świętokrzyskim.



Przykłady technologii

Kluczowy obszar technologiczny	Technologie rozwinięte (wysoki stopień gotowości technologicznej)	Technologie przyszłościowe (wczesny etap rozwoju)
Środowisko i klimat - zrównoważone gospodarowanie zasobami	technologie energetyczne ograniczające emisję gazów cieplarnianych i pozostałych zanieczyszczeń do środowiska	- biotechnologie dla ochrony środowiska - odzysk wód, obiegi zamknięte

naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu	- wytwarzanie energii ze źródeł odnawialnych i poprawa efektywności pozyskiwania energii z OZE - technologie wytwarzania energii z odpadów i paliw alternatywnych - bioremediacja in situ, wzrost mikrobioty, przywrócenie równowagi próchnica/ mikroorganizmy - GIS - powłoki ochronne pływające do ochrony zbiorników wodnych, zeolity - procesy zawracania wody - sztuczna inteligencja - technologie wspierające rozwiązania typu NbS (Nature-based Solutions)	- technologie zapobiegające eutrofizacji wód - teledetekcja
Efektywne gospodarowanie surowcami	- odzysk surowców z górnictwa - przekształcanie odpadów w produkt np. stabilizacja odpadów i przetwarzanie w lekkie kruszywa syntetyczne - zastosowanie hydrocyklonów zamiast osadzarek na zakładach przeróbczych węgla	- generacja energii ze źródeł odnawialnych - nanotechnologie i nanomateriały - odzysk surowców pierwotnych z nieprzetwarzanych dotychczas odpadów - odzysk węgla z łupków - recycling surowców krytycznych - sztuczna inteligencja
Zrównoważony przemysł	- technologie projektowania i wytwarzania w przemyśle motoryzacyjnym - instalacje odzysku energii - ograniczanie zużycia energii i emisji - technologie wodorowe - zastosowanie sztucznej inteligencji do optymalizacji procesów przemysłowych, biznesowych, logistycznych - ekoprojektowanie i technologie bezodpadowe - technologie czystej produkcji	- technologie bezściekowe technologie recyklingu paneli PV - technologie zero emisyjne - oczyszczalnie przyszłości
Technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami	- technologie ekologicznego, bezpiecznego i efektywnego postępowania z odpadami oraz zarządzanie odpadami - instalacje odzysku odpadów - ponowne wykorzystanie/produkcja materiałów na bazie odpadów - procesy kalcynacji minerałów - przekształcanie odpadów w produkty - recykling tworzyw sztucznych	- inteligentne zarządzanie odpadami - geopolimeryzacja, cementy Sorrela - stabilizacja jakości odpadów (produkcja pełnowartościowych materiałów na bazie odpadów- tworzywa sztuczne)

	• technologie odzysku materiałowego ze ścieków i zamykania obiegów wodno-ściekowych • technologie oczyszczania ścieków, odzysku wody i wartościowych surowców ze ścieków, •	• materiały na bazie surowców odnawialnych • tani odzysk surowców pierwotnych pierwiastkowych • technologie ponownego użycia • nowoczesne nawozy z osadów ściekowych • technologii związane z osadami ściekowymi •
Inteligentne zarządzanie środowiskiem	• technologie inteligentnych sieci i połączeń międzysystemowych • technologie transportu zrównoważonego • GIS • monitoring jakości wód/powietrza. • sztuczna inteligencja	• machine learning • teledetekcja • technologie ograniczające emisję zanieczyszczeń do atmosfery
Remediacja środowiska gruntowo-wodnego	• mikrobiologiczna remediacja in situ • procesy oczyszczania • remediacja, rekultywacja • technologie procesowania wody, gromadzenie i uzdatnianie wody • zeolity, bioremediacja, sorbenty syntetyczne	• systemy transportu wody i ścieków. • sztuczna inteligencja • technologie bazujące na celowanych mikroorganizmach i roślinach



Przykłady praktycznych zastosowań technologii kluczowych

Dziedzina SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO jest i będzie silnie zależna od celów środowiskowo-klimatycznych, które nakłada UE. Jednym z takich wyzwań jest osiągnięcie neutralności klimatycznej w UE i Polsce do 2050 roku, co spowoduje, że w całej gospodarce potrzebne będzie m.in. wdrożenie na szeroką skalę technologii i procesów mających bezpośredni wpływ na zmniejszenie emisji w sektorach wysokoemisyjnych (tj. transport, rolnictwo i przemysł energochłonny). Dodatkowo, nowe europejskie wymagania przewidujące w szczególności podniesienie poziomów recyklingu odpadów komunalnych, a także opakowań powodują konieczność zwiększenia efektywności obecnego systemu gospodarki odpadami biorąc pod uwagę również rozwój technologii przetwarzania – ze szczególnym uwzględnieniem technologii recyklingu. Również wyznaczone priorytety dla Polski w obszarze GOZ (1. innowacyjność, wzmocnienie współpracy pomiędzy przemysłem i sektorem nauki, a w efekcie wdrażanie innowacyjnych rozwiązań w gospodarce; 2. stworzenie europejskiego rynku na surowce wtórne; 3. zapewnienie wysokiej jakości surowców wtórnych; 4. rozwój sektora usług¹²⁰) – stanowią punkt wyjścia w rozwoju innowacyjnych technologii angażujących przedstawicieli świata nauki i biznesu, a także wymagających wsparcia finansowego ze środków publicznych.

Na ten moment, bazując na aktywności badawczo-rozwojowej polskich przedsiębiorstw i instytucji naukowych widoczny jest rozwój B+R+I ukierunkowany na technologie obejmujące GOZ (w szczególności w obszarze wody, surowców nieodnawialnych i odpadów). Z uwagi na uwarunkowania

¹²⁰ Mapa drogowa. Transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym, 2019, online: <https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologie/rada-ministrow-przyjela-projekt-mapy-drogowej-goz> (dostęp: 30.06.2023).

polskiej gospodarki, wśród przykładów praktycznych zastosowań technologii kluczowych można odnaleźć:

- technologie przetwarzania i ponownego wykorzystania odpadów, w tym pochodzących z sektora górnictwa, przetwórczego oraz energetycznego – uboczne produkty spalania (np. projekt SPO-CRAM: potencjał żużli z hutnictwa rud polimetalicznych+Zn-Pb jako źródła wybranych metali i surowców krytycznych, realizowany przez Główny Instytut Górnictwa i silnie powiązany z kluczowym obszarem technologicznym jakim jest - Efektywne gospodarowanie surowcami);
- efektywne ekonomicznie i ekologicznie technologie odzysku (w tym recyklingu – np. projekt plasticLIFecycle: Zastosowanie gospodarki o obiegu zamkniętym do odpadów z mieszanych tworzyw sztucznych, realizowany przez firmę INVESTEKO i silnie powiązany z kluczowym obszarem technologicznym jakim są - Technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami),
- technologie wodno-ściekowe silnie powiązane z kluczowymi obszarami technologicznymi jak Środowisko i klimat - zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu czy Technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami (np. projekt WASTE4H2: Symultaniczne Oczyszczanie Ścieków i Generowanie Wodoru poprzez Elektrolizę Plazmową Roztworu Zasilaną Hybrydowymi Kolektorami Fotowoltaiczno-Cieplnymi, realizowany przez CBI Pro-Akademia czy projekt WISA - Water Innovation System Amplifier: Test-beds for water innovation, realizowany przez m.in. Port Gdynia).

Dodatkowo wśród innowacyjnych rozwiązań przyjaznych środowisku naturalnemu bezpośrednio wpływających na życie społeczne są (1) ekoprodukty – i technologie ich produkcji (np. produkty budowlane na bazie odpadów, okna zwiększające ochronę cieplną, a tym samym na mniejsze zużycie energii, inteligentne śmietniki, które same segregują odpady), (2) ekoinnowacyjne rozwiązania stosowane w miastach (np. technologie recyklingu i ponownego wykorzystania odpadów bezpośrednio w infrastrukturze komunalnej (dotyczy to również upcyklingu) czy (3) technologie środowiskowe wykorzystywane w gospodarstwach domowych – np. przydomowe biologiczne oczyszczalnie ścieków czy innowacyjne systemy do magazynowania i oczyszczania wody.



Potencjał instytucjonalny, branżowy, kompetencyjny

Dziedzina SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO w gospodarce prezentuje się jako ważny obszar, w którym możemy zaobserwować wysoką przewagę pod względem wartości dodanej w kontekście zatrudnienia i liczby firm działających w analizowanym obszarze co stanowi o wysokim potencjale instytucjonalnym. Jednak przeciętna ocena działalności B+R wskazuje na występujące istotne bariery, które ograniczają rozwój i możliwość stworzenia zrównoważonej i konkurencyjnej gospodarki.

Patrząc całościowo na wszystkie wykonane analizy można stwierdzić, że analizowana dziedzina nie jest aktualnie silnie rozwijana, ale zdecydowanie odznacza się jej potencjał na średniej europejskiej. Dokonując rankingowania podobszarów można stwierdzić, że największy potencjał jest w podobszarze dotyczącym środowiska i klimatu – ze szczególnym uwzględnieniem zrównoważonego gospodarowania zasobami naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu. Niemniej pozostałe podobszary są również istotne i charakteryzują się silną gospodarką.

W kontekście **oceny potencjału instytucjonalnego** dziedzina SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO charakteryzuje się silnym potencjałem. Sektory przedsiębiorstw o wysokim potencjale na tle Unii Europejskiej obejmują działalność w zakresie: rolnictwa, leśnictwa, górnictwa i wydobywania, dostawa wody, gospodarowanie ściekami i odpadami, działalność związaną z rekultywacją oraz efektywnością energetyczną dla przemysłu. Aktywności koncentrują się głównie w obszarach:

- środowisko i klimat - zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu;
- efektywne gospodarowanie surowcami;
- technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami;
- remediacja środowiska gruntowo-wodnego.

Ocena **potencjału branżowego** dziedziny SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO bazująca na analizie potencjału badawczo-rozwojowego, również wskazuje silnie strony w badanym obszarze. Sektory przedsiębiorstw o wysokim potencjale B+R skupione są w obszarze następujących obszarów technologicznych: **technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami, inteligentne zarządzanie środowiskiem i remediacja środowiska gruntowo-wodnego.**

Wydatki na B+R w dziedzinie SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO są aktualnie na umiarkowanym poziomie, a ich dynamika zmian jest raczej na przeciętnie dodatnim poziomie. Możemy tutaj zauważyć, że największe wzrosty wydatków idą na obszary gospodarki (działy PKD), które są związane z **technologiami obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami, inteligentnym zarządzaniem środowiskiem oraz remediacją środowiska gruntowo-wodnego.**

Z kolei w odniesieniu do kwot dofinansowania projektów B+R oraz całkowitej wartości wdrożeń wyników prac B+R realizowanych przy wsparciu publicznym w ramach projektów realizowanych w ramach POIR w latach 2014-2022, analiza wykazała, że wśród krajowych inteligentnych specjalizacji najsilniej skorelowanych z dziedziną SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO, kwota dofinansowania projektów B+R była największa w przypadku **KIS 2. Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego** (ok. 6,6 mld zł). Stosunkowo wysokie kwoty dofinansowania na tle pozostałych obszarów wyróżniały również **KIS 4. Wysokosprawne, niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii** (ok. 5 mld zł), **KIS 6. Rozwiązania transportowe przyjazne środowisku** (ok. 5,1 mld zł) oraz **KIS 7. Gospodarka o obiegu zamkniętym** (ok. 4,4 mld zł). W odniesieniu do wartości wdrożeń wyników prac B+R prowadzonych przy wsparciu Programu największą wartość dotyczyła również obszaru **KIS 2. Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego** (ok. 6,5 mld zł) oraz **KIS 7. Gospodarka o obiegu zamkniętym** (ok. 4,4 mld zł).

Analiza w odniesieniu do **zatrudnienia w B+R**, pozwoliła zaobserwować, że udział personelu związanego potencjalnie z dziedziną SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO tj. **nauki inżynieryjne i techniczne** był zdecydowanie największy w latach 2016-2020 (40,1% w roku 2016 i 45,3% w roku 2020). Należy również podkreślić wysoki i rosnący udział personelu związanego z obszarem **nauk przyrodniczych** (17,9% w roku 2016 i 21,2% w roku 2020).

W zakresie **potencjału kompetencyjnego** dziedziny SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO, należy zwrócić uwagę na przeciętną aktywność w aplikowaniu o środki unijne (KIS 7) i przeciętną aktywność pod względem patentów, publikacji co stanowi o ich umiarkowanym potencjale. W przypadku obszarów w których jednostki naukowe mają wysoki potencjał obejmują one: inżynierię środowiska, nauki inżynieryjno-techniczne oraz przyrodnicze.

Z raportu pn.: *Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii* wynika, że analizowana dziedzina znajduje swoje odzwierciedlenie w KIS 7. Gospodarka o obiegu zamkniętym – woda, surowce kopalne, odpady. Do specjalizacji tej przyporządkowano 22 technologie z 8 obszarów technologicznych. Wśród nich połowę stanowiły technologie z obszarów o największym potencjale w kraju: 5 technologii chemicznych i 6 technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej. Drugą grupę w obrębie tej specjalizacji stanowiły technologie z obszarów charakteryzujących się najwyższymi udziałami i współczynnikami specjalizacji publikacji

i zgłoszeń patentowych. Były to odpowiednio: technologie pakowania, magazynowania i manipulacji (2) i nanotechnologia (1). Z analizowanym KIS łączy się cały obszar technologii środowiskowych, charakteryzujący się wysokim udziałem oraz silną specjalizacją zgłoszeń patentowych i publikacji.

Liczba zgłoszeń patentowych w 2010-2019 r. w obszarze **technologie środowiskowe** wyniosła 20,02 per capita¹²¹. Wyróżniającymi się obszarami technologicznymi pod względem liczby zgłoszonych patentów są **technologie chemiczne, technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej oraz technologie pomiarowe**. Natomiast pod względem liczby publikacji naukowych największy dorobek odnotowano w przypadku **technologii rolno-spożywczych, technologii chemicznych, technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej oraz technologii informacyjno-komunikacyjnych**.

Kluczowe kompetencje dla dziedziny SUROWCE, ODPADY ŚRODOWISKO dotyczą następujących kwalifikacji: informatyczne i programistyczne, techniczne związane z obsługą systemów i maszyn unikalnych dla specjalizacji (jak wiedza z zakresu automatyki, robotyki, umiejętność tworzenia nowych urządzeń), kompetencje miękkie, znajomość prawa, w szczególności z zakresu ochrony środowiska, kwalifikacje kierownicze, kwalifikacje z zakresu sprzedaży i marketingu oraz umiejętności miękkie (m.in. umiejętność komercjalizacji produktu). Powołując się na raport *SMART SKILLS – ewaluacja potencjału i możliwości rozwoju kwalifikacji dla inteligentnej gospodarki* w kontekście posiadanych umiejętności/kompetencji i braków - w przypadku KIS 7¹²² średnia luka kompetencji nie odbiega od innych KIS – występuje wśród pracowników inżynierskich, B+R, pracowników fizycznych i przedstawicieli handlowych oraz pracowników działu sprzedaży. Istotna jest wysoka rotacja, która z uwagi na wysoki poziom zapotrzebowania na tego rodzaju kadrę prowadzi do rywalizacji pracowników między przedsiębiorstwami, emigrację kadr, dodatkowym czynnikiem jest niewielka liczba szkół branżowych.

W kontekście działalności B+R na uwagę zasługują również obszary niszowe, które mogą budować potencjał instytucjonalny i branżowy gospodarki jak np. **oczyszczalnie przyszłości, technologie czystej produkcji, ekoprzemysł (np. systemy odzysku surowców), substytuty surowcowe, bezodpadowe technologie materiałów, zaawansowane systemy monitorowania jakości środowiska, postępowanie z odpadami promieniotwórczymi**.

Do uwarunkowań, które mogą hamować oczekiwany rozwój lub wpływać na brak wykorzystania dostępnego potencjału można zaliczyć w szczególności: (1) kosztowność inwestycji związanych z wdrażaniem ekoinnowacji oraz długi okres zwrotu inwestycji, szczególnie w obszarze gospodarki wodno-ściekowej, odpadami (ograniczenia w systemach i możliwościach finansowania inwestycji); (2) brak masy krytycznej młodych firm z obszaru technologii środowiskowych; (3) wysoki poziom ryzyka wynikający z wdrażania innowacyjnych technologii środowiskowych oraz niski poziom zaufania co do wiarygodności i opłacalności tego typu technologii.

Poprawa konkurencyjności polskiej gospodarki bazującej na wysokim potencjale instytucjonalnym, branżowym i kompetencyjnym wymaga podjęcia systemowych rozwiązań. Jednym z wyzwań jest zapewnienie odpowiedniego systemu finansowania przedsięwzięć środowiskowych, w taki sposób, aby działania realizowane przez sektor prywatny oraz publiczny, zarówno na poziomie lokalnym, jak i krajowym, były skoordynowane i wzajemnie się uzupełniały. Szczególne istotne w tym wypadku jest ukierunkowanie działań na wzrost innowacyjności krajowych technologii środowiskowych

¹²¹ Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii, Ośrodek Przetwarzania Informacji – Państwowy Instytut Badawczy oraz Uniwersytet Warszawski, opracowanie na zlecenie MRiT, 2022.

¹²² Analizowana dziedzina znajduje swoje odzwierciedlenie w KIS 7.



Kluczowy obszar technologiczny	Podmioty publiczne	Przedsiębiorstwa
Środowisko i klimat - zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, ochrona bioróżnorodności i klimatu	- Fundacja Konstruktywnej Ekologii Ecoprobono - Fundacja Sendzimira - Główny Instytut Górnictwa w Katowicach - Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk - Liga Ochrony Przyrody - Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu	- Atmoterm S.A - AQT WATER S.A. - HYDROPROJEKT Sp. z o.o. - Polska Izba Gospodarcza EKOROZWÓJ - Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Żory Spółka z o. o. - Rejonowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Tychach S.A. - Tarnowskie Wodociągi Sp. z. o.o. - AQT WATER S.A.
Efektywne gospodarowanie surowcami	- Akademia Górniczo-Hutniczej Wydział Metali Nieżelaznych Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki - Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa - Sieć Badawcza Łukasiewicz. Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie. Oddział Materiałów Ogniotrwałych w Gliwicach	- Alsitech Spółka z o.o - ASKET Roman Długi - ML SYSTEM S.A - RS TeamTech sp. z o. o. - SYMBIONA S.A.
Zrównoważony przemysł	- Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej - Sieć Badawcza Łukasiewicz. Instytut Metali Nieżelaznych - Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Katedra Jakości Produktów Przemysłowych i Opakowań	- CWD Sp. z o.o. - Polska Izba Gospodarcza EKOROZWÓJ - Świętokrzyskie Centrum Innowacji i Transferu Technologii Sp. z o.o. - Wektor Sp. j. M. Mroczkowska, Ł. Przeciszewski - WTT Sp. z o.o.
Technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami	- Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, - Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk (IGSMiE PAN), Zakład Gospodarki o Obiegu Zamkniętym, - Politechnika Śląska, Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania odpadów	- ATON-HT - Biko-Serwis Sp. z o.o. Sp. k. - Biko-Serwis Sp. z o.o. Sp. k. - Centrum Kooperacji Recyklingu - not for profit system Sp. z o.o. - Investeko S.A - Marbet Wil Sp. z o.o - PBM Klinkier - RECYKL ORGANIZACJA ODZYSKU S.A. - Syntoil S.A.

Inteligentne zarządzanie środowiskiem	• Politechnika Częstochowska, Wydział Infrastruktury i Środowiska • Uniwersytet w Białymstoku • Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska	• APANET Green System Sp. z o.o. • BIOCONTROL Sp. z o.o. • CIRSYSTEM Sp. z o.o. • Danfoss Poland Sp. z o.o. • Far Data Sp. z o.o. Sp. k • inFAIR DOMINIK KOBUS
Remediacja środowiska gruntowo-wodnego	• Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych • Stowarzyszenie Instytut Remediacji Terenów Zanieczyszczonych (SIRTZ) • Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii	• PROTE Technologie dla Środowiska Sp. z o.o. • SEGI-AT Sp. z o.o.



Przewagi konkurencyjne w kontekście konkurencyjności międzynarodowej

Kluczowe obszary technologiczne w dziedzinie SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO oraz związane z nimi sektory gospodarki oraz konkretne rozwiązania dopiero kształtują swoją rolę na arenie międzynarodowej, jednak nadal nie jest to silna pozycja. Powołując się na European Innovation Scoreboard 2022¹²³, pomimo iż Polska zlokalizowana jest w grupie wschodzących innowatorów to największe spadki w Polsce w stosunku do roku 2021 nastąpiły w m.in. obszarze technologii związanych ze środowiskiem – liczonej według całkowitej liczby patentów¹²⁴. Należy przy tym zauważyć, że polityka Unii Europejskiej wiąże duże oczekiwania z pobudzeniem i internacjonalizacją sektora „zielonej gospodarki”, co powinno przyczynić się do wzrostu gospodarczego, tworzenia miejsc pracy i większej konkurencyjności w tym obszarze.

Główne nurty, które obecnie kształtują międzynarodową przewagę konkurencyjną polskich rozwiązań proekologicznych dotyczą gospodarki odpadami oraz gospodarki wodno-ściekowej. Pomimo iż rynek technologii środowiskowych w Polsce jest stosunkowo młody to powiększająca się baza krajowych przedsiębiorstw oferujących proekologiczne technologie kształtuje perspektywiczny potencjał na arenie międzynarodowej. Wśród przykładów tego typu rozwiązań można wyróżnić¹²⁵: biologiczne oczyszczalnie ścieków, technologie suszenia komunalnych osadów ściekowych, technologie usuwania ze ścieków związków organicznych i biogennych, technologie odzysku wody ze ścieków, technologie rekultywacji jezior, technologie monitorowania środowiska, technologie stabilizacji odpadów niebezpiecznych, technologie przetwarzania surowców odpadowych i inne technologie zagospodarowania odpadów. W tym kontekście istotna jest również rola polskich jednostek i przedsiębiorstw na forach międzynarodowych, jak np. Komisja Ochrony Środowiska Morskiego Bałtyku czy rozbudowana w ramach systemu ONZ, gdzie Polska jest m.in. stroną instrumentów międzynarodowych zajmujących się: ochroną zwierząt i roślin (np. Konwencja o międzynarodowym

¹²³ <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard/eis>, (dostęp: 16.08.2023).

¹²⁴ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/system/files/2023-07/ec_rtd_eis-2023-methodology-report.pdf (dostęp: 16.08.2023).

¹²⁵ Na podstawie Raportu GreenEvo – Akcelerator Zielonych Technologii, 2020.

handlu dzikimi zwierzętami i roślinami gatunków zagrożonych wyginięciem); ochroną obszarów (np. Konwencja o ochronie i zrównoważonym rozwoju Karpat, Konwencja o obszarach wodno-błotnych, Konwencja o prawie morza); zwalczaniem zanieczyszczeń (np. Konwencja o kontroli transgranicznego przemieszczania i usuwania odpadów niebezpiecznych, Konwencja w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości) oraz współpracą energetyczną (np. Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej)¹²⁶.



Kluczowe kompetencje/kwalifikacje

	Kluczowe obecnie kompetencje/ kwalifikacje	Kluczowe kompetencje/ kwalifikacje przyszłości
Wiedza	1. znajomość zasad instalacji, obsługi i eksploatacji maszyn i urządzeń specjalistycznych 2. znajomość dokumentacji technicznej, projektowej, oznaczeń i symboli występujących w dokumentacji 3. znajomość metod spełnienia wymagań środowiskowych względem zarządzanej produkcji 4. znajomość trendów, nowych technologii środowiskowych 5. znajomość zasad i przepisów BHP, ochrony ppoż., ergonomii i ochrony środowiska w zakresie wykonywanych prac 6. znajomość przepisów prawa specjalistycznego, m.in. z zakresu ochrony środowiska i gospodarki odpadami (na szczeblu krajowym i UE) 7. znajomość procesów uzyskiwania wymaganych pozwoleń i decyzji potrzebnych do prowadzenia działalności w zakresie gospodarowania odpadami 8. znajomość sposobów nadzoru nad prawidłowymi warunkami BHP 9. znajomość standardów segregacji odpadów określonych dla poszczególnych rodzajów 10. znajomość prowadzenia sprawozdawczości środowiskowej 11. znajomość zasad funkcjonowania zakładów w obszarze gospodarki odpadami czy gospodarki wodno-ściekowej 12. znajomość języka obcego (angielski) minimum na poziomie B2 oraz słownictwa branżowego	1. znajomość zasad instalacji, obsługi i eksploatacji maszyn i urządzeń specjalistycznych 2. wiedza interdyscyplinarna 3. znajomość trendów, nowych technologii środowiskowych 4. wiedza specjalistyczna z zakresu zarówno pozyskiwania surowców w sposób jak najmniej inwazyjny dla środowiska naturalnego oraz z zakresu odzysku surowców i ponownego ich zagospodarowania 5. znajomość metod spełnienia wymagań środowiskowych względem zarządzanej produkcji 6. znajomość dokumentacji technicznej, projektowej, oznaczeń i symboli występujących w dokumentacji 7. znajomość przepisów prawa specjalistycznego, m.in. z zakresu ochrony środowiska i gospodarki odpadami (na szczeblu krajowym i UE) 8. znajomość podstaw mechaniki, elektrotechniki, elektroniki i fizyki, mechatroniki

¹²⁶ <https://www.gov.pl/web/klimat/organizacje-miedzynarodowe2> (dostęp: 14.08.2023).

	13. znajomość systemu - Baza Danych Odpadowych (BDO) 14. wiedza z zakresu bezpieczeństwa cyfrowego (systemy zabezpieczeń, programy zabezpieczające) wykorzystywanych w ochronie środowiska 15. znajomość podstaw mechaniki, elektrotechniki, elektroniki i fizyki, mechatroniki 16. znajomość procesów biologiczno-mechanicznych przetwarzania odpadów	9. znajomość wiodących rozwiązań i technologii z zakresu AI
Umiejętności	1. umiejętność analizowania informacji i poszukiwania przyczyn problemów 2. umiejętność podejmowania decyzji i działań w sytuacjach nagłych/awaryjnych 3. umiejętność kontrolowania jakości produktów i optymalizowania rozwiązań technologicznych projektów 4. umiejętność planowania i wykonywania prób technologicznych 5. umiejętność analizowania informacji, poszukiwania i kreowania rozwiązania problemów dotyczących procesów zachodzących w zakładzie przemysłowym 6. umiejętność doskonalenia i optymalizacji przebiegu procesów technologicznych 7. umiejętność identyfikowania nieprawidłowości w procesach gospodarowania odpadami 8. umiejętność monitorowania przebiegu, oceny poprawności procesów gospodarowania odpadami 9. umiejętność analizowania przyczyn i skutków nieprawidłowości w procesach gospodarowania odpadami 10. umiejętność pobierania próbek, mierzenia i rejestrowania parametrów procesów gospodarowania odpadami 11. umiejętność analizowania projektów po kątem technicznym i kosztowym 12. umiejętność sporządzania schematów technologicznych 13. umiejętności, które umożliwiają prowadzenie zakładu w obszarze gospodarki odpadami czy gospodarki wodno-ściekowej	1. umiejętność dostosowania się do zmieniających się warunków 2. umiejętność doskonalenia i optymalizacji przebiegu procesów technologicznych 3. umiejętność analizowania informacji, poszukiwania i kreowania rozwiązania problemów dotyczących procesów zachodzących w zakładzie przemysłowym 4. długoterminowe planowanie strategiczne, uwzględniające zmiany klimatyczne i sytuacje kryzysowe 5. długoterminowe planowanie strategiczne, w tym monitoring środowiskowy 6. programowanie, analiza danych, tworzenie algorytmów do przetwarzania danych 7. analiza danych, opracowywanie modeli przepływu informacji
Kompetencje społeczne	1. odpowiedzialność 2. skrupulatność 3. poczucie odpowiedzialności za siebie, zespół i realizowane zadania 4. samodzielność 5. umiejętność uczenia się i samorozwoju	1. interdyscyplinarność 2. innowacyjność, kreowanie nowych rozwiązań 3. myślenie analityczne, procesowe i krytyczne,

6. zachowywanie tajemnicy zawodowej związanej z dostępem do informacji poufnych	nastawione na rozwiązywanie problemów
7. myślenie analityczne, procesowe i krytyczne, nastawione na rozwiązywanie problemów	4. umiejętność uczenia się i samorozwoju
8. umiejętność pracy zespołowej	5. umiejętność prowadzenia konstruktywnych rozmów, w tym negocjacji
9. umiejętność kontrolowania realizacji zadań podległych pracownikom, nadzoru i współpracy z pracownikami	6. realizowanie zadań zawodowych z uwzględnieniem ich wpływu na środowisko, w szczególności na równowagę ekosystemów oraz zasoby wody
10. umiejętność skutecznego nawiązywania współpracy z innymi organizacjami/institucjami	
11. skuteczne komunikowanie się	
12. umiejętność rozwiązywania konfliktów	

Kompetencje/kwalifikacje zostały uszeregowane w tabeli od najważniejszych – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców oraz badania delfickiego; kolorem zaznaczono kompetencje/kwalifikacje deficytowe – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców



Komplementarność i synergia między kluczowymi obszarami technologicznymi

Na rozwój obszarów kluczowych w dziedzinie SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO silny wpływ (**kluczowy**) będą miały obszary kluczowe związane z energią, cyfryzacją i biotechnologią, a także – rolnictwem i transportem. To silne powiązanie wynika przede wszystkim z istoty dziedziny, którą można rozpatrywać horyzontalnie – biorąc pod uwagę zakres polityk w ochronie środowiska i klimatu, jak również sektory gospodarki, które silnie oddziałują na analizowany obszar. W tym kontekście bardzo silny wpływ warunkujący komplementarność i synergię między kluczowymi obszarami technologicznymi wynika z konieczności poszanowania elementów i zasobów środowiska. Przekłada się to bezpośrednio na rozwój rozwiązań proekologicznych w obszarach silnie oddziałujących na środowisko, w tym wyżej wspomniane – przemysł, energetyka, rolnictwo i transport. Szczególne powiązanie widoczne jest w takich kluczowych obszarach jak zrównoważony przemysł, technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami czy inteligentne zarządzanie środowiskiem – a wśród projektów interdyscyplinarnych można wyróżnić np. (1) WASTE4H2: Symultaniczne Oczyszczanie Ścieków i Generowanie Wodoru poprzez Elektrolizę Plazmową Roztworu Zasilaną Hybrydowymi Kolektorami Fotowoltaiczno-Cieplnymi; (2) Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO₂-EGS jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu EnerGizerS czy (3) PARKING GETS SMART - Improved & digitalised parking management as tool to foster green and multimodal transport in the South Baltic area – szerzej opisane w rozdziale dot. Oceny powiązania KIS z inicjatywami o zasięgu międzynarodowym w kontekście dalszego rozwoju specjalizacji.

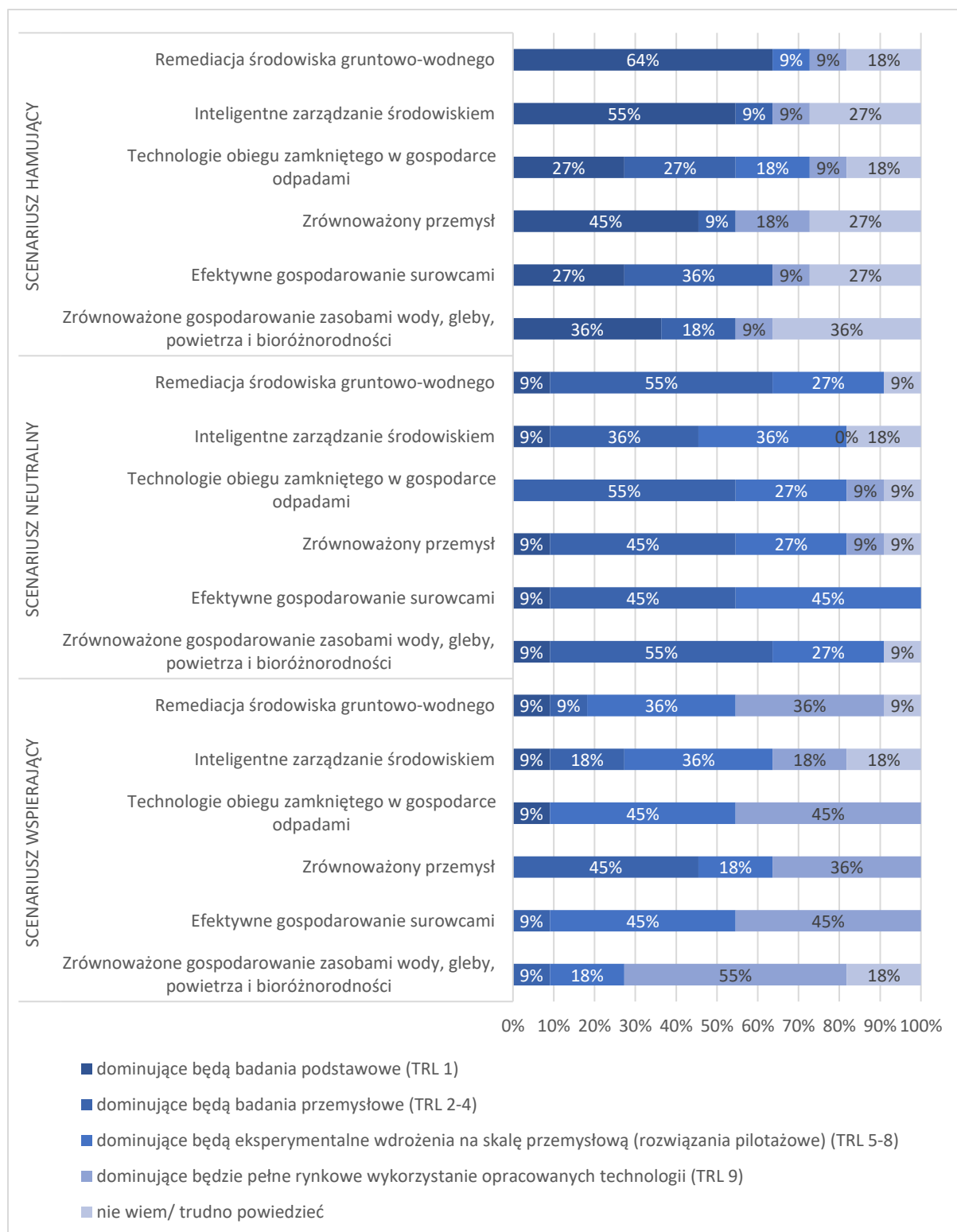


Przewidywana ścieżka rozwoju obszarów do roku 2040

Przeprowadzona w ramach badania delfi ekspercka ocena poziomu gotowości technologicznej dla dziedziny SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO wskazuje, że czynniki hamujące i wspierające, silnie

wpływają na kształtowanie się rozwoju technologicznego w analizowanej dziedzinie co ma bezpośrednie odzwierciedlenie w udziale dominujących rodzajów badań.

Wykres 9 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO



Źródło: badanie delfickie, n=11

Odnosząc się do **scenariusza neutralnego**, gdzie w każdym kluczowym obszarze technologicznym dominują badania przemysłowe, silny wpływ czynników hamujących związanych m.in., z uwarunkowaniami prawnymi, wysokimi kosztami wdrożeniowymi czy rygorystycznymi wymogami UE powoduje osłabienie tempa rozwoju i dominację badań podstawowych. Wyjątkiem są kluczowe obszary technologiczne związane z technologiami obiegu zamkniętego oraz efektywnego gospodarowania surowcami, w ramach których nie jest zauważalne tak silne oddziaływanie czynników hamujących na kwestie prowadzenia badań przemysłowych. Inaczej sytuacja przedstawia się w scenariuszu wspierającym, gdzie dominują w kluczowych obszarach technologicznych eksperymentalne wdrożenia i pełne rynkowe implementacje.

Aktualnie, zielona gospodarka, która silnie związana jest z analizowaną dziedziną traktowana jest jako koncepcja polityczna i jako realnie rosnący sektor gospodarczy, który staje się priorytetem w nowych strategiach rozwojowych państw. Nasilenie zainteresowania transformacją w stronę gospodarki zielonej nastąpiło na skutek krytycznej debaty nad uniezależnienie wzrostu gospodarczego od wzrostu zużycia zasobów naturalnych. Nieograniczony wzrost produkcji, konsumpcjonizm oraz brak umiaru w wykorzystaniu nieodnawialnych elementów środowiska stale wymaga poszukiwania rozwiązań pozwalających na zapewnienie synergii pomiędzy gospodarką a ekosystemami.

Biorąc pod uwagę silnie kształtującą się politykę ekologiczną UE oraz ambitne cele związane z neutralnością klimatyczną ważnym aspektem prowadzonych badań będą rozwiązania związane ze zrównoważonym gospodarowaniem zasobami przyrody. Dodatkowo, globalny trend akcentowania pierwiastka środowiskowego powoduje, że korzystny scenariusz rozwojowy zakłada odpowiednie dostosowanie systemu prawno-finansowego, wspierającego współpracę różnych instytucji i przedsiębiorstw na drodze budowania potencjału naukowego i komercyjnego opracowywanych innowacyjnych rozwiązań - w obszarze GOZ, zrównoważonego przemysłu, efektywnego wykorzystania surowców czy remediacji środowiska gruntowo-wodnego. Kluczowe znaczenie mają w tym wypadku dokumenty na szczeblu UE kreujące ramy tych działań (Europejski Zielony Ład, pakiet Fit for 55, dyrektywa ściekowa czy opakowaniowa). Również odnosząc się do obecnie prowadzonej transformacji energetycznej i powołując się na założenia Europejskiego Zielonego Ładu - wzrasta rola surowców nieenergetycznych. Przejście na czystą zieloną energię przyniesie nowe wyzwania związane z zabezpieczeniem dostaw surowców koniecznych do rozwoju nowych technologii energetycznych.

Warto przy tym zauważyć istotne znaczenie, podkreślane przez Ekspertów, wdrażania w kraju cyrkularnych modeli biznesowych. Rozwój GOZ generuje potrzebę wdrożenia nowych rozwiązań technologicznych oraz rozbudowy i modernizacji infrastruktury przemysłowej. Jako alternatywa dla dominującego obecnie systemu gospodarczego powinna zapewnić szybki i dynamiczny rozwój społeczno-gospodarczy a tym samym wytyczyć ścieżki rozwoju gospodarczego przy jednoczesnej minimalizacji negatywnych oddziaływań na środowisko przyrodnicze. W tym kontekście istotną rolę pełni kreowanie nowoczesnych technologii środowiskowych i rozwiązań ekologicznych, które budują innowacyjny ekosystem i służą realizacji założeń zrównoważonego rozwoju.

Czynniki i uwarunkowania, w tym bariery, wpływające na rozwój kluczowych obszarów technologicznych

W ramach przejścia na gospodarkę o obiegu zamkniętym oraz odbudowę i ochronę bioróżnorodności i ekosystemów największy wpływ mają następujące uwarunkowania: brak rozwiązań legislacyjnych lub przedłużający się czas ich procedowania, niedostateczne rozwiązania dla finansowania wdrożeń oraz niedostateczne rozwiązania dla finansowania B+R. Kluczowe znaczenie mają również następujące uwarunkowania:

- rozwiązania prawne, organizacyjne wspierające współpracę różnych instytucji i przedsiębiorstw,
- przepisy prawne w zakresie obowiązków jakie powinien spełnić przedsiębiorca w zakresie GOZ,
- wymogi UE zobowiązujące Polskę do wdrożenia rozwiązań w zakresie odzysku i przetwarzania odpadów,
- wdrażanie w kraju cyrkularnych modeli biznesowych,
- wirtualizacja/ subskrypcje usług (dematerializacja usług),
- niska świadomość społeczeństwa w zakresie gospodarki o obiegu zamkniętym,
- realna promocja wdrażania rozwiązań- stworzenie mechanizmów umożliwiających łatwiejszą absorpcję środków pomocowych przez podmioty zainteresowane wdrożeniami,
- system opodatkowania premiujący rozwój technologiczny,
- weryfikacja podejścia oceny innowacyjności w programach dotacyjnych - nie pod kątem naukowej wartości a praktycznej procesowej.

Wyzwania i rekomendacje dla rozwoju kluczowych obszarów technologicznych:

Wśród wyzwań i rekomendacji mających kluczowe znaczenie w przejściu na gospodarkę o obiegu zamkniętym oraz odbudowę i ochronę bioróżnorodności i ekosystemów można wyróżnić:

- rozwój technologii i usług cyfrowych w obszarze ochrony środowiska pozwalająca na monitorowanie, detekcję, predykcję na odległość,
- rozwój technologii i usług cyfrowych w obszarze ochrony środowiska pozwalająca na monitorowanie, detekcję i predykcję zmian w ekosystemach,
- zapewnienie bezpieczeństwa surowcowego i stworzenie rynku surowców wtórnych,
- rozwój technologii oczyszczania wód i ich ponownego wykorzystania, w tym technologie obniżające zużycie wody,
- nowe modele biznesowe bazujące na technologiach obiegu zamkniętego;
- rozwój rozwiązań na rzecz odbudowy zdegradowanych naturalnych ekosystemów,
- tworzenie popytu na ekoinnowacje, ekoprojektowanie, czystą produkcję,
- nowe podejście do umiejętności i kompetencji pracowników ukierunkowane na potrzeby zielonej transformacji gospodarki,
- wpieranie realizacji (finansowe i administracyjne) projektów B+R związanych z zielonymi technologiami,
- wykorzystanie systemów informatycznych, rzetelnych baz danych zarówno na poziomie krajowym i regionalnym w celu zarządzania środowiskiem i działaniami na rzecz klimatu,
- jednoznaczne opracowywanie standardów oceny projektów środowiskowych w tym np. projektów planów remediacji, tak aby na poziomie jednostek administracyjnych typu RDOŚ nie występowały rozbieżności w ocenach,
- podnoszenie kwalifikacji w zakresie edukacji ekologicznej i obowiązujących przepisów prawa również na poziomie UE, wśród pracowników samorządów lokalnych,
- intensyfikacja działań w kierunku GOZ – na poziomie gospodarki komunalnej, partnerstwa publiczno-prywatnego jak również wspierania działań jednostek prywatnych,
- rozszerzenie działań na poziomie lokalnym wspierającym działania pro środowiskowe i klimatyczne – systemy kanalizacji zrównoważonej, błękitno-zielona infrastruktura, mała retencja, rozwiązania typu NbS itp.

Kamienie milowe:

- Neutralność klimatyczna w UE i PL do 2050 r.,

- Ograniczenia emisji gazów cieplarnianych dla każdego kraju UE w sektorach, które nie są objęte systemem handlu emisjami (ETS) - czyli w transporcie, rolnictwie, budownictwie oraz gospodarce odpadami – z 29% do 40% do 2030 r. (dla Polski nowy cel na 2030 to -17,7%¹²⁷),
- Zwiększenie skuteczności obecnego systemu gospodarki odpadami. Nowe wymagania przewidują w szczególności podniesienie poziomów recyklingu odpadów komunalnych do 55% w 2025 r., 60% w 2030 r. i 65% w 2035 r.,
- Minimalizacja ilości składowanych odpadów: do 30% w roku 2025, do 20% w roku 2030 i do 10% w roku 2035,
- Ograniczenie do 2040 r. odpadów opakowaniowych o 15% na mieszkańca w każdym państwie członkowskim, w porównaniu z 2018 r. (na podstawie projektu rozporządzenia w sprawie opakowań i odpadów),
- Osiągnięcie neutralności energetycznej przez oczyszczalnie obsługujące od 10 tys. RLM oraz pozostałe cele związane z nowelizacją dyrektywy dotyczącej oczyszczania ścieków komunalnych,
- Zmiana modelu gospodarczego na GOZ w następujących obszarach priorytetowych: tworzywa sztuczne, odpady żywności, surowce krytyczne, odpady rozbiórkowe i budowlane oraz biomasa i produkty wytworzone z biomasy.

Zalecenia w zakresie Krajowych Inteligentnych Specjalizacji

- Zaakcentowanie w opisie KIS 7 Gospodarka o obiegu zamkniętym nowoczesnych rozwiązań w zakresie bezpieczeństwa wodnego, w szczególności nowych ekoefektywnych rozwiązań pozyskiwania wody, jej uzdatniania i dostawy odbiorcom,
- Uspójnienie i ujednolicenie wskaźników monitorowania inteligentnych specjalizacji na poziomie regionów i kraju w obszarze środowiska i klimatu,
- Większe wykorzystanie doświadczenia Krajowych Klastrow Kluczowych w obszarze specjalizacji.

5.10 Transport

W ramach TRANSPORTU zidentyfikowano następujące **kluczowe obszary technologiczne**:

- **Innowacyjne środki transportu**
- **Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania w środkach i infrastrukturze transportowej**
- **Innowacyjne materiały, pokrycia oraz powłoki w środkach transportu**
- **Innowacyjne systemy zarządzania transportem**
- **Innowacyjne elementy wyposażenia środków transportu**



TRANSPORT

Obszar transportu podlega silnym wpływom megatrendów, wśród których dominujące znaczenie mają zmiany klimatu oraz zanieczyszczenia środowiska. To właśnie wymiar ekologiczny, dążenie do obniżania emisyjności gospodarek, ograniczania zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska oraz adaptacja do zmian klimatu aktualnie w najsilniejszym stopniu stawiają wyzwania temu sektorowi.

Pierwsze dwa obszary technologiczne zidentyfikowane w ramach obszaru TRANSPORT (tj. **Innowacyjne środki transportu** oraz **Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania w środkach i infrastrukturze transportowej**) w silny sposób wiążą się z szeroko rozumianą ekoefektywnością.

¹²⁷ <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/priorities/zmiana-klimatu/20180208STO97442/ograniczanie-emisji-gazow-cieplarnianych-w-ue-krajowe-cele-na-2030-r> (dostęp: 16.08.2023).

Zagadnienia zgrupowane w ramach tych obszarów technologicznych koncentrują się głównie na **obniżeniu emisyjności transportu oraz zwiększeniu jego sprawności** możliwie w całym łańcuchu funkcjonowania sektora tj. od projektowania, przez produkcję, eksploatację oraz ew. zagospodarowanie wyeksploatowanych urządzeń. Dążenie do ekoefektywności pociąga za sobą zapotrzebowanie na nowoczesne technologie jak np. rozwój automatyzacji i robotyzacji procesów produkcyjnych i usługowych, obniżenie energochłonności, stosowanie innowacyjnych technologii. Równie ważny w tym aspekcie jest rozwój nowoczesnych technologii w obszarze **efektywności użytkowania w transporcie** (np. elektromobilność, niskoemisyjny transport publiczny, doskonalenie urządzeń do odzyskiwania i magazynowania energii). Za szczególnie istotne uznać należy prace nad **efektywnymi jednostkami napędowymi** wykorzystywanymi w sektorze transportu (przodują tu prace nad silnikami elektrycznymi, hybrydowymi, wodorowymi – wykorzystanie paliw alternatywnych, technologie nisko i zero emisyjne, wykorzystywanie OZE, energii z odpadów czy biopaliw). Nie bez znaczenia w tej materii jest cała **infrastruktura towarzysząca** sektorowi transportu. Nowe technologie pomagają przyczyniać się do realizacji planu osiągnięcia przez transport możliwie zrównoważonego charakteru i ograniczania jego emisyjności. Innowacje w sektorze transportu uzupełniane będą przez rozwój koncepcji pojazdów autonomicznych.

Trzecim obszar technologiczny stanowią **Innowacyjne materiały, pokrycia oraz powłoki w środkach transportu**. Obszar ten wynika ze specyfiki sektora transportu jest jego wysoka materiałochłonność. Stwarza to istotne pole działań do stosowania innowacji na rzecz podniesienia efektywności wykorzystania materiałów w sektorze transportu. W tym zakresie rozwijana jest koncepcja ekoprojektowania. Polega ona na stosowaniu nowych i/ lub istotnie ulepszonych materiałów np. o wyższej wytrzymałości, bardziej trwałych, bardziej bezpiecznych, neutralnych dla środowiska, lżejszych, a przez to przyczyniających się do mniejszych emisji, ograniczeniu wolumenów jednostkowych używanych materiałów (kluczowe z uwagi na aspekty dostępności określonych surowców, a także sam ich transport). W tym zakresie nie bez znaczenia są aktualnie obserwowane trendy światowe wynikające ze zmieniających się uwarunkowań geopolitycznych (determinujące dostępność określonych typów surowców i pierwiastków metali ziem rzadkich). Równoległe z rozwojem materiałoznawstwa postępują **procesy projektowania** (istotne znaczenie w zakresie ergonomii i aerodynamiki). Sektor transportu dynamicznie rozwija się **w aspekcie GOZ** tj. wykorzystywania do produkcji i eksploatacji produktów, które będzie charakteryzował odpowiednio wysoki **potencjał do późniejszego zagospodarowania (recyklingu i / lub odzysku surowcowego)**, czy też wręcz bezpośrednio do wykorzystywania w procesach produkcyjnych materiałów pochodzących z surowców wtórnych.

Przedostatnim obszar technologiczny stanowią **Innowacyjne systemy zarządzania transportem**. Wyzwania w tym obszarze silnie unaocznili się w świetle obserwowanych trendów światowych w zakresie globalizacji i deglobalizacji (nearshoreing, reshoring, friendshoreing) oraz transformacji geopolitycznej. Efektywne systemy zarządzania transportem, logistyką, łańcuchem dostaw (także w wymiarze części serwisowych) to szansa na rozwój gospodarczy państw i regionów, które wykorzystają swoje potencjały w odpowiedni sposób. Podobnie jak ma to miejsce w innych dziedzinach gospodarki, w transporcie silnie postępuje wzrost znaczenia cyfryzacji. Przyczynia się ona do optymalizacji funkcjonowania oraz stosowanie wydajnych rozwiązań organizacyjnych i ekonomicznych zwiększających efektywność współpracy oraz przepływu ładunków, informacji i finansów ¹²⁸ (np.

¹²⁸ Mapa rozwoju rynków i technologii dla wybranych jednostek pływających i portowych systemów transportowo-logistycznych w Polsce, dr inż. Andrzej Montwiłł, Zespół ds. Sektora Publicznego Deloitte, Departament Analiz i Strategii, PARP, 2019.

sektora TSL, w tym transportu intermodalnego, wykorzystanie sztucznej inteligencji w podejmowaniu decyzji nawigacyjnych, rozwiązań *smart city* w każdej możliwej dziedzinie, ale także transportu publicznego przez: ITS, systemy nawigacyjne, antykolizyjne, planowanie tras, modelowania ruchu pojazdów, monitorowania zużycia i serwisowania środków transportu i ich składowych). Kwestie te są niezmiernie istotne z uwagi na obserwowane trendy i prognozy w zakresie **postępującej urbanizacji, zwiększenia znaczenia miast w procesach demograficznych i towarzyszących wyzwań** (obniżenie emisyjności). Branża rozwija koncept systemów autonomicznych i minimalizujących oddziaływanie środków transportu na otoczenie.

Domknięcie listy zidentyfikowanych obszarów kluczowych stanowią **Innowacyjne elementy wyposażenia środków transportu**. Rozwój technologii w tym obszarze wiąże się z pracami w zakresie automatyki, systemów bezpieczeństwa, monitoringu i konserwacji, cyfrowych, biomechanicznych, mechatronicznych oraz systemy redukcji szkodliwych emisji.



Megatrendy silnie wpływające na obszary kluczowe

- Globalizacja i deglobalizacja
- Wzrost napięć międzynarodowych i politycznych
- Transformacja cyfrowa
- Postępująca urbanizacja, zwiększenie znaczenia miast
- Kurcząca się dostępność surowców
- Zmiany klimatu oraz zanieczyszczenie środowiska
- Utrata bioróżnorodności

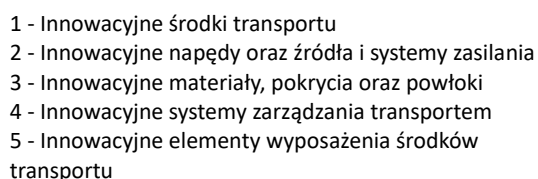


Powiązanie obszarów kluczowych z celami strategicznymi na poziomie kraju i Europy

Transportu wykazuje silne i bezpośrednie powiązanie z przeważającą większością analizowanych w niniejszym badaniu dokumentów strategicznych. Referencje te w szczególności mogą być wykazane w odniesieniu do zagadnień: niskoemisyjności, OZE, technologii przyjaznych środowisku, zasobochłonności, technologii materiałowych, gospodarki obiegu zamkniętego, sztucznej inteligencji i rozwiązań cyfrowych.

W całości kwestiom horyzontalnym w odniesieniu do krajowej sytuacji w dziedzinie transportu poświęcony jest dokument *Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 r.*, w którym wskazuje się na niezbędne działania w odniesieniu do budowy i rozwoju zintegrowanej i wzajemnie powiązanej sieci transportowej służącej konkurencyjnej gospodarce (sieci zorganizowanej w sposób efektywny, bezpieczny, z uwzględnieniem ograniczania negatywnego wpływu na środowisko). Warto w tym miejscu także podkreślić złożony charakter zagadnień związanych z transportem w odniesieniu do sprawnego funkcjonowania przestrzeni publicznej. Analiza w tym zakresie prowadzi nas do stwierdzenia silnych i bezpośrednich powiązań sektora transportu z zagadnieniem bezpieczeństwa i obronności (z zapisami *Strategii bezpieczeństwa UE 2020-2025*). Bowiem ataki terrorystyczne często są wymierzone w przestrzeń publiczną (w tym miejsca takie jak: węzły transportowe) z uwagi na jej otwarty i ogólnodostępny charakter. Infrastruktura transportowa (w tym pojazdy, detekcja zagrożeń) muszą posiadać odpowiedni stopień gotowości w stosunku do tych wyzwań. Ponadto istotne są zagadnienia związane z adaptacyjnością sektora transportu i wykorzystywanej w jego ramach infrastruktury, w kontekście wyzwań jakie zostały ujęte w opracowaniu *Groundswell Part 2 : Acting on Internal Climate Migration*, a odnoszącymi się do migracji klimatycznych. Sektor transportu z tej

Skala i intensywność powiązań wszystkich obszarów kluczowych w transporcie z celami strategicznymi na poziomie kraju i Europy jest niezwykle wysoka i bezpośrednia. Wynika to z faktu, iż priorytetem dla UE oraz krajów członkowskich jest osiągnięcie odpowiednio niskoemisyjnej gospodarki, w której transport odgrywa kluczowe znaczenie. Z tego też względu zagadnienia związane z poprawą efektywności gospodarki transportowej odgrywają wiodącą rolę w celach i kierunkach rozwoju wyznaczonych w analizowanych dokumentach strategicznych.



Kluczowe obszary technologiczne w dziedzinie TRANSPORT wspierane są w ramach RIS w województwach: dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, lubelskim, lubuskim, małopolskim, mazowieckim, opolskim, podkarpackim, podlaskim, pomorskim, śląskim, świętokrzyskim, warmińsko-mazurskim, wielkopolskim, zachodniopomorskim. Wyjątkiem w tym zakresie jest województwo łódzkie. Dla tego regionu nie stwierdzono występowania przedmiotowych powiązań (ani na podstawie realizowanych na danym obszarze projektów, ani na podstawie potencjalnych powiązań tematycznych – tj. takich, które nie wynikają z bezpośrednio realizowanych projektów).



Kluczowy obszar technologiczny	Technologie rozwinięte (wysoki stopień gotowości technologicznej)	Technologie przyszłościowe (wczesny etap rozwoju)
Innowacyjne środki transportu - autonomiczne środki transportu	• Środki transportu wraz z wybranymi autonomicznymi rozwiązaniami do poziomu 4 • Inteligentne rozwiązania w zakresie środków transportu i infrastruktury transportowej • Metro autonomiczne • Niskoemisyjne środki transportu • Technologie automatyzacji i autonomizacji w strefach zamkniętych	• Innowacyjne w pełni autonomiczne rozwiązania w transporcie poziom 5 • Drony transportowe • Hyperloop • Superniskoemisyjne środki transportu

Kluczowy obszar technologiczny	Technologie rozwinięte (wysoki stopień gotowości technologicznej)	Technologie przyszłościowe (wczesny etap rozwoju)
	- Innowacyjne pojazdy z zakresu civil service - Innowacyjne pojazdy z zakresu mobilności miejskiej	
Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania w środkach i infrastrukturze transportowej	- Innowacyjne napędy elektryczne - Superniskoemisyjne napędy spalinowe - Efektywne układy konwersji i magazynowania energii w środkach transportu - stacje szybkiego ładowania - technologia unoszenia elektromagnetycznego MAGLEV	- Innowacyjne napędy elektryczne BLDC i PMSM - Innowacyjne napędy wodorowe - Innowacyjne ogniwa paliwowe - Akumulatory na wielowartościowych jonach - Napędy zasilane na drodze indukcyjnej przez jezdnię - Systemy zasilania LNG metanolem lub amoniakiem - Silniki na e-paliwa - Silniki na paliwa syntetyczne - Innowacyjne metody wytwarzania i magazynowania energii w środkach transportu
Innowacyjne materiały, pokrycia oraz powłoki w środkach transportu	- Innowacyjne materiały o mniejszym śladzie środowiskowym - Materiały o poprawionej trwałości - Innowacyjne materiały kompozytowe - Technologie i materiały redukujące masę pojazdów - Technologie mieszanek materiałowych opartych o gospodarkę obiegu zamkniętego - Zastosowanie magnesów trwałych umożliwiających ich ponowne wykorzystanie w maszynach elektrycznych	- Materiały inteligentne - Suplementy i zamienniki pierwiastków metali ziem rzadkich - Łatwo przetwarzalne materiały i produkty zdolne do bezpośredniego recyklingu i odzysku - Technologie związane z wykorzystaniem grafenu - Technologie związane z Nature based Solutions - Innowacyjne materiały wytwarzane w technologii additive manufacturing
Innowacyjne systemy zarządzania transportem	- Sztuczna inteligencja w logistyce i systemach zarządzania transportem - Innowacyjne systemy ITS - Zintegrowane systemy zarządzania transportem	- Automatyzacja systemów spedycyjnych i sztuczna inteligencja w logistyce i systemach zarządzania transportem - Augmented reality w systemach transportowych

Kluczowy obszar technologiczny	Technologie rozwinięte (wysoki stopień gotowości technologicznej)	Technologie przyszłościowe (wczesny etap rozwoju)
	- miejskim i poza miejskim, w tym towarów - Transport intermodalny wykorzystujący krajowe potencjały - Cargo EV w skali miasta - Innowacyjne satelitarne systemy monitorowania i sterowania	- Digital twin w systemach transportowych - Technologie vehicle-to-everything - Infrastruktura i systemy zarządzania transportem - Systemy z kalkulatorami wpływu środowiskowego oraz giełdy transportowe - Technologie biorące pod uwagę dobro społeczne uczestników ruchu oraz osoby z ograniczoną mobilnością
Innowacyjne elementy wyposażenia środków transportu	- Innowacyjne technologie redukcji emisji wraz z analityką - Technologie automatyczne i automatyzacyjne - Technologie sensoryczne - Technologie diagnostyczne - Technologie cyfryzacyjne i monitoringowe	- Technologie w zakresie cyberbezpieczeństwa w transporcie - Technologie biomechaniczne - Technologie mechatroniczne



Przykłady praktycznych zastosowań technologii kluczowych

Poniżej zaprezentowano wybrane przykłady praktycznych zastosowań technologii kluczowych w dziedzinie TRANSPORTU.

- **Lokomotywa wodorowa SM42-6Dn¹²⁹** (Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania w środkach i infrastrukturze transportowej) - W czerwcu 2023 r. Prezes Urzędu Transportu Kolejowego wydał świadectwo dopuszczenia do eksploatacji pierwszej polskiej lokomotywy wodorowej wyprodukowanej przez PESA Bydgoszcz. Lokomotywa jest napędzana przez 2 ogniwa wodorowe o łącznej mocy 170 kW, co pozwala rozwijać jej prędkość do ok. 90 km/h. Ponadto lokomotywę wyposażono w system jazdy autonomicznej umożliwiający maszyniście jednoosobowe sterowanie radiowe. Warto także odnotować, iż firma prowadzi prace rozwojowe nad pojazdem pasażerskim zasilanym z trakcji elektrycznej i ogniwa wodorowych.
- **Autobus wodorowy SANCITY 12LFH¹³⁰** (Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania w środkach i infrastrukturze transportowej) - AUTOSAN sp. z o.o. w 2021 stworzył autobus zasilany ogniwem wodorowym. Pojazd ten stanowi uzupełnieniem rodziny pojazdów przeznaczonych do komunikacji miejskiej o wspólnej nazwie SANCITY. Zgodnie z założeniami osób zarządzających przedsiębiorstwem autobus wodorowy ma stać się sztandarowym produktem. Ponadto podkarpacka firma nadal ma rozwijać koncepcję oferty autobusów elektrycznych, które stanowić

¹²⁹ <https://pesa.pl/produkty/lokomotywy/sm42-6dn-hydrogen/> (dostęp: 13.08.2023)

¹³⁰ <https://autosan.pl/autobusy-miejskie/sancity-12lfh/> (dostęp 13.08.2023).

mają produkt przejściowy pomiędzy autobusami zasilanymi paliwami kopalnianymi, a wodorem. Kluczowymi składowymi autobusu wodorowego oprócz ogniwa i systemu magazynowania są systemy sterowania (odpowiadające za m.in. zarządzanie pomiędzy ogniwem, baterią, silnikiem wraz z dystrybucją wysokiego napięcia pomiędzy urządzeniami peryferyjnymi i odzyskiwaniem energii z hamowania). Aktualnie prowadzone są prace rozwojowe w zakresie usprawnień komponentów software odpowiedzialnych za systemy sterowanie autobusem (automatyka dostosowania do topografii terenu, warunków atmosferycznych, charakterystyki kierowcy). Mają one na celu minimalizację zużycia wodoru.

- **Samochód elektryczny IZERA** (Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania w środkach i infrastrukturze transportowej) - W dalszym ciągu w Polsce kontynuowane są prace nad technologią i pojazdem elektrycznym IZERA. Na wiosnę 2023 ElectroMobility Poland (EMP) zawarło umowę o współpracy pomiędzy IZERA oraz słynnym włoskim biurem projektowym Pininfarina, które będzie odpowiadać za nowy wygląd samochodów elektrycznych polskiej marki. Tworzenie nowych modeli ma trwać ok. 3 lat, mają zostać opracowane trzy modele nadwozia (SUV, hatchback oraz kombi).
- **Elektryczny samochód dostawczy e-van Autobox Innovations¹³¹** (Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania w środkach i infrastrukturze transportowej) - Firma Autobox Innovations ze Starachowic w ramach projektu zamówienia przed komercyjnego na zlecenie NCBR pracuje nad rozwojem platformy dostawczego pojazdu elektrycznego o dopuszczalnej masie całkowitej do 3,5 t (napęd o mocy chwilowej 180kW, system telemetryczny do monitorowania pojazdów, bateria o energii 115 kWh). Pojazd ma mieć zasięg ok. 250 km i ładowność ponad 1 tonę. Firma Autobox Innovations od ponad dekady dostarcza zmodernizowane samochody Star 266 dla polskiej armii. W ramach projektu planowane jest przygotowywanie różnorodnych zabudów do e-vanów.
- **Elektryczny samochód dostawczy eVan¹³²** (Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania w środkach i infrastrukturze transportowej) - Firma Innovation AG pracuje nad rozwojem platformy Eagle, wykorzystującej napęd elektryczny dla auta dostawczego kategorii N1 oraz pojazdu dostawczego pod nazwą eVan. Elementy konstrukcyjne pokrywają panele fotowoltaiczne. Prace są prowadzone na zlecenie NCBR, którego przedmiot stanowi zamówienie przed komercyjne w ramach przedsięwzięcia „E-VAN – uniwersalny pojazd dostawczy o napędzie elektrycznym kat. N1”, Zlecenie Nr. 22/20/PU/P66/5. Trwają prace nad dokumentacją techniczną pojazdu o napędzie elektrycznym, który pozwoli osiągać zasięg ponad 300 km oraz ładowność ponad 1 tonę. Planowane do zastosowania rozwiązania pozwolą na efektywną rekuperację energii z hamowania. Ponadto w pojeździe e-Van została zaimplementowana funkcjonalność umożliwiająca wykorzystanie pojazdu jako mobilnego magazynu energii (możliwość wykorzystania pojazdu jako źródła prądu oraz funkcjonalności Vehicle-to-Grid).
- **Pojazdy zeroemisyjne Solaris** (Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania w środkach i infrastrukturze transportowej) - Firma Solaris wdraża i rozwija koncepcje technologiczne pojazdów zeroemisyjnych (Urbino electric, Urbino hydrogen, Trollino). Pierwszy autobus elektryczny firmy Solaris miał swoją premierę w 2011 roku. 5 lat później, w 2016 roku, Solaris Urbino 12 electric zdobył tytuł „Bus of the Year 2017” jako pierwszy w historii pojazd baterijny. Trollino to nazwa rodziny niskopodłogowych trolejbusów. Są to pojazdy niezwykle ciche i całkowicie bezemisyjne w miejscu użytkowania. 14 września 2022 Solaris zaprezentował autobus wodorowy Urbino 18 hydrogen. Sercem Urbino 18 hydrogen jest najnowocześniejsze dostępne na rynku ogniwo

¹³¹ <https://www.starachowicka.pl/pl/starachowice/nowy-kierunek-rozwoju-starachowickiej-firmy-autobox-innovations,35667.html> (dostęp 13.08.2023).

¹³² <https://innovation.ag/> (dostęp 13.08.2023).

wodorowe, pełniące funkcję miniaturowej elektrowni wodorowej. W ogniwie wodór przekształcany jest w energię elektryczną, przekazywaną następnie do układu napędowego.

- **Pojazdy URSUS BUS** (Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania w środkach i infrastrukturze transportowej) – spółka rozwija koncepcje technologiczne pojazdów zeroemisyjnych (wodorowych: CS12FCEB oraz elektrycznych z linii „LFE”).
- **Kompozytowe felgi** (Innowacyjne materiały, pokrycia oraz powłoki w środkach transportu) - Zespół spółki Fibratex sp. z o.o. z Pomorskiego Parku Naukowo-Technologicznego stworzył autorską strukturę tekstyliów kompozytowych. Rozwiązanie zakłada ułożenie włókien węglowych w taki sposób, by odpowiadały rozkładowi sił oddziałujących na felgę w trakcie jazdy. Pozwala to na lokalne i kontrolowane wzmacnianie struktury obręczy. To z kolei przekłada się na obniżenie masy felgi, która na etapie masowej produkcji ma ważyć około 8,5 kg (dla rozmiaru 20"×10") - czyli 15% mniej niż najłżejsze istniejące na świecie felgi (aluminiowe kute).
- **Autonomiczny autobus BLEES** (Innowacyjne środki transportu – autonomiczne środki transportu oraz Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania w środkach i infrastrukturze transportowej) – Warto wspomnieć także o rozwiązaniu dedykowanemu mobilności miejskiej opracowanemu przez firmę Blees. 5 czerwca 2023 r. gliwicka firma pokazała projekt swojego premierowego autobusu autonomicznego. Pojazd jest wyposażony w 7 lidarów, 11 kamer, 4 radary, 3 odbiorniki GNSS oraz IMU. Czujniki obejmują cały obszar wokół pojazdu i zapewnią jego lepszą orientację w terenie oraz w bieżącej sytuacji na drodze. Działają one w różnych zakresach, dzięki czemu minibus zareaguje w zmiennych warunkach oświetleniowych i pogodowych.
- **Konwersja silników diesel na zasilane metanolem przez Remontowa Holding** (Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania w środkach i infrastrukturze transportowej) – W zakresie rozwiązań transportowych dedykowanych transportowi morskiemu istotna jest działalność Remontowa Holding. Firma jest istotnym graczem na rynku w zakresie rozwijania technologii obniżania emisyjności transportu morskiego. Firma z sukcesem wdrożyła na rzecz przewoźnika Stena Line rozwiązanie technologiczne polegające na konwersji silników diesel na takie, które są zasilane metanolem.
- **Autonomiczna platforma nawodna HydroDron-1** (Innowacyjne środki transportu - autonomiczne środki transportu) - Marine Technology sp. z o.o. opracowało i wdrożyło autonomiczną, zdalnie sterowaną wielozadaniową platformę nawodną. Efektem prac jest produkcja prototypu HydroDron-1. Platforma ma zdolność wykonywania prac pomiarowych w trybie autonomicznym lub w trybie zdalnego sterowania, przydanego szczególnie w sytuacji trudnej nawigacyjnie. Wśród sensorów będących na wyposażeniu HydroDrona jest radar 3D, system LIDAR, oraz dalmierze laserowe, kamery, echosondy i sonar 3D, zintegrowane z pokładowymi komputerami przemysłowymi. Innowacyjność HydroDrona polega na możliwości pracy na akwenach niedostępnych lub trudno dostępnych dla większych jednostek załogowych, których użycie jest niemożliwe lub nieoptyczne.
- **Innowacyjne wyposażenie elektryczne i energoelektryczne firmy Enika** (Innowacyjne elementy wyposażenia środków transportu) -Firma Enika specjalizuje się w projektowaniu, produkcji i serwisie kompletnego wyposażenia elektrycznego i energoelektronicznego zarówno dla miejskiego transportu publicznego (tramwajów, trolejbusów, autobusów elektrycznych oraz infrastruktury) jak i taboru i infrastruktury kolejowej. Enika dostarcza spersonalizowane produkty dla konkretnych rodzajów środków transportu. Enika oferuje zarówno stacjonarne oraz mobilne ładowarki, umożliwiające ładowanie regeneracyjne jak i stacje pantografowe dużej mocy umożliwiające szybkie uzupełnienie zasobnika energii w pojeździe.

- **„Cicha moc” łódź wodorowa** – Cicha Moc, to jednostka w klasie do 6 metrów, która będzie wyposażona w ogniwo wodorowe. Łódź została zbudowana w Szczecinie, przy współpracy spółki CS Kompozyty Sp. z o.o. (projekt i wykonanie łodzi) oraz spółki mPower Sp. z o.o. (napęd). Jednostka pomyślnie przeszła test stateczności na Odrze. Pierwszy oficjalny rejs zaplanowano na 19 sierpnia, podczas wydarzenia „Żagle 2023”.



Potencjał instytucjonalny, branżowy, kompetencyjny

Generalnie potencjał instytucjonalny i branżowy podmiotów wpisujących się w obszar transportu można uznać za umiarkowanie wysoki i posiadający tendencję wzrostową. Nieznacznie gorzej wypada ocena potencjału kompetencyjnego.

Miernikiem potencjału instytucjonalnego i branżowego w przypadku sektora przedsiębiorstw są m.in. dane GUS za lata 2016-2022.

Dane statystyczne GUS z lat 2016-2022 dotyczące eksportu towarów i usług wskazują na występowanie w sektorze transportu solidnych fundamentów i atrakcyjnych perspektyw. I tak, dane dotyczące handlu zagranicznego eksportowanych towarów wykorzystujące klasyfikację CN wskazują, iż w ramach sekcji XVI *Maszyny i urządzenia mechaniczne; sprzęt elektryczny; ich części; urządzenia do rejestracji i odtwarzania dźwięku, urządzenia telewizyjne do rejestracji i odtwarzania obrazu i dźwięku oraz części i wyposażenie dodatkowe do tych artykułów* możemy mówić o tym, iż stanowi ona kluczowe źródło krajowych przychodów z eksportu (duża dynamika tj. podwojenie przychodów na przestrzeni od 2016 – 196,53 mld zł, do 2022 r. 407,21 mld zł). W skład tej sekcji wchodzi kluczowe dla transportu m.in. silniki elektryczne, przetwornice, transformatory, ogniwa i akumulatory oraz ładowarki. Powyższe dane statystyczne zdają się potwierdzać duży potencjał i systematycznie zwiększającą się dynamikę rozwoju w naszym kraju przedsiębiorstw, których działalność wpisuje się w rozwój elektromobilności jako istotnej dziedziny gospodarki (urządzenia do ładowania oraz produkcji magazynów energii)¹³³. Równie korzystnie prezentują się statystyki dla sekcji XVII tj. *Pojazdy, statki powietrzne, jednostki pływające oraz współdziałające urządzenia transportowe*. W roku 2016 przychody z eksportu w ramach tej sekcji wyniosły 117,85 mld zł, zaś sześć lat później już 174,08 mld zł (dynamika wzrostu ok. 48%).

Istotnym miernikiem potencjału branżowego w sektorze transportu jest **liczba zatrudnianych osób**. Identyfikacja obszarów stanowiących potencjał rozwojowy Polski została przeprowadzona z wykorzystaniem danych dotyczących zmian w zakresie liczby pracujących. Największej korelacji sekcji i działów PKD ze zdefiniowanymi obszarami kluczowymi doszukano się w odniesieniu do wybranych Działów z sekcji C, G i H. Wzrost zatrudnienia pomiędzy 2016 a 2021 r. odnotowano w większości działów (w zakresie od ok. 13% do 38%).

Potencjał kompetencyjny w obszarze sektora transportu jest przeciętny. Zgodnie z danymi GUS¹³⁴ sektor transportu cechuje średni potencjał w zakresie ponoszenia wydatków na B+R. Wpływ na powyższy stan rzeczy może mieć fakt, iż w branży transportowej ponoszone są generalnie wysokie nakłady inwestycyjne, stąd stricte nakłady na B+R mogą stanowić mniejszy udział, niż w przypadku innych dziedzin.

W odniesieniu do potencjału instytucjonalnego oraz branżowego niewątpliwie silną stroną sektora Transportu jest istnienie liczego i prężnie działającego zaplecza klastrów (skoncentrowanych ogólnie

¹³³ Analiza stanu rozwoju oraz aktualnych trendów rozwojowych w obszarze elektromobilności w Polsce, Atmoterm, 2019.

¹³⁴ <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/nauka-i-technika-spoleczenstwo-informacyjne/nauka-i-technika/dzialalnosc-badawcza-i-rozwojowa-w-polsce-w-2021-roku,15,6.html> (dostęp: 13.08.2023).

na tematyce transportowej, ale również dziedzinowych jak klastry elektromobilności czy klastry wodorowe).

Jak wynika z opracowania¹³⁵ KIS 6 Transport przyjazny środowisku zaliczono do specjalizacji z mniejszą liczbą połączeń z technologiami z najbardziej znaczących obszarów¹³⁶. Natomiast jednocześnie KIS 6 Transport przyjazny środowisku znalazł się wśród specjalizacji obejmujących kwestie wskazywane w Strategii Produktywności 2030 jako priorytetowe kierunki rozwoju. Warto także nadmienić, iż specjalizacja ta zajęła piątą lokatę pod względem liczby połączeń z technologiami (38), z czego prawie połowa dotyczyła obszarów o największym potencjale. Niemniej jednak, w porównaniu do innych KIS (np. KIS 8 Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoproducty – 95 powiązań, czy KIS 9 Elektronika i fotonika: 69 powiązań) liczba połączeń z technologiami w KIS 6 Transport jest przeciętna. KIS 13 Innowacyjne technologie morskie zaliczono do trzeciej grupy specjalizacji. Przypisane do tej specjalizacji obszary technologiczne cechowały się w większości umiarkowanymi osiągnięciami w zakresie wybranych wymiarów potencjału technologicznego (w przypadku tej specjalizacji były to 24 połączenia z technologiami z 10 obszarów).

W istotnym dla KIS 6 Transport przyjazny środowisku oraz KIS 13 Innowacyjne technologie morskie obszarze: *technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej* wiodące jednostki naukowe cechowały się dużym potencjałem technologicznym (podwyższona liczba zgłoszeń patentowych oraz realizacją projektów (np. w ramach Horyzont 2020). W omawianym obszarze *technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej* jednostki naukowe charakteryzowały się głównie: osiągnięciami publikacyjnymi, a połowa z nich również potencjałem kadrowym i aktywnością patentową. W większości jednostki te uczestniczyły również w programie Horyzont 2020, a część z nich wykazywała się także w zakresie pozostałej aktywności projektowej w ramach funduszy unijnych, programów krajowych i międzynarodowych. Wśród istotnych dla *technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej* jednostek wymienić można: AGH im. Stanisława Staszica w Krakowie (pod względem potencjału kadrowego, publikacyjnego i aktywności patentowej), Politechnika Warszawska (pod względem potencjału publikacyjnego i kadrowego), Politechnika Śląska (pod względem potencjału publikacyjnego), Politechnika Śląska (pod względem potencjału publikacyjnego), Politechnika Lubelska (pod kątem aktywności patentowej), Uniwersytet Warszawski (pod kątem aktywności projektowej i potencjału publikacyjnego), Sieć Badawcza Łukasiewicz – PIAiP (pod względem aktywności projektowej i aktywności patentowej) oraz Politechnika Poznańska (pod względem aktywności patentowej).

Obszar *technologii lotniczych* zaklasyfikowano do grupy charakteryzującej się niższą od przeciętnej specjalizacją zgłoszeń patentowych, a także niskim wolumenem i udziałem tych zgłoszeń. Natomiast technologie lotnicze wyróżniają się w obszarze potencjału publikacji naukowych (na 1 mln mieszkańców). Wśród istotnych dla technologii lotniczych jednostek wymienić można: Sieć Badawczą Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa (pod względem aktywności patentowej i projektowej), Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych (pod kątem potencjału publikacyjnego), Politechnikę Warszawską (pod kątem potencjału kadrowego i publikacyjnego), Politechnikę Lubelską (pod kątem aktywności patentowej), Politechnikę Rzeszowską im. Ignacego Łukasiewicza (ponadprzeciętna średnia ocena wskaźnika syntetycznego), WAT im. Jarosława Dąbrowskiego (pod kątem potencjału kadrowego) oraz Lotniczą Akademię Wojskową (pod kątem potencjału publikacyjnego).

¹³⁵ strona nr 8 - Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii, Ośrodek Przetwarzania Informacji PIB oraz Uniwersytet Warszawski, 2022.

¹³⁶ takich, które: 1) mają dużą liczbę zgłoszeń patentowych i publikacji, 2) charakteryzują się dużymi udziałami zgłoszeń patentowych i publikacji w globalnej liczbie zgłoszeń i publikacji w określonym obszarze oraz 3) cechują się istotną specjalizacją, która pokazuje znaczenie określonego obszaru na tle wszystkich wytypowanych obszarów technologicznych w Polsce.

Szczególne znaczenie dla KIS 13 Innowacyjne technologie morskie w zakresie wymiaru edukacyjnego, publikacyjnego, projektowego mają natomiast takie jednostki jak: Uniwersytet Morski w Gdyni, Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte w Gdyni, Uniwersytet Gdański, Centrum Techniki Okrętowej S.A., Akademia Morska w Szczecinie, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie oraz Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie.

Jak wynika z badania *Ewaluacja potencjału badawczo-rozwojowego jednostek naukowych i jego wpływu na realizację celów KIS*¹³⁷ (oraz aktualizacji przeprowadzonej na potrzeby niniejszego opracowania) nominalne zaplecze B+R w postaci jednostek naukowych w ramach poszczególnych KIS jest silnie zróżnicowane. W przypadku KIS 6 Transport przyjazny środowisku zidentyfikowano 77 jednostek, zaś w przypadku KIS 13 Innowacyjne technologie morskie 25 jednostek. Należy jednak mieć na uwadze to, iż te specjalizacje, a szczególnie KIS 6 Transport przyjazny środowisku w istotny sposób (pośredni i bezpośredni) wiążą się z pozostałymi specjalizacjami oraz technologiami.

Prócz omówionego powyżej zaplecza naukowego warto w tym miejscu odnieść się do kategorii naukowych, jakie przypisano poszczególnym jednostkom naukowym.

W przypadku KIS 6 Transport przyjazny środowisku udział jednostek naukowych z najwyższą oceną (A+) był niski i cechował jedynie 2,6% podmiotów, z niższą oceną (A) dotyczył 37,7% jednostek. Dominują jednostki z kategorią B lub C - 59,7%. Zasadniczo zbliżona jest pod tym względem sytuacja w odniesieniu do KIS 13 Innowacyjne technologie morskie, tutaj udział podmiotów z najwyższą oceną A+ jest nieznacznie wyższy i wynosi: 4%, jeśli chodzi o jednostki z kategorią A stanowią one 28% a najliczniejsze są te z kategorią B lub C – 68%.

Generalnie potencjał instytucjonalny i branżowy podmiotów wpisujących się w obszar transportu można uznać za umiarkowanie wysoki oraz o generalnej tendencji wzrostowej. Wpływ na tę ocenę ma zauważalna dynamika wzrostowa w zakresie liczby zatrudnionych osób oraz wartości eksportu w przedsiębiorstwach z sektora transportu. W odniesieniu do potencjału kompetencyjnego pozytywnie należy ocenić zaangażowanie wiodących jednostek naukowych (podwyższona liczba zgłoszeń patentowych oraz realizacja projektów np. w ramach Horyzont 2020). In minus wskazać należy na dominację osiągnięć publikacyjnych nad aktywnością np. patentową czy wdrożeniową. Z tego względu należy wysnuć wniosek o konieczności dalszego wspierania (m.in. przez działalność statutową NCBR) działań w zakresie rozwoju infrastruktury badawczo-rozwojowej, współpracy nauki i biznesu oraz dążenia do komercjalizacji wypracowywanych rozwiązań. Tego typu aktywność w dalszym ciągu pociągać będzie za sobą silnego wsparcia finansowego kierowanego zarówno do przedsiębiorstw, ośrodków naukowo-badawczych oraz uczelni wyższych.

Jak wynika z przeprowadzonych badań jakościowych, w przypadku sektora transportu istotna część działalności (także w obszarze B+R) kluczowych dla branży przedsiębiorstw wynika z obecności na terenie krajów koncernów międzynarodowych (i kapitału zagranicznego). W praktyce powyższe najczęściej sprowadza się do tego, iż przedstawicielstwa te wykonują określone projekty (w tym w zakresie prac rozwojowych i innowacyjnych) zlecane z zagranicznych centrali i w oparciu o ich wytyczne. Powyższe skutkuje tym, iż polskie przedsiębiorstwa nie realizują w pełni programów B+R, lecz w najlepszym wypadku uczestniczą w wybranych ich elementach. Przekłada się to na automatyczne ograniczenia w zakresie praktycznej aplikacji określonych rozwiązań. W przypadku przedsiębiorstw z kapitałem krajowym, kluczowe rozwiązania z zakresu B+R koncentrują się zaś na innowacjach procesowych (mających na celu poprawienie ekonomiki funkcjonowania przedsiębiorstwa w

¹³⁷ Ecorys Polska, Taylor Economics, *Ewaluacja potencjału badawczo-rozwojowego jednostek naukowych i jego wpływu na realizację celów KIS*, 2019.

odniesieniu do podstawowych gam produktów i usług). Możliwość angażowania się firm z kapitałem krajowym w rozwój innowacyjnych technologii jest nierzadko ograniczona z uwagi na konieczność ponoszenia znaczących nakładów finansowych na realizację prac B+R. Do tego należy uwzględnić specyfikę branży przemysłu motoryzacyjnego (konieczność pozyskania stosownych certyfikatów, atestów), która dodatkowo pogłębia trudności w zakresie wypracowywania krajowych innowacyjnych technologii na odpowiednio szeroką skalę przemysłową.

Dodatkowo nieodzowną składową potencjału kompetencyjnego stanowi wymiar obowiązujących przepisów prawa oraz planowanych zmian w tym obszarze. W tym aspekcie wskazać należy nie tylko na zasadność koncentracji na określonych technologiach czy produktach (która byłaby korzystna, gdyż rozproszenie środków na wiele dziedzin interwencji obniża skuteczność takowej). Lecz także na postrzeganiu funkcjonowania określonych działalności na terenie kraju w sposób całościowy. W tym zakresie za przykład może służyć produkcja ogniw bateryjnych oraz przygotowywanych regulacji prawnych (rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie baterii i zużytych baterii¹³⁸) mających objąć cały „cykl życia” baterii – od produkcji po ponowne użycie i recykling.



Kluczowe podmioty

Kluczowy obszar technologiczny	Podmioty publiczne	Przedsiębiorstwa
Innowacyjne środki transportu - autonomiczne środki transportu	• Akademia Górniczo-Hutnicza • Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte w Gdyni, • Akademia Morska w Szczecinie • Instytut Chemii Fizycznej PAN • Instytut Fizyki Molekularnej PAN • Instytut Fizyki PAN	• Blees sp. z o.o. • Centrum Techniki Okrętowej S.A. • ElectroMobility Poland • MAN Polska • Marine Technology • Marine Technology sp. z o.o. • Solaris Bus & Coach sp. z o.o.
Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania w środkach i infrastrukturze transportowej	• Instytut Metali Nieżelaznych w Poznaniu • Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych • Instytut Transportu Samochodowego • Politechnika Gdańska • Politechnika Krakowska • Politechnika Łódzka • Politechnika Poznańska • Politechnika Śląska • Politechnika Warszawska • Politechnika Wrocławska	• AMZ Kutno S.A. • AUTOMET GROUP SPÓŁKA JAWNA • AUTOSAN sp. z o.o. • BLEES • BMZ Poland sp. z o.o. • Boryszew S.A. • CS Kompozyty Sp. z o.o. • Impact Clean Power Technology S.A. • JELCZ Sp. z o.o. • LG Energy Solution Wrocław • Lider Trading Sp. z o.o. • Melex Sp. z o.o. • mPower Sp. z o.o. • PESA

¹³⁸ <https://www.consilium.europa.eu/pl/press/press-releases/2023/07/10/council-adopts-new-regulation-on-batteries-and-waste-batteries/> (dostęp 13.08.2023)

	• Polskie Centrum Fotoniki i Światłowodów • Polskie Zakłady Lotnicze sp. z o.o. • Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów • Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej „Blachownia” • Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Logistyki i Magazynowania • Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Lotnictwa • Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa	• PESA Bydgoszcz • Remontowa Holding • SCANIA Polska • STELLANTIS GLIWICE sp. z o.o. • Szczęśniak Pojazdy Specjalne Sp. z o.o. • Umicore • URSUS BUS S.A. • Volkswagen Poznań Sp. z o.o. BMZ Poland sp. z o.o. • WAWRZASZEK Inżynieria Samochodów Specjalnych Sp. z o.o. • WIELTON S.A.
Innowacyjne materiały, pokrycia oraz powłoki w środkach transportu	• Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych • Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technik Innowacyjnych EMAG • Sieć Badawcza Łukasiewicz - Przemysłowy Instytut Motoryzacji • Sieć Badawcza Łukasiewicz Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki	• Fibratex sp. z o.o. • GRAFORM Spółka z o.o. • Grupa SPLAST • HANYANG ZAS Sp. z o.o. • IZOBLOK S.A. • Kuźnia Polska S.A. • Polmo Łomianki S.A. • Sanok Rubber Company S.A • SPINKO MOTO SP. Z O.O.. • Zakłady Metalowe POSTĘP S.A.
Innowacyjne systemy zarządzania transportem	• Sieć Badawcza Łukasiewicz Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL • Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Elektrotechniki, Zakład Napędów Elektrycznych	• Asseco Poland S.A. • BURY Sp. z o.o. • Comarch S.A. • ELTE Group • Scanway S.A.
Innowacyjne elementy wyposażenia środków transportu	• Stowarzyszenie Grupy Przedsiębiorców Przemysłu Lotniczego Dolina Lotnicza • Uniwersytet Gdański • Uniwersytet Jagielloński • Uniwersytet Morski w Gdyni, • Uniwersytet Warszawski	• AC S.A. • ALPHA TECHNOLOGY Sp z o.o. • AutoPart S.A. • Bocar Sp. z o.o. • BODEX Sp. Z o.o. • DRÄXLMAIER Polska • El-Cab Sp. z o.o. • ENIKA sp. z o.o. • Geyer & Hosaja • INTER CARS S.A. • Jenox Akumulatory sp. z o.o. • KH-KIPPER • Lumag Sp. z o.o.

- Medcom sp. z o.o.
- PAKS'D Sp. z o.o.
- POLMOstrów Sp. z o. o.
- POLMOTORS Sp. Z o.o.
- PRO CARS GROUP Sp. z o.o.
- Vigo Photonics S.A.
- Zakład Elektrotechniki
Motoryzacyjnej
w Ełku Sp. z o.o.
- ZAP Sznajder Batterien S.A.



Przewagi konkurencyjne w kontekście konkurencyjności międzynarodowej

Sektor transportu w Polsce jest wysoce specyficzny, z uwagi na fakt, iż pozostaje pod silnym wpływem dużych międzynarodowych koncernów. W praktyce często oznacza to, iż kluczowe technologie dla rozwoju określonych produktów są opracowywane w centralach tych koncernów (czy to jest np. VW, Mercedes, Mann itp.). Zaoferowanie rozwiązań, które byłyby atrakcyjne dla największych koncernów z sektora transportowego wymaga częstokroć przeprowadzenia długotrwałych i kosztownych badań (pilotażowych, testowych, homologacyjnych itp.), co często jest barierą trudną do przeskoczenia przez krajowych interesariuszy.

Niewątpliwą przewagą konkurencyjną w sektorze transportu w Polsce powinny być zaś innowacje procesowe. Powinny one być ukierunkowane na optymalizację procesów produkcyjnych w takim kierunku, aby poprawiać całociowy bilans procesów wytwórczych (by osiągać jak najkorzystniejsze warunki cenowe, by pozostać atrakcyjnym rynkiem dla kluczowych międzynarodowych koncernów, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości).

Należy także dążyć do poszukiwania nowych i rozwijania istniejących platform porozumień (klastrów itp.). W tym zakresie istotny potencjał identyfikuje się wśród firm działających w sektorze dotyczącym transportu morskiego oraz produkcji pojazdów specjalistycznych, na potrzeby użytku cywilnego). Ponadto w tym obszarze warto wzmocnić poszukiwania porozumień o współpracę gospodarczą z krajami z Ameryki Południowej i Afryki (na wzór Umowa o partnerstwie gospodarczym UE-ESA¹³⁹).



Kluczowe kompetencje/kwalifikacje

	Kluczowe obecnie kompetencje/ kwalifikacje	Kluczowe kompetencje/ kwalifikacje przyszłości
Wiedza teoretyczna	1. znajomość i przestrzeganie wysokich standardów BHP 2. znajomość zagadnień: automatyki, informatyki, akustyki, mechatroniki, chemii, elektryki, elektroniki,	1. znajomość zagadnień: automatyki, informatyki, akustyki, mechatroniki, chemii, elektryki, elektroniki, elektrotechniki, mechaniki,

¹³⁹ <https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/pl/content/epa-afryka-wschodnia-i-poludniowa> (dostęp: 13.08.2023).

	elektrotechniki, mechaniki, energetyki, budowy i eksploatacji maszyn 3. znajomość najnowszych trendów technologicznych w branży 4. dobra znajomość rysunku technicznego, schematów (tworzenie, czytanie) 5. znajomości przepisów normatywnych (w zakresie konstrukcji, branżowych przepisów np. TSI) 6. znajomość zasad i procedur projektowania 7. znajomość języka obcego (angielski, niemiecki) minimum na poziomie B2 oraz słownictwa branżowego, biznesowego 8. znajomość narzędzi jakościowych i standardów w przemyśle (np. IATF 16949, VDA, ISO) 9. znajomość zasad organizacji i przebiegu procesu produkcyjnego w przemyśle (w tym: specyfiki działania urządzeń i aparatury przemysłowej, zarządzania zasobami) 10. znajomość zagadnień w obszarze materiałoznawstwa (innowacyjnych materiałów w transporcie, w tym pokryw, powłok, materiałów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych) 11. ukończone studia techniczne/universyteckie w dziedzinie technicznej lub porównywalne kwalifikacje 12. wiedza z obszaru dziedziny konstrukcyjno-budowlanej pojazdów transportowych 13. wiedza nt. innowacyjnych napędów i źródeł zasilania w środkach i infrastrukturze transportowej (napędy elektryczne, wodorowe, hybrydowe, biopaliwa, LNG, NH3, odpady i inne paliwa alternatywne, Energy harvesting) 14. posiadanie dedykowanych i aktualnych uprawnień (np. do obsługi maszyn i urządzeń)	energetyki, budowy i eksploatacji maszyn 2. znajomość języka obcego (angielski, niemiecki) minimum na poziomie B2 oraz słownictwa branżowego, biznesowego 3. znajomość najnowszych trendów technologicznych w branży 4. dobra znajomość rysunku technicznego, schematów (tworzenie, czytanie) 5. znajomość zasad i procedur projektowania 6. wiedza z zakresu cyfryzacji i IT w transporcie (bazy danych, nowoczesne technologie, programowanie maszyn i urządzeń, uczenie maszynowe, technologie chmurowe) 7. wiedza nt. algorytmów sztucznej inteligencji 8. posiadanie dedykowanych i aktualnych uprawnień (np. do obsługi maszyn i urządzeń) 9. wiedza z zakresu bezpieczeństwa cyfrowego (Cybersecurity i Functional Safety w transporcie, systemy zabezpieczeń, programy zabezpieczające) 10. znajomość i przestrzeganie wysokich standardów BHP 11. znajomość zasad organizacji i przebiegu procesu produkcyjnego w przemyśle (w tym: specyfiki działania urządzeń i aparatury przemysłowej, zarządzania zasobami) 12. znajomość zagadnień w obszarze materiałoznawstwa (innowacyjnych materiałów w transporcie, w tym pokryw, powłok, materiałów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych) 13. wiedza nt. innowacyjnych napędów i źródeł zasilania w środkach i infrastrukturze transportowej (napędy
--	--	--

	15. wiedza nt. innowacyjnych środków transportu (np. pojazdy autonomiczne) 16. znajomość środowiska informatycznego przeznaczonego do kompleksowego zarządzania cyklem życia produktu (Product Lifecycle Management np. PDM, ENOVIA) 17. wiedza z zakresu cyfryzacji i IT w transporcie (bazy danych, nowoczesne technologie, programowanie maszyn i urządzeń, uczenie maszynowe, technologie chmurowe) 18. wiedza z zakresu bezpieczeństwa cyfrowego (Cybersecurity i Functional Safety w transporcie, systemy zabezpieczeń, programy zabezpieczające) 19. wiedza związana z elektromobilnością (ogólna budowa i działanie, elektryka, baterie, ładowarki itp.)	elektryczne, wodorowe, hybrydowe, biopaliwa, LNG, NH3, odpady i inne paliwa alternatywne, Energy harvesting) 14. znajomość środowiska informatycznego przeznaczonego do kompleksowego zarządzania cyklem życia produktu (Product Lifecycle Management np. PDM, ENOVIA)
Umiejętności praktyczne	1. znajomość technologii obróbki materiałowej (znajomość procesów specjalnych: spawanie, klejenie itp.) 2. umiejętność projektowania (instalacji, konstrukcji, specyfikacji, szablonów: PCB, SMT), tworzenia dokumentacji konstrukcyjnej / projektowej, technicznej 3. umiejętności testowe (umiejętności korzystania z aparatury kontrolno-pomiarowej, sporządzanie i realizowanie harmonogramu testów, organizacja i nadzór nad przebiegiem testów) 4. umiejętność obsługi specjalistycznego oprogramowania branżowego (np. symulacji, projektowania 3D/2D, SolidWorks, SW PDM, CATIA, 3DEXPERIENCE, AutoCAD) 5. umiejętność prowadzenia uzgodnień technicznych, nadzoru oraz wsparcia technicznego, uruchamiania / rozruchu / prób, opracowywania dokumentacji i badań prototypowych, homologacyjnych i normalizacyjnych 6. umiejętność analizy istniejących rozwiązań i wdrażanie usprawnień w	1. umiejętność obsługi specjalistycznego oprogramowania branżowego (np. symulacji, projektowania 3D/2D, SolidWorks, SW PDM, CATIA, 3DEXPERIENCE, AutoCAD) 2. umiejętność analizy istniejących rozwiązań i wdrażanie usprawnień w nowych projektach / prace koncepcyjne dla przyszłych projektów (np. poszukiwanie nowych rozwiązań materiałowych oraz konstrukcyjnych, technologicznych, rozwój oprogramowania) 3. umiejętności serwisowe (wykonywanie napraw, przeglądów, wypełniania dokumentacji serwisowych) 4. umiejętności automatyczne, techniczne i technologiczno-procesowe (opracowywanie, nadzorowanie, udoskonalanie: procesów, produkcji, instrukcji technologicznych, ustawianie parametrów pracy wybranych

	nowych projektach / prace koncepcyjne dla przyszłych projektów (np. poszukiwanie nowych rozwiązań materiałowych oraz konstrukcyjnych, technologicznych, rozwój oprogramowania) 7. umiejętność wykonywania pracy zgodnie z przekazywaną dokumentacją (identyfikowanie niezgodności wyrobu, umiejętność oceny jakości wykonywanych elementów i podzespołów) 8. umiejętności z zakresu budowy / montażu / konstrukcji (umiejętności manualne, ślusarskie, spawalnicze, lutowania, tokarskie, frezowania, obsługi elektronarzędzi – w tym maszyn CNC, monterskie instalacji i urządzeń) 9. umiejętność analizy wymagań normatywnych, współpracy z kooperantami i przeprowadzania z nimi uzgodnień, negocjacji, specyfikowania komponentów i cen zakupowych 10. umiejętności serwisowe (wykonywanie napraw, przeglądów, wypełniania dokumentacji serwisowych) 11. umiejętności kierownicze w firmach produkcyjnych (zarządzanie zespołem / zdolności organizacyjne, delegowanie zadań) 12. umiejętność kosztorysowania, w tym wykonywania kalkulacji w oparciu o dokumentację techniczną (specyfikację remontu) 13. umiejętności automatyczne, techniczne i technologiczno-procesowe (opracowywanie, nadzorowanie, udoskonalanie: procesów, produkcji, instrukcji technologicznych, ustawianie parametrów pracy wybranych urządzeń, podłączanie i uruchamianie urządzeń, instalacja i utrzymanie w sprawności instalacji teletechnicznych)	urządzeń, podłączanie i uruchamianie urządzeń produkcyjnych) 5. umiejętność projektowania (instalacji, konstrukcji, specyfikacji, szablonów: PCB, SMT), tworzenia dokumentacji konstrukcyjnej / projektowej, technicznej (rzutowanie, przekroje, wymiarowanie), opracowywania technologii wykonania i montażu projektowanych elementów, wykonywanie obliczeń konstrukcyjnych 6. umiejętność prowadzenia uzgodnień technicznych, nadzoru oraz wsparcia technicznego, uruchamiania / rozruchu / prób, opracowywania dokumentacji i badań prototypowych, homologacyjnych i normalizacyjnych 7. umiejętności z zakresu budowy / montażu / konstrukcji (umiejętności manualne, ślusarskie, spawalnicze, lutowania, tokarskie, frezowania, obsługi elektronarzędzi – w tym maszyn CNC, monterskie instalacji i urządzeń) 8. umiejętność analizy wymagań normatywnych, współpracy z kooperantami i przeprowadzania z nimi uzgodnień, negocjacji, specyfikowania komponentów i cen zakupowych 9. znajomość technologii obróbki materiałowej (znajomość procesów specjalnych: spawanie, klejenie itp.) 10. umiejętność wykonywania pracy zgodnie z przekazywaną dokumentacją (identyfikowanie niezgodności wyrobu, umiejętność oceny jakości wykonywanych elementów i podzespołów)
--	---	--

	14. umiejętność tworzenia, testowania, uruchamiania oprogramowania (w tym embedded firmware, układów elektrycznych, elektronicznych, sterowników programowalnych, programowania mikroprocesorów, programowania np. PLC, HMI, FBD, ST) 15. umiejętności budowania modeli predykcyjnych i segmentacyjnych w oparciu o dane z procesu eksploatacji i dane środowiskowe mające wpływ na eksploatację środków transportu	11. umiejętności budowania modeli predykcyjnych i segmentacyjnych w oparciu o dane z procesu eksploatacji i dane środowiskowe mające wpływ na eksploatację środków transportu 12. umiejętność wykorzystywania metod Machine Learning
Kompetencje społeczne (postawy)	1. zachowywanie tajemnicy zawodowej związanej z dostępem do informacji poufnych 2. samodzielność, solidność, aktywność, terminowość realizacji zadań 3. wysokie kompetencje analityczne, w tym umiejętność logicznego, całościowego, procesowego i krytycznego myślenia 4. poczucie odpowiedzialności za powierzone zadania, stanowisko pracy i za zespół współpracowników 5. umiejętność pracy w zespole i skutecznej komunikacji 6. wysokie umiejętności interpersonalne i organizacyjne, koordynacyjne (umiejętność ustalania priorytetów i planowania pracy) 7. myśli kreatywnie, jest nastawiony na dostarczanie nowych rozwiązań; innowacyjność 8. umiejętność pracy pod presją czasu 9. chęć ciągłego doskonalenia, uczenia się i samorozwoju 10. umiejętność przewidywania potrzeb i dostarczania odpowiednich rozwiązań 11. interdyscyplinarność	1. umiejętność pracy w zespole i skutecznej komunikacji 2. samodzielność, solidność, aktywność, terminowość realizacji zadań 3. myśli kreatywnie, jest nastawiony na dostarczanie nowych rozwiązań; innowacyjność 4. chęć ciągłego doskonalenia, uczenia się i samorozwoju 5. wysokie umiejętności interpersonalne i organizacyjne, koordynacyjne (umiejętność ustalania priorytetów i planowania pracy) 6. umiejętność pracy pod presją czasu 7. umiejętność przewidywania potrzeb i dostarczania odpowiednich rozwiązań 8. poczucie odpowiedzialności za powierzone zadania, stanowisko pracy i za zespół współpracowników 9. interdyscyplinarność 10. doświadczenie w układaniu i optymalizacji procesów z uwzględnieniem wykorzystania zasobów 11. wysokie kompetencje analityczne, w tym umiejętność logicznego, całościowego, procesowego i krytycznego myślenia

Kompetencje/kwalifikacje zostały uszeregowane w tabeli od najważniejszych – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców oraz badania delfickiego; kolorem zaznaczono kompetencje deficytowe – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców



Komplementarność i synergia między kluczowymi obszarami technologicznymi

Na rozwój obszarów kluczowych w ramach TRANSPORTU kluczowy wpływ będzie miał równoległy rozwój obszarów technologicznych z innych dziedzin przede wszystkim cyfryzacji (np. w zakresie sztucznej inteligencji, przetwarzania i przesyłania danych, Internetu rzeczy oraz cyberbezpieczeństwa), a także automatyzacji i robotyzacji (Inteligentne maszyny rolnicze, Systemy automatyzujące procesy i robotyzacja w TSL), ale też z pogranicza energii (Paliwa odnawialne i bioenergia, Technologie wodorowe).

W przypadku sektora transportu zidentyfikowano jako kluczowe dla innych obszarów technologicznych następujące obszary w ramach transportu:

- **innowacyjne środki transportu;**
- **innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania;**
- **innowacyjne systemy zarządzania transportem.**

Zastosowanie **Innowacyjnych środków transportu** jest kluczowe dla rozwoju i uzyskania efektów synergii w takich obszarach, jak:

- Systemy automatyzujące procesy w TSL (z uwagi na rozwój systemów autonomicznych w systemach transportu);
- Platformy bezzałogowe (z uwagi na rozwój systemów autonomicznych w systemach transportu i ich możliwe zastosowanie w bezpieczeństwie i obronności);
- Sztuczna inteligencja, Gromadzenie przetwarzanie i przesyłanie danych oraz Cyberbezpieczeństwo (z uwagi na wykorzystywanie AI w rozwoju opracowywania pojazdów autonomicznych i innych innowacyjnych środków transportu, konieczności gromadzenia i analizy dużych wolumenów danych cyfrowych oraz samego cyberbezpieczeństwa w zakresie użytkowania pojazdów innowacyjnych).
- TRANSPORT: Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania; Innowacyjne materiały, pokrycia oraz powłoki; Innowacyjne systemy zarządzania transportem, Innowacyjne elementy wyposażenia środków transportu, z uwagi na równoległe stosowanie innowacyjnych napędów w innowacyjnych środkach transportu (np. silniki elektryczne), stosowanie innowacyjnych materiałów, pokryć i powłok (np. w celu zwiększenia wytrzymałości konstrukcji, zastępowania materiałów konwencjonalnych itp.), rozwoju innowacyjnych systemów zarządzania transportem (w oparciu o AI, zbieranie i analizę danych z systemów transportowych) oraz innowacyjnych elementów wyposażenia pojazdów (sprzęganie pojazdów transportowych z kierowcą).

Zastosowanie **Innowacyjnych napędów oraz źródeł i systemów zasilania** jest kluczowe dla rozwoju i uzyskania efektów synergii w takich obszarach, jak:

- Energia: Paliwa odnawialne i bioenergia; Technologie wodorowe (z uwagi na rozwój np. innowacyjnych technologii budowy i/lub modernizacji w pojazdach transportowych napędów konwencjonalnych na paliwa odnawialne, rozwój technologii wodorowych w transporcie).

- Surowce, odpady, środowisko: Zrównoważone gospodarowanie zasobami wody, gleby, powietrza i bioróżnorodności; Efektywne gospodarowanie surowcami (z uwagi na dążenie do ograniczenia emisji z sektora transportu oraz i zastępowania surowców trudnoodnawialnych OZE).
- TRANSPORT: Innowacyjne środki transportu, Innowacyjne materiały, pokrycia oraz powłoki; Innowacyjne systemy zarządzania transportem, Innowacyjne elementy wyposażenia środków transportu, z uwagi na równoległe stosowanie innowacyjnych napędów w innowacyjnych środkach transportu (np. silniki elektryczne, silniki wodorowe), stosowanie innowacyjnych materiałów, pokryć i powłok (np. w celu zwiększenia wytrzymałości konstrukcji, zastępowania materiałów konwencjonalnych itp.), rozwoju innowacyjnych systemów zarządzania transportem (w oparciu o AI, zbieranie i analizę danych z systemów transportowych) oraz innowacyjnych elementów wyposażenia pojazdów (integracja i zarządzanie napędami, systemami zasilania).

Zastosowanie **Innowacyjnych systemów zarządzania transportem** jest kluczowe dla rozwoju i uzyskania efektów synergii w takich obszarach, jak:

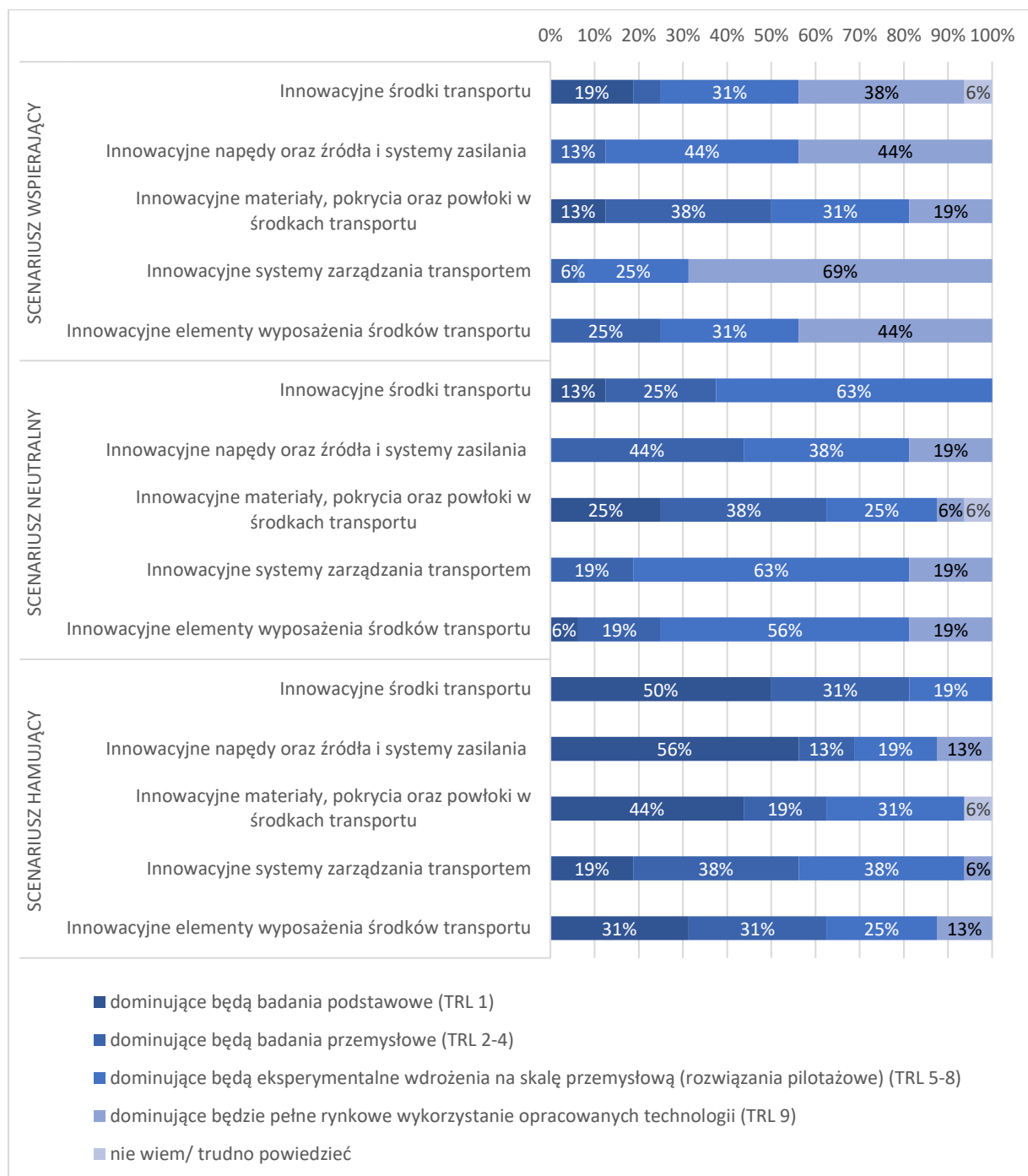
- Systemy automatyzujące procesy w TSL (z uwagi na rozwój innowacyjnych systemów zarządzania transportem);
- Sztuczna inteligencja, Gromadzenie przetwarzanie i przesyłanie danych oraz Cyberbezpieczeństwo (z uwagi na wykorzystywanie AI w rozwoju opracowywania innowacyjnych systemów zarządzania transportem, konieczności gromadzenia i analizy dużych wolumenów danych cyfrowych oraz samego cyberbezpieczeństwa w zakresie użytkowania pojazdów innowacyjnych).
- TRANSPORT: Innowacyjne środki transportu, innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania, Innowacyjne materiały, pokrycia oraz powłoki; Innowacyjne elementy wyposażenia środków transportu, z uwagi na równoległe stosowanie innowacyjnych systemów zarządzania w innowacyjnych środkach transportu, stosowanie innowacyjnych materiałów, pokryć i powłok (np. w celu zwiększenia wytrzymałości konstrukcji, zastępowania materiałów konwencjonalnych itp.), rozwoju innowacyjnych elementów wyposażenia pojazdów (integracja i zarządzanie z systemami zarządzania transportem).



Przewidywana ścieżka rozwoju obszarów do roku 2040

Wyniki badania jakościowego delfi przeprowadzone w oparciu o ekspercką ocenę poziomu gotowości technologicznej dla TRANSPORTU wskazuje na silny wpływ czynników hamujących bądź spowalniających rozwój kluczowych obszarów technologicznych. W scenariuszu negatywnym, zakładającym pogłębienie się barier, nastąpi w tym wypadku silniejsze ukierunkowanie na badania podstawowe. Nieznacznie w tym scenariuszu hamującym zarysowuje się mniej negatywny wpływ na innowacyjne systemy zarządzania transportem (w nich antycypuje się dominacji badań przemysłowych).

Wykres 10 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie TRANSPORT



Źródło: badanie delfickie, n=16

W scenariuszu neutralnym dominować będą eksperymentalne wdrożenia na skalę przemysłową. W porównaniu do scenariusza hamującego, prognozuje się mniejszą aktywność w zakresie badań podstawowych (bądź też, wyniki tych prac będą szybciej transponowane i rozwijane na wyższe poziomy TRL dzięki zwiększeniu środków finansowych na rozwój innowacji oraz zamówienia na rozwiązania w zakresie transportu). Pomimo takiego prognozowanego rozwoju spraw, w odniesieniu do obszaru technologicznego dotyczącego innowacyjnych środków transportu nie przewiduje się występowania pełnego rynkowego wykorzystania opracowanych technologii. Prawdopodobnie wynika to z dużego

stopnia złożoności tego obszaru technologicznego, który de facto może grupować wszystkie pozostałe cztery obszary.

Kolejny scenariusz, optymistyczny zakłada istotny przyrost pełnego urynkowania w odniesieniu do wszystkich obszarów technologicznych (w szczególności zaś w zakresie innowacyjnych systemów zarządzania transportem).

Czynniki i uwarunkowania, w tym bariery, wpływające na rozwój kluczowych obszarów technologicznych:

- Obowiązujące (i planowane do wdrożenia) przepisy prawa w zakresie ochrony środowiska (w tym powiązane) regulujące w sposób pośredni i bezpośredni zagadnienia emisyjności sektora transportu,
- Brak lub przedłużający się czas procedowania odpowiednich rozwiązań systemowych / legislacyjnych w obszarze transportu (strategie długoterminowe),
- Wysokie koszty prowadzenia działalności gospodarczej (w tym w zakresie prac B+R) w sektorze transportu (podatki, koszty zatrudnienia, koszty energii),
- Niedostateczne rozwiązania dla realizacji prac B+R (w zakresie: finansowania, nadmiernego skomplikowanych procedur aplikowania, realizacji, raportowania oraz rozliczania),
- Niewielkie wpływ wywierany w ujęciu ogólnoswiatowym przez firmy z polskim kapitałem w zakresie sektora transportu (w wyznaczaniu trendów i tworzeniu nowych technologii dominującą firmę z kapitałem zagranicznym).

Wyzwania i rekomendacje dla rozwoju kluczowych obszarów technologicznych:

- Stworzenie odpowiednio atrakcyjnych warunków do planowania i realizacji prac B+R (w zakresie: finansowania, współpracy przedsiębiorstw i jednostek naukowych, procedur aplikowania, realizacji, raportowania oraz rozliczania),
- Stworzenie odpowiednich warunków do realizacji wdrożeń technologicznych oraz ich późniejszej komercjalizacji (atrakcyjne źródła i warunki finansowania, otoczenie formalno-prawne),
- Rozwój kluczowej infrastruktury towarzyszącej i powiązanej (inwestycje publiczne) w dziedzinie transportu wzmacniającej tzw. naturalny rozwój i wdrażanie technologii (badania, rozwój, projekty pilotażowe),
- Intensyfikacja wykorzystania krajowych potencjałów istotnych dla sektora transportu (w zakresie zasobów, surowców, położenia geograficznego, kluczowych interesariuszy: instytuty badawcze, klastry, kluczowych obiektów infrastrukturalnych: porty morskie, infrastruktura przewozów intermodalnych).

Kamienie milowe:

- Zmiany w systemie oświaty (zwiększenie nakładów na wszystkich poziomach edukacji, zmiany systemów funkcjonowania uczelnianej kadry dydaktycznej na rzecz wspierania realnych osiągnięć naukowych i badawczych, dążenie do integracji i koncentracji potencjałów innowacyjnych – także w ujęciu międzyuczelnianym – kadry, infrastruktury badawczej / edukacyjnej w skali kraju wokół wybranych wiodących jednostek),
- Zapewnienie odpowiednio atrakcyjnych warunków do lokowania i rozwijania biznesu (korzystne rozwiązania formalno-prawne, niskie koszty prowadzenia działalności),

- Subsydiowanie przez rząd RP zakupu określonych kategorii i technologii dotyczących sektora transportu w celu wspierania lokalnych producentów i wytwórców,
- Wspieranie rozwoju innowacji procesowych w celu podnoszenia krajowej konkurencyjności cenowej i zahamowania migracji powodowanych konsolidacją procesów wytwórczych przez duże międzynarodowe koncerny,
- Inicjowanie i rozwój platform wymiany doświadczeń (w zakresie wspierania innowacji, warunków funkcjonowania przedsiębiorstw) przy udziale kluczowych polskich przedsiębiorców / liderów budowy polskiej gospodarki.

Zalecenia w zakresie Krajowych Inteligentnych Specjalizacji:

- Uwzględnienie przy wspieraniu sektora transportu w ramach KIS uwarunkowań, które w przyszłości będą wpływały na prowadzenie działalności gospodarczej (np. koszty emisji, źródeł energii, koszty gospodarowania odpadami wytworzonymi na terenie RP).

5.11 Zdrowie

W ramach ZDROWIA zidentyfikowano następujące **kluczowe obszary technologiczne**:

- **Leki, wyroby medyczne, suplementy diety**
- **Diagnostyka i terapia**
- **Informatyczne narzędzia medyczne**



ZDROWIE

Szeroko rozumiane zdrowie jest tematem, który na przestrzeni ostatnich dekad zyskał na znaczeniu w świadomości społecznej. Obejmuje ono nie tylko reaktywne działania, związane z zachorowaniem i koniecznością powrotu organizmu do stanu równowagi, ale również profilaktykę stosowaną w celu utrzymania wysokiej jakości życia. Wysokie – i wciąż wzrastające – znaczenie zdrowia wynika z faktu współzależności, jakie obserwuje się w życiu społecznym: coraz więcej osób zmagających się z chorobami z grupy tzw. chorób cywilizacyjnych (np. z astmą, cukrzycą, depresją itp.), w krajach wysoko rozwiniętych społeczeństwa charakteryzują się coraz wyższą średnią wiekiem, co sprzyja występowaniu chorób i pogorszeniu kondycji. Wzrasta również świadomość konsumentów w zakresie zdrowego odżywiania i prowadzenia zdrowego trybu życia. Postępujący rozwój technologiczny powoduje natomiast, że możliwa jest coraz bardziej precyzyjna diagnostyka oraz leczenie we wczesnej fazie rozwoju choroby lub leczenie zapobiegawcze (np. w stanach przedcukrzycowych). Dużym problemem jest także poziom przyrostu naturalnego – wynika to zarówno bezpłodności i chorób wpływających na płodność, jak też z decyzji o rodzicielstwie podejmowanej w stosunkowo późnym wieku. Zarówno jedna, jak i druga kwestia wpływają na rozwój obszaru zdrowia, w tym terapii i diagnostyki. Następuje zatem wszechstronny rozwój w wymiarze zdrowia. Z tego względu, na podstawie wyników analizy desk research, wywiadów pogłębianych oraz panelu ekspertów w obszarze zdrowia, Zespół Badawczy wyróżnił powyżej wskazane kluczowe obszary technologiczne.

W ramach obszaru kluczowego **leki, wyroby medyczne i suplementy diety** należy wskazać przede wszystkim na **rozwój API**, tj. aktywnych (czynnych) substancji do produkcji leków, zarówno biologicznych, syntetycznych, jak i peptydów. Jak wykazały przeprowadzone badania, obecnie Polska, jak również Europa, są w dużym stopniu uzależnione od dostaw tych substancji zza granicy, przede wszystkim z rynków dalekowschodnich. Zależność ta uwidoczniła się w czasie pandemii COVID-19, która wybuchła w 2020 roku. Wówczas, w wyniku nakładanych restrykcji mających na celu ograniczenie transmisji wirusa SARS-CoV-2 przerwane lub znacząco opóźnione były łańcuchów dostaw – notowano

wówczas niedobory w magazynach leków i w aptekach w Polsce. Stąd istotne są działania zmierzające do rozwoju API w kraju (co obecnie czyni np. Polpharma), co wiąże się jednak z wysokimi kosztami produkcji takich cząstek. Drugim, powiązanym elementem jest **produkcja produktów leczniczych, zaspokajających istotne potrzeby (m. in. w onkologii, kardiologii, autoimmunologii)**, co również wiąże się w wysokimi kosztami związanymi ze staraniami o dopuszczenie leku do użytku. Wnioski te zostały potwierdzone w wywiadach pogłębionych z przedstawicielami Grupy Roboczej ds. KIS 1 Zdrowe społeczeństwo, jak również w ramach panelu ekspertów w obszarze zdrowia.

W obszarze **diagnostyki i terapii** coraz większą rolę odgrywają zarówno **monitorowanie stanu zdrowia**, jak też **spersonalizowane sposoby leczenia**. Wiąże się to z koniecznością pacjentocentrycznego podejścia, gdyż coraz częściej choroby dotyczą m.in. dzieci, których organizmy nie są jeszcze w pełni dojrzałe i rozwinięte. Pojawiają się również relatywnie nowe wyzwania, jak np. leczenie niepłodności wymagające indywidualnego podejścia. W tym kontekście należy zwrócić uwagę również na fakt, że postęp technologiczny umożliwia wykrywanie chorób na coraz wcześniejszym stadium, co powoduje, że również leczenie ma szansę przybrać formę bardziej dopasowaną do pacjenta. Podejście skupione na pacjencie, co potwierdzono w wywiadzie pogłębionym z przedstawicielem Grupy Roboczej ds. KIS 1 Zdrowe społeczeństwo, wymaga również działań mniej nacechowanych innowacyjnością, a raczej odnoszących się do edukacji kadr systemu ochrony zdrowia w zakresie rozumienia specyficznych (również pozamedycznych) potrzeb pacjenta – przykładowo, pacjentom oczekującym w kolejce na chemioterapię należałoby zapewnić komfortową przestrzeń, w której mogliby oni oczekiwać na swoją kolej – są to bowiem pacjenci o dużo słabszej odporności i dużo mniejszych siłach witalnych niż pacjenci nieonkologiczni.

W obszarze **informatycznych narzędzi medycznych** uwagę zwraca **monitorowanie epidemiologiczne**, które od 2020 roku poczyniło znaczące postępy. W celu prognozowania rozwoju pandemii COVID-19 w Polsce dokonywano m.in. monitoringu ścieków komunalnych, co pozwalało na określenie częstości występowania RNA wirusa w ściekach, a w konsekwencji, dużo bardziej precyzyjne modelowanie niż w przypadku analiz wyników testów antygenowych przeprowadzanych na małej próbie zakażonych wirusem. Rozwija się również rynek przyrządów do **samodiagnostyki** (pomiar ciśnienia, stężenia cukru we krwi, saturatory itp.), co związane jest zarówno ze wzrostem świadomości społecznej w zakresie samomonitorowania stanu zdrowia, jak również z potrzebami społecznymi (np. wzmożona zachorowalność na cukrzycę generuje konieczność bieżącego monitorowania stężenia glukozy w krwi). Braki w kadrach medycznych powodują natomiast dynamiczny wzrost znaczenia **telemedycyny**, co jest również istotne w kontekście starzenia się społeczeństwa i zwiększających się potrzeb na usługi pielęgniarstwa, opiekuńcze i lekarskie.



Megatrendy silnie wpływające na obszary kluczowe

- Transformacja cyfrowa, w tym cyfryzacja opieki zdrowotnej
- Niekorzystne zmiany demograficzne
- Wzrost znaczenia wysokiej jakości życia
- Zmiany klimatu oraz zanieczyszczenie środowiska



Powiązanie obszarów kluczowych z celami strategicznymi na poziomie kraju i Europy

Zidentyfikowane w ramach dziedziny ZDROWIE obszary kluczowe wpisują się w większość dokumentów strategicznych określających cele rozwojowe Polski. Szczególnie silne, bezpośrednie powiązania występują z *Programem Polski Nowy Ład*, w którym jednym z obszarów jest *Plan na*

zdrowie zakładający m.in. przeznaczenie dla najlepszych polskich uniwersytetów i szpitali wsparcia finansowego na potrzeby prac nad lekami i szczepionkami chroniącymi przed kolejnymi mutacjami wirusa wywołującego chorobę COVID-19. Przewiduje się, że całościowe wsparcie z programu w tym obszarze przyczyni się do rozwoju technologii w obszarze medycyny, w tym badań, diagnostyki, nowoczesnych technologii w służbie zdrowia, farmacji i biotechnologii, jak też cyfryzacji i digitalizacji pracy jednostek systemu ochrony zdrowia.

Równie silne powiązania występują z *Krajowym Programem Reform*, gdzie jednym z wyzwań strategicznych jest konieczność poprawy opieki zdrowotnej, zapewnienie wystarczających zasobów na rzecz ochrony zdrowia, jak również przyspieszenie wdrażania e-usług w obszarze zdrowia. O konieczności zareagowania na to wyzwanie świadczy, jak wskazuje się w dokumencie, niezadowalający dostęp do lekarzy specjalistów, w tym także wzrastający średni wiek kadr medycznych. Przewiduje się, że w wyniku realizacji działań odpowiadających na opisane wyzwanie nastąpi m.in. utworzenie odpowiedniego zaplecza do prac B+R, przez co możliwe będzie lepsze wykorzystanie potencjału w obrębie sektora biomedycznego, jak też zwiększenie stabilności sektorów farmaceutycznego i biomedycznego w Polsce i jego odporności na czynniki zewnętrzne. Dzięki temu poprawią się warunki pozwalające m.in. na rozwój produkcji API, a także leków – zarówno generycznych, jak i biopodobnych.

Należy także zwrócić uwagę na duże współzależności pomiędzy zidentyfikowanymi w niniejszym badaniu obszarami kluczowymi a zapisami *Krajowego Programu Badań. Założenia polityki naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa*. Dokument wskazuje jako strategiczny cel rozwoju polskiej nauki konieczność wykorzystania jej dla podniesienia poziomu rozwoju cywilizacyjnego Polski. Ma to następować poprzez dostarczanie, m.in. do obszaru szeroko rozumianego zdrowia, wyników badań, które cechować się będą użytecznością z punktu widzenia ich potencjalnego wykorzystania w gospodarce, w tym w sektorze zdrowia. Ponadto, choroby cywilizacyjne, nowe leki oraz medycyna regeneracyjna zostały wskazane jako jeden z siedmiu strategicznych, interdyscyplinarnych kierunków badań naukowych i prac rozwojowych wymienionych w dokumencie.

Na poziomie międzynarodowym cele rozwojowe odnoszące się do wymiaru zdrowia i zidentyfikowanych w jego ramach obszarów kluczowych obserwuje się w dokumencie *Strategic Plan 2020-2024. DG Research and Innovation*, gdzie silne powiązania zidentyfikowano w celach *Poprawa jakości życia i zdrowia obywateli* (zwiększenie wkładu badań naukowych i innowacji w poprawę jakości życia i zdrowia obywateli, poprzez rozwój nowych technologii, lepsze zrozumienie zagrożeń dla zdrowia i środowiska, jak również poprzez rozwój systemów opieki zdrowotnej) oraz *Wspieranie działań międzynarodowych i innowacyjnych* (promowanie współpracy międzynarodowej i transferu technologii, a także wspieranie działań innowacyjnych w celu zwiększenia wpływu badań naukowych i innowacji na rozwój społeczny i gospodarczy). Dokument pn. *2021 Strategic Foresight Report (UE)* wskazuje, że co prawda unijne systemy opieki zdrowotnej należą do najbardziej zaawansowanych na świecie, jednak ich trwałość i odporność musi wzrosnąć. Wśród najistotniejszych kierunków rozwoju wymienia inwestycje w innowacyjne modele opieki (np. opieka zintegrowana, telemedycyna), zwiększenie liczby pracowników służby zdrowia, skupienie się na środkach zapobiegawczych i zajęcie się problemem chorób współistniejących. Ważne będzie wdrożenie rozwiązań służących zdrowemu starzeniu się, w tym rozwiązania alternatywne dla opieki długoterminowej, np. medycynę na odległość i robotykę w opiece domowej.



Regiony wspierające kluczowe obszary technologiczne w ramach RIS



- 1 - Leki, wyroby med., suplementy diety
 2 - Diagnostyka i terapia
 3 - Informatyczne narzędzia medyczne

Kluczowe obszary technologiczne w dziedzinie ZDROWIE wspierane są w ramach RIS we wszystkich województwach w kraju. W większości województw wspierane są wszystkie trzy obszary kluczowe.

W ramach realizowanych projektów w największym stopniu wspierane są działania dotyczące rozwijania technologii związanych z innowacyjnymi sposobami diagnostyki i leczenia, również w oparciu o nowoczesne urządzenia, a także opracowywania nowych czy też ulepszonych leków i wyrobów medycznych. Rozwijanie rozwiązań informatycznych wspomagających system ochrony zdrowia wspierane było zarówno w ramach specjalizacji dotyczących bezpośrednio zdrowia i medycyny, ale także w ramach specjalizacji zorientowanych na technologie informacyjno-komunikacyjne.



Przykłady technologii

Kluczowy obszar technologiczny	Technologie rozwinięte (wysoki stopień gotowości technologicznej)	Technologie przyszłościowe (wczesny etap rozwoju)
Leki, wyroby medyczne, suplementy diety	- opracowywanie i tworzenie leków generycznych i biopodobnych - opracowywanie i tworzenie leków immunomodulujących - opracowywanie i tworzenie wyrobów medycznych, wyrobów medycznych do in vitro i zawierających AI, nowoczesnych nutraceutyków, żywności wzbogacanej, dietetycznych środków specjalnego przeznaczenia medycznego i suplementów diety	- opracowywanie i tworzenie substancji czynnych (API) - opracowywanie i tworzenie oryginalnych leków małocząsteczkowych o unikalnych targetach - opracowywanie i tworzenie leków generycznych o wysokim potencjale biznesowym - Produkty Lecznicze Terapii Zaawansowanej (ATMP) - repozycjonowanie leków i nowe zastosowania kliniczne - opracowywanie nowych szczepionek - opracowywanie i tworzenie leków w formie nanowłókniny - radiofarmaceutyki personalizowane
Diagnostyka i terapia	- wykorzystywanie AI w badaniach obrazowych - testy typu point-of-care - diagnostyka genetyczna nowotworów	- technologie nanostruktur i nośników dla leków - nowe formułacje - chirurgia zdalna - terapię genowe, w tym terapia CAR-T w leczeniu nowotworów

	• małoinwazyjne metody diagnostyczne • małoinwazyjne technologie operacyjne • terapie z wykorzystaniem komórek macierzystych • diagnostyka omiczna i molekularna na szerszą skalę	• teranostyka • farmakogenetyka • urządzenia medyczne wykorzystujące AI
Informatyczne narzędzia medyczne	• aplikacje wspierające pacjentów np. w przyjmowaniu leków • systemy do zdalnego monitorowania stanu zdrowia pacjenta • systemy gromadzące dane medyczne pacjenta • systemy wspomagające organizację pracy placówki medycznej • modelowanie epidemiologiczne	• aplikacje mobilne wspierające samodiagnostykę i samoleczenie przez pacjentów • metody diagnostyki zdalnej • telemedycyna • analiza Big data z wykorzystaniem AI, uczenie maszynowe • algorytmy pozwalające na podejmowanie decyzji zarządczych i terapeutycznych na podstawie danych medycznych



Przykłady praktycznych zastosowań technologii kluczowych

• Opracowanie i wdrożenie do produkcji serii substancji aktywnych z grupy leków przeciw osteoporozie

W ramach prac badawczych przeprowadzonych w firmie Polpharma opracowano i wdrożono do produkcji przemysłowej cztery substancje z grupy bisfosfonianów, dzięki którym zwiększono dostępność innowacyjnych leków, poprawiono efektywność procesów ich wytwarzania, a także, dodatkowo, zminimalizowano wpływ produkcji na środowisko. Technologia została opracowana we współpracy z zespołem naukowców z Wydziału Chemii Politechniki Gdańskiej. Opracowana technologia otrzymała także Nagrodę Prezydenta RP w kategorii „Innowacyjność”¹⁴⁰. Rozwiązanie to wpisuje się w kluczowy obszar technologiczny, jakim jest opracowywanie i produkcja leków (przede wszystkim generycznych i biopodobnych, nutraceutyków) oraz wyrobów medycznych. Wysoką aktywność na tym polu wykazują przede wszystkim największe polskie firmy farmaceutyczne, wdrażające technologie dotyczące produkcji aktywnych substancji farmaceutycznych (API) oraz leków i wyrobów medycznych w oparciu o badania prowadzone w swoich laboratoriach i centrach badawczo-rozwojowych. Obszar: Leki, wyroby medyczne, suplementy diety.

• Opracowanie innowacyjnej cząsteczki, możliwej do wykorzystania w leczeniu zaburzeń psychicznych

W ramach neuropsychiatrycznej platformy badawczej firmy ADAMED, zespół ekspertów doprowadził do zaawansowanego etapu rozwoju przedklinicznego innowacyjną cząsteczkę o potencjale do leczenia zaburzeń psychicznych. Technologia ta jest efektem współpracy firmy ADAMED z Uniwersyteciem Jagiellońskim oraz Instytutem Psychiatrii i Neurologii w Warszawie¹⁴¹. Prace nad tworzeniem leków generycznych i biopodobnych, z uwagi m. in. na strategiczne znacznie

¹⁴⁰ <https://pulsmedycyny.pl/polpharma-doceniona-za-innowacyjnosc-888976> (dostęp: 01.09.2023).

¹⁴¹ <https://businessinsider.com.pl/firmy/strategie/adamed-pracuje-nad-nowym-polskim-lekiem/pyn48zz> (dostęp: 01.09.2023).

dla bezpieczeństwa Polski, wspierane są także w ramach konkursów finansowanych przez Agencję Badań Medycznych. W 2022 roku wybrano do dofinansowania szereg projektów dotyczących opracowania leków ukierunkowanych m. in. na terapię nadciśnienia tętniczego, POChP, cukrzycy typu 2, niewydolności serca czy infekcyjnych schorzeń oczu¹⁴². Z uwagi na wysokie koszty i długotrwałość prowadzenia procesu opracowywania i tworzenia nowych leków oryginalnych, potencjał do rozwoju tego rodzaju działalności przez polskie podmioty jest ograniczony, pojawiają się jednak nowe inicjatywy w tej kwestii, czego przykładem są wspomniane wyżej prace firmy ADAMED. Obszar: Leki, wyroby medyczne, suplementy diety.

- **Testy typu point-of-care**

Szybkie testy diagnostyczne (inaczej testy kasetkowe, testy paskowe), oferowane w Polsce m. in. przez firmę Screenmed, są urządzeniami przeznaczonymi do medycznej diagnostyki przyłóżkowej - tzw. diagnostyki point-of-care. Pozwalają one w sposób łatwy i szybki ocenić wiele parametrów chorobowych, w tym m. in. wystąpienie zakażenia bakteryjnego i wirusowego (np. testy CRP, testy na grype, testy antygenowe na COVID), parametry kardiologiczne (np. testy troponina I, testy CK-MB), czy też parametry ginekologiczne (np. testy na wody płodowe PROM)¹⁴³. Obszar: diagnostyka i terapia.

- **Zastosowanie sztucznej inteligencji we wspomaganiu diagnostyki medycznej**

Perspektywnym obszarem rozwojowym jest także zastosowanie sztucznej inteligencji we wspomaganiu diagnostyki medycznej, wykorzystującej odpowiednie algorytmy do rozpoznawania zmian patologicznych oraz wyboru optymalnej terapii. Przykładem tego typu rozwiązań jest aplikacja AI opracowana przez firmę RSQ Technologies, służąca do wykrywania uszkodzeń strukturalnych oraz nowotworów¹⁴⁴, a także oparte na AI oprogramowanie do analizy obrazów medycznych rezonansu magnetycznego, wdrażane przez firmę Smarter Diagnostics¹⁴⁵. Obszary: diagnostyka i terapia, informatyczne narzędzia medyczne.

- **Rozwiązania informatyczne pozwalające na samodzielne monitorowanie stanu zdrowia pacjenta oraz zdalne analizowanie uzyskanych wyników przez lekarzy**

Rozwiązania technologiczne umożliwiające upowszechnienie telemedycyny oraz rozwijanie samodiagnostyki stanowią odpowiedź na potrzebę odciążenia systemu opieki zdrowotnej oraz wpisują się w trendy dotyczące wykorzystywania rozwiązań informatycznych w diagnostyce i leczeniu pacjentów. W Polsce coraz powszechniej stosuje się nowoczesne rozwiązania informatyczne pozwalające na samodzielne monitorowanie stanu zdrowia pacjenta oraz zdalne analizowanie uzyskanych wyników przez lekarzy. Przykładem tego rodzaju rozwiązania jest System Pregnabit Pro, wyprodukowany przez firmę Nestmedic S.A., będący kompleksowym narzędziem do prowadzenia teleKTG. Składa się ono z urządzenia mobilnego do przeprowadzania badania KTG oraz platformy do zdalnej analizy zapisów KTG przez wykwalifikowany personel medyczny¹⁴⁶. Innym przykładem wykorzystania informatycznych narzędzi medycznych jest system telemonitorowania pacjentów za pomocą opasek telemedycznych (wearables) i smartwatchy, których jest kilka na

¹⁴² <https://abm.gov.pl/pl/konkursy/archiwalne-nabory-1/2022/generyki-abm20224/1332,Konkurs-na-opracowanie-i-rozwoj-innowacyjnych-rozwiazan-w-obszarze-nowych-postac.html> (dostęp: 01.09.2023).

¹⁴³ <https://screenmed.pl/testy-diagnostyczne/> (dostęp: 01.09.2023).

¹⁴⁴ <https://www.medinwestycje.pl/rsg-technologies-aplikacja-ai-stawia-diagnoze-w-20-sekund-i-ratuje-ludzkie-zycia> (dostęp: 01.09.2023).

¹⁴⁵ <https://www.medonet.pl/magazyn-digital-health/digital-health-innovators,digital-health-innovators-smarter-diagnostics--cel--prewencja-urazow-ortopedycznych-dla-osob-aktywnych-fizycznie,artykul,57868332.html> (dostęp: 01.09.2023).

¹⁴⁶ <https://pregnabit.com/> (dostęp: 01.09.2023).

rynku, jednak wiele z nich nie przeszło poprawnej ścieżki certyfikacji i notyfikacji wyrobu. Obszar: informatyczne narzędzia medyczne.

- **System informatyczny do zarządzania placówką medyczną**

Informatyczne narzędzia medyczne umożliwiają także szeroko rozumiane zarządzanie placówką medyczną. Przykładem takiego rozwiązania jest system medyczny online oferowany przez firmę Aurero, który umożliwia m. in. zarządzanie rejestracją pacjentów, obieg elektronicznej dokumentacji medycznej oraz prowadzenie telekonsultacji¹⁴⁷. Obszar: informatyczne narzędzia medyczne.



Potencjał instytucjonalny, branżowy, kompetencyjny

Dziedzinę ZDROWIE wraz ze zidentyfikowanymi kluczowymi obszarami technologicznymi najpełniej reprezentują podmioty działające w następujących Działach PKD: Dział 21 Produkcja wyrobów farmaceutycznych, Dział 72 Badania naukowe i prace rozwojowe, Dział 74 Pozostała działalność profesjonalna, naukowa i techniczna oraz Dział 86 Opieka zdrowotna. We wszystkich powyższych Działach w ostatnich latach nastąpił wzrost liczby pracujących, przy czym najwyższe wzrosty dotyczą Działu 74 Pozostała działalność profesjonalna, naukowa i techniczna, najmniejsze zaś – Działu 86 Opieka zdrowotna.

Potencjał instytucjonalny

W aspekcie instytucjonalnym w obszarze zdrowia wyróżnić należy Agencję Badań Medycznych, która prężnie działa jako państwowy podmiot odpowiedzialny za rozwój prac badawczo-rozwojowych w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu. Ogólny potencjał ABM można uznać za silny. Celem Agencji jest przede wszystkim budowa innowacyjnego systemu opieki zdrowotnej. Jest to też pierwszy w Polsce podmiot, który dotuje niekomercyjne badania kliniczne. Agencja powstała w 2019 roku. Mimo krótkiego stażu działalności posiada umowy zawarte ze światowej sławy przedsiębiorstwami, m.in. Astra Zeneca, Pfizer czy też Elli Lilly¹⁴⁸. Pozwala to na wyciągnięcie wniosku o prężnej działalności Agencji oraz skupianiu się tego podmiotu na przyciąganiu do Polski przedsiębiorstw mogących podnieść poziom innowacyjności kraju w dziedzinie zdrowia.

W obszar potencjału innowacyjnego Polski w dziedzinie zdrowia wpisuje się również stworzenie w 2021 r., przez wspomnianą już Agencję Badań Medycznych, Polskiej Sieci Badań Klinicznych¹⁴⁹. Została ona utworzona poprzez zawarcie porozumienia pomiędzy Agencją a beneficjentami I edycji konkursu na stworzenie oraz rozwój Centrów Wsparcia Badań Klinicznych. Powołanie do życia Sieci ma służyć stworzeniu jednolitych standardów oraz procedur w podmiotach realizujących w Polsce badania kliniczne. W Sieci istotną rolę pełni zlokalizowane w ABM Centrum Rozwoju Badań Klinicznych, którego rolą jest inicjowanie i wspieranie aktywności mających na celu zniesienie barier do rozwoju badań klinicznych w Polsce.

Potencjał branżowy

Przedsiębiorstwa działające w ramach dziedziny ZDROWIE charakteryzują się ponadto rosnącym potencjałem innowacyjnym – liczba przedsiębiorstw, które wprowadziły innowacje stale rośnie, zarówno w przypadku produkcji, jak i usług. Znaczący wzrost jest zauważalny także w przypadku

¹⁴⁷ <https://aurero.com> (dostęp: 01.09.2023).

¹⁴⁸ <https://abm.gov.pl/pl/o-nas/podmioty-wspolpracujace/33,Podmioty-wspolpracujace-z-ABM.html> (dostęp: 16.08.2023).

¹⁴⁹ Zob. <https://abm.gov.pl/pl/polska-siec-badan-klinicznych/o-sieci/296,O-Sieci.html> (dostęp: 16.08.2023).

nakładów wewnętrznych na działalność B+R w przedsiębiorstwach – w latach 2016-2021 wzrósł on w obszarze nauk medycznych i nauk o zdrowiu o ponad 170 p.p. Jest to jednocześnie największa dynamika wzrostu zaobserwowana w przypadku nakładów wewnętrznych na taką działalność w Polsce.

Potencjał kompetencyjny

Polska posiada istotny potencjał kompetencyjny w dziedzinie ZDROWIA. O potencjale B+R może świadczyć: poziom wyposażenia w aparaturę badawczo-rozwojową (od 34% do 42% w ramach wymienionych wcześniej Działów PKD), znacząca liczba projektów realizowanych w ramach programów takich jak Horyzont 2020 czy PO IR, a także liczba zgłoszonych patentów (w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu występuje największy odsetek zgłoszeń patentowych per capita) oraz doktoratów i habilitacji¹⁵⁰. Dziedzina ZDROWIE wyróżnia się także pod względem nominalnego zaplecza B+R w postaci jednostek naukowych. Według stanu na 2019 r., największym zapleczem charakteryzowała się KIS 1 Zdrowe społeczeństwo, do której przypisanych zostało ok. 350 jednostek, wśród których dominowały jednostki posiadające ocenę B lub C¹⁵¹.

Reasumując należy wskazać, że Polska posiada silny potencjał instytucjonalny w dziedzinie ZDROWIA. Jest on tworzony w głównej mierze przez Agencję Badań Medycznych, która – mimo iż istnieje dopiero od 2019 r., prężnie działa w obszarze popularyzacji prac B+R w kraju. Istotny – lecz niższy – potencjał obserwuje się w obszarze kompetencyjnym i branżowym. Należy zaznaczyć, że kosztochłonność procesów, które podejmowane są w ramach B+R w dziedzinie ZDROWIA wyróżnia się na tle pozostałych dziedzin. To powoduje, że potencjał ten, by mógł być uznany za istotny, musi być stale wzmacniany, głównie finansowo. Połączenie potencjału branżowego oraz kompetencyjnego z potencjałem instytucjonalnym może skutkować tym, że siła polskich przedsiębiorstw i naukowców zostanie wzmocniona, utworzenie ABM jest bowiem istotnym krokiem wzmacniającym polskie badania kliniczne.



Kluczowe podmioty

Kluczowy obszar technologiczny	Podmioty publiczne	Przedsiębiorstwa
Leki, wyroby medyczne, suplementy diety	• Agencja Badań Medycznych • Gdański Uniwersytet Medyczny • Instytut Farmaceutyczny w Warszawie • Śląski Uniwersytet Medyczny • Uniwersytet Gdański • Uniwersytet Jagielloński • Uniwersytet Warszawski • Warszawski Uniwersytet Medyczny	• Adamed • Aflofarm • Bioton • Celon Pharma S.A. • Medicoforma Biotech S.A. • Nanogroup • Polfa Tarchomin • Polpharma S.A. • Selvita
Diagnostyka i terapia	• Centrum Wsparcia Badań Klinicznych w Państwowym Instytucie Medycznym MSWiA	• ALAB laboratoria • DIAGNOSTYKA S.A. • MDT Net

¹⁵⁰ Na temat potencjału B+R jednostek naukowych w Polsce w obszarze zdrowia; zob. też: Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii, OPI-PIB, UW, 2022.

¹⁵¹ Ewaluacja potencjału badawczo-rozwojowego jednostek naukowych i jego wpływu na realizację celów KIS, Ecorys Polska, Taylor Economics, 2019.

	• Gdański Uniwersytet Medyczny • Instytut Diagnostyki i Terapii Dziecka • Narodowy Instytut Kardiologii • Państwowy Instytut Badawczy • Szpital Uniwersytecki w Krakowie • Uniwersytecki Szpital Kliniczny we Wrocławiu • Uniwersytet Medyczny w Łodzi • Warszawski Uniwersytet Medyczny	• PorfMedica • RSQ Technologies • Screenmed • SDS Optic • Smarter Diagnostics
Informatyczne narzędzia medyczne	• Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego • Uniwersyteckie Centrum Kliniczne w Gdańsku • Uniwersytet Jagielloński • Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie • Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu • Warszawski Uniwersytet Medyczny	• Aurero • Comarch Medical AI Cloud • MDT Net • Nestmedic S. A. • Pentacomp • RSQ Technologies • SoftBlue • StethoMe • Znany Lekarz



Przewagi konkurencyjne w kontekście konkurencyjności międzynarodowej

ZDROWIE stanowi dziedzinę bardzo złożoną, czasochłonną oraz kapitałochłonną. Opracowanie preparatu medycznego stanowi długotrwały proces, angażujący tysiące osób przez wiele lat. Związane jest to również z koniecznością wysokiego finansowania, bez gwarancji powodzenia prowadzonych prac i możliwości ich szybkiego wdrożenia do praktyki funkcjonowania. Zwrot z inwestycji – jeśli nastąpi – jest bardzo odroczony w czasie. Te same bariery stoją na drodze w przypadku diagnostyki i terapii. W związku z tym Polska znajduje się w łańcuchach wartości w dziedzinie zdrowia, jednak – jako kraj – nie jest w stanie samodzielnie uzyskać przewagi konkurencyjnej na arenie międzynarodowej.

Z punktu widzenia Polski obszar, w którym jako kraj może ona zdobyć pewną przewagę są **informatyczne narzędzia medyczne** oraz ich opracowanie, a następnie wdrożenie do praktyki gospodarczej. Jak wynika z analizy zestawień projektów wdrażanych w ramach CT 1 i CT 3 w perspektywie finansowej 2014-2020, Polska wdraża tego typu rozwiązania w ramach przedsięwzięć dofinansowanych ze środków unijnych. Na tle pozostałych obszarów kluczowych wyodrębnionych w dziedzinie ZDROWIE jest to obszar, który umożliwia stosunkowo szybkie wdrożenie, a więc zapewnienie finansowania zewnętrznego (np. w postaci zewnętrznego inwestora, dofinansowań ze środków publicznych itp.) może być o wiele łatwiejsze niż w przypadku leków, wyrobów medycznych i suplementów diety oraz diagnostyki i terapii.

Zaznaczyć należy, że polscy naukowcy biorą udział w projekcie pn. *Inteligentny ekosystem w celu poprawy zarządzania, wymiany i ponownego wykorzystywania danych dotyczących zdrowia w odniesieniu do rzadkich nowotworów*, finansowanym ze środków programu Horyzont Europa, zaś celem projektu jest stworzenie przestrzeni danych dotyczących rzadkich nowotworów, która umożliwi ponowne wykorzystanie istniejących wieloźródłowych danych zdrowotnych (danych z rejestrów nowotworów, rejestrów krajowych, biobanków itp.) w europejskich systemach opieki zdrowotnej z wykorzystaniem nowych technologii interoperacyjności i podejść opartych na sztucznej inteligencji.

Aktywność ta wpisuje się we wskazane powyżej szanse Polski do uczestnictwa w międzynarodowym rynku zdrowia poprzez tworzenie narzędzi informatycznych dla medycyny.



Kluczowe kompetencje/kwalifikacje

	Kluczowe obecnie kompetencje/ kwalifikacje	Kluczowe kompetencje/ kwalifikacje przyszłości
Wiedza teoretyczna	1. Wiedza z zakresu bezpieczeństwa danych w systemach informatycznych 2. Wiedza ogólna w zakresie zagadnień informatyki medycznej 3. Znajomość podstawowych technik, metod i narzędzi stosowanych w informatyce medycznej 4. Wiedza dotycząca rozwoju i najważniejszych osiągnięciach informatyki medycznej 5. Wiedza na temat podstawowych metod analizy statystycznej wykorzystywanych w badaniach diagnostycznych 6. Znajomość wpływu czynników fizycznych i chemicznych na organizm ludzki 7. Znajomość procedur wdrażania elektronicznych systemów medycznych 8. Znajomość zasad postępowania diagnostycznego 9. Znajomość ograniczeń stosowanych terapii i diagnostyki 10. Wiedza w zakresie eksploatacji systemów informatyki medycznej 11. Znajomość trendów rozwojowych informatyki medycznej 12. Znajomość możliwości diagnostyki obrazowej w medycynie 13. Wiedza w zakresie „starych” metod diagnostycznych, które nie są używane	1. Wiedza w zakresie nowych metod diagnostyki małoinwazyjnej, terapii o wyższej skuteczności 2. Wiedza z zakresu bezpieczeństwa danych w systemach informatycznych 3. Wiedza z zakresu eksploatacji systemów informatyki medycznej 4. Wiedza nt. unikania zagrożeń związanych z wykorzystaniem AI i czatu GPT 5. Wiedza dot. produktów leczniczych, substancji leczniczych i wykorzystywanych do wytwarzania leków, znajomość technologii farmaceutycznych
Umiejętności praktyczne	1. Rozumienie znaczenia i roli narzędzi informatycznych w medycynie 2. Rozumienie konieczności stałej aktualizacji wiedzy w związku z szybko zmieniającą się informatyką medyczną 3. Umiejętność stosowania specjalistycznych technik i narzędzi informatycznych 4. Umiejętność dokonania oceny przydatności i możliwości	1. Rozumienie znaczenia i roli narzędzi informatycznych w medycynie 2. Umiejętność stosowania standardów zapisu informacji w medycynie 3. Umiejętność stosowania specjalistycznych technik i narzędzi informatycznych

	wykorzystania nowych osiągnięć informatyki medycznej w praktyce badawczej i klinicznej 5. Umiejętność biegłej obsługi sprzętu komputerowego i diagnostycznego 6. Umiejętność stosowania standardów zapisu informacji w medycynie 7. Umiejętność rozwiązywania problemów diagnostycznych z wykorzystaniem różnych źródeł wiedzy 8. Umiejętność kreatywnego i nieszablonowego myślenia 9. Umiejętność zarządzania danymi 10. Umiejętność programowania	4. Rozumienie konieczności stałej aktualizacji wiedzy w związku z szybko zmieniającą się informatyką medyczną 5. Umiejętność dokonania oceny przydatności i możliwości wykorzystania nowych osiągnięć informatyki medycznej w praktyce badawczej i klinicznej 6. Umiejętność współpracy sieciowej z innymi zespołami (umiędzynarodowienie) 7. Umiejętność pracy na dużej skali produkcyjnej (synteza API, wytwarzanie wyrobów medycznych i leków) 8. Umiejętność współpracy, pracy zespołowej 9. Umiejętność współpracy inżynier-lekarz/pracownik medyczny (zespoły interdyscyplinarne)
Kompetencje społeczne (postawy)	1. Korzystanie z obiektywnych i sprawdzonych źródeł informacji 2. Formułowanie własnych wniosków z obserwacji 3. Stałe doskazywanie się, również w formie samokształcenia 4. Inspirowanie innych do poszerzania wiedzy 5. Rozumienie procesów biznesowych 6. Gotowość do wykorzystywania nowych rozwiązań i technologii w pracach badawczych i rozwojowych 7. Współpraca między lekarzami różnych specjalizacji (radiologami, medykami nuklearnymi, diagnostami) – konsultacje wielopoziomowa	1. Formułowanie własnych wniosków z obserwacji 2. Korzystanie z obiektywnych i sprawdzonych źródeł informacji 3. Samodzielnie zdobywanie wiedzy na temat nowych technologii w zakresie informatyki medycznej 4. Interdyscyplinarność 5. Holistyczne podejście do zdrowia

Kompetencje/kwalifikacje zostały uszeregowane w tabeli od najważniejszych – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców oraz badania delfickiego; kolorem zaznaczono kompetencje/kwalifikacje deficytowe – na podstawie badania ilościowego wśród przedsiębiorców



Komplementarność i synergia między kluczowymi obszarami technologicznymi

Kluczowe obszary technologiczne, które wskazano w dziedzinie ZDROWIE mają wpływ na niewielką liczbę innych kluczowych obszarów technologicznych (tj. na kluczowe obszary technologiczne określone w ramach innych krajowych inteligentnych specjalizacji). Wynika to przede wszystkim ze specyfiki dziedziny, jaką jest zdrowie.

Obszar **diagnostyka i terapia** identyfikuje silne powiązanie z obszarem roboty medyczne (dziedzina: Automatyzacja i robotyzacja). Jak wskazano we wcześniejszym opisie, w diagnostyce i terapii

wykorzystywane są na szeroką skalę rozwiązania teleinformatyczne, m.in. roboty, co powoduje, że powiązanie to jest naturalne.

W przypadku **leków, wyrobów medycznych i suplementów diety** identyfikuje się silne powiązanie z biotechnologią w medycynie (dziedzina: biotechnologia). Wykorzystanie rozwiązań w zakresie biotechnologii jest coraz powszechniejsze w procesie wytwarzania leków, suplementów i innych wyrobów medycznych.

Informatyczne narzędzia medyczne znajdują powiązanie z dziedziną, jaką jest cyfryzacja, a w jej ramach: ze sztuczną inteligencją, gromadzeniem/przetwarzaniem/przesyłaniem danych i z internetem rzeczy. Cyfryzacja odgrywać będzie coraz istotniejszą rolę w przypadku medycyny, gdzie sztuczna inteligencja może zostać wykorzystana m.in. do analizy zgromadzonych danych i poszukiwania najbardziej optymalnych z punktu widzenia zdrowia pacjenta rozwiązań w zakresie diagnostyki, terapii, stosowanych leków, analizy stanu zdrowia itp.



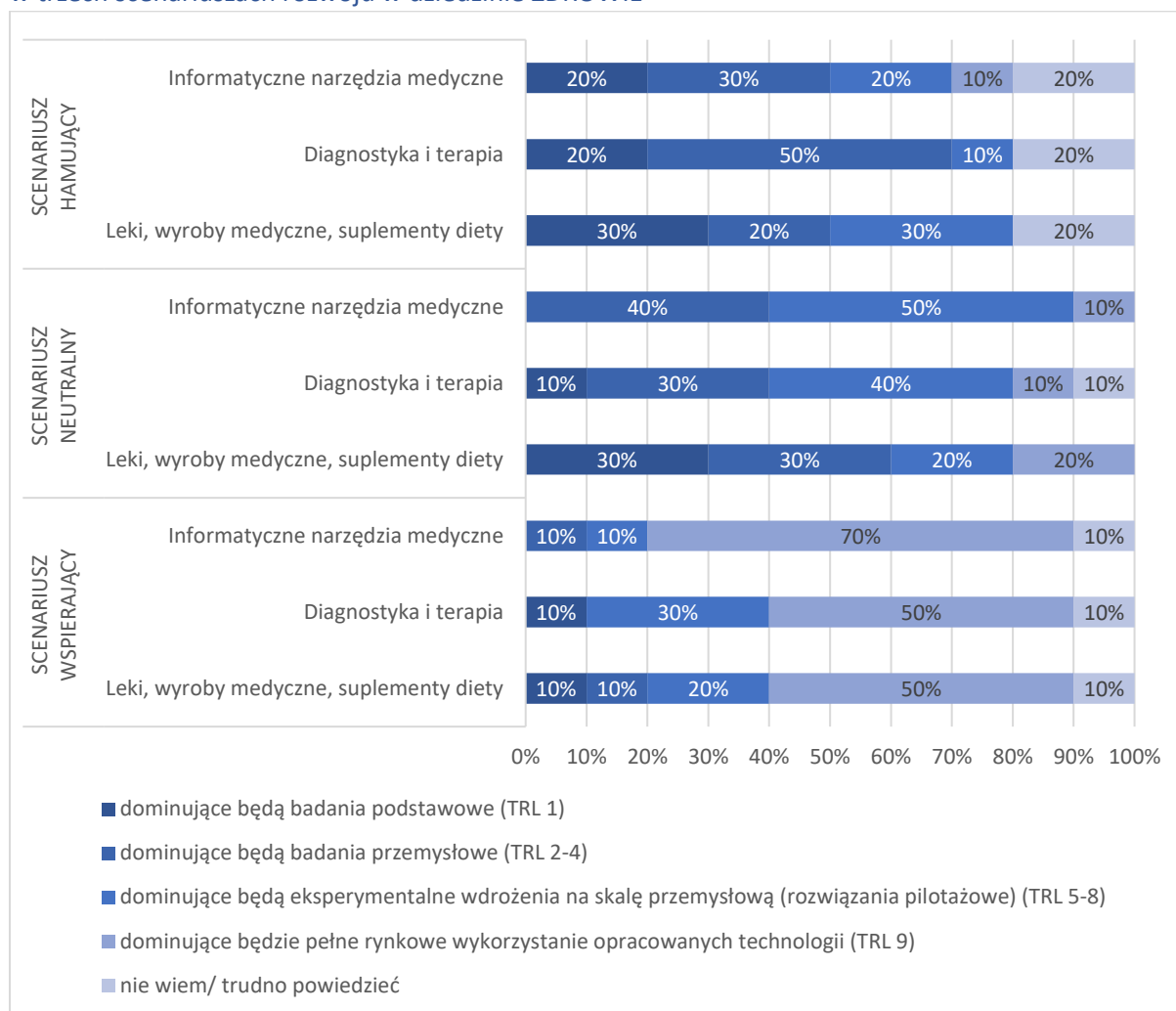
Przewidywana ścieżka rozwoju obszarów do roku 2040

Przeprowadzona w ramach badania delfi ekspercka ocena poziomu gotowości technologicznej dla dziedziny ZDROWIE wskazuje na umiarkowany wpływ czynników hamujących. Zdaniem ekspertów nawet w przypadku wystąpienia tego scenariusza występować będą badania przemysłowe oraz eksperymentalne – łącznie będą stanowiły ok. 50-60% wszystkich prac B+R w obszarze zdrowia. Największym potencjałem cechuje się obszar informatycznych narzędzi medycznych, w przypadku których nawet w scenariuszu hamującym odnotowano, że ok. 10% prac B+R dotyczyć będzie rynkowego zastosowania opracowywanych technologii. Biorąc pod uwagę postępującą informatyzację należy spodziewać się, że w tym scenariuszu w dziedzinie ZDROWIA będzie to obszar mający największe szanse na dynamiczny rozwój.

Scenariusz neutralny przewiduje, że w każdym z kluczowych obszarów w dziedzinie ZDROWIA notowane będzie rynkowe wykorzystanie opracowywanych technologii. W tym scenariuszu na prowadzenie wysuwać się będzie obszar leków, wyrobów medycznych oraz suplementów diety, w którym aż 20% prac B+R znajdzie zastosowanie rynkowe. Dynamicznie będą również wdrażane badania pilotażowe

Najbardziej korzystny scenariusz – wspierający – zakłada, iż ponad połowa prac B+R będzie w pełni wykorzystywana rynkowo. Znowu na prowadzenie wysuwa się obszar informatycznych narzędzi medycznych, w którym aż 70% prac B+R będzie wykorzystywana na rynku. W tym przypadku niewielka będzie skala badań podstawowych, gdyż te będą wyparte przez badania przemysłowe.

Wykres 11 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie ZDROWIE



Źródło: badanie delfickie, n=10.

Czynniki i uwarunkowania, w tym bariery, wpływające na rozwój kluczowych obszarów technologicznych

Na generowanie i wdrażanie innowacyjnych technologii z dziedziny ZDROWIE wpływ mają następujące uwarunkowania:

- Brak spójnej strategii państwa w zakresie e-zdrowia, a co za tym idzie:
 - brak polskich jednostek certyfikujących i notyfikujących MD & IVD – blokada na poziomie UE, potrzebne wsparcie dyplomatyczne;
 - brak stosownych aktów prawnych np. dla genotypowania, radiofarmaceutyków, wyłączenia diagnostyki z kosztu procedur,
- Ryzyko niedoboru osób o kompetencjach niezbędnych do rozwoju obszaru zdrowia,
- Bariery prawne przy implementacji nowych rozwiązań w zakresie telemedycyny oraz terapii personalizowanych,
- Niewystarczająca współpraca między ośrodkami naukowymi a biznesem,
- Brak wystarczającego wsparcia ze środków publicznych dla innowacji w zakresie e-zdrowia – jak dowiodły przeprowadzone badania i analizy, obszar zdrowia pod względem innowacyjności i prac badawczo-rozwojowych cechuje się bardzo wysoką kosztochłonnością oraz długim okresem zwrotu z inwestycji, co powoduje, że kapitał prywatny z niechęcią podejmuje się

działań w tym obszarze. Konieczne zatem jest zapewnienie stałego, wysokiego poziomu finansowania publicznego dla obszaru zdrowia.

Wyzwania i rekomendacje dla rozwoju kluczowych obszarów technologicznych

Dla procesów generowania i wdrażania innowacyjnych technologii z dziedziny ZDROWIE kluczowe znaczenie mają:

- Zwiększenie dostępności do opieki zdrowotnej, w tym przede wszystkim do lekarzy specjalistów poprzez lepsze zarządzanie, np. przepustowością sal operacyjnych, zabiegowych, diagnostycznych, poprzez uwspólnianie systemu informacji o pacjencie, aby nie powielać tych samych badań zlecanych/przeprowadzanych przez różnych lekarzy, za to efektywnie szukać przyczyny schorzenia stosując różnorakie metody diagnostyczne, a nie tylko te, które się opłacają pod względem finansowym,
- Zwiększenie dostępności do urządzeń do samodiagnostyki oraz edukacja w zakresie ich stosowania (zarówno w celach profilaktycznych, jak i kontrolnych w przypadku wystąpienia choroby),
- Upowszechnianie e-usług oraz usług telemedycznych w systemie opieki zdrowia, w tym zapewnienie jednolitej ścieżki dla pacjenta – od momentu zgłoszenia do wyleczenia, czemu sprzyjać będzie upowszechnienie platform P1 (platforma e-zdrowie) oraz P2 (platforma udostępniania on-line usług i zasobów cyfrowych rejestrów medycznych),
- Konieczność rozwoju nowych metod leczenia, w tym nowych leków, bezpiecznych dla osób z grup wysoko wrażliwych.

Kamienie milowe:

- Stworzenie brakujących aktów prawnych w zakresie genotypowania oraz radiofarmaceutyków;
- Uregulowanie prawne w zakresie świadczenia teleopieki i telemedycyny,
- Przygotowanie programów sektorowych dla rozwoju dziedziny, jaką jest zdrowie,
- Silniejsze powiązanie prac B+R z przedsiębiorczością,
- Wdrożenie przepisów obligujących kadry medyczne do korzystania z platformy P1 (platformy e-zdrowie) w zakresie uzupełniania danych medycznych oraz podłączenie do P1 wszystkich placówek diagnostycznych w Polsce, w tym rozbudowa platform P1 (platforma e-zdrowie) oraz P2 (platforma udostępniania on-line usług i zasobów cyfrowych rejestrów medycznych), jak również cyfryzacja podmiotów - także diagnostycznych (diagnostyka omiczna, obrazowa, molekularna) umożliwiającą wpięcie w system,
- Podniesienie kompetencji kadr medycznych w zakresie współpracy z diagnostami, radiologami, lekarzami medycyny nuklearnej,
- Uruchomienie środków z Krajowego Planu Odbudowy dla komponentu: Efektywność, dostępność i jakość systemu ochrony zdrowia.

Zalecenia w zakresie Krajowych Inteligentnych Specjalizacji:

- Modyfikacja opisów dotychczasowych KIS 1 ZDROWIE w taki sposób, by uwzględniały one podział na trzy kluczowe obszary technologiczne,
- Rozszerzenie opisów dotychczasowego KIS 1 ZDROWIE w obszarze diagnostyki i terapii o diagnostykę omiczną,
- Uwzględnienie współzależności dziedziny, jaką jest zdrowie, z innymi KIS, przede wszystkim biotechnologią.

6 GŁÓWNE UWARUNKOWANIA I BARIERY OGRANICZAJĄCE ROZWÓJ INNOWACYJNYCH TECHNOLOGII W POLSCE

W poprzednim rozdziale zaprezentowano dziedziny istotne z punktu widzenia rozwoju polskiej gospodarki wraz z przypisanymi do nich kluczowymi obszarami technologicznymi. Jednak rozwój technologii w ramach wyszczególnionych obszarów napotyka na szereg barier. Na podstawie przedstawionych powyżej analiz można wyodrębnić grupy barier, których występowanie hamuje rozwój innowacyjnych technologii w Polsce i które zostały zaprezentowane w niniejszym rozdziale.



Bariery regulacyjne i prawne

Niska efektywność i niedostateczna skala stosowania ochrony praw własności intelektualnej zniechęcająca do inwestowania w badania i rozwój oraz utrudniony transfer technologii

Rosnące natężenie konkurencji pomiędzy podmiotami gospodarczymi oraz nacisk na komercjalizację wyników prac B+R powoduje szybki wzrost znaczenia prawa własności intelektualnej we wszystkich branżach. Jest to szczególnie istotne w dobie cyfryzacji, kiedy wraz z rozwojem technologii cyfrowych, łatwiej daje się kopiować, dystrybuować i udostępniać materiały, co może prowadzić do naruszenia praw autorskich oraz plagiatów. Coraz większego znaczenia nabiera także know-how i tajemnica przedsiębiorstwa. W tym obszarze wskazać można następujące bariery:

- wydłużony czas uzyskiwania ochrony i długi czas trwania postępowań w zakresie patentów,
- niedostateczna świadomość przedsiębiorców na temat wagi ochrony własności intelektualnej oraz nieznanostwo dostępnych narzędzi tej ochrony,
- niska świadomość społeczna dotycząca ochrony własności intelektualnej,
- wysoki koszt uzyskania i realizacji ochrony własności intelektualnej.

Wobec tego konieczne jest wdrażanie wielokierunkowych działań wspomagających ochronę własności intelektualnej, m.in.:

- Usprawnienie procedur rejestracji i ochrony własności intelektualnej oraz uskutecznienie mechanizmów egzekwowania tych praw. Dalsze usprawnianie procedowania zgłoszeń dotyczących wynalazków, wzorów użytkowych, wzorów przemysłowych, znaków towarowych etc. Niektóre oczekiwane zmiany w tym zakresie wprowadza ustawa – Prawo własności przemysłowej, przyjęta w czerwcu 2023 r.
- Edukacja i budowanie świadomości wśród przedsiębiorców, z uwzględnieniem nowych instrumentów i zmian wprowadzonych przez ustawę – Prawo własności przemysłowej. Konieczne jest podejmowanie działań szkoleniowych, a także kompleksowych usług doradczych.
- Praktyczna edukacja i budowanie świadomości społecznej z zakresu znaczenia praw własności intelektualnej, poprzez działania informacyjno-promocyjne.
- Wsparcie finansowe na uzyskanie i realizację ochrony własności przemysłowej, na wzór Poddziałania 5.4.1 Wsparcie na uzyskanie/realizację ochrony własności przemysłowej w POIG na lata 2007-2013 oraz Poddziałanie 2.3.4 Ochrona własności przemysłowej w POIR na lata 2014-2020.

Brak możliwości wspierania innowacyjności przedsiębiorstw przez samorządy województw ze środków innych niż fundusze europejskie

Wspieranie innowacyjności przedsiębiorstw powinno być realizowane z wielu komplementarnych źródeł finansowania. Jednym z głównych źródeł pozostają środki unijne, które są w dyspozycji zarówno władz centralnych (w ramach krajowych programów operacyjnych) jak i władz regionalnych (w ramach regionalnych programów operacyjnych). Mimo tego należy mieć na uwadze, że środki te są ograniczone, a zasady ich przyznawania ściśle uregulowane – instytucje zarządzające programami operacyjnymi mają ograniczony wpływ na kształt tych zasad (w tym np. preferowanych obszarów gospodarki, preferowanych działań inwestycyjnych). Poza tym władze regionalne (marszałkowie województw) dysponują w bardzo niewielkim zakresie¹⁵² możliwościami dodatkowego wspierania rozwoju innowacyjności przedsiębiorstw – np. ze środków własnych samorządu. Wsparcie takie mogłoby być kierowane na wybrane przedsięwzięcia strategiczne dla regionu wpisujące się swoim zakresem w RIS, ale nie kwalifikujące się do dofinansowania w ramach środków unijnych. Ponadto wsparcie takie mogłoby obejmować finansowanie badań podstawowych, które są kluczowym etapem dla rozwoju innowacji. Umożliwienie realizowania takich działań przez samorządy województw wpisuje się także w ogólnie sformułowane zapisy Ustawy o samorządzie województwa¹⁵³.

Zmianę tej sytuacji mogłaby przynieść nowelizacja Ustawy o samorządzie województwa i Ustawy o finansach publicznych mająca na celu wprowadzenie zapisów dających samorządom województw uprawnienia wsparcia rozwoju innowacyjności i konkurencyjności przedsiębiorstw ze środków własnych.

Brak dostatecznych mechanizmów po stronie sektora publicznego dla generowania popytu na innowacyjne rozwiązania dostarczane przez przedsiębiorców

Wyniki prowadzonych badań wskazują na bardzo duże znaczenie tego problemu. Różni interesariusze wskazywali na potrzebę zaangażowania się administracji publicznej nie tylko w finansowanie przedsięwzięć innowacyjnych (za pomocą programów pomocowych), ale także w generowanie popytu na tworzenie innowacyjnych rozwiązań dla konkretnych problemów i wyzwań, przed jakimi stają poszczególne instytucje państwa w różnych obszarach jego funkcjonowania (np. zdrowie, transport, obsługa administracyjna obywateli i firm). Można wskazać takie technologie i rozwiązania, których wdrożenie powinno być kluczowe z perspektywy państwa (np. w zakresie bezpieczeństwa i obronności, cyberbezpieczeństwa infrastruktury krytycznej, zapewnienia zrównoważonego rozwoju). Inne technologie nie będą rozwijane lub będą rozwijane dużo wolniej w przypadku braku popytu ze strony sektora publicznego (np. technologie kosmiczne, cyfrowe usługi publiczne, rozwój e-zdrowia). Co więcej, jak pokazują doświadczenia (np. Program Innowacje Społeczne¹⁵⁴, czy Projekt e-Pionier¹⁵⁵), konkretne rozwiązania innowacyjne mogą być „szyte na miarę” dla różnych podmiotów. Wówczas instytucje publiczne identyfikują lub zgłaszają określone problemy wymagające wykorzystania rozwiązań technologicznych – często innowacyjnych lub już istniejących na rynku, ale odpowiednio dostosowanych do konkretnego problemu i wyzwania. Odpowiedzią na tak zdiagnozowany problem może być zastosowanie w praktyce i na znacznie większą skalę dwóch rozwiązań w zakresie

¹⁵² Np. wspieranie przez samorządy klastrów z wykorzystaniem zapisów Ustawy o działalności pożytku publicznego i o wolontariacie – o czym mowa w dalszej części rozdziału.

¹⁵³ Rozdział 2, art. 11, pkt 2, ppkt. 6: „Samorząd województwa prowadzi politykę rozwoju województwa, na którą składa się: wspieranie rozwoju nauki i współpracy między sferą nauki i gospodarki, popieranie postępu technologicznego oraz innowacji”.

¹⁵⁴ <https://www.gov.pl/web/ncbr/innowacje-spoeczne> (dostęp: 21.07.2023).

¹⁵⁵ <https://www.gov.pl/web/ncbr/e-pionier-govtech-iii-konkurs> (dostęp: 21.07.2023).

zrównoważonych zamówień publicznych, tj. zamówień na innowacyjne rozwiązania i zamówień przedkomercyjnych, o których mowa też w komunikacie KE¹⁵⁶.

Przepisy obowiązujące w Polsce nie kształtują obecnie odmiennego systemu prawnego w zakresie nabywania przez jednostki sektora finansów publicznych innowacyjnych towarów, usług czy też robót budowlanych. Opracowując dokumentację niezbędną dla danego postępowania opartego na ustawie Prawo zamówień publicznych, dotyczącą innowacyjnych rozwiązań, nie ma zastosowania odmienna podstawa prawna dla podejmowanych czynności. Unia Europejska z kolei promuje zamówienia publiczne na innowacje zarówno poprzez zamówienia przedkomercyjne (PCP) – które mogą być wykorzystane, gdy nie ma jeszcze rozwiązań bliskich rynkowi i potrzebne są nowe badania i rozwój – jak i poprzez zamówienia publiczne na innowacyjne rozwiązania (PPI), których celem jest nabywanie istniejących innowacji, które jeszcze nie osiągnęły pełnej komercjalizacji, ale nie wymagają nowych działań B+R. System prawa polskiego pozwala co prawda na przeprowadzenie postępowania o udzielenie zamówienia publicznego, w efekcie którego nabywane będą innowacyjne towary, usługi bądź roboty budowlane, w ocenie badanych interesariuszy nie jest to jednak rozwiązanie zbyt często stosowane z uwagi na ryzyka i brak dostatecznie jasnych, jednoznacznych przepisów w tym zakresie¹⁵⁷.

Konieczne jest wypracowanie jednoznacznych procedur i przepisów w zakresie stosowania przez polskie instytucje publiczne zamówień przedkomercyjnych oraz zamówień na innowacyjne rozwiązania. W kolejnym kroku ważne będzie wypromowanie idei ich stosowania (zwiększenie świadomości zamawiających związane z potrzebą stosowania zamówień na innowacje, jak również rolę i efektami, jakie mogą one przynieść nie tylko jednostce sektora finansów publicznych, ale również społeczeństwu) oraz dostarczenie niezbędnej wiedzy w tym zakresie pracownikom instytucji publicznych, którzy mieliby je stosować w praktyce.

Brak w polskim porządku prawnym jednej, spójnej definicji i ram teoretycznych dla klastrów

W polskim porządku prawnym brak jest nadal jednej, spójnej definicji i ram teoretycznych dla zjawiska jakim jest klastery. Brakuje zasad, które określiłyby, jak można i należy działać zarówno w ramach klastrów, jak i współpracować z nimi jako podmiotami mającymi istotny wpływ na konkurencyjność i innowacyjność gospodarki. Nieprecyzyjność definicyjna samego terminu „klastery” przekłada się na dużą swobodę w pojmowaniu koncepcji klastrów, co samo w sobie może być pozytywne, dając dużą elastyczność i ułatwiając tworzenie powiązań kooperacyjnych i relacji pomiędzy różnymi podmiotami, a także zapewniając elastyczną formę współdziałania, zgodną ze zmieniającymi się potrzebami. Z drugiej strony może to stanowić barierę dla wzmacniania roli klastrów (np. jako instytucji pośredniczących we wsparciu przedsiębiorstw ze środków publicznych), a także dla współpracy z administracją publiczną (np. przy zlecaniu im zadań publicznych) i udzielania wsparcia (np. wspieranie działalności innowacyjnej, pomoc publiczna przeznaczona na działalność B+R). Brak odrębnej od członków podmiotowości prawnej klastra może skutkować brakiem autonomii i szybkości w działaniu klastra na rynku, utrudniać stworzenie środowiska sprzyjającego ich rozwojowi, udzielanie im wsparcia, a także zwiększanie dojrzałości klastrów. Administracja wykorzystuje w tym aspekcie możliwości jakie daje ustawa z dnia 24 kwietnia 2003 r. o działalności pożytku publicznego i o wolontariacie¹⁵⁸.

Warto w tym miejscu zaznaczyć, że konsultowany jest obecnie (lipiec 2023 r.) projekt rozporządzenia ministra funduszy i polityki regionalnej w sprawie udzielania pomocy inwestycyjnej dla klastrów

¹⁵⁶ Zamówienia przedkomercyjne: wspieranie innowacyjności w celu zapewnienia trwałości i wysokiej jakości usług publicznych w Europie, Komunikat KE do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Bruksela, dnia 14.12.2007.

¹⁵⁷ Zamówienia publiczne na innowacje, Wójtowicz-Dawid A., w: Prawo budżetowe Państwa i Samorządu, 2(8)/2020, ISSN 2300-9853.

¹⁵⁸ Dz.U. z 2022 r. poz. 1327, 1265, 1812.

innowacyjnych w ramach regionalnych programów na lata 2021-2027. Jest to więc możliwość, by w tym dokumencie doprecyzować kwestie definicyjne. Stosunkowo zrozumiałą i elastyczną definicję zawiera także rozporządzenie Komisji (UE) nr 651/2014 z dnia 17 czerwca 2014 r.¹⁵⁹, do którego odwołuje się projekt polskiego rozporządzenia, gdzie jest mowa o udzielaniu wsparcia podmiotowi prawnemu zarządzającemu klastrem innowacyjnym (organizacją klastrową).

Do rozważenia pozostaje, czy warto uregulować prawnie status klastrów i wypracować jednolite i przejrzyste zasady zrzeszania się w klastrach, ich współpracy z administracją publiczną, sposobu prowadzenia działalności, ochrony własności intelektualnej, ochrony konkurencji, udzielania wsparcia zewnętrznego.

Nieelastyczność i niedostosowanie regulacji prawnych, w tym nadmierna ich restrykcyjność i nienadążanie za zmianami zachodzącymi w otoczeniu

Wskazywanie przez przedsiębiorców jako barier dla prowadzenia działalności różnego rodzaju regulacji, wytycznych oraz długiego czasu na załatwianie spraw administracyjnych, jest zjawiskiem powszechnie znanym i powtarzanym w szeregu raportów i analiz dotyczących sektora biznesu. Z drugiej jednak strony należy rozumieć instytucje publiczne, że działalność gospodarcza musi być regulowana, a także wiązać się w odprowadzaniem podatków, składek na ubezpieczenie zdrowotne, społeczne itp. Warto jednak w tym miejscu wspomnieć o barierach związanych z nadmierną biurokracją i niedostosowaniem rozwiązań prawnych do specyfiki prowadzenia działalności innowacyjnej i zasugerować zmiany w tym zakresie.

Wśród tych najistotniejszych barier zidentyfikowanych w trakcie badania wymienić można m.in. brak przejrzystej interpretacji zapisów prawnych i wsparcia w kontekście ulgi B+R czy IP-Box¹⁶⁰. W tym przypadku pozytywnie ocenia się podniesienie poziomu dostępnego odliczenia w ramach ulgi badawczo-rozwojowej, gdyż zmniejsza ona obciążenia podatkowe proporcjonalnie do ponoszonych kosztów opracowania innowacji. Jednak z drugiej strony przedsiębiorcy nadal nie mają możliwości uzyskania wiążącej opinii instytucji publicznej, czy prowadzona przez nich działalność stanowi aktywność badawczo-rozwojową. Bariery administracyjne związane z biurokracją oraz podejściem urzędników do przedsiębiorców zostały wskazane przez trzy czwarte badanych podmiotów w raporcie PARP *Monitoring innowacyjności polskich przedsiębiorstw*¹⁶¹, natomiast aż połowa badanych przedsiębiorstw wskazała także na skomplikowane i nieprzystosowane do specyfiki działalności innowacyjnej przepisy prawa, czy też nieznaną przepisów po stronie firmy. Również w sprawozdaniach z działalności Rzecznika Małych i Średnich Przedsiębiorców zespół ds. współpracy nauki z biznesem identyfikował problem dotyczący trudności administracyjnych, w tym związanych z długim procesem procedowania dokumentów.

Kolejne trudności w tym obszarze związane są ze zbyt powolnym wdrażaniem rozwiązań cyfrowych oraz wprowadzaniem obowiązku honorowania w pełni cyfrowego obiegu dokumentów – w tym zakresie jednak pandemia wywołała liczne pozytywne zmiany. Nie bez znaczenia, w ocenie różnych badanych interesariuszy, jest kwestia wprowadzania różnego rodzaju regulacji dotyczących nowych rozwiązań technologicznych (np. sztucznej inteligencji). W ocenie badanych istnieje ryzyko, że legislacja nie będzie

¹⁵⁹ Rozporządzenie Komisji (UE) nr 651/2014 z dnia 17 czerwca 2014 r. uznające niektóre rodzaje pomocy za zgodne z rynkiem wewnętrznym w zastosowaniu art. 107 i 108 Traktatu (Dz. Urz. UE L 187 z 26.06.2014, str. 1, z późn. zm.).

¹⁶⁰ Narodowy System Innowacyjności. Szanse i wyzwania, OPI PIB, 2023.

¹⁶¹ https://www.parp.gov.pl/storage/publications/pdf/Raport_Monitoring-innowacyjnoci-polskich-przedsiębiorstw-IV-edycja-2022.pdf (dostęp 04.09.2023).

nadążać za rozwojem takich technologii i w efekcie może blokować ich rozwój oraz powstawanie kolejnych innowacyjnych rozwiązań.

Z punktu widzenia rozwoju innowacyjności ważne jest by administracja stała się bardziej elastyczna i dostosowała regulacje prawne do specyfiki prowadzenia działalności innowacyjnej. W tym celu warto w najbliższych latach położyć nacisk na:

- Wprowadzanie i upowszechnianie rozwiązań opartych na technologiach cyfrowych, takich jak elektroniczne formularze i podpisy (w tym e-usługi publiczne na 5 poziomie dojrzałości - personalizacja), aby zwiększać wydajność procesów administracyjnych i zmniejszać obciążenia dla przedsiębiorców związane np. z koniecznością wypełniania wielokrotnie tych samych danych.
- Wdrażanie narzędzi cyfrowych wspierających dostosowanie się do przepisów prawnych, które odpowiadają na wyzwania związane z nadmierną biurokracją (polegające m.in. na długim procesie podpisywania umów) oraz z interpretacją przepisów prawnych (m.in. w zakresie prawa podatkowego). Mogą to być np. narzędzia generujące umowy na podstawie określonych szablonów lub wzorów umów.
- Wskazanie konkretnej instytucji (np. NCBR), która będzie odpowiedzialna za wydawanie wiążącej opinii nt. tego, czy prowadzona przez przedsiębiorstwo działalność stanowi aktywność badawczo-rozwojową.
- Prowadzenie przez ustawodawcę konsultacji z zainteresowanymi interesariuszami co do kształtu i zapisów aktów prawnych mających szczególne znaczenie dla rozwoju technologii. Ponadto istotne będzie prowadzenie bieżącej oceny skutków tych regulacji oraz nowelizowanie ich na potrzeby dostosowywania do szybko postępujących zmian/ wyzwań technologicznych.



Bariery kompetencyjne i edukacyjne

Brak synergii i współpracy między instytucjami edukacyjnymi a sektorem biznesu

Niewielki stopień współpracy pomiędzy instytucjami edukacyjnymi (szkolnictwo branżowe oraz wyższe) i biznesem prowadzi do rozbieżności między kompetencjami poszukiwanymi przez pracodawców a kształceniem oferowanym przez szkoły i uczelnie. Dotyczy to zarówno kompetencji technicznych wskazanych w poprzednim rozdziale dla poszczególnych dziedzin, jak i ogólnych. Identyfikuje się deficyty w systemie kształcenia związane z brakiem innowacyjnych metod ukierunkowanych na eksperymentowanie i poszukiwanie kreatywnych i innowacyjnych rozwiązań. Co więcej, niedostateczne kompetencje w zakresie komunikacji i współpracy utrudniające transfer wiedzy, tworzenie partnerstw i efektywną pracę zespołową w realizacji projektów.

Problem ten nie jest nowy, gdyż wskazuje się na niego powszechnie w wielu raportach, analizach i publikacjach. Wiele instytucji publicznych stara się wpłynąć na zwiększenie skali współpracy pomiędzy przedsiębiorstwami a placówkami edukacyjnymi, jednak efekt nie jest jeszcze wystarczający. W związku z tym ważne jest kontynuowanie wsparcia na projekty realizowane wspólnie przez firmy i szkoły lub uczelnie. Należy w dalszym ciągu wspierać dostosowania programów nauczania do wymagań rynku pracy i zapewnienie praktycznych umiejętności technicznych. Ponadto w związku z tym, że potrzeby kompetencyjne najbardziej innowacyjnych branż szybko się zmieniają, istotne jest by umożliwić bardziej elastyczne wprowadzanie zmian do programów kształcenia.

Niedostateczne kompetencje w zakresie zarządzania innowacjami i rozwojem technologicznym

Jedną z barier w rozwijaniu działalności innowacyjnej są niedostateczne kompetencje w przedsiębiorstwach związane z zarządzaniem innowacjami i rozwojem technologicznym. Wynika to przede wszystkim ze słabej znajomości nowych technologii oraz możliwości ich aplikacji. Jest to powiązane z opisanym powyżej deficytem kompetencji wśród absolwentów oraz z migracją osób posiadających doświadczenie w tym obszarze, ewentualnie podejmowanie pracy dla firm zagranicznych.

Pożądane jest organizowanie szkoleń i programów rozwojowych dla menedżerów i liderów, które koncentrują się na umiejętnościach zarządzania innowacjami i rozwojem technologicznym, w tym w szczególności zarządzanie ryzykiem, budowanie kultury innowacyjnej i komercjalizacja pomysłów. Ponadto warto wprowadzić i rozwijać wsparcie doradcze dla przedsiębiorstw w zakresie zarządzania technologiami, które pomaga w identyfikacji i wdrażaniu efektywnych strategii innowacyjnych.

Brak lub niedobór kompetencji i umiejętności technologicznych w organizacji

Kolejną barierą, która utrudnia przedsiębiorcom prowadzenie prac B+R oraz komercjalizację wyników tego typu prac, są ograniczone zasoby ludzkie. Brakuje kompetencji związanych z wdrażaniem innowacyjnych rozwiązań, w tym wiedzy teoretycznej i umiejętności technologicznych. Dla wielu pracodawców problemem jest pozyskanie pracowników posiadających odpowiednie kompetencje, w szczególności gdy dotyczy to kompetencji specjalistycznych oraz pozwalających na kierowanie bardziej zaawansowanymi procesami innowacyjnymi. Z punktu widzenia pracodawców istotne jest opracowanie planu rozwoju pracowników i współpracowników, tak by podnieść kompetencje poprzez kształcenie ustawiczne wśród osób już zatrudnionych. W związku z tym należy stale zabezpieczać środki na wsparcie doskonalenia pracowników, a dodatkowo starać się o dotacje na tego typu działania. Ponadto w procesach rekrutacji należy pozyskiwać specjalistów z rynku lub bezpośrednio ze szkół oraz rozwijać współpracę ze szkołami i uczelniami.

Braki w prognozowaniu potrzeb kompetencyjnych przyszłości

Dynamicznie zmieniająca się rzeczywistość i stały rozwój branż wysoce innowacyjnych sprawia, że szybko dezaktualizują się analizy i diagnozy potrzeb kompetencyjnych wśród pracodawców. W związku z tym system edukacji nie zapewnia absolwentom wiedzy i umiejętności niezbędnych na rynku pracy. To zaś powoduje, że przedsiębiorcy nie dysponują odpowiednim kapitałem ludzkim, by móc prowadzić prace B+R oraz wdrażać rozwiązania innowacyjne. Programy kształcenia ulegają szybkiej dezaktualizacji. W związku z tym konieczne jest elastyczne (częstsze) aktualizowanie programów kształcenia na kierunkach powiązanych z branżami najbardziej innowacyjnymi. Częstej aktualizacji wymagają także programy szkoleniowe i rozwojowe, które pomagają pracownikom aktualizować umiejętności i dostosować się do szybko zmieniającego się otoczenia technologicznego. Warto ponadto prowadzić stały foresight rynku pracy umożliwiającego identyfikację zawodów przyszłości.



Bariery związane z systemem zarządzania KIS

Niedoskonałość opisu KIS związana z brakiem opisów celów i wizji rozwoju inteligentnych specjalizacji

Opisy KIS koncentrują się na istotnych z punktu widzenia rozwoju społeczno-gospodarczego kraju obszarach technologicznych i wskazują na kluczowe rozwiązania technologiczne bądź grupy technologii. Nie zdefiniowano w nich jednak celów społeczno-gospodarczych, jakie rozwiązują oraz nie wskazano wizji rozwoju. Nie zostały wdrożone także inne założenia zawarte Załączniku nr 2 do Strategii

produktywności 2030 Krajowa Inteligentna Specjalizacja (KIS) – aktualizacja 2020 r., np. nie opracowano technologicznych i kompetencyjnych map drogowych.

Powyższe utrudnia aplikującym wskazanie konkretnego KIS w sytuacji składania projektu, który odnosi się do więcej niż jednego obszaru.

W związku z tym należy kontynuować prace związane z określeniem wizji i kierunku rozwoju poszczególnych KIS oraz zaadresowanie celów bądź wyzwań społeczno-gospodarczych i środowiskowych, na jakie odpowiadają. Ponadto należy usprawnić przepływ informacji pomiędzy instytucjami wdrażającymi środki na badania i rozwój, w tym środki z funduszy europejskich. Z punktu widzenia beneficjentów pożądane jest usprawnienie przepływu informacji w zakresie składanych wniosków/zapytań, w których wskazywane są nowe technologie nie mieszczące się w obecnym opisie KIS.

System monitorowania KIS nie wskazuje sposobu, w jaki podejmowane działania wpływają na rozwój społeczno-gospodarczy kraju

Aktualny podejście do monitorowania KIS skupia się na analizie i ocenie kierunków wydatkowania środków publicznych, w tym Funduszy Europejskich, na projekty, na które nabór ogłaszany jest przez wyznaczone instytucje (NCBR, PARP, BGK i inne). Trudność w ocenie wpływu KIS na rozwój społeczno-gospodarczy kraju wynika głównie ze złożonej konstrukcji KIS oraz odroczonego efektu realizacji przedsięwzięć projektowych. Dodatkową trudnością jest dobór kryteriów i wskaźników na potrzeby opisu i monitorowania wpływu KIS. Przygotowany system monitorowania SmartRadar ma zaś istotne ograniczenia dla dokonania oceny efektów wdrożeń na poziomie poszczególnych KIS.

W związku z tym ważne jest wypracowanie i wdrożenie systemu monitorowania KIS pozwalającego na ocenę efektów wdrożeń na poziomie KIS i ocenę wpływu poszczególnych KIS na rozwój społeczno-gospodarczy kraju. Model powinien uwzględniać zarówno zmiany w wartościach wskaźników statystycznych jak i dane jakościowe pozyskane od interesariuszy.

Niejednolity i szeroki opis poszczególnych KIS utrudniający jednoznaczne przyporządkowanie projektów do konkretnego KIS

Opisy KIS prezentują technologie i grupy technologii na różnym poziomie szczegółowości, co utrudnia zarówno wnioskodawcom jak i ekspertom oceniającym wnioski projektowe przyporządkowanie ich do właściwego KIS. Dodatkowo podmioty składające wnioski o dofinansowanie obejmujące więcej niż jeden KIS, mogą szacować poziom trudności na etapie oceny i realne szanse na otrzymanie dofinansowania i na tej podstawie wybierać KIS cechujący się mniejszą restrykcyjnością (np.: ICT w medycynie i wybór KIS 10 zamiast KIS 1 powoduje inną konfigurację ekspertów).

Postuluje się wprowadzenie na etapie składania wniosku o dofinansowanie opcji wyboru wiodącej (dominującej) i jednej (jeśli dotyczy) pomocniczej KIS i adekwatny dobór ekspertów do oceny – rozwiązanie to nie powinno zmieniać liczebności ekspertów oceniających projekt, a jedynie umożliwić uwzględnienie w składzie zespołu oceniającego ekspertów o odpowiednich kompetencjach.

Ograniczona wiedza interesariuszy na temat KIS spowodowana niewystarczającymi działaniami promocyjnymi i upowszechniającymi

Koncepcja KIS jest w różnym stopniu rozpoznawalna wśród interesariuszy (w tym w szczególności wśród przedsiębiorców i pracowników sfery B+R). Respondenci uczestniczący w badaniach wskazują, że często nie ubiegają się o dofinansowanie, gdyż nie mogą na podstawie opisu KIS wskazać czy i na ile ich rozwiązanie mieści się w ramach KIS. W badaniu pojawiły się także podmioty, których przedstawiciele nie mieli wiedzy czym KIS jest i jaką rolę odgrywa. Informacje dotyczące KIS są upubliczniane kilkoma

kanałami informacyjnymi, z których najbardziej znane to strony Ministerstwa oraz strony instytucji organizujących nabory.

W związku z tym należy stale realizować działania komunikacyjno- informacyjnej dotyczące KIS, budującej wiedzę o KIS i kształtującej świadomość dotyczącą wpływu KIS na innowacyjny rozwój kraju.



Bariery organizacyjne i finansowe

Niedobór lub brak zasobów finansowych dla realizacji procesów generowania i wdrażania nowych lub znacząco ulepszonych technologii

Główną barierą po stronie przedsiębiorstw, zwłaszcza sektora MŚP, wpływającą na zdolność do generowania i wdrażania innowacji są niewystarczające środki własne na wdrażanie innowacji bez zewnętrznego wsparcia. Ograniczone zasoby finansowe przedsiębiorstw w znacznej mierze wyczerpane przez okres pandemii wpływają na niższą skłonność do podejmowania przez przedsiębiorców ryzyka do realizacji innowacyjnych przedsięwzięć. Podejmowane są zazwyczaj w tym zakresie te działania, które wymusza na przedsiębiorstwach rynek, co znajduje odzwierciedlenie w większej liczbie projektów związanych z innowacjami naśladowczymi, drobnymi usprawnieniami niż przełomowymi przedsięwzięciami.

Wobec tego konieczne jest kontynuowanie wsparcia dla przedsiębiorców na projekty B+R oraz na komercjalizację ich wyników. Źródłem finansowania powinny być zarówno programy unijne (na poziomie ogólnopolskim oraz regionalnym), jak i krajowe. W związku z tym, że projekty te charakteryzują się wysokim stopniem ryzyka, preferowaną formą wsparcia powinny zostać bezzwrotne dotacje. Warto wdrażać tego typu projekty w sposób dwuetapowy: pierwszy związany z pracami badawczo-rozwojowymi, zaś drugi dedykowany już jedynie wybranym projektom, w przypadku których istnieje wysokie prawdopodobieństwo komercjalizacji. Część przedsiębiorców nie decyduje się na aplikowanie o wsparcie unijne, gdyż nie docierają do nich informacje o takiej możliwości bądź uwarunkowania związane z pozyskaniem i rozliczeniem dotacji są zbyt czasochłonne i skomplikowane. Stąd ważne jest by stale dążyć do upraszczania zasad udzielenia wsparcia w kwestiach, w których jest to możliwe i bez szkoda dla gospodarnego zarządzania środkami publicznymi. Konieczne jest zwiększenie aktywności przedsiębiorców w zakresie pozyskiwania środków ze źródeł zewnętrznych i zabezpieczenie w formie rezerwy środków wypracowanych przez organizację

Brak lub ograniczona gotowość do współpracy pomiędzy nauką i biznesem

Istotną barierą wpływającą na niski poziom komercjalizacji wyników prac B+R jest ograniczona współpraca między instytucjami naukowymi a przedsiębiorstwami. Pomimo wielu programów wsparcia (finansowanych ze środków krajowych i unijnych) na projekty partnerskie, poziom tej współpracy wciąż jest niski, a powszechna jest opinia, że „nauka i biznes się nie rozumieją”. Oznacza to, że inne są cele podejmowania działalności badawczo-rozwojowej, inny jest tryb pracy, inne są harmonogramy, uwarunkowania proceduralne itd.

Dotychczasowy niski poziom współpracy pomiędzy nauką i biznesem nie powinien stanowić przesłanki do ograniczania wsparcia projektów partnerskich. Wręcz przeciwnie, warunki udzielania tego typu wsparcia z programów krajowych lub unijnych powinny być na możliwie najbardziej preferencyjnych warunkach. Dodatkowo premiowane powinny być wnioski o dofinansowanie projektów, które stanowią kontynuację współpracy nawiązanej w ramach perspektywy finansowej 2014-2020. Eksperci poruszali także kwestię systemu ocen kadry naukowej, która nie stanowi zachęty do nawiązywania współpracy z przedsiębiorstwami i nie promuje wdrażania rozwiązań wypracowanych w wyniku działań B+R. Stąd istotne są zmiany w systemie ocen naukowców.

Niewydolny lub niewłaściwy system zarządzaniem rozwojem technologicznym w przedsiębiorstwach, w tym brak klimatu innowacyjnego

Jednym z czynników wpływających na niski poziom innowacyjności w polskich firmach jest małe zainteresowanie wdrażaniem nowatorskich rozwiązań i szukaniem możliwości rozwoju poprzez wykorzystanie wyników prac B+R. Przedsiębiorcy bardzo rzadko posiadają strategię rozwoju. Eksperti biorący udział w badaniu powiązali to także ze specyficzną mentalnością, która sprawia, że przedsiębiorcy wybierają bardziej sprawdzone i bezpieczne modele funkcjonowania i rozwoju. W konsekwencji nie wprowadza się (bądź wprowadza w niewystarczającym stopniu lub w sposób nieefektywny) rozwiązań z zakresu zarządzania rozwojem technologicznym, pomimo istnienia możliwości w tym zakresie, a także pomimo istnienia instrumentów wsparcia skierowanych do przedsiębiorców - finansowych ze środków krajowych i unijnych, wsparcia ze strony IOB itp.

Konieczne jest upowszechnianie i promowanie wśród przedsiębiorców strategicznego myślenia o rozwoju firmy, w tym tworzenia strategii rozwoju i zwiększania nakładów na działalność innowacyjną. Służyć temu może premiowanie w naborach (w programach finansowanych ze środków krajowych i ze środków polityki spójności) wnioskodawców posiadających strategię rozwoju. Kontynuowane powinno być wsparcie dla IOB, za pośrednictwem których promowana będzie zmiana podejścia do innowacji. Prowadzone powinny być kampanie informacyjno-promocyjne mające na celu stopniową zmianę mentalności poprzez m.in. pokazywanie dobrych praktyk i przykładów przedsiębiorców, którzy odnieśli sukces dzięki innowacjom.

Ograniczanie nakładów na naukę i badania

Stosunkowo nieduże nakłady na naukę i prace badawczo-rozwojowe sprawiają, że wynagrodzenia w instytucjach naukowych nie są konkurencyjne w stosunku do sektora przedsiębiorstw. Możliwości płacowe instytucji naukowych nie odpowiadają oczekiwaniom osób, które mają wysokie kwalifikacje i dobre wykształcenie. Powoduje to stopniowy odpływ wysoko wykwalifikowanej kadry ekspertów i naukowców, co w konsekwencji obniża jakość prowadzonych działań badawczo-rozwojowych. W związku z tym przedsiębiorcy gotowi do nawiązywania współpracy z sektorem nauki nie otrzymują odpowiedniej jakości wsparcia, co obniża gotowość do kontynuacji tego typu współpracy.

Pomimo tego, że nakłady na naukę i badania od wielu lat uznawane są za zbyt niskie, nie doszło w tej kwestii do istotnej poprawy. Wobec tego wciąż należy dążyć do zwiększenia środków na finansowanie nauki z budżetu państwa. Konieczne jest uelastycznienie systemu płacowego jednostek prowadzących badania, w tym wprowadzenie systemu premiowania wdrożeń technologicznych.

7 OCENA POWIĄZANIA KIS Z INICJATYWAMI O ZASIĘGU MIĘDZYNARODOWYM W KONTEKŚCIE DALSZEGO ROZWOJU SPECJALIZACJI

7.1 Projekty innowacyjne realizowane we współpracy polskich i zagranicznych podmiotów

Na potrzeby oceny powiązania KIS z inicjatywami o zasięgu międzynarodowym, przeprowadzono pogłębioną i krytyczną analizę danych zastanych obejmującą w szczególności najnowsze doniesienia oraz publikacje, których przedmiot badania związany jest z zakresem KIS. Kluczowym dla przeprowadzonej analizy było uwzględnienie udziału polskich podmiotów w międzynarodowych projektach innowacyjnych. Analizy uwzględniały zasięg międzynarodowy (wewnątrz UE i poza). W ramach pracy przyjęto następujące założenia realizowanego badania:

- dla każdej dziedziny identyfikowano projekty o zasięgu międzynarodowym w ramach następujących źródeł finansowania: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, INTERREG, Horyzont 2020 / Horyzont Europa oraz pozostałe inicjatywy – dedykowane wybranym obszarom tematycznym;
- identyfikacja projektów stanowiła przegląd dostępnych źródeł bazodanowych o realizowanych międzynarodowych projektach¹⁶² z udziałem polskich instytucji stąd nie stanowi odniesienia do skonsolidowanej analizy wszystkich realizowanych projektów według wybranych źródeł dofinansowania;
- analizy eksperckie zidentyfikowanych projektów miały na celu weryfikację i wybór projektów międzynarodowych, które możliwe były do ulokowania w Europejskim Systemie Innowacji lub/i globalnych łańcuchach wartości – rozumianych jako jednolite przestrzenie innowacji bazujące na integracji gospodarczej i politycznej, współpracy przemysłowej i badawczej, innowacyjności i konkurencyjności, przepływie zasobów oraz wymianie naukowo-technicznej – stąd głównym kryterium wyboru była ekspercka ocena zakładanych rezultatów projektu w kontekście tworzenia wartości i w międzynarodowych łańcuchach innowacji;
- termin rozpoczęcia realizacji wybranych projektów to 2018 roku lub później;
- opis projektów obejmował odpowiadający obszar technologiczny zgodny z KIS, wartość i termin realizacji projektu, sieć partnerów a także opis rezultatu;
- proces identyfikacji projektów bazował również na wynikach zastosowanych w trakcie badania innych metod i technik badawczych takich jak: indywidualne wywiady pogłębione, FGI czy panele eksperckie.

Szczegółowy opis projektów został przedstawiony w **załączniku**. W poniższych tabelach znajduje się syntetyczny wykaz wybranych inicjatyw wraz z przypisanymi odpowiadającymi obszarami

¹⁶² Przegląd dostępnych danych obejmował kilkadziesiąt pozycji dla każdej dziedziny. Główne źródła danych obejmowały m.in. bazę POL-on; bazy projektów NCBR (online: <https://www.gov.pl/web/ncbr/baza-projektow> i <https://dane.gov.pl/pl/dataset/2785>); bazy projektów INTERREG (online: <https://pl.plsk.eu/-/baza-projektow>, <https://keep.eu/projects/> (dostęp: 10.07.2023); online: <https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/projects/projects.html> (dostęp: 10.07.2023)); dane CORDIS (online: <https://cordis.europa.eu/> (dostęp: 10.07.2023)). Przegląd został uzupełniony o inwentaryzację aktualnych doniesień literaturowych oraz wyniki zastosowanych w trakcie badania innych metod i technik badawczych takich jak: indywidualne wywiady pogłębione, FGI czy panele eksperckie.

technologicznymi zgodnymi z KIS. Analiza ta pozwala wnioskować co do potencjału polskich podmiotów rozwijających technologie KIS w rozwiązywaniu diagnozowanych na skalę międzynarodową wyzwań oraz wkładu KIS w budowanie międzynarodowej konkurencyjności polskiej nauki i gospodarki.

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

Tabela 2 Przegląd projektów międzynarodowych dofinansowanych z NCBR

Nazwa i szczegóły projektu	Zgodność obszaru z KIS ¹⁶³
Automatyzacja i robotyzacja	
1. Cyfrowy bliźniak autonomicznego doku pływającego, ku efektywniejszej, bezpieczniejszej i zautomatyzowanej eksploatacji doku pływającego Czas realizacji: 01.02.2021-01.02.2024 Cel: opracowanie i weryfikacja numerycznego modelu (bliźniak cyfrowy) do symulowania wzajemnych oddziaływań pomiędzy dokiem pływającym a statkiem jak również procesów automatycznego dokowania.	KIS 11 KIS 13
2. Pojazdy autonomiczne zintegrowane z robotami współpracującymi dedykowane dla systemów produkcyjnych nowej generacji Czas realizacji: 01.10.2020-01.10.2023 Cel: stworzenie kompleksowego, inteligentnego rozwiązania logistyki wewnętrznej, które jest dedykowane dla nowej generacji systemów produkcyjnych, w szczególności dla elastycznej produkcji dyskretniej.	KIS 11
3. Systemy oparte na uczeniu maszynowym do automatyzacji systematycznych przeglądów literatury w dziedzinie bezpieczeństwa żywności Czas realizacji: 01.10.2020-01.04.2023 Cel: opracowanie narzędzia do Systematycznego Przeglądu Literatury (SLR) żywności	KIS 1 KIS 11
Bezpieczeństwo i obronność	
1. Detekcja, predykcja, i rozwiązania dla bezpiecznych operacji autonomicznych statków handlowych (ENDURE) Czas realizacji: 01.01.2021-01.01.2024 Cel: poprawa bezpieczeństwa przyszłych statków autonomicznych poprzez opracowanie rozwiązań w zakresie (1) zapobiegania zderzeniom i wejściom na mielizny; (2) zapobiegania awariom statecznościowym, związanym z dynamiką obiektu pływającego. W tym celu, zastosowane zostaną metody modelowania ruchu statku w 6 stopniach swobody i symulator sytuacji spotkaniowych - uzupełnione przez wiedzę ekspercką. Zakres Projektu obejmuje więc prace teoretyczne, modelowanie komputerowe, i badania w warunkach rzeczywistych na	KIS 13 KIS 9

¹⁶³ KIS 1. Zdrowe społeczeństwo, KIS 2. Nowoczesne rolnictwo, leśnictwo i żywność, KIS 3. Zrównoważone (bio)produkty, (bio)procesy i środowisko, KIS 4. Zrównoważona energia, KIS 5. Inteligentne budownictwo zeroemisyjne, KIS 6. Transport przyjazny środowisku, KIS 7. Gospodarka o obiegu zamkniętym, KIS 8. Zaawansowane materiały i nanotechnologia, KIS 9. Elektronika i fotonika, KIS 10. Technologie informacyjne, komunikacyjne oraz geoinformacyjne, KIS 11. Automatyzacja i robotyka, KIS 12. Przemysły kreatywne, KIS 13. Technologie morskie.

statkach badawczych – w Polsce i w Norwegii. Efekty Projektu mogą mieć znaczenie dla rozwoju i bezpieczeństwa przyszłych autonomicznych, morskich statków handlowych.	
Biotechnologia	
1. WasteValue: Beztlenowa biorafineria do odzysku surowców z odpadów Czas realizacji: 01.12.2020-30.11.2023 Cel: innowacyjna biorafineria do produkcji biopaliw i wysokiej jakości nawozów rolniczych z różnych strumieni odpadowych.	KIS 2 KIS 3 KIS 4
2.SafeFoodCtrl: Zrównoważona i bezpieczna produkcja żywności dzięki nowatorskim strategiom kontroli bakterii w łańcuchu żywnościowym Czas realizacji: 01.01.2021-01.01.2024 Cel: opracowanie nowych, nieantybiotykowych metod zwalczania patogenów występujących w procesie produkcji i przetwarzania żywności.	KIS 2 KIS 3
3 SIREN: Zintegrowany system jednoczesnego odzysku energii, substancji organicznych i składników odżywczych oraz wytwarzania wartościowych produktów ze ścieków komunalnych Czas realizacji: 01.10.2020-01.10.2023 Cel: opracowywanie innowacyjnych, atrakcyjnych ekonomicznie technologii w zakresie odzyskiwania energii, organicznych substancji odżywczych w formie kwasów humusowych oraz pierwiastków biogennych (azot i fosfor), a także wytwarzania wartościowych produktów, tj. wodoru i biopolimerów. Do analizy i oceny pracy zintegrowanego systemu zostanie opracowany unikalny model metagenomiczny.	KIS 3 KIS 4 KIS 7
Cyfryzacja	
1. Pojazdy autonomiczne zintegrowane z robotami współpracującymi dedykowane dla systemów produkcyjnych nowej generacji (CoBotAGV) Czas realizacji: 01.10.2020-01.10.2023 Cel: stworzenie kompleksowego, inteligentnego rozwiązania logistyki wewnętrznej, które jest dedykowane dla nowej generacji systemów produkcyjnych, w szczególności dla elastycznej produkcji dyskretniej	KIS 10 KIS 11
2. Cyfrowy bliźniak autonomicznego doku pływającego, ku efektywniejszej, bezpieczniejszej i zautomatyzowanej eksploatacji doku pływającego Czas realizacji: 01.02.2021-01.02.2024 Cel: poprawa automatyzacji, wydajności i bezpieczeństwa funkcjonowania doku pływającego poprzez opracowanie "bliźniaka cyfrowego", który może przewidywać, identyfikować i zapobiegać niebezpiecznym sytuacjom podczas zautomatyzowanego procesu dokowania. "Bliźniak cyfrowy" będzie integrował symulacje numeryczne z fizycznymi danymi pomiarowymi uzyskanymi z czujników. Symulacje numeryczne będą obejmowały zarówno analizę stateczności, jak i obliczenia wytrzymałościowe, które współdziałają ze sobą i mogą być wykonywane jednocześnie.	KIS 10 KIS 11 KIS 12
3. Narzędzia będące informacją dla rolników o plonach użytków zielonych w warunkach klimatycznego zagrożenia w celu wsparcia praktyk zarządzania Czas realizacji: 01.06.2020-01.06.2023 Cel: system (platforma w postaci aplikacji desktopowej i mobilnej) do zarządzania produkcją użytków zielonych, głównie dla średnich oraz dużych gospodarstw w Polsce i Norwegii.	KIS 10 KIS 2

Metodologia monitorowania warunków wzrostu traw i prognozy plonów będzie oparta na wykorzystaniu danych satelitarnych oraz referencyjnych danych in-situ, niezbędnych do opracowania wiarygodnych modeli charakteryzujących rozwój roślin.	
Energia	
1. Multi Energy Storage Hub For reliable and commercial systems Utilization MESH4U Czas realizacji: 01.02.2021- 31.07.2023 Cel: opracowanie i przetestowanie wielu węzłów magazynowania energii – poprzez małe i średnie przedsiębiorstwa (przemysł), aż do rozwiązań zapewniających elastyczność działania dla klientów końcowych w lokalnych sieciach energetycznych i operatorów systemów dystrybucyjnych. MESH4U łączy w sobie kilka rodzajów magazynowania – elektryczne, termiczne, mechaniczne i chemiczne – oraz ich technologii w celu maksymalizacji wykorzystania (technicznego i ekonomicznego) dla różnych potrzeb i warunków. Holistyczne podejście do wielofunkcyjnego węzła magazynowania energii zapewnia elastyczność właścicielom i operatorom odnawialnych źródeł energii, przemysłowi i gospodarstwu domowemu, a także zagadnieniom związanym z e-mobilnością.	KIS 4 KIS 10 KIS 11
2 Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO2-EGS jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu EnerGizerS Czas realizacji: 10.2020-01.10.2023 Cel: ulepszone systemy geotermalne (EGS) z wykorzystaniem nadkrytycznego dwutlenku węgla jako płynu roboczego (systemy geotermalne CO2-EGS)	KIS 4 KIS 10 KIS 11
3 Zaawansowany magazyn gazu i CO2 w akiferze AGaStor Czas realizacji: 01.10.2020 - 23.09.2023 Cel: wdrożenie zaawansowanego podziemnego magazynu gazu (UGS - Underground Gas Storage) z wykorzystaniem dynamicznego wsparcia poduszki z dwutlenku węgla (CDC - Carbon Dioxide Cushion) w solankowych warstwach wodonośnych. Lokalizacja magazynu - w rejonie przemysłowego źródła CO2, terminalu odbiorczego LNG oraz interkonektora gazowego „Baltic Pipe”	KIS 4 KIS 10 KIS 11
Budownictwo	
1. Refra Predict: Przewidywalność długoterminowej ogniotrwałości wysokoglinowych betonów ogniotrwałych w warunkach dużego obciążenia cieplnego, ze szczególnym uwzględnieniem zanieczyszczeń pochodzących z materiału z recyklingu (Program Cornet) Czas realizacji: 1.01.2021-31.12.2022 Cel: określenie wpływu udziału domieszek i ich mieszanin na własności wysokotemperaturowe badanych materiałów; limitu udziału domieszek lub ich mieszanin w badanych materiałach ze względu na obniżenie ogniotrwałości; zakresu temperatury przejścia ze stanu kruchego w stan plastyczny w obecności określonych domieszek lub ich mieszanin; zależności pomiędzy zakresem temperatury przejścia w stan plastyczny a własnościami termomechanicznymi w obecności określonych domieszek.	KIS 5
1. WASTE4H2: Symultaniczne Oczyszczanie Ścieków i Generowanie Wodoru poprzez Elektrolizę Plazmową Roztworu Zasilaną Hybrydowymi Kolektorami Fotowoltaiczno-Cieplnymi Czas realizacji: 01.08.2022 - 31.07.2025	KIS 7 KIS 4 KIS 9

Cel: nowa technologia symultanicznego oczyszczania ścieków przemysłu rafineryjnego oraz wytwarzania zielonego wodoru z wykorzystaniem elektrolizy roztworów przy pomocy plazmy (Plasma-Driven Solution Electrolysis)	
2. SPO-CRAM: Potencjał żużli z hutnictwa rud polimineralnych+Zn-Pb jako źródła wybranych metali i surowców krytycznych Czas realizacji: 01.09.2022 - 31.08.2024 Cel: narzędzie wspierające proces decyzyjny przy ocenie perspektyw odzysku wybranych metali i surowców krytycznych (CRM), między innymi cynku, niklu, tytanu, chromu, miedzi, cyrkonu, metali ziem rzadkich (REE), z żużli z hutnictwa cynku i ołowiu (Zn-Pb).	KIS 7 KIS 8
Rolnictwo	
1. Opracowanie nowatorskiego urządzenia do liofilizacji wspomaganego mikrofalami w połączeniu z systemem chłodzenia opartym na naturalnym płynie roboczym dla rolnictwa i żywności morskiej Czas realizacji: 01.10.2020-01.10.2023 Cel: opracowanie nowatorskiego urządzenia do liofilizacji, wykorzystującego mikrofałę. Nowatorski liofilizator zagwarantuje wysoką jakość przetworzonej żywności i wyższą efektywność energetyczną urządzenia, co pozwoli znacznie zmniejszyć zużycie energii i ilość marnowanej żywności.	KIS 1 KIS 2 KIS 3
2. Narzędzia będące informacją dla rolników o plonach użytków zielonych w warunkach klimatycznego zagrożenia w celu wsparcia praktyk zarządzania Czas realizacji: 01.06.2020 - 01.06.2023 Cel: kompleksowo działający system do zarządzania produkcją użytków zielonych. Wykorzystana zostanie metodologia monitorowania warunków wzrostu traw i prognozy plonów oparta na danych satelitarnych oraz referencyjnych danych in-situ, niezbędnych do opracowania wiarygodnych modeli charakteryzujących rozwój roślin.	KIS 2 KIS 10
Transport	
1. DARTS - Database of Autonomous vehicles Road Testing Scenarios (pol. Baza danych testowych dla pojazdów autonomicznych) Czas realizacji: 01.12.2022 – 30.11.2025 Cel: opracowanie autorskiej bazy scenariuszy testowych dla pojazdów autonomicznych (AV), uwzględniających warunki drogowe charakterystyczne dla Polski	KIS6 KIS 10
Zdrowie	
1. POLsko-NORweski program współpracy badawczej mający na celu podniesienie jakości opieki medycznej oraz polepszenie wyników zdrowotnych pediatrycznych oraz dorosłych pacjentów z chorobami REUMatologicznymi (POLNOR-RHEUMA) Czas realizacji: 01.01.2021-01.01.2024 Cel: ustrukturyzowany system dokumentacji medycznej do codziennej opieki klinicznej i równoczesnego gromadzenia wysokiej jakości danych rejestrowych. Platforma pozwoli lekarzom na monitorowanie parametrów u pacjentów z przewlekłymi chorobami reumatycznymi, dokumentując rzeczywiste dane epidemiologiczne, przebieg choroby, leczenie i jakość opieki nad pacjentami reumatologicznymi w Polsce.	KIS 1 KIS 10

2 Opracowanie alternatywnych konstruktów CAR skierowanych przeciwko opornym na terapię nowotworom wywodzącym się z limfocytów B (ALTERCAR) Czas realizacji: 01.01.2021-01.01.2024 Cel: opracowanie nowych, alternatywnych rozwiązań terapeutycznych opartych na chimericznych receptorach antygenowych (CAR) dla pacjentów z białaczką i chłoniakiem o złym rokowaniu. Projekt umożliwi wdrożenie technologii CAR T w Polsce i opracowania alternatywnych CAR T limfocytów o nowych specyfikach, co może stanowić istotny postęp w terapii CAR.	KIS 1
--	-------

Źródło: opracowanie własne

INTERREG

Tabela 3 Przegląd projektów międzynarodowych dofinansowanych z INTERREG

Nazwa projektu	Zgodność obszaru z KIS
Automatyzacja i robotyzacja	
1. Transform 4.0 - Transnarodowy system współpracy mający na celu przybliżenie rynkowi możliwości innowacyjnych zastosowań rolnictwa precyzyjnego i ukierunkowanie regionalnych specjalizacji w Europie Środkowej Czas realizacji: 04.2019 – 06.2022 Cel: poszukiwanie nowych rozwiązań, ukierunkowanych na popyt w zakresie rolnictwa precyzyjnego, by zaspokoić potrzeby gospodarstw i przedsiębiorstw rolnych. W ramach projektu, firmy, klastry, instytuty badawcze oraz rolnicy współpracowały, w celu wprowadzenia na rynek nowych rozwiązań technologicznych.	KIS 2 KIS 11
Bezpieczeństwo i obronność	
Brak projektów spełniających kryteria	
Biotechnologia	
1. Bioeco-Up Circular BioEconomy Market Uptake and Policy Support in Central Europe Czas realizacji: 04.2023 – 03.2026 Cel: rozwój biogospodarki o obiegu zamkniętym poprzez wsparcie rozwoju łańcuchów wartości w biogospodarce, inicjowanie zmian zachowań konsumentów oraz wspieranie transformacji strategii politycznych. Celem projektu jest przetestowanie, opracowanie i wpływanie na skalowanie w zakresie stosowania biorozwiązań będących elementami łańcuchów wartości w biogospodarce.	KIS 2 KIS 3 KIS 7
2. AdvIQwater Poprawa jakości wód Regionu Morza Bałtyckiego poprzez zaawansowane procesy oczyszczania (Improving quality of BSR waters by advanced treatment processes) Czas realizacji: 10.2022 – 09.202 Cel: opracowanie zintegrowanych technologii oczyszczania wód i ścieków z pozostałości farmaceutyków w oparciu o procesy fotokatalityczne w połączeniu z procesami biologicznymi i odzysku wartościowych surowców ze ścieków w procesie fermentacji.	KIS 3 KIS 7

Cyfryzacja	
1. Baltic Large Scale Computing (Akronim projektu: BalticLSC) Czas realizacji: 01.01.2019 - 31.12.2021 Cel: Projekt poświęcony rozwiązaniu problemu mniejszych firm i instytucji cierpiących z powodu braku odpowiedniego dostępu do zasobów superkomputerowych i niezbędnej wiedzy do ich wykorzystania w regionie Morza Bałtyckiego. W ramach projektu BalticLSC stworzono środowisko superkomputerowe obejmujące prototypy sprzętu, narzędzia programowe i zalecenia dotyczące aplikacji. Oferował te usługi małym i średnim przedsiębiorstwom w celu opracowywania nowych produktów. W ten sposób małe ośrodki badawcze mogą efektywniej wykorzystywać swoje zasoby obliczeniowe.	KIS10
2. PARKING GETS SMART - Improved & digitalised parking management as tool to foster green and multimodal transport in the South Baltic area Czas realizacji: 1.05.2018 r.- 31.12.2022 r. Cel: Projekt opracowuje i rozpowszechnia innowacyjne rozwiązania do zarządzania parkingami, które w pełni wykorzystują cyfryzację i zaawansowane technologie informacyjno-komunikacyjne. Efekty, m.in. : (i) zestaw innowacyjnych, ukierunkowanych na lokalizację strategii modelowych do cyfrowego zarządzania parkingami; (ii) narzędzia i modele do stworzenia podstawowej infrastruktury do cyfrowego przetwarzania i udostępniania „otwartych danych parkingowych”; (iii) aplikacje, które demonstrują i potwierdzają korzyści.	KIS 10 KIS 6
3. Connect2SmallPorts - South Baltic Small Ports as Gateways towards Integrated Sustainable European Transport System and Blue Growth by Smart Connectivity Solutions Czas realizacji: 1.07.2018 – 30.06.2022 Cel: Projekt Connect2SmallPorts miał na celu wprowadzenie dostosowanych strategii cyfryzacji w małych portach Południowego Bałtyku na potrzeby osiągnięcia satysfakcjonującego poziomu wzrostu i wejścia na ścieżkę cyfryzacji. Działania w obszarze cyfryzacji małych portów będą kontynuowane w ramach inicjatywy DigiTechPort.	KIS 10 KIS 13 KIS 6
Energia	
1 Capitalizing and exploiting energy efficiency solutions throughout cooperation in Central European cities TARGET-CE (2014 - 2020 INTERREG VB Central Europe) Czas realizacji: 2020-2022 Cel: opracowanie i wdrożenie rozwiązań zwiększających efektywność energetyczną i wykorzystanie energii odnawialnej w infrastrukturze publicznej.	KIS 4
2. MoRe Model region of renewable energies of the islands Usedom and Wollin INT190 Czas realizacji: 01.10.2020-30. 06.2022 Cel: opracowanie optymalnego miksu energetycznego dla obszaru wysp Wolin i Uznam oraz założeń dla rozwoju modelowego regionu energii odnawialnej w kontekście sezonowości turystycznej	KIS 4
3. Baltic Smart Asset Management BSAM Czas realizacji: 01.06.2019-31.05.2023 Cel: opracowanie metod monitorowania i uczenia się stanu sieci ciepłowniczych w oparciu o narzędzia ICT oparte na danych konserwacji predykcyjnej sieci ciepłowniczych	KIS 4 KIS 10

Budownictwo	
Brak projektów spełniających kryteria	
Surowce, odpady, środowisko	
1. WISA - Water Innovation System Amplifier: Test-beds for water innovation Czas realizacji: 01.06.2019 - 30.11.2022 Cel: realizacja ekologicznych działań prowadzących do ograniczenia ilości zanieczyszczeń dostających się wraz z wodą opadową i ściekami do Morza Bałtyckiego – zakłada się, że fakt ten będzie miał pozytywny skutek nie tylko dla środowiska naturalnego, ale również dla społeczności nadmorskich.	KIS 7 KIS 13
Rolnictwo	
1. SuMaNu: Zrównoważona gospodarka gnojowicą i składnikami odżywczymi w celu zmniejszenia utraty składników odżywczych w regionie Morza Bałtyckiego Czas realizacji: 01.10.2018-30.09.2021 Cel: projekt platformowy, którego celem jest analiza i synteza podejść do zrównoważonego zarządzania gnojowicą i składnikami odżywczymi.	KIS 2 KIS 4 KIS 7
2. Transfarm 4.0 - Transnarodowy system współpracy mający na celu przybliżenie rynkowi możliwości innowacyjnych zastosowań rolnictwa precyzyjnego i ukierunkowanie regionalnych specjalizacji w Europie Środkowej Czas realizacji: 01.04.2019- 30.06.2022 Cel: zwiększenie bezpośredniego udziału rolników w sektorze rolnictwa precyzyjnego oraz zwiększenie konkurencyjności europejskich łańcuchów dostaw zaawansowanej produkcji rolnictwa precyzyjnego.	KIS 2 KIS 10
Transport	
1. Sohjoa Last Mile: the Future of Autonomous Transport Czas realizacji: 01.10.2020- 31.03.2022 Cel: zwiększenie atrakcyjności transportu publicznego poprzez poprawę oferowanych usług i wprowadzenie zautomatyzowanych elektrycznych minibusów bez kierowcy. Projekt Sohjoa Last Mile zademonstrował, jak uruchomić zautomatyzowane autobusy wahadłowe bez operatora bezpieczeństwa w Kongsberg (Norwegia), Gdańsku (Polska) i Tallinie (Estonia). W Gdańsku wykorzystywany był do transportu np. osób na cmentarzu czy do gdańskiego ZOO,	KIS 7
Zdrowie	
1. niCE-life - budowa i wdrożenie zintegrowanego systemu innowacyjnych technologii i usług na rzecz samodzielności osób starszych Czas realizacji: 01.07.2019-30.06.2022 Cel: propagowanie innowacyjnych rozwiązań społecznych w praktyce ochrony zdrowia i opieki oraz wspieranie integracji społecznej i samodzielności w życiu niesprawnych osób starszych, cierpiących na różnego stopnia dysfunkcje poznawcze (w tym choroby Alzheimera i Parkinsona), a także choroby przewlekłe, dzięki wprowadzeniu i testowaniu pilotażowego ponadnarodowego modelu ochrony zdrowia i opieki o charakterze międzynarodowym, opartego na sieci e-care działającej we Włoszech, oraz innych doświadczeniach i praktyce, a także rozwój i testowanie innowacyjnych rozwiązań wspierających opartych na ICT oraz	KIS 1

kształtowanie nowych warunków organizacyjnych, ekonomicznych i opiekuńczych dla pacjentów wypisywanych ze szpitala i zapewnienia im ciągłości wsparcia.	
---	--

Źródło: opracowanie własne

HORYZONT 2020 / HORYZONT EUROPA

Tabela 4 Przegląd projektów międzynarodowych dofinansowanych z HORYZONT 2020 / HORYZONT EUROPA

Nazwa projektu	Zgodność obszaru z KIS
Automatyzacja i robotyzacja	
1. Sustainable Weed Management in Agriculture with Laser-Based Autonomous Tools Czas realizacji: 1.10.2020 – 30.09.2023 Cel: rozwiązanie w zakresie zwalczania chwastów niewykorzystujące środków chemicznych, oparte na nowatorskiej technologii stosowania śmiertelnych dawek energii do merystemu chwastów przy pomocy źródła światła laserowego dużej mocy.	KIS 2 KIS 11
2. Artificial Intelligence in Secure Privacy-preserving computing coNTinuum Czas realizacji: 1.01.2021 – 31.12.2023 Cel: stworzenie narzędzi do zastosowań sztucznej inteligencji w obliczeniach na potrzeby rolnictwa 4.0 i spersonalizowanej opieki zdrowotnej	KIS 1 KIS 2 KIS 11
3. Digital Innovation Hubs in Healthcare Robotics Czas realizacji: 1.09.2021 – 30.10.2024 Cel: przyspieszenie innowacji w zakresie robotyki dla opieki zdrowotnej	KIS 1 KIS 11
Bezpieczeństwo i obronność	
1. HUUVER: Hybrid UAV-UGV for Efficient Relocation of Vessels Czas realizacji: 1.01.2019-31.01.2022 Cel: zintegrowany z europejskim globalnym systemem nawigacji satelitarnej Galileo nowy hybrydowy robot mobilny UGV-UAV (bezzałogowy pojazd naziemny – bezzałogowy statek powietrzny) przeznaczony do efektywnej relokacji statków.	KIS 6 KIS 9 KIS 10
2. HoloZcan: Mikroskopia holograficzna wspomagana uczeniem głębokim dla wykrywania zagrożeń biologicznych w terenie – HoloZcan Czas realizacji: 1.05.2021-30.04.2024 Cel: Opracowanie nowatorskiej mikroskopii holograficznej i technologii obrazowania do badań przesiewowych potencjalnych zagrożeń biologicznych i nieznanymi, potencjalnie niebezpiecznych substancji.	KIS 9 KIS 1
3. SnapEarth: Fostering Earth Observation market uptake thanks to natural and holistic access to added value data generated through cutting-edge Artificial Intelligence technologies Czas realizacji: 1.12.2019-30.11.2022 Cel: opracowanie innowacyjnej usługi analizy danych, której celem jest automatyczne pozyskiwanie informacji semantycznych z obrazów satelitarnych.	KIS 9 KIS 10

Biotechnologia	
1. INNODIA HARVEST: Translational approaches to disease modifying therapy of type 1 diabetes - HARVESTing the fruits of INNODIA Czas realizacji: 1.05.2020 -30.04.2024 Cel: opracowanie nowych terapii kombinowanych i przygotowanie drogi postępowania w przyszłym leczeniu cukrzycy typu 1. Osoby żyjące z cukrzycą typu 1 są główną osią projektu INNODIA HARVEST. Celem jest uzyskanie znaczącej dla chorych zmiany w leczeniu.	KIS 1
2. EJP SOIL: Towards climate-smart sustainable management of agricultural soils European Joint Programme ("EJP") Czas realizacji: Od 1.02.2020 (60 miesięcy) Cel: zrównoważone rozwiązania w zakresie zarządzania glebami rolniczymi, które przyczyniają się do sprostania kluczowym wyzwaniom społecznym, w tym zmianom klimatu i przyszłym dostawom żywności.	KIS 2 KIS 1 KIS 3
3. UNLOCK: Releasing the potential of feathers to foster circularity in agriculture Czas realizacji: 01.05.2021 - 30.04.2025 Cel: wytwarzanie innowacyjnych bioproduktów do zastosowania w rolnictwie, w tym tac do wysiewu nasion, geowłóknin, folii do ściółkowania oraz pianek do upraw hydroponicznych. Po zakończeniu eksploatacji materiały na bazie keratyny będą ulegać kontrolowanej biodegradacji, nawożąc glebę azotem i nie pozostawiając żadnych odpadów. Te dodatkowe cechy i korzyści dla środowiska sprawiają, że materiały takie przewyższają ich odpowiedniki na bazie surowców kopalnych.	KIS 3 KIS 7 KIS 8
Cyfryzacja	
1. Artificial Intelligence using Quantum measured Information for realtime distributed systems at the edge Czas realizacji: 01.01.2023-31.12.2025 Cel: opracowanie inteligentnego, autonomicznego systemu ECS dostosowanego do potrzeb ery cyfrowej. Połączenie tych technologii pozwoli na stworzenie Społeczeństwa 5.0 w Europie i pozwoli odpowiedzieć na wyzwania cywilizacyjne takie jak: globalne kwestie środowiskowe, nierówności społeczne i zmiany geopolityczne.	KIS 10 KIS 11 KIS 3
2. 6G-BRICKS: Building Reusable testbed Infrastructures for validating Cloud-to-device breakthrough technologies Czas realizacji: 01.01.2023-31.12.2025 Cel: testowanie i wybór optymalnej technologii bezprzewodowej szóstej generacji (6G)	KIS 10 KIS 11 KIS 9
3. InSecTT - Intelligent Secure Trustable Things Czas realizacji: 01.06.2020-31.08.2023 Cel: wykorzystanie mechanizmów inteligentnego przetwarzania danych w urządzeniach IoT, które pozwolą stworzyć rozwiązania bardziej odporne na ataki cybernetyczne i zakłócenia, i które będą mogły być wykorzystane w obszarach Przemysłu 4.0	KIS 10 KIS 11
Energia	
1. HyStorIES, pt. „Podziemne magazynowanie wodoru w Europie”	KIS 4

Czas realizacji: 1.01.2021 – 30.06.2023 Cel: projekt Hystories ma na celu odpowiedzieć na zasadnicze pytania dotyczące wykonalności technicznej i ocenę potencjału techniczno-ekonomicznego podziemnego magazynowania odnawialnego wodoru na dużą skalę do 2050 r. Wynikiem projektu będzie ocena techniczno-ekonomicznej wykonalności wdrożenia magazynowania wodoru w preferowanych lokalizacjach, co umożliwi podejmowanie świadomych decyzji, na przykład czy przystąpić do pilotażowej demonstracji. Zapewni to istotny wgląd w przydatność wdrażania takiego przechowywania w całej UE i umożliwi opracowanie pozytywnych uzasadnień biznesowych.	
2. PilotSTRATEGY, pt. „Instalacje pilotowe geologicznego składowania CO₂ w regionach strategicznych” Czas realizacji: 1.05.2021 – 30.04.2026 Cel: projekt PilotSTRATEGY koncentruje się na pogłębianiu wiedzy na temat zasobów głębokiej solankowej warstwy wodonośnej (DSA) do geologicznego składowania CO₂ w pięciu europejskich regionach przemysłowych w Europie Południowej i Wschodniej. Po zakończeniu projektu, poziom charakterystyki lokalizacji w tych trzech regionach będzie wystarczający do podjęcia ostatecznej decyzji inwestycyjnej oraz uzyskania pozwolenia na składowanie i zatwierdzenia projektu.	KIS 4
Budownictwo	
1. Mineral wool waste back to loop with advanced sorting, pre-treatment, and alkali activation/ Wełna mineralna w nowych produktach budowlanych Czas realizacji: 01.06.2019-30.11.2022 Cel: wykorzystanie wełny mineralnej jako prekursora do produkcji betonu geopolimerowego i powiązanych elementów budowlanych na skalę przemysłową w modelu biznesowym gospodarki o obiegu zamkniętym	KIS 5 KIS 3
2. Self-sufficient humidity to electricity Innovative Radiant Adsorption System Toward Net Zero Energy Buildings/ Samowystarczalna wilgotność do elektryczności / Innowacyjny system adsorpcji promieniowania w budynkach o zerowym zużyciu energii netto Czas realizacji: 1.11. 2019-31.10.2023 Cel: opracowanie innowacyjnych przegród zewnętrznych budynków mających pozwolić na osiągnięcie zerowej energii netto, co znacząco przyczyni się do rozwoju europejskiej technologii i kreatywności. Przegroda zewnętrzna stanowi połączenie dwóch technologii, które chłodzą lub ogrzewają budynek w zależności od pory roku, wykorzystując jedynie wilgotność powietrza jako źródło energii cieplnej i elektrycznej.	KIS 5 KIS 4
3. MATRYCS - Modular Big Data Applications for Holistic Energy Services in Buildings/ Dane big data w budynkach inteligentnych Czas realizacji: 01.10.2020-30.09.2023 Cel: przygotowanie aplikacji big data, które zapewnią świadczenie efektywnych energetycznie usług w obrębie całego budynku i jednocześnie umożliwiają usprawnienie działania jego systemów oraz poprawę projektu infrastruktury. Za zapewnienie efektywności energetycznej w budynkach będzie odpowiadać specjalnie stworzona architektura bazująca na otwartych referencjach, która będzie działać w synchronizacji z zaawansowaną architekturą i słownikami umożliwiającymi zapewnienie suwerenności na poziomie B2B.	KIS 5 KIS 10
4. Integrated porous cementitious Nanocomposites in non-Residential building envelopes for Green active/passive energy STORAGE/ Zintegrowane porowate nanokompozyty cementowe	KIS 5

w przegrodach zewnętrznych budynków niemieszkalnych dla zielonej energii czynnej/pasywnej Czas realizacji: 01.04.2020-31.03.2024 Cel: nowatorskie rozwiązanie, które zastąpi obecnie dostępne materiały izolacyjne stosowane w przegrodach zewnętrznych, proponując wielofunkcyjną i oszczędzającą eRGy piankę cementową (NRG-Foam). Wielofunkcyjna. Pianka aktywowana termicznie będzie wykorzystywana do pasywnego/aktywnego zarządzania transferem energii i będzie stosowana do nowych przegród zewnętrznych budynków oraz do modernizacji istniejących.	
5. New Environmental friendly and Durable conCrete, integrating industrial by-products and hybrid systems, for civil, industrial and offshore applications – EnDurCrete Czas realizacji: 01.01.2018-31.12.2021 Cel: opracowanie technologii produkcji żelbetu o długotrwałym zastosowaniu o niższym śladzie węglowym i lepszych parametrach	KIS 5
Surowce, odpady, środowisko	
1. WATERAGRI: Retencja wody i recykling substancji odżywczych w glebach i ciekach wodnych w celu poprawy produkcji rolnej. Czas realizacji: 1.05.2020 - 30.04.2024 Cel: Zestaw indywidualnych rozwiązań w zakresie retencji wody i odzyskiwania składników nawozowych: (i) 6 modeli matematycznych ułatwiających podejmowanie decyzji w realnych sytuacjach, spełniających różne funkcje, takie jak analizy systemów oraz optymalizacja min.: harmonogramu nawodnienia i nawożenia; (ii) 8 innowacyjnych i zrównoważonych technologii, w tym; budowanie w gospodarstwach terenów podmokłych, rurociągów teledetekcji, nawadnianie i monitorowanie agrometeorologiczne oraz biowęgla do zatrzymywania wody; (iii) rozwiązania dotyczące odzyskiwania składników nawozowych oferujące zestaw 5 zaawansowanych technologii opartych na naturze, w tym budowanie w gospodarstwach terenów podmokłych do odzyskiwania składników nawozowych, systemy odwadniające, błony biologiczne, adsorbenty biowęglowe i mikroprzepływy.	KIS 2 KIS 3 KIS 7
Rolnictwo	
1. Zwiększenie efektywności i konkurencyjności ekologicznej hodowli roślin uprawnych Czas realizacji: 01.05.2018 – 29.02.2024 Cel: opracowanie (a) metod, strategii i infrastruktury dla hodowli ekologicznej, (b) odmiany o zwiększonej odporności na stres, efektywności wykorzystania zasobów i jakości oraz (c) ulepszonej metody produkcji wysokiej jakości ekologicznego materiału siewnego	KIS 2
2. Produkty nawozowe pochodzenia biologicznego jako najlepsza praktyka w zarządzaniu rolnictwem Czas realizacji: 01.05.2019- 31.10.2024 Cel: włączenie waloryzacji bioodpadów do planów zarządzania rolnictwem, tworząc nowe łańcuchy wartości o obiegu zamkniętym i oparte na biotechnologii, biorąc pod uwagę dwustronną interakcję między sektorami rolnictwa i nawozów, koncentrując się na zmianie paradygmatu w łańcuchu wartości nawozów. W ramach B-FERST zaproponowano zintegrowany system waloryzacji bioodpadów w gospodarce rolnej oraz wprowadzono bardziej zrównoważone rozwiązanie w zakresie zarządzania zasobami poprzez dostosowane do potrzeb dozowanie składników odżywczych dostosowane do systemów rolników.	KIS 2 KIS 3 KIS 7

3. BIOFRUITNET - Zwiększanie innowacyjności w produkcji ekologicznych owoców dzięki silnej wiedzy NETWORKS Czas realizacji: 01.11.2019- 30.04.2023 Cel: stworzenie sieci na potrzeby gromadzenia i syntezy istniejących lokalnych i naukowych technik dotyczących ulepszonych systemów ekologicznych upraw owoców. Ogólnym celem projektu jest szerokie udostępnienie rolnikom w UE wiedzy na temat najlepszych praktyk. Innowacyjna platforma zwiększy konkurencyjność UE w rolnictwie ekologicznym.	KIS 2 KIS 10
Transport	
1. SYSTEMS ITD GAM 2020 Czas realizacji: 1.01. 2020 -31.12.2023 Cel: zbudowanie prototypu o wysokim poziomie gotowości technologicznej (TRL) w obszarach takich jak zarządzanie energią czy konstrukcja kokpitu, skrzydła i podwozia. W ramach projektu zostaną również opracowane m.in. zintegrowane środowiska kokpitu dostosowane do nowych funkcji i operacji, innowacyjne wyposażenie i systemy dla kabin i ładowni, innowacyjne i zintegrowane elektryczne komponenty konstrukcji skrzydła, innowacyjne technologie i zoptymalizowana konstrukcja dla podwozia, a także systemy konwersji i wytwarzania energii elektrycznej o dużej mocy.	KIS 6
Zdrowie	
1. A European Cancer Image Platform Linked to Biological and Health Data for Next-Generation Artificial Intelligence and Precision Medicine in Oncology (Nowa ogólnoeuropejska platforma do obrazowania wspiera rozwój sztucznej inteligencji w onkologii) Czas realizacji: 01.10.2020 -30.09.2024 Cel: zbudowanie bezpiecznej i kompleksowej europejskiej platformy do obrazowania nowotworów, która wesprze rozwój zastosowań sztucznej inteligencji w onkologii. Platforma będzie połączona z repozytoriami biologicznymi i zdrowotnymi archiwum europejskiego genomu-fenomu, dzięki czemu możliwe będzie opracowanie wieloskalowych rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji, które integrują wskaźniki kliniczne, cząsteczkowe i narządowe, tworząc nowatorskie markery nowotworu właściwe dla danego pacjenta.	KIS 1
2. Evolvable platform for programmable nanoparticle-based cancer therapies (Ewolucyjna platforma do programowalnych terapii nowotworowych opartych na nanocząsteczkach) Czas realizacji: 01.10.2018 – 31.03.2022 Cel: wdrożenie platformy pozwalającej na testowanie leków na bazie nanocząstek na wirtualnych guzach przed testowaniem w laboratorium lub na pacjentach, ułatwiająca spersonalizowaną opiekę onkologiczną. Nadaje się do wykorzystania w tworzeniu cyfrowych bliźniaków pacjentów, dostosowywania nanocząstek i dostarczania dowodów na każdym etapie opracowywania nowych leków.	KIS 1
3. Knowledge At the Tip of Your fingers: Clinical Knowledge for Humanity / Wiedza na czubku palców: wiedza kliniczna dla ludzkości Czas realizacji: 01.01.2021- 31.12.2024 Cel: system medycyny personalizowanej wspomaganej przez SI, zbudowany z dwóch głównych komponentów: rozproszonego grafu wiedzy (ang. Distributed Knowledge Graph) oraz puli predyktorów, które pozwolą za pomocą SI modelować efekty leczenia i wesprzeć lekarzy podczas wyboru terapii podczas leczenia raka nerki.	KIS 1 KIS 10

Źródło: opracowanie własne

Pozostałe inicjatywy

Tabela 5 Przegląd projektów międzynarodowych - pozostałe inicjatywy

Nazwa projektu	Zgodność obszaru z KIS
Bezpieczeństwo i obronność	
1. GOSSRA (finansowany z Europejskiego Funduszu Obronnego) Czas realizacji: 1.06.2018-31.05.2020 Cel: badania nad rozwojem architektury referencyjnej systemu żołnierza gotowej do standaryzacji, która obejmuje elektronikę, komunikację głosową i transmisję danych, oprogramowanie, urządzenia interfejsu człowieka, czujniki i efekторы	KIS 9 KIS 10
2. TALOS (finansowany z Europejskiego Funduszu Obronnego) Czas realizacji: 1.09.2019-31.03.2021 Cel: zapewnienie ram niezbędnych do przyszłych działań badawczo-rozwojowych, stworzenie planu rozwoju krytycznych technologii efektorów laserowych oraz zapewnienie strategicznej autonomii i bezpieczeństwa dostaw.	KIS 9 KIS 10
Biotechnologia	
1. Biomechanika molekularna wariantów SARS-CoV-2: wiązanie wirus - komórka gospodarz i omijanie układu odpornościowego 2022/45/B/NZ1/02519 (NCN) Czas realizacji: 03.01.2023 - 02.01.2027 Cel: badania będą miały bezpośredni wpływ na szczepionkę przeciw COVID-19 i dalszy rozwój terapii. Zaproponowane podejście czyni symulacje dynamiki molekularnej szczególnie atrakcyjnym i potężnym narzędziem badań nad biomechaniką molekularną, gdyż oferuje możliwość bezpośredniej obserwacji i monitorowania molekularnej siły w reżimie pN-nN.	KIS 1
2. Bakterie wspomagające wzrost roślin (PGPB) - czy to tylko przyjazny środowisku biopreparat? Wpływ na mikrobiom glebowy, wzrost roślin oraz potencjał nutraceutyczny i chemoprewencyjny na przykładzie pomidora 2022/45/B/NZ9/01993 (NCN) Czas realizacji: 23.03.2023 - 22.03.2027 Cel: ocena przypuszczalnie korzystnego wpływu bakterii promujących wzrost roślin (PGPB) na rośliny pomidora (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ich mikrobiom ryzosfery oraz na wzrost, plonowanie, nutraceutyczny i chemoprewencyjny potencjał owoców, jak również na ich właściwości przechowalnicze.	KIS 2
3. Zagospodarowanie popiołów lotnych - mikrobiologiczna degradacja niespalonego węgla - 2022/45/B/NZ9/02018 (NCN) Czas realizacji: 10.01.2023 - 09.01.2027 Cel: badania pogłębią wiedzę na temat zdolności mikroorganizmów do transformacji niespalonego węgla reszkowego z popiołów lotnych. Dzięki realizacji projektu określona zostanie możliwość biodegradacji węglowodorów alifatycznych i aromatycznych, a także innych związków organicznych zdeponowanych w popiołach lotnych. Badania mineralogiczne i geochemiczne wykażą, jak mikrobiologiczna degradacja węgla	KIS 3

resztkowego wpływa na właściwości popiołów lotnych w kontekście zastosowania w budownictwie.	
Cyfryzacja	
1. European, Certifiable, Affordable, User-oriented, Secure, Integration-able, Scalable quantum key distribution solutions Czas realizacji: 01.03.2023-01.09.2025 Cel: opracowanie, walidacja, certyfikacja i uzyskanie możliwości seryjnej produkcji technologicznie dojrzałych, zaawansowanych systemów kwantowej dystrybucji klucza (Quantum Key Distribution, QKD).	KIS 10 KIS 9 KIS 11
2. Projekt stanowiący przedmiot wspólnego europejskiego zainteresowania (IPCEI) mający na celu wspieranie badań, innowacji i pierwszego przemysłowego zastosowania mikroelektroniki i technologii komunikacyjnych (ME/CT) w całym łańcuchu wartości (akronim IPCEI ME/CT). Inicjatywa nawiązuje do pozostałych 5 projektów IPCEI, które zostały wcześniej ocenione przez Komisję: dwa dotyczące baterii, dwa dotyczące wodoru (IPCEI Hy2Tech i IPCEI Hy2Use) oraz pierwszy IPCEI dotyczący mikroelektroniki, zatwierdzony w 2018 r. z budżetem w wysokości 1,75 mld euro. Czas realizacji: projekty zakończą się około 2032 roku, a pierwsze nowatorskie produkty mają trafić na rynek już w 2025 roku. Cel: realizacja projektów IPCEI pozwala polskim przedsiębiorcom gromadzić specjalistyczną wiedzę oraz wpisać się w łańcuchy wartości w zakresie przełomowych technologii. Sprzyjają one internacjonalizacji polskich przedsiębiorstw przez możliwość nawiązania bliskiej współpracy z przedsiębiorcami z innych krajów UE działających w obszarze zaawansowanych technologii. Docelowo, projekty mają pobudzić również eksport produktów wysokich technologii.	KIS 10 KIS 9
3. Luminescent tagging of documents and the method of their mobile detection based on Hyperspectral Imaging and Artificial Intelligence Czas realizacji: brak danych Cel: opracowanie nowej klasy materiałów funkcjonalnych oraz metody ich mobilnej detekcji, które znajdą zastosowanie w innowacyjnym systemie bezpieczeństwa dokumentów	KIS 10 KIS 9
Energia	
1. Kujawy Go4ECOPlanet (program Innovation Fund (funded by the EU Emissions Trading System)) Czas realizacji: 2022-2027 Cel: technologia Air Liquide, oparta na wychwytywaniu CO2 z zastosowaniem procesów kriogenicznych - instalacja wychytująca 100% emisji CO2 z produkcji klinkieru	KIS 4 KIS 10 KIS 11
2. Industrializing Green Optimized Li-ion Battery Systems for ESS NorthSTOR+ (program Innovation Fund (funded by the EU Emissions Trading System)) Czas realizacji: 2022-2023 Cel: technologia Voltainer - technologia oparta o wydajnych ogniwach niklowo-manganowo-kobaltowych (NMC) o minimalnym śladzie CO2	KIS 4

Surowce, odpady, środowisko	
1. plasticLIFECycle: Zastosowanie gospodarki o obiegu zamkniętym do odpadów z mieszanych tworzyw sztucznych Czas realizacji: 01.08.2022 - 31.07.2026 Cel: innowacyjne rozwiązanie, umożliwiającego sortowanie mieszanych tworzyw sztucznych na materiały do recyklingu oraz wdrożenie dwóch systemów przekształcania ich w produkty o wysokiej wartości - określonych związków chemicznych i urządzeń do automatycznego druku 3D. Urządzenia pilotażowe do wytwarzania tych produktów zostaną zaprojektowane i przetestowane w ramach projektu.	KIS 7
Rolnictwo	
Brak projektów spełniających kryteria	
Transport	
Brak projektów spełniających kryteria	
Zdrowie	
1. Intelligent Ecosystem to improve the governance, the sharing and the re-use of health Data for Rare Cancers / Inteligentny ekosystem w celu poprawy zarządzania, wymiany i ponownego wykorzystywania danych dotyczących zdrowia w odniesieniu do rzadkich nowotworów (Horyzont Europa) Czas realizacji: 01.09.2022-31.08.2024 Cel: stworzenie przestrzeni danych dotyczących rzadkich nowotworów, która umożliwi ponowne wykorzystanie istniejących wieloźródłowych danych zdrowotnych (dane z rejestrów nowotworów, rejestry krajowe, dane z biobanków itp.) w europejskich systemach opieki zdrowotnej z wykorzystaniem nowych technologii interoperacyjności i podejść opartych na sztucznej inteligencji	KIS 1 KIS 10
2. PaEdiatric Transplantation European Registry [PETER] 3rd Health Programme (2014-2020) Europejski rejestr przeszczepów pediatrycznych Czas realizacji: 01.07.2020- 30.06.2023 Cel: stworzenie nowego, interoperacyjnego, otwartego rejestru przeszczepów pediatrycznych, który umożliwi identyfikację wspólnych wyników dla wszystkich rodzajów przeszczepów i który może być wykorzystywany jako model wspierający opiekę nad pacjentem po przeszczepie. Rejestr będzie opierał się na interoperacyjnej platformie technologicznej z modułem Business Intelligence.	KIS 1 KIS 10

Źródło: opracowanie własne

7.2 Dobre praktyki

Wyodrębnienie dobrych praktyk miało na celu wskazanie dla każdej dziedziny przykładów inicjatyw, które przyniosły konkretne, pozytywne rezultaty. Szczególne znaczenie w wyborze tego typu przykładów miała ocena możliwości ulokowania ich w następujących obszarach, jako:

- międzynarodowe projekty B+R (obejmujące obiekty pilotażowe i demonstracyjne);
- międzynarodowe partnerstwo (współpraca międzynarodowa i wymiana wiedzy - kontraktowe

joint venture, franchising, podwykonawstwo, wymiana informacji i personelu badawczego);

- transfer technologii (obróć urządzeniami i maszynami, umowy licencyjne na procesy produkcyjne, obrót know-how, patentami etc. – bezpośrednie inwestycje zagraniczne).

Dobór dobrych praktyk odbywał się na podstawie analizy eksperckiej pozwalające na wskazanie praktycznych inicjatyw, których realne wdrożenia budują przewagę konkurencyjną na arenie międzynarodowej w ramach danej dziedziny oraz powiązanej z nią Krajową Inteligentną Specjalizacją. Przykłady te są również odpowiedzią na zidentyfikowane wyzwania społeczno-gospodarczych, które mogą być źródłem przyszłej międzynarodowej przewagi konkurencyjnej kraju, a ich silna pozycja w międzynarodowym ekosystemie innowacji może stanowić punkt odniesienia do weryfikacji obszarów wsparcia¹⁶⁴.

Szczegółowy opis dobrych praktyk został przedstawiony w **załączniku 11.2**. Poniżej przedstawiono syntetyczny opis zidentyfikowanych praktyk, wyszczególniając ich charakter, cel, planowane korzyści jak również powiązanie z KIS.



charakter zidentyfikowanej dobrej praktyki



cel wdrożenia / nawiązanej współpracy



zidentyfikowane korzyści / pozytywne rezultaty wynikające ze współpracy międzynarodowej

Numer	Nazwa praktyki	Syntetyczny opis	Powiązanie z KIS
AIR.1	Felice	 międzynarodowe projekty B+R, międzynarodowe partnerstwo	KIS 1 KIS 11
		 Projekt dotyczy priorytetowego obszaru zastosowań inteligentnej produkcji i ma na celu zaprojektowanie procesów montażu nowej generacji wymaganych do skutecznego zaspokojenia bieżących i pilnych potrzeb w produkcji. W tym celu przewiduje adaptacyjne przestrzenie robocze i kognitywnego robota współpracującego z pracownikami na liniach montażowych.	
		 Możliwość skorzystania ze środków Horyzont 2020. Transfer wiedzy. Budowanie współpracy z wiodącymi ośrodkami naukowymi w Europie.	
BO.1	ASCEND Advanced Space Cloud for European Net zero emissions and Data sovereignty	 międzynarodowe partnerstwo	KIS 9 KIS 10 KIS 11
		 Celem proponowanego badania jest wykazanie, że umieszczenie przyszłej pojemności centrum danych na orbicie, wykorzystującej energię słoneczną poza ziemską atmosferą, znacznie obniży ślad węglowy związany z cyfryzacją.	
		 Kosmiczne centra danych mogą aktywnie przyczynić się do realizacji celu Europejskiego Zielonego Ładu, jakim jest neutralność pod względem emisji dwutlenku węgla do 2050 r.,	

¹⁶⁴ Przeprowadzona pogłębiona i krytyczna analiza danych na potrzeby identyfikacji dobrych praktyk obejmowała m.in. stronę KE (online: <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/projects/success-stories>, (dostęp: 11.07.2023) / https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/eu-budget/performance-and-reporting_p, (dostęp: 11.07.2023)); Smart Specialisation Platform (online: <https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/>, (dostęp: 11.07.2023)) oraz została uzupełniona o aktualne doniesienia literaturowe oraz wyniki zastosowanych w trakcie badania innych metod i technik badawczych takich jak: indywidualne wywiady pogłębione, FGI czy panele eksperckie.

			co uzasadniałoby inwestycje wymagane do opracowania i zainstalowania tak dużego systemu infrastruktury kosmicznej. Wzmocniłoby to również cyfrową suwerenność i autonomię Europy, zapewniając zrównoważoną i dostatnią cyfrową przyszłość.	
BT.1	Europejska Federacja Biotechnologii - The European Federation of Biotechnology (EFB)		międzynarodowe partnerstwo	KIS 3
			Misja jest promowanie bezpiecznego, zrównoważonego i etycznego wykorzystania systemów biologicznych dla dobra ludzkości.	
			Promowania biotechnologii w całej Europie i poza nią. Działalność w 7 obszarach: 1) Bioengineering & Bioprocessing; 2) Biopharmaceutical & Medical Biotechnology; 3) Biocatalysis; 4) Plant, 5) Agriculture & Food; Biobased Materials; 6) Environmental Biotechnology; 7) Microbial Biotechnology	
BT.2	Małopolskie Centrum Biotechnologii Uniwersytetu Jagiellońskiego		międzynarodowe projekty B+R, międzynarodowe partnerstwo	KIS 1 KIS 2 KIS 3
			Misją instytutu jest prowadzenie badań naukowych na światowym poziomie w oparciu o kontinuum od genów do białek, przez funkcje do badań translacyjnych. Prowadzone badania koncentrują się także na interakcjach gospodarki mikroorganizm-środowisko, interakcjach makrocząsteczkowych i sygnalizacji komórkowej. Rozbudowując infrastrukturę laboratoriów i rozszerzając potencjał badawczy – naukowy, Centrum kieruje także ofertę do biznesu, przystosowując się do zmiennych wymagań nowoczesnego przemysłu.	
			Korzyści dla naukowców, dzielenie się przestrzenią i sprzętem, wysoki poziom mentoringu, wspieranie liderów grup oraz członków zespołów w procesie budowania kompetencji, umiejętności i efektywnego prowadzenia badań. Wykorzystanie badań do wprowadzania zmian w szerszej społeczności, zarówno na poziomie lokalnym, jak i krajowym oraz międzynarodowym.	
BT.3	Europejski Instytut Innowacji i Technologii (European Institute of Innovation & Technology – EIT)		międzynarodowe partnerstwo	KIS 1 KIS 2 KIS 3 KIS 4 KIS 7
			EIT to międzynarodowa sieć partnerstw skupionych wokół obszarów tematycznych odpowiadających za najważniejsze globalne wyzwania. EIT wspiera rozwój dynamicznych, długoterminowych partnerstw ogółouropejskich wśród przedstawicieli biznesu, instytucji naukowych i badawczych, uczelni wyższych oraz startupów.	
			Korzyści działalności obejmują wsparcie innowacji i przedsiębiorczości oraz pomoc w realizacji przełomowych projektów poprzez promowanie współpracy między szkolnictwem wyższym, badaniami naukowymi i przedsiębiorstwami.	
E.1	European Clean Hydrogen Alliance		międzynarodowe partnerstwo	KIS 4
			Generowanie opłacalnych projektów inwestycyjnych w całym łańcuchu wartości wodoru. Zapewnienie widoczności projektów w przemyśle. Szacowana wartość projektów w ramach Sojuszu to 430 miliardów euro w nadchodzących latach.	
			Współpraca i udział krajowych podmiotów w projektach międzynarodowych, jak: Black Horse - Bioway Group a.s., Green Industries and Cities Siemens Energy.	

IB.1	FoCA – Free of Carbon Architecture		międzynarodowe projekty B+R	KIS 4 KIS 5
			Stworzenie ogólnodostępnego narzędzia – interaktywnej platformy internetowej dostarczającej informacji o właściwościach środowiskowych materiałów i wyrobów budowlanych.	
			▪ powstanie pierwszej w Polsce ogólnodostępnej i wiarygodnej bazy danych środowiskowych obejmującą wyroby budowlane, urządzenia i systemy techniczne ▪ ułatwienie uwzględniania emisji wbudowanych w procesie budowlanym ▪ wyposażenie uczestników procesu budowlanego w narzędzia ułatwiające podejmowanie decyzji inwestycyjnych prowadzących do zmniejszenia śladu ekologicznego sektora budowlanego	
IB.2	Projekt CIRCON – Gospodarka o obiegu zamkniętym w budownictwie: ekoprojektowanie budynków cyrkularnych		międzynarodowe projekty B+R	KIS 5 KIS 7
			Celem przedsięwzięcia jest stworzenie poradnika - kompendium wiedzy dotyczącej zasad projektowania budynków w zgodzie z ideą GOZ oraz upowszechnienie tej wiedzy wśród interesariuszek i interesariuszy rynku budowlanego (szkolenia).	
			▪ dzięki zaangażowaniu organizacji partnerskich projektu wypracowane zostaną wytyczne, jak praktycznie zastosować zasady GOZ w budownictwie, które będą możliwe do późniejszej replikacji. ▪ projekt przyczyni się to do projektowania budynków uwzględniających długowieczność, trwałość, jak również możliwość ich przyszłej dekonstrukcji w taki sposób, aby ich komponenty można było ponownie wykorzystać.	
SOŚ.1	Polish Circular Hotspot		międzynarodowe projekty B+R, międzynarodowe partnerstwo	KIS 1 KIS 11
			Projekt dotyczy priorytetowego obszaru zastosowań inteligentnej produkcji i ma na celu zaprojektowanie procesów montażu nowej generacji wymaganych do skutecznego zaspokojenia bieżących i pilnych potrzeb w produkcji. W tym celu przewiduje adaptacyjne przestrzenie robocze i kognitywnego robota współpracującego z pracownikami na liniach montażowych.	
			Możliwość skorzystania ze środków Horyzont 2020. Transfer wiedzy. Budowanie współpracy z wiodącymi ośrodkami naukowymi w Europie.	
AIR.1	Felice		międzynarodowe projekty B+R, międzynarodowe partnerstwo, transfer technologii	KIS 7
			Polish Circular Hotspot powstał na potrzeby wspierania i propagowania idei gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) w Polsce. Obecnie zrzesza ponad 60 różnego rodzaju firm, organizacji pozarządowych, przedsiębiorstw czy ekspertów z dziedziny gospodarki cyrkularnej i rozwiązań z zakresu zrównoważonego rozwoju.	
			Samorządom i biznesowi u Polish Circular Hotspot umożliwia dostęp do zastosowanych w kraju i zagranicą cyrkularnych innowacji i programów. Rozwiązania te prezentowane są także podczas ogólnopolskich spotkań i konferencji. Przedsiębiorcom Polish Circular Hotspot pomaga w tworzeniu innowacyjnych modeli biznesowych. Prowadzone są również warsztaty z obszaru circular procurement dla przedstawicieli instytucji	

			publicznych. Polish Circular Hotspot łączy polskich przedsiębiorców z odpowiednimi partnerami za granicą. W ramach tej działalności organizowane są wizyty studyjne oraz sesje matchmakingowe B2B przy wsparciu ambasad: holenderskiej, szwedzkiej, niemieckiej, francuskiej i duńskiej.	
SOŚ.2	URBAN TECH - Innowacje w łańcuchu wartości w powstających branżach Health Tech, Smart City i Green Tech w odpowiedzi na wyzwania inteligentnego środowiska miejskiego		międzynarodowe projekty B+R, międzynarodowe partnerstwo, transfer technologii	KIS 1 KIS 7 KIS 10
			Rozwój i wzrost konkurencyjności europejskich MŚP i start-upów poprzez wprowadzanie na rynek nowych lub znacznie ulepszonych produktów i usług o wyższej wartości (o wyższej jakości, zwiększonym dostępie, ekoinnowacyjnych, zasobooszczędnych i skalowalnych w skali międzynarodowej). W perspektywie długoterminowej (cel strategiczny) projekt ma na celu wprowadzenie innowacji i zwiększenie konkurencyjności europejskich branż Health Tech, Green Tech i Smart City.	
			Zidentyfikowane korzyści / pozytywne rezultaty wynikające ze współpracy międzynarodowej: ▪ oferowanie innowacyjnych rozwiązań dla wyzwań międzysektorowych i transgranicznych, zarówno publicznych, jak i prywatnych; ▪ łączenie różnych interesariuszy branżowego łańcucha wartości w celu współpracy i wspólnego wprowadzania innowacji; ▪ wspieranie MŚP i start-upów w globalnym skalowaniu ich rozwiązań i produktów.	
R.1	Interaktywna ocena jakości gleby pod kątem wydajności rolnictwa i odporności środowiska		międzynarodowe partnerstwo	KIS 2 KIS 10
			Zdefiniowane cele obejmują m.in.: ▪ zintegrowanie istniejących informacji związanych z jakością gleby z charakterystyką systemów uprawy i hodowli zwierząt w różnych strefach pedoklimatycznych w Europie i Chinach; ▪ synteza dowodów na wpływ zarządzania rolnictwem na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby, w tym interakcje, oraz powiązanych usług ekosystemowych, ▪ opracowanie i określenie innowacyjnych wskaźników jakości gleby; ▪ opracowanie, przy udziale różnych zainteresowanych stron, wielojęzycznego wniosku o jakość gleby (SQAPP) do oceny i monitorowania jakości gleby w terenie jako przykładu innowacji społecznych, które umożliwiają interakcję między podmiotami wielopoziomowymi; ▪ testowanie, udoskonalanie i wdrażanie SQAPP w Europie i Chinach jako nowego standardu całościowej oceny jakości gleby rolniczej;	
			W ramach projektu iSQAPER stworzono aplikację dla wszystkich zainteresowanych stron zaangażowanych w rolnictwo i chcących zachować gleby dla przyszłych pokoleń. Dostarcza cennych danych i zaleceń dotyczących najlepszych praktyk rolniczych, opartych na lokalnych warunkach pedoklimatycznych i systemie rolniczym. W sumie w ramach projektu zidentyfikowano 138 różnych praktyk zarządzania rolnictwem i przetestowano ich wpływ na jakość gleby w ośmiu różnych strefach klimatycznych i 32 potencjalnych systemach rolniczych. Wypracowano cenne porady dla wszystkich zainteresowanych stron, bez względu na kontekst i lokalizację.	

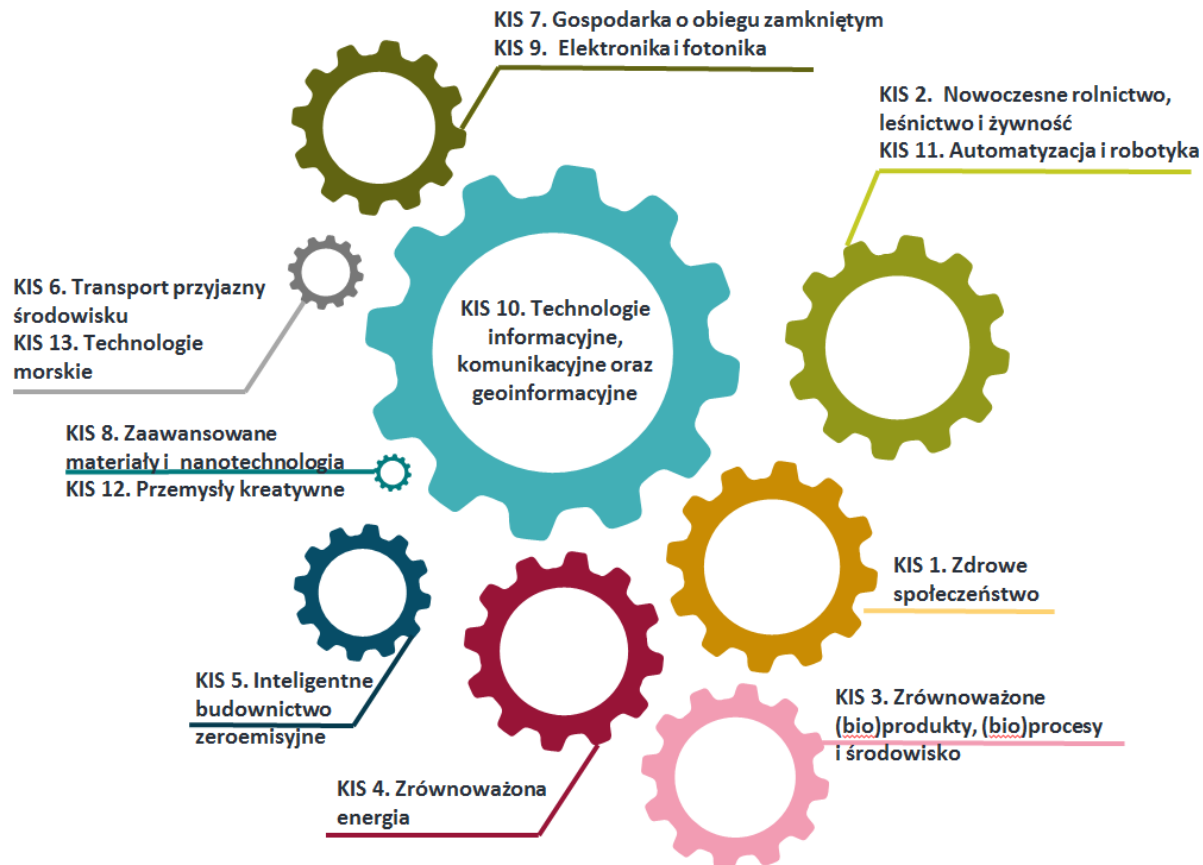
R.2	Łączenie sieci tematycznych jako rezerwarów wiedzy: w kierunku europejskiego systemu open source innowacji w dziedzinie wiedzy rolniczej		międzynarodowe partnerstwo	KIS 2 KIS 10
			▪ ułatwienie i wspieranie sieci tematycznych poprzez łączenie i rozszerzanie obecnych sieci tematycznych; ▪ zbieranie informacji, gromadzenie wiedzy, materiałów i narzędzi sieci tematycznych; ▪ rozwój informacji, opracowanie ogólnounijnej bazy danych o wiedzy rolniczej i innowacjach w zakresie otwartego oprogramowania.	
			EURAKNOS pomógł połączyć sieci tematyczne, a tym samym przyczynił się do zwiększenia wiedzy między projektami. To z kolei zwiększa ich skuteczność i zwiększa absorpcję wyników, a w perspektywie długoterminowej promowanie zrównoważonego rolnictwa i leśnictwa.	
R.3	Platforma Inteligentnej Specjalizacji w sektorze rolno-spożywczym S3P Agri-Food		międzynarodowe partnerstwo	KIS 2 KIS 10
			Celem utworzenia platformy było przyspieszenie rozwoju wspólnych projektów inwestycyjnych w UE poprzez zachęcanie i wspieranie współpracy międzyregionalnej w obszarach tematycznych w oparciu o priorytety inteligentnej specjalizacji określone przez władze regionalne i krajowe związane z rolnictwem i żywnością.	
			Platforma Inteligentnej Specjalizacji zapewnia wsparcie metodologiczne, wiedzę fachową, doradztwo i możliwości tworzenia sieci kontaktów poprzez warsztaty i seminaria. Ponadto zapewnia się wsparcie partnerstwom w identyfikowaniu silnych i brakujących kompetencji wśród uczestniczących regionów poprzez łączenie istniejących narzędzi analitycznych UE.	
T.1	Wielowątkowy i złożony projekt, angażujący wiele różnych instytucji w obszarze wspólnego zagadnienia (transport niskoemisyjny) wpływający w niezwykle istotny sposób na rozwój społeczno-gospodarczego w oparciu o technologie		międzynarodowe projekty B+R, międzynarodowe partnerstwo, transfer technologii	KIS 6
			Wspólne przedsięwzięcie Clean Aviation (w tym programy Clean Sky i Clean Sky2 – CS & CS2) to wiodący program Unii Europejskiej w zakresie badań naukowych i innowacji mający na celu przekształcenie lotnictwa w kierunku zrównoważonej i neutralnej dla klimatu przyszłości.	
			Badania w ramach projektu Clean Sky 2 oraz dalsze inwestycje w komercjalizację i włączanie technologii do globalnej floty skutkują: ▪ redukcją emisji CO₂ o 15% na pasażerokilometr do 2050 r. w porównaniu z technologią z 2014 r. ▪ redukcją emisji NO_x o 31% na pasażerokilometr do 2050 r. w porównaniu z technologią z 2014 r. ▪ 320 mld EUR 'globalnej wartości / zysku środowiskowego' do 2050 r. w wyniku wdrażania technologii z programu „Czyste niebo 2” w porównaniu z technologią flotową z 2014 r.	
Z.1	Stworzenie platformy współpracy Warsaw Health Innovation Hub (WHIH)		międzynarodowe partnerstwo	KIS 1
			Wzmocnienie roli Polski jako miejsca tworzenia innowacji medycznych i biotechnologicznych oraz zwiększenia odporności i stabilności systemu ochrony zdrowia po pandemii. WHIH ma stworzyć warunki pozwalające na szybkie przekształcanie pomysłów w produkty, procesy i usługi, uwzględniające interesy rozwojowe polskiego sektora biomedycznego i konieczność niezależności Polski w zakresie innowacyjnych produktów leczniczych, wyrobów medycznych i rozwiązań tworzonych na potrzeby systemu ochrony zdrowia i	

			dobrostanu pacjentów. Jest to pierwszy krok do utworzenia Polskiej Doliny Medycznej w oparciu o silną bazę akademicką, którą dysponuje Polska.	
		✓	Projekty realizowane i finansowane przez Partnerów WHIH, w tym także podmioty zagraniczne, nakierowane na powstawanie innowacji medycznych i technologicznych służących rozwojowi polskiego sektora biomedycznego i pragmatycznego wykorzystania innowacji na potrzeby podnoszenia standardów świadczonych usług zdrowotnych. W ramach WHIH funkcjonuje także Program mentoringowy o charakterze doradczo-rozwojowym. Jego zadaniem jest wsparcie prowadzonych projektów naukowych poprzez umożliwienie akademickim zespołom badawczym skorzystania z mentoringu, prowadzonego przez uznanych ekspertów wskazanych przez Partnerów WHIH, zarówno w obszarze biznesowym jak i w obszarach ekspertyz technologicznych, klinicznych i regulacyjnych.	

7.3 Podsumowanie

Przeprowadzona analiza dostępnych baz danych wspomagana wynikami zastosowanych podczas badania technikami badawczymi pozwoliła na wyodrębnienie zbioru przykładowych projektów oraz inicjatyw o zasięgu międzynarodowym, które zgodnie z założeniami nie stanowiły obrazu całości ale według oceny eksperckiej **wskazują na pozycję KIS w europejskim systemie innowacji lub/i globalnych łańcuchach wartości, stanowiąc przy źródło przyszłej międzynarodowej przewagi konkurencyjnej kraju**, a także punkt odniesienia do weryfikacji obszarów wsparcia.

Rysunek 2 Zakres powiazań projektów międzynarodowych z KIS – według ogólnego udziału



Źródło: opracowanie własne

W przypadku innowacyjnych projektów realizowanych we współpracy polskich i zagranicznych podmiotów, zakres powiązania tematycznego z KIS został przedstawiony na rysunku. Zakres ten odnosi się do udziału ilości wskazań możliwych powiązań projektów z wybranymi KIS - według eksperckiej oceny. Co istotne, do każdego projektu, ze względu na interdyscyplinarny charakter wielu inicjatyw, możliwe było przyporządkowanie większej liczby KIS.

Na podstawie ilości wskazań KIS dla zidentyfikowanych przykładowych projektów, możliwe jest sformułowanie stwierdzenia, że największy udział miały projekty bezpośrednio i pośrednio związane z **KIS 10. Technologie informacyjne, komunikacyjne oraz geoinformacyjne** (20% wskazań), a w następnej kolejności - **KIS 11. Automatyzacja i robotyka** (12%), **KIS 2. Nowoczesne rolnictwo, leśnictwo i żywność** (12%), **KIS 1. Zdrowe społeczeństwo** (11%) oraz **KIS 4. Zrównoważona energia** (10%). Najmniejszy udział wykazują następujące specjalizacje: **KIS 8. Zaawansowane materiały i nanotechnologia** (1%) oraz **KIS 12. Przemysły kreatywne** (1%).

Należy przy tym zauważyć, że w przypadku dziedzin takich jak Bezpieczeństwo i obronność czy Inteligentne budownictwo - nie zidentyfikowano projektów w ramach INTERREG, spełniających założone kryteria.

Wskazane wyniki analiz poparte opiniami Ekspertów (na podstawie prowadzonych paneli eksperckich, wywiadów) potwierdzają aktywność polskich zespołów badawczych na arenie międzynarodowej. Możliwość pozyskania dofinansowania prac B+R silnie stymuluje zarówno naukę jak i biznes do podjęcia prac projektowych o zasięgu ponadkrajowym. Potwierdzeniem tych wniosków są ostatnie statystyki powstałe po zamknięciu kolejnych 12 konkursów programu Horyzont Europe, które wskazują, że polscy uczestnicy projektów **zwiększyli swój udział procentowy w budżecie programu do wysokości 1,60%**, uzyskując tym samym najlepszy wynik w historii uczestnictwa polskich instytucji w programach ramowych Unii Europejskiej na rzecz badań i innowacji¹⁶⁵.

Należy przy tym zwrócić uwagę, że **polskie jednostki w ramach zidentyfikowanych projektów występują częściej w roli partnera niż lidera projektu**. Może to świadczyć o niewystarczającym poziomie zaawansowania technologicznego lub braku możliwości zbudowania odpowiednio silnego konsorcjum międzynarodowego. Brak kontaktów, mała rozpoznawalność czy mała aktywność międzynarodowa istotnie blokuje i ogranicza możliwość pozyskania partnerów co w efekcie uniemożliwia realizację prac z wykorzystaniem unijnych źródeł finansowania projektów badawczych.

Identyfikacja i analiza dobrych praktyk również potwierdziła zaangażowanie polskich instytucji w międzynarodowym inicjatywach czy platformach współpracy takich jak: Europejska Federacja Biotechnologii, Europejski Instytut Innowacji i Technologii, European Clean Hydrogen Alliance, Polish Circular Hotspot, Platforma Inteligentnej Specjalizacji w sektorze rolno-spożywczym S3P Agri-Food. Analiza szerokiego zakresu tematycznego wspomnianych przykładów wykazała, że największa ilość dobrych praktyk jest powiązana z **KIS 1. Zdrowe społeczeństwo** i **KIS 2. Nowoczesne rolnictwo, leśnictwo i żywność** – po 5 wskazań, a także **KIS 7. Gospodarka o obiegu zamkniętym** i **KIS 10. Technologie informacyjne, komunikacyjne oraz geoinformacyjne** – po 4 wskazania. Brak powiązania dobrych praktyk z KIS występuje w ramach KIS 8. Zaawansowane materiały i nanotechnologia, KIS 9. Elektronika i fotonika, KIS 11. Automatyzacja i robotyka i KIS 12. Przemysły kreatywne.

Należy przy tym zauważyć, że **pomimo zidentyfikowanych aktywności na arenie międzynarodowej, nadal odnotowuje się bardzo słaby udział polskich naukowców w Programach Ramowych Unii Europejskiej**. W tym kontekście szczególne znaczenie mają wdrażane mechanizmy krajowe i europejskie mające na celu wzmocnienie potencjału polskiej nauki i przemysłu w kontekście globalnej

¹⁶⁵ <https://www.kpk.gov.pl/rosnie-udzial-polskich-uczestnikow-w-horyzoncie-europa-publikujemy-najnowsze-wyniki> (dostęp: 14.07.2023)

konkurencji. Przykładem takiego instrumentu jest **IPCEI** (ang. Important Projects of Common European Interest), który ma na celu wsparcie finansowe projektów w zakresie działalności badawczej, rozwojowej i innowacyjnej nastawionych na budowę wartości dodanej w przedmiotowej dziedzinie w świetle najnowszych osiągnięć w danym sektorze, a także tworzenie ekosystemu firm i instytucji sprzyjającemu nawiązywaniu międzynarodowej współpracy. Na ten moment mechanizm obejmuje sześć priorytetowych i strategicznych łańcuchów wartości – z punktu widzenia potrzeb UE, dla których opracowano szczególne rekomendacje: (1) czyste, połączone i autonomiczne pojazdy, (2) inteligentne zdrowie, (3) przemysł niskoemisyjny, (4) technologie i systemy wodorowe, (5) przemysłowy Internet Rzeczy, (6) cyberbezpieczeństwo. Wśród polskich przykładów przedsięwzięć realizowanych w ramach ww. Programu można znaleźć **Projekt HyperPIC** dofinansowany z Programu IPCEI ME/CT (Important Projects of Common European Interest in Microelectronics and Communication Technologies), który obejmuje opracowanie i wdrożenie technologii zintegrowanych fotonicznych układów scalonych. Innym przykładem jest projekt **IPCEI Hy2Use**, który ma wspierać badania naukowe i innowacje, pierwsze zastosowanie w przemyśle i budowę odpowiedniej infrastruktury w łańcuchu wartości technologii wodorowych.

Przegląd wybranych projektów i inicjatyw potwierdza fakt, że otwartość polskich jednostek na współpracę międzynarodową zwiększa potencjał kraju do tworzenia nowej wiedzy technicznej, a także do rozwijania innowacyjnych technologii. Istotnym wyzwaniem jest jednak **konieczność inicjowania przez Polskę międzynarodowych przedsięwzięć i zwiększenia swojego udziału w międzynarodowych projektach jak również konsorcjach tworzonych na potrzeby realizacji międzynarodowych prac rynkowych (w ramach przetargów)**. W tym kontekście istotne jest wzmocnienie konkurencyjności polskich jednostek poprzez **zwiększenie ich zaangażowania w inicjatywy unijne w obszarach inteligentnych specjalizacji, m.in. w Partnerstwa Tematyczne S3 przy KE, Interreg, KICs (ang. Knowledge Innovation Community), partnerstwa tematyczne w ramach Horyzontu Europa czy inne.**

8 OCENA EFEKTYWNOŚCI POWIĄZANIA I SPÓJNOŚCI KRAJOWYCH I REGIONALNYCH INTELIGENTNYCH SPECJALIZACJI W KONTEKŚCIE WYZNACZANIA KIERUNKÓW ROZWOJU GOSPODARCZEGO KRAJU

Wprowadzenie

Mając na uwadze cel pracy uwzględniający wskazanie obszarów przewagi konkurencyjnej oraz potencjału rozwojowego, w badaniu przeprowadzono analizę regionalnych inteligentnych specjalizacji (RIS), które opisują potencjał technologiczny istniejący bądź kształtowany w regionie w związku z przyjętą strategią innowacyjności. Identyfikacja powiązań i zależności na poziomie RIS oraz KIS otrzymać można istotną informację z perspektywy rozwoju KIS w zakresie istnienia regionalnych ośrodków rozwoju innowacji technologicznych, które wpływają na rozwój społeczno-gospodarczy, a w przyszłości możliwe będzie wykorzystanie tej wiedzy do kształtowania krajowych inicjatyw sieciowych w obszarach KIS.

Ocenę efektywności powiązań i spójności krajowych i regionalnych inteligentnych specjalizacji przeprowadzono z wykorzystaniem metody analogii – analizy opisu KIS i regionalnych inteligentnych specjalizacji (RIS). W badaniu odrzucano te RIS, które nie zawierały odniesienia do technologii. Dodatkowo, dokonano przeglądu dobrych praktyk dla zweryfikowania powiązań i przeanalizowania wdrażanych innowacji technologicznych. Przeprowadzono również analizę wydatkowanych środków na wybrane działania związane z wdrażaniem technologii w regionach. W toku analiz zidentyfikowano łącznie 90 technologicznych RIS, obejmujących zagadnienia takie jak:

- Zielona gospodarka, w tym gospodarka obiegu zamkniętego, ekoinnowacje
- Rolnictwo i żywność wysokiej jakości
- Jakość życia, zawierająca technologie medyczne jak urządzenia, materiały, diagnostyka, terapie, leki, suplementy, kosmetyki
- Energia, w tym odnawialne źródła energii
- Cyfryzacja i usługi ICT, w tym przemysł 4.0
- Automatyka przemysłowa
- Nowoczesny przemysł – specjalizacje branżowe specyficzne dla potencjału endogenicznego województwa jak: przemysł maszynowy, włókienniczy, metalowy, maszynowego, chemiczny
- Technologie materiałowe, procesy produkcyjne i logistyczne, lotnictwo i kosmonautyka
- Nowoczesne budownictwo, w tym zaawansowane materiały budowlane,
- Zrównoważony transport, w tym napędy
- Niebieska gospodarka
- Przemysły kreatywne, turystyka, branża

Ilość relacji i powiązań względem kluczowych obszarów technologicznych nie jest jednoznaczny, ze względu na wieloaspektowy ich charakter i umożliwia przeprowadzić ocenę w sposób poglądowy. W tabeli poniżej zestawiono aktualne regionalne inteligentne specjalizacje.

Tabela 6 Aktualne regionalne inteligentne specjalizacje

Województwo		RIS
dolnośląskie ¹⁶⁶	DL	Chemia i medycyna
		Auto-Moto-Aero-Space
		Surowce naturalne i wtórne
		Maszyny i urządzenia
		Zielony ład
		Przemysł 4.0
		Życie wspomagane technologią
kujawsko-pomorskie ¹⁶⁷	KP	Zdrowa i bezpieczna żywność
		Zdrowie i turystyka zdrowotna
		Zaawansowane materiały i narzędzia
		Transport i mobilność
		Dziedzictwo kulturowe i przemysły kreatywne
		Cyfryzacja i usługi ICT
		Ekoinnowacje
		Automatyka przemysłowa
lubelskie ¹⁶⁸	LB	Żywność wysokiej jakości
		Zielona Gospodarka
		Zdrowe Społeczeństwo
		Cyfrowe Społeczeństwo
		Technologie materiałowe, procesy produkcyjne i logistyczne
lubuskie ¹⁶⁹	LS	Zielona Gospodarka
		Zdrowie i jakość życia
		Innowacyjny Przemysł
łódzkie ¹⁷⁰	LD	Nowoczesny przemysł włókienniczy i mody (w tym wzornictwo)
		Zaawansowane materiały budowlane
		Medycyna, farmacja, kosmetyki
		Energetyka, w tym odnawialne źródła energii
		Innowacyjne rolnictwo i przetwórstwo rolno-spożywcze
		Informatyka i telekomunikacja
małopolskie ¹⁷¹	MP	Nauki o życiu (life sciences)
		Energia zrównoważona
		Technologie informacyjne i komunikacyjne
		Chemia
		Produkcja metali i wyrobów metalowych oraz wyrobów z mineralnych surowców niemetalicznych
		Elektrotechnika i przemysł maszynowy
		Przemysły kreatywne i czasu wolnego
	MZ	Bezpieczna żywność

¹⁶⁶ <https://umwd.dolnyslask.pl/gospodarka/dolnoslaskie-inteligentne-specjalizacje/> (dostęp: 17.07.2023).

¹⁶⁷ <https://kpai.pl/wp-content/uploads/2019/01/charakterystyka-obszarow-inteligentnych-specjalizacji-dla-projektow-w-ramach-rpo-wk-p.pdf> (dostęp: 17.07.2023).

¹⁶⁸ <https://www.lubelskie.pl/aktualnosci/rsi-wl-2030-przyjeta-przez-sejmik-województwa-lubelskiego/> (dostęp: 17.07.2023).

¹⁶⁹ <https://lubuskie.pl/cms/320/inteligentne-specjalizacje> (dostęp: 17.07.2023).

¹⁷⁰

https://rpo.lodzkie.pl/images/konkurs_2.3.1_cop_28122015/Wykaz_Regionalnych_Inteligentnych_Specjalizacji.pdf (dostęp: 17.07.2023).

¹⁷¹ <https://www.malopolska.pl/biznes/innowacje/inteligentne-specjalizacje-regionu> (dostęp: 17.07.2023).

mazowieckie ¹⁷²		Inteligentne systemy w przemyśle i infrastrukturze
		Nowoczesny ekosystem biznesowy
		Wysoka jakość życia
opolskie ¹⁷³	OP	Technologie chemiczne (zrównoważone)
		Zrównoważone technologie budownictwa i drewna
		Technologie przemysłu maszynowego i metalowego
		Technologie rolno-spożywcze
		Procesy, produkty i usługi ochrony zdrowia i jakość życia
		Sektor ICT (potencjalne regionalne specjalizacje)
		Inteligentne systemy zarządzania mobilnością (potencjalne regionalne specjalizacje)
		Technologie przemysłu energetycznego (w tym OZE) (specjalizacje regionalne)
		Gospodarka obiegu zamkniętego (specjalizacje regionalne)
podkarpackie ¹⁷⁴	PD	Kształcenie oparte na wiedzy o nowych technologiach i innowacjach (specjalizacje regionalne)
		Lotnictwo i kosmonautyka
		Motoryzacja
		Jakość życia
podlaskie ¹⁷⁵	PL	Informacja i telekomunikacja
		Przemysł rolno-spożywczy i sektory powiązane łańcuchem wartości
		Sektor medyczny, nauki o życiu i sektory powiązane łańcuchem wartości
		Ekoinnowacje, nauki o środowisku i sektory powiązane z nimi łańcuchem wartości
pomorskie ¹⁷⁶	PM	Przemysł metalowo-maszynowy, szkodniczy i sektory powiązane łańcuchem wartości
		Technologie off-shore i portowo-logistyczne
		Technologie interaktywne w środowisku nasycenym informacyjnie
		Technologie efektywne w produkcji, przesyłach, dystrybucji i zużyciu energii i paliw oraz w budownictwie
śląskie ¹⁷⁷	SL	Technologie medyczne w zakresie chorób cywilizacyjnych i okresu starzenia się
		Energetyka
		Medycyna
		Technologie informacyjne i komunikacyjne
		Zielona gospodarka
świętokrzyskie ¹⁷⁸	SW	Przemysły wschodzące
		Sektor metalowo-odlewniczy
		Zasobooszczędne budownictwo

¹⁷² <https://www.funduszedlamazowsza.eu/aktualnosci/regionalna-strategia-innowacji-dla-mazowsza-do-2030-roku-przyjeta/> (dostęp: 17.07.2023).

¹⁷³ <https://ocrg.opolskie.pl/regionalna-strategia-innowacji-województwa-opolskiego-2030/> (dostęp: 17.07.2023).

¹⁷⁴ <https://podkarpackie.eu/gospodarka/inteligentne-specjalizacje-województwa-podkarpackiego/> (dostęp: 17.07.2023).

¹⁷⁵ <https://strategia.wrotapodlasia.pl/pl/ris/plan-rozwoju-przedsiębiorczości-w-oparciu-o-inteligentne-specjalizacje-województwa-podlaskiego-na-lata-2021-2027-zostal-przyjety.html> (dostęp: 17.07.2023).

¹⁷⁶ <https://gospodarka.pomorskie.eu/inteligentne-specjalizacje-pomorza/> (dostęp: 17.07.2023).

¹⁷⁷ https://ris.slaskie.pl/czytaj/regionalne_inteligentne_specjalizacje_wsl_ris (dostęp: 17.07.2023).

¹⁷⁸ <https://www.spinno.pl/publikacje-regionalne/przyjecie-regionalnej-strategii-innowacji-województwa-swietokrzyskiego-2030> (dostęp: 17.07.2023).

		Turystyka zdrowotna i prozdrowotna
		Nowoczesne rolnictwo i przetwórstwo spożywcze.
		Technologie informacyjno-tele- komunikacyjne (ICT)
		Zrównoważony rozwój energetyczny
		Branża targowo-kongresowa
warmińsko-mazurskie ¹⁷⁹	W M	Ekonomia wody
		Żywność wysokiej jakości
		Drewno i meblarstwo
		Zdrowe życie
wielkopolskie ¹⁸⁰	WP	Biosurowce i żywność dla świadomych konsumentów
		Wnętrza przyszłości
		Przemysł jutra
		Wyspecjalizowane procesy logistyczne
		Nowoczesne technologie medyczne
		Rozwój oparty na ICT
zachodniopomorskie ¹⁸¹	ZP	Technologie i usługi przyszłości
		Inteligentne metody wytwarzania wyrobów i maszyn
		Produkty chemiczne dla zrównoważonego rozwoju
		Przetwórstwo naturalne nowej generacji
		Niebieska gospodarka i zielony transport
		Turystyka i jakość życia

Źródło: opracowanie własne

Relacje zostały zbadane w odniesieniu do zbieżności tematycznej oraz z uwzględnieniem realizowanych projektów badawczo-rozwojowych w regionach, przy współudziale środków z Regionalnych Programów Operacyjnych na lata 2014-2020.

Wydatkowanie środków

Regionalne programy operacyjne przyczyniły się do wzrostu wydatkowania środków na innowacje przez przedsiębiorstwa oraz poprawiły stan infrastruktury badawczej. W ujęciu regionalnym największymi beneficjentami były podmioty z województwa wielkopolskie pod względem ilości projektów a z województwa mazowieckiego pod względem wartości infrastruktury badawczej, gdzie na ten cel wydatkowano 821 724 800 zł. na infrastrukturę horyzontalną. W drugiej kolejności pod względem wartości wydatkowano środki powyżej 300 mln zł w województwach dolnośląskim, śląskim, świętokrzyskim i wielkopolskim. W regionach unowocześnienie infrastruktury badawczej dotyczyło RIS w zakresie m.in.: zdrowie, medycyna i jakość życia, zielonej gospodarka, innowacyjnego przemysłu, ICT, energetyki, transportu, zaawansowanych materiałów i narzędzi, nowoczesnego budownictwa. Na grafach (Rysunek 3) przedstawiono rozkład liczby projektów i ich wartości według województw.

W zakresie wdrażania innowacyjności w MŚP wyróżniającymi były województwa małopolskie i mazowieckie. W województwie małopolskim wydatkowano 1 187 760 196 zł na innowacyjne projekty i zrealizowano 604 projektów natomiast w województwie mazowieckim 902 586 536 zł i zrealizowano 486 projektów. W województwie łódzkim i śląskim wartość była powyżej 700 mln zł, natomiast w

¹⁷⁹ <https://biznes.warmia.mazury.pl/inteligentne-specjalizacje-warmii-i-mazur/> (dostęp: 17.07.2023).

¹⁸⁰ https://www.umww.pl/artykuly/54802/pliki/20210104081530_ris2030.pdf (dostęp: 17.07.2023).

¹⁸¹ https://smart.wzp.pl/sites/default/files/pliki/inteligentne_specjalizacje_województwa_zachodniopomorskiego.pdf (dostęp: 17.07.2023).

pozostałych województwa wartość była połowę mniejsza lub mniejsza. Pod względem dziedzinowym wydatkowania na RIS dominujące cele wdrożeń były następujące:

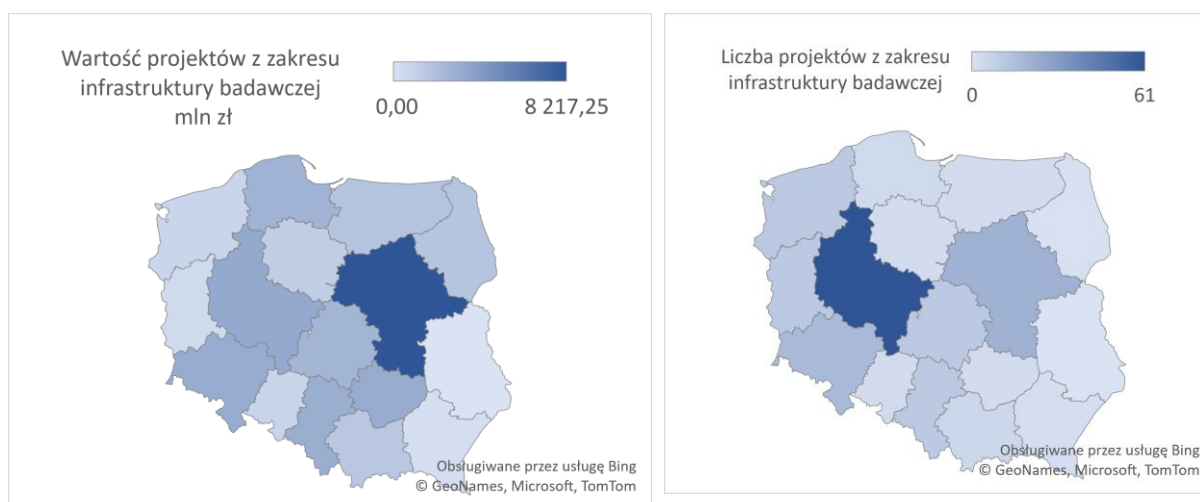
Województwo	Regionalna Inteligentna Specjalizacja
kujawsko-pomorskie	• Zaawansowane materiały i narzędzia
dolnośląskie	• Maszyny i urządzenia • Zielony ład • Przemysł 4.0
lubelskie	• Żywność wysokiej jakości • Zielona Gospodarka
lubuskie	• Zielona Gospodarka
łódzkie	• Zaawansowane materiały budowlane
małopolskie	• Technologie informacyjne i komunikacyjne • Chemia • Produkcja metali i wyrobów metalowych oraz wyrobów z mineralnych surowców niemetalicznych
mazowieckie	• Inteligentne systemy w przemyśle i infrastrukturze
opolskie	• Technologie przemysłu maszynowego i metalowego
podkarpackie	• Jakość życia
podlaskie	• Przemysł rolno-spożywczy i sektory powiązane łańcuchem wartości • Ekoinnowacje, nauki o środowisku i sektory powiązane z nimi łańcuchem wartości
pomorskie	• Technologie interaktywne w środowisku nasyconym informacyjnie
śląskie	• Medycyna • Technologie informacyjne i komunikacyjne • Przemysły wschodzące
świętokrzyskie	• Zasobooszczędne budownictwo • Turystyka zdrowotna i prozdrowotna
warmińsko-mazurskie	• Żywność wysokiej jakości
wielkopolskie	• Przemysł jutra • Wyszczególnione procesy logistyczne
zachodniopomorskie	• Inteligentne metody wytwarzania wyrobów i maszyn

Źródło: opracowanie własne

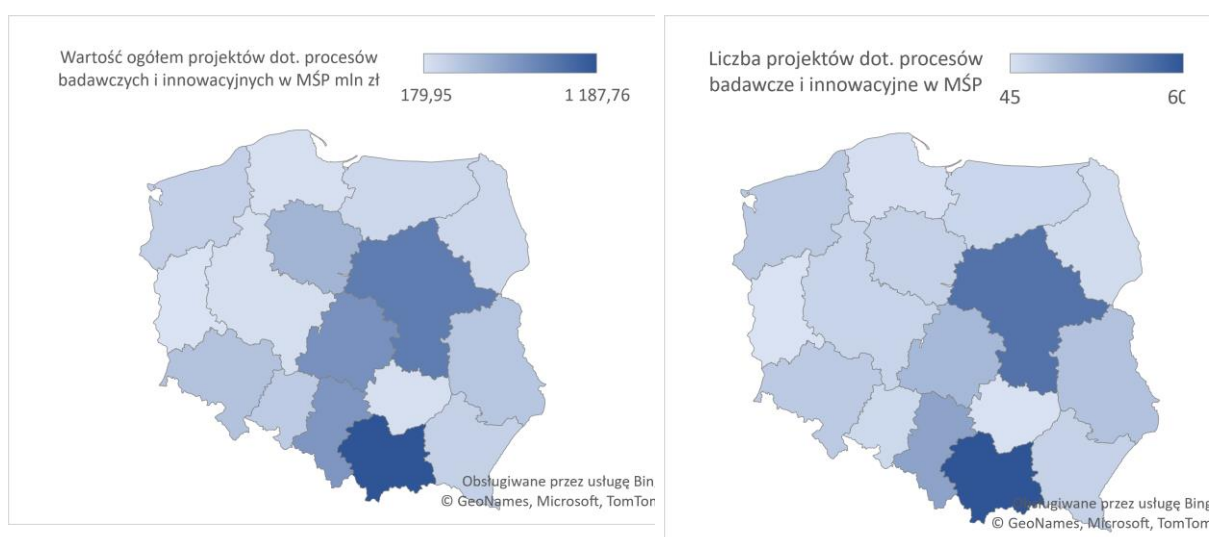
Poniżej na grafach przedstawiono terytorialny rozkład zrealizowanych projektów na regionalną infrastrukturę badawczą i wdrożenia innowacji w przedsiębiorstwach.

Rysunek 3 Administracyjny rozkład środków na infrastrukturę badawczą i wdrożenia innowacji w przedsiębiorstwach w ramach regionalnych programów operacyjnych w latach 2014-2020

Infrastruktura badawcza w ramach RPO



Działalność innowacyjna przedsiębiorstw w ramach RPO



Źródło: opracowano na podstawie Lista projektów realizowanych z Funduszy Europejskich w Polsce w latach 2014-2020¹⁸²

Powiązania pomiędzy kluczowymi obszarami technologicznymi a RIS

Z analizy wynika, iż tylko niewielka część regionalnych inteligentnych specjalizacji ma charakter deklaracyjny, większość wykazuje dużą aktywność (tematyczną) i jest rozwijana poprzez działalność wdrożeniową przedsiębiorstw. W odniesieniu do kluczowych obszarów badawczych tylko 3 nie znalazły odzwierciedlenia w aktywnościach wdrożeniowych w regionalnych, a dotyczy to następujących obszarów z dziedzin:

¹⁸² Lista projektów realizowanych z Funduszy Europejskich w Polsce w latach 2014-2020 <https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/strony/o-funduszach/projekty/lista-projektow/lista-projektow-realizowanych-z-funduszy-europejskich-w-polsce-w-latach-2014-2020/> (dostęp: 17.07.2023)

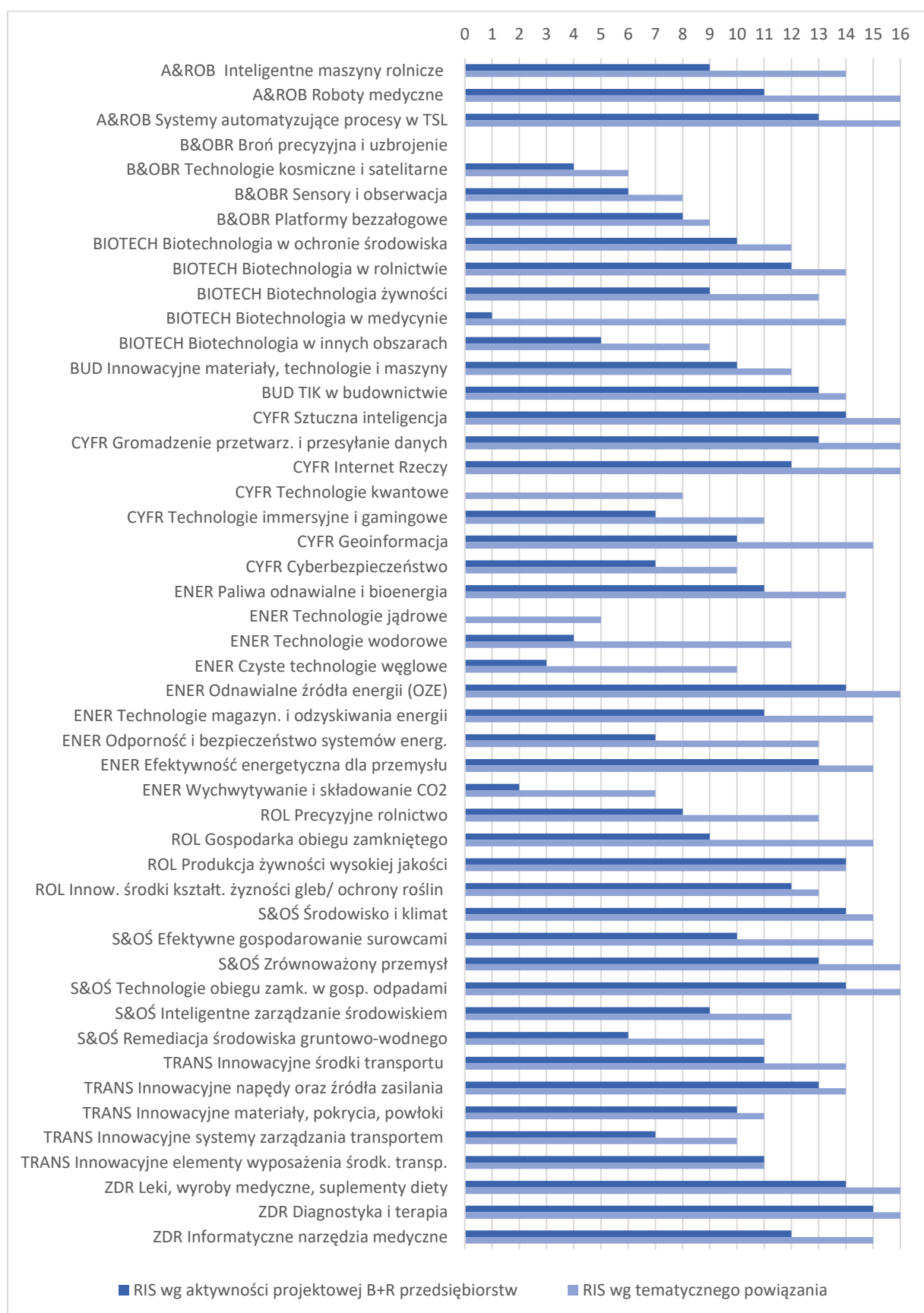
- **BEZPIECZEŃSTWO I OBRONNOŚĆ:** Broń precyzyjna i uzbrojenie (obszar kluczowy jest w małym stopniu/ w niewielkiej części powiązany z wybranym podobszarem KIS 10)¹⁸³,
- **CYFRYZACJA:** Technologie kwantowe (obszar kluczowy w różnym stopniu powiązany z wybranymi podobszarami KIS 1,4,5,10-12),
- **ENERGIA:** Technologie jądrowe (obszar kluczowy jest w dużym stopniu/ całkowicie/ w dużej części powiązany z wybranym podobszarem KIS 4).

Obszary te charakteryzuje wysokie nowatorstwo, zaawansowanie technologiczne i kapitałochłonność, więc z uwagi na demarkację programową (RPO) sektor małych i mikro przedsiębiorstw nie wykazuje potencjału do rozwoju tego typu technologii, dodatkowo zbieżność tematyczna RIS z powyższymi obszarami technologicznymi, również występuje w niewielu województwach i jest na poziomie zbieżności tematycznej.

Pod względem terytorialnym w opisie obszarów kluczowych zostały zaprezentowane grafiki przedstawiające aktywność innowacyjną przedsiębiorstw w kluczowych obszarach tematycznych w powiązaniu z RIS. Szczegółowo, zidentyfikowane powiązania zaprezentowano poniżej na wykresie.

¹⁸³ Zgodnie z matrycą powiązań KIS z kluczowymi obszarami technologicznymi.

Wykres 12 Zidentyfikowane powiązania pomiędzy kluczowymi obszarami technologicznymi a regionalnymi inteligentnymi specjalizacjami w ujęciu liczebności województw



Źródło: opracowanie własne

Dobre praktyki

W regionach powstaje szereg innowacji, w tym mających charakter przełomowy. Technologie te powinny wpłynąć na poziom innowacyjności kraju i wzmacniać potencjał krajowych inteligentnych specjalizacji, jednocześnie przyczyniać się do realizacji ambitnych celów i wyzwań w zakresie nowoczesnej, niskoemisyjnej i zasobooszczędnej gospodarki. W tabeli w załączniku 11.4 przedstawiono wybrane wdrożenia technologiczne w sektorze małych i średnich przedsiębiorstw przy współudziale środków z regionalnych programów operacyjnych, realizowanych w latach 2014- 2020 reprezentatywne dla danej regionalnej inteligentnej specjalizacji, które zostały odniesione do zakresów tematycznych kluczowych obszarów technologicznych.

Uwarunkowania regionalne

Polityka innowacyjna Unii Europejskiej i państwa istotnie warunkuje wielozakresowy obszar działań ukierunkowanych na kreowanie, stymulowanie i wdrażanie nowych rozwiązań innowacyjnych w gospodarce, niemniej polityka regionalna i potencjał endogeniczny stanowi istotny kapitał budowy regionalnych ekosystemów innowacji. Na podstawie dokonanego przeglądu regionalnych strategii innowacji w 16 województwach, szereg czynników wpływa stymulująco oraz hamująco w poszczególnych województwach. Poniżej w tabeli przedstawiono syntetyczne ujęcie czynników ocenione jako silna strona bądź szansa (w województwach niewymienionych czynnik przybrał charakter słabej strony bądź zagrożenia).

Tabela 7 Syntetyczne ujęcie czynników uwarunkowań regionalnych

Czynnik	Silna strona
Działalność badawcza jednostek naukowo-badawczych Infrastruktura badawcza	KP, LB, LD, MZ, PD, PM, SL, WM, WK, ZP
Infrastruktura badawcza	LB, LS, MZ, PM, SL, SW, WK,
Koncentracja działań w obszarach inteligentnych specjalizacji	LD, MZ, OP, PD, PL, PM,
Aplikowalność wyników B+R w gospodarce	MP, SL
Zespoły badawcze wysoko notowane na poziomie europejskim	KP, LB, MZ, PD,
Relacje i dyfuzja wiedzy w ekosystemie innowacyjności	MP, PD, PM, SL, SW,
Kompetencje cyfrowe	KP, LD, PM, SL,
Zdolność absorpcyjna firm	LD, MZ,
Innowacyjność przedsiębiorstw	DL, MZ, PM, SL, SW, WM,
Poziom transformacji cyfrowej	KP, WK, MP, MZ, PD, PL, SL (za wyjątkiem MSP), WK
Nakłady na działalność innowacyjną w przedsiębiorstwach	MP, PD, PM, SL, SW
Sieci współpracy	MP, PM, SL,WM

Aktywność w zakresie wprowadzania instrumentów regionalnej polityki innowacyjnej	DS, LB, LS, MP, PD, PM, SL, ZP
Kształcenie w wielu dyscyplinach	LD, PL, PM, SL,
Migracja wysoko wykwalifikowanych pracowników (czynnik postrzegany w kategorii słabej strony)	-
Dostępność prywatnego kapitału inwestycyjnego na finansowanie działalności innowacyjnej	LD, PM, WK
Dostępność kadr	DL, LB, LS, SL
Infrastruktura techniczna dla rozwoju innowacji	LS, MZ, PD, SL

Czynnik	Szansa
Stymulacja współpracy B+R	LS, LD, MP, OP, PL, PM, SL, SW, WM, WK, ZP
Transformacja przemysłowa przedsiębiorstw	KP, LD, MZ, OP, PM, SL, SW, WM,WK,
Starzejące się społeczeństwo	LB, PD,
Zmiany zachowań społecznych	LB, LD, MP, PD, PM, SL,
Antropopresja na środowisko przyrodnicze (impuls do innowacji)	LS, PD,PL, PM, SL, WK
Rządowe instrumenty rozwojowe	DL, KP, LB, LD, MP, MZ, PD, SL, WK, WM
Zmiany systemu kształcenia	KP, LD, MP, PM, SL,
Atrakcyjność inwestycyjna	KP, LD, MZ, OP, PM, SL, WK
Dynamika zmian w zakresie kompetencji	DL, LB, OP, PM,SL
Pozycja UE w układzie globalnym (czynnik postrzegany w kategorii zagrożenia)	-
Kryzys gospodarczy	MZ
Rozwój technologii horyzontalnych wspierające inteligentne specjalizacje województwa	DL, LB, MP, MZ, OP, PM, SL, SW
Międzynarodowe stosunki gospodarcze	DL, LB, MZ, OP, PM, WK, ZP

Źródło: opracowanie własne na podstawie regionalnych strategii innowacji województw

9 ANALIZA POTRZEB KOMPETENCYJNYCH W KLUCZOWYCH OBSZARACH TECHNOLOGICZNYCH

Jednym z elementów badania była identyfikacja i analiza kompetencji istotnych dla rozwoju poszczególnych dziedzin, w tym ich kluczowych obszarów technologicznych. W pierwszym kroku badawczym zidentyfikowano, w ramach analizy desk research, kompetencje (w podziale na WT – wiedzę teoretyczną, UP – umiejętności praktyczne oraz KS – kompetencje społeczne) dla wszystkich dziedzin i ich obszarów kluczowych.

- Wiedza Teoretyczna

W ramach tej składowej kompetencji, największa liczba kompetencji dziedzinowych została przypisana do kategorii „wiedza z zakresu mechaniki/ budowy maszyn/ materiałoznawstwa/ eksploatacji narzędzi/ zagadnień z zakresu elektryki, elektroniki/ bezpieczeństwa użytkowania”, „znajomość przepisów, procedur, standardów (w tym BHP, RODO)”, „wiedza z zakresu IT/ technologii komputerowych/ technologii chmurowych”. Jeśli zaś chodzi o kategorie kompetencji wspólne dla największej liczby dziedzin (8-9), to można wskazać „wiedza z zakresu IT/ technologii komputerowych/ technologii chmurowych”, „znajomość specjalistycznych programów, narzędzi IT do sterowania maszynami, znajomość z zakresu systemów obsługi” oraz „znajomość przepisów, procedur, standardów (w tym BHP, RODO)”.

- Umiejętności Praktyczne

W przypadku umiejętności praktycznych największa liczba kompetencji dziedzinowych została przypisana do kategorii „umiejętności analityczne”, „umiejętności pracy z danymi, analizy i prezentacji danych” oraz „umiejętności planowania, realizacji i optymalizacji procesów”. Jeśli zaś chodzi o kategorie kompetencji wspólne dla największej liczby dziedzin, to można wskazać „umiejętności analityczne” oraz „umiejętności planowania, realizacji i optymalizacji procesów” – w obu przypadkach są one wspólne dla 9 z 10 dziedzin.

- Kompetencje Społeczne

W tym przypadku największa liczba kompetencji dziedzinowych została przypisana do kategorii „odpowiedzialność”, „umiejętność pracy zespołowej i współpracy”, „umiejętności managerskie/ przywódcze” oraz „samorozwój/ umiejętność uczenia się”. Jeśli zaś chodzi o kategorie kompetencji wspólne dla największej liczby dziedzin (9-10), to można wskazać „odpowiedzialność”, „samorozwój/umiejętność uczenia się”, „kreatywność”, „umiejętność pracy zespołowej, współpracy”, „umiejętności analityczne”, „umiejętności managerskie/ przywódcze”.

W drugim kroku dokonano agregacji kompetencji dziedzinowych – z uwagi na znaczącą ich liczbę. Proces ten polegał na określeniu kategorii/grup kompetencji bardziej ogólnych, do których przypisano poszczególne kompetencje szczegółowe. W tym miejscu warto zaznaczyć, że nie wszystkie kompetencje udało się w ten sposób przyporządkować – jest to jednak sytuacja zrozumiała, bowiem część z tych kompetencji to kompetencje wysoce specjalistyczne, tj. typowe dla konkretnej dziedziny. Część kompetencji została także przydzielona do większej niż jedna kategoria kompetencji – wynika to z faktu, że zawierają one w swoim opisie kilka różnych cech/charakterystyk, które nie odpowiadały w całości tylko jednej z utworzonych grup.

Efektem powyższego działania było zidentyfikowanie kategorii kompetencji przekrojowych/ horyzontalnych – tj. wspólnych dla większej liczby dziedzin oraz kompetencji specjalistycznych – tj. specyficznych dla jednej dziedziny.

Równolegle do prowadzonej agregacji kompetencji, wszystkie kompetencje dziedzinowe poddano ocenie w ramach badania ilościowego z przedsiębiorcami. Celem tego badania była identyfikacja kompetencji kluczowych dla rozwoju poszczególnych dziedzin, luk i deficytów kompetencyjnych oraz kompetencji przyszłości. Wyniki dla każdej z dziedzin osobno zaprezentowano w rozdziale 5 raportu. Wszystkie (zarówno szczegółowe, jak i zagregowane) wyniki i informacje zawarto natomiast w Załączniku 11.3 do raportu.

W dalszej części tego rozdziału, wykorzystując dane i informacje zawarte w Załączniku 11.3, skupiono się na wskazaniu kategorii/grup kompetencji wspólnych dla różnych dziedzin (w podziale na aktualne zapotrzebowanie na kompetencje, kompetencje deficytowe oraz kluczowe kompetencje przyszłości). Analiza została przeprowadzona w oparciu o wyniki badania ilościowego z przedsiębiorcami dotyczące częstości wskazywania oraz oceny poszczególnych kompetencji/kwalifikacji w ramach wyróżnionych kategorii.

Aktualne zapotrzebowanie na kompetencje

Aktualne zapotrzebowanie na kompetencje jest wypadkową wielu tendencji i uwarunkowań demograficznych, społecznych i dotyczących rynku pracy. Przykładowo w związku z szybkim tempem zmiany wiedzy specjalistycznej znaczenie kompetencji ogólnych oraz szerokich podstaw teoretycznych z danej dziedziny wzrasta. Wartość kompetencji ogólnych jest mniej zależna od warunków technologicznych, ponadto umiejętności te zwiększają elastyczność kandydata do pracy, pozwalając mu dopasować się do różnych wymogów stanowiskowych. Jak wynika z raportu pt. *Analiza zapotrzebowania na kompetencje w gospodarce i na rynku pracy wraz z badaniem wartości docelowej wspólnego wskaźnika długoterminowego POWER w obszarze szkolnictwa wyższego* szczegółowe oczekiwania pracodawców różnią się w zależności od stanowiska, na jakie poszukuje się pracownika. Próbując jednak nieco uogólnić zróżnicowany obraz potrzeb kompetencyjnych, można wskazać kompetencje, które są ważne dla niemal wszystkich stanowisk specjalistycznych. **Są to: 1. współpraca w grupie, 2. bycie komunikatywnym i jasne przekazywanie myśli, 3. kreatywność (bycie innowacyjnym, generowanie nowych rozwiązań i pomysłów) oraz 4. łatwe nawiązywanie kontaktów**¹⁸⁴.

W ramach badania pt. *SMART SKILLS – ewaluacja potencjału i możliwości rozwoju kwalifikacji dla inteligentnej gospodarki*¹⁸⁵ elementem analizy zebranego materiału badawczego było określenie, które umiejętności i kwalifikacje są niezbędne do prawidłowej realizacji procesów biznesowych i zadań w firmach należących do poszczególnych KIS. Wnioski płynące z raportu wskazują, że **kompetencje miękkie** to grupa, która jest najbardziej istotna z perspektywy większości inteligentnych specjalizacji. Jak wskazano w raporcie: wysoka ocena istotności kompetencji miękkich jest również wynikiem specyfiki pracy w przedsiębiorstwach wpisujących się w inteligentne specjalizacje. Coraz częściej mamy bowiem do czynienia z projektami interdyscyplinarnymi, które zrzeszają liczne zespoły specjalistów o różnym profilu zawodowym. Odmierna wiedza oraz umiejętności pracowników muszą zostać połączone, aby firma mogła tworzyć innowacyjne produkty odpowiadające na potrzeby społeczeństwa. Zgodnie z wypowiedziami respondentów elementem umożliwiającym prawidłowe funkcjonowanie zespołów są właśnie wysoko rozwinięte kompetencje miękkie, pozwalające pracownikom adaptować się do zmiennego środowiska.

Również wyniki badania ilościowego z przedsiębiorcami przeprowadzonego w ramach niniejszego projektu wskazują, że **kompetencje społeczne** to te, których wysoki poziom jest aktualnie najbardziej

¹⁸⁴ <https://www.gov.pl/attachment/cb30c384-491d-4f94-8d3a-430a83367cce> (dostęp: 16.08.2023).

¹⁸⁵ https://www.parp.gov.pl/storage/publications/pdf/PARP_SMART-SKILLS-1_FINAL_15-11-2022.pdf (dostęp: 16.08.2023).

wymagany w przedsiębiorstwach działających w ramach wyróżnionych dziedzin i kluczowych obszarów. Przeprowadzona analiza top2box (sumująca dwie najwyższe odpowiedzi na skali) wykazała, że w co najmniej 8 na 10 firm działających w dziedzinie bezpieczeństwa i obronności, biotechnologii, cyfryzacji, energii, inteligentnego budownictwa, surowców, odpadów i środowiska oraz transportu wymagany jest wysoki i bardzo wysoki poziom kompetencji społecznych. Wśród nich należy wskazać m.in. następujące kategorie: „odpowiedzialność”, „umiejętność pracy zespołowej i współpracy”, „umiejętności managerskie/przywódcze” oraz „samorozwój/umiejętność uczenia się”.

Poniżej przedstawiono wnioski z analizy wyników badania ilościowego wśród przedsiębiorców dotyczące tego, na jakie kategorie kompetencji istnieje aktualnie największe zapotrzebowanie.

Tabela 8 Aktualne zapotrzebowanie na kompetencje w ocenie przedsiębiorców (beneficjentów PO IR)

Wiedza teoretyczna	Umiejętności praktyczne	Kompetencje społeczne
1. Wiedza z zakresu mechaniki/ budowy i eksploatacji maszyn/ materiałoznawstwa/ elektryki i elektroniki 2. Znajomość przepisów, procedur, standardów 3. Wiedza z zakresu planowania i organizacji pracy oraz procesów / zarządzania projektami / zarządzania ryzykami oraz sytuacjami kryzysowymi 4. Znajomość trendów rynkowych i nowych technologii oraz dobrych praktyk w tym zakresie 5. Znajomość specjalistycznych programów, systemów i narzędzi IT do sterowania maszynami 6. Wiedza z zakresu IT/ technologii komputerowych/ technologii chmurowych 7. Wiedza z zakresu baz danych, analizy danych, Big Data, blockchain 8. Wiedza z zakresu bezpieczeństwa cyfrowego 9. Wiedza z zakresu programowania/ znajomość języków programowania 10. Znajomość języków obcych	1. Umiejętności analityczne 2. Umiejętności techniczne 3. Umiejętność planowania, realizacji i optymalizacji procesów 4. Umiejętność tworzenia i rozwijania technologii/ nowych rozwiązań 5. Umiejętność pracy z danymi, analizy i prezentacji danych 6. Umiejętność stosowania technik pracy projektowej 7. Umiejętności programistyczne 8. Rozumienie dokumentacji technicznej i umiejętność stosowania jej w praktyce 9. Umiejętność stosowania nowoczesnych technologii i rozwiązań 10. Umiejętność projektowania rozwiązań i urządzeń 11. Umiejętność korzystania z maszyn i urządzeń 12. Umiejętność współpracy z innymi podmiotami	1. Odpowiedzialność 2. Umiejętność pracy zespołowej, współpracy 3. Umiejętności managerskie/ przywódcze 4. Samorozwój/ umiejętność uczenia się 5. Kreatywność 6. Komunikatywność 7. Interdyscyplinarność 8. Inicjatywność 9. Elastyczność 10. Umiejętność krytycznego myślenia 11. Umiejętność rozwiązywania problemów 12. Skrupulatność 13. Asertywność 14. Samodzielność 15. Umiejętność priorytetyzacji zadań 16. Opanowanie/ umiejętność radzenia sobie w trudnych sytuacjach

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ilościowego z przedsiębiorcami. Kompetencje i umiejętności zostały uszeregowane w tabeli od najważniejszych – na podstawie analizy wyników badania ilościowego.

Kompetencje deficytowe/luki kompetencyjne

Patrząc na problem luk kompetencyjnych w ujęciu globalnym warto przywołać wyniki badania przeprowadzonego przez firmę GoodHabit z z agencją badawczą Markteffect. Zostało ono zrealizowane wśród 24 235 pracowników na całym świecie, w tym w 12 krajach europejskich, trzech krajach Ameryki Łacińskiej i Australii. Raport *3 globalne trendy, które kształtują rynek pracy* zapewnia wgląd w ewolucję umiejętności i kompetencji, na które jest popyt na świecie. Dane z badania wskazują, że istnieją dwa kluczowe obszary, w których pracownicy z trudem nadążają: **umiejętności cyfrowe i umiejętności miękkie**. Wraz z pojawiającymi się technologiami i narzędziami cyfrowymi odgrywającymi coraz większą rolę w miejscu pracy, pracownicy, którzy nie są dobrze zorientowani w analizie danych, urządzeniach cyfrowych i usługach komunikacji online, ryzykują pozostaniem w tyle. Podobnie pracownicy, którym brakuje umiejętności miękkich, takich jak komunikacja, praca zespołowa i przywództwo, mogą mieć trudności z budowaniem silnych relacji ze współpracownikami i klientami, radzeniem sobie w złożonych sytuacjach i ostatecznie odniesieniem sukcesu. Wyniki badania przeprowadzonego przez GoodHabit wskazują, że 61% pracowników na całym świecie uważa, że musi podnieść swoje kompetencje lub przekwalifikować się, aby odnieść sukces w przyszłości. Największe luki kompetencyjne widoczne są w krajach Ameryki Łacińskiej. Za nimi znajdują się Hiszpania i Portugalia¹⁸⁶.

W Polsce istnieje wiele źródeł danych, na których można oprzeć się podczas identyfikowania braków/luk kompetencyjnych. Wystarczy w tym przypadku wymienić choćby coroczne badanie Bilansu Kapitału Ludzkiego czy badania branżowe. Problemem zatem nie jest ilość dostępnych danych, ale brak integracji i porównania ze sobą wyników różnych badań, dokonania na ich podstawie syntezy, sformułowania wniosków i rekomendacji oraz ich realne wykorzystanie w projektowaniu polityk publicznych.

Z badania ilościowego przeprowadzonego z przedstawicielami firm działających w wyróżnionych w projekcie dziedzinach wynika, że **niemal ¾ z nich napotyka problemy w związku z rekrutacją pracownika/ów do firmy**. Szczególnie dotyczy to przedsiębiorstw funkcjonujących w dziedzinie: rolnictwa, transportu, zdrowia, inteligentnego budownictwa i biotechnologii.

Zapotrzebowanie na kompetencje jest zależne od kondycji gospodarki i sytuacji na rynku pracy. Wobec poważnych trudności rekrutacyjnych, jakich doświadczają pracodawcy, kwestie deficytów kompetencyjnych, choć istotne, schodzą na dalszy plan. W sytuacji niedoborów kadrowych, które występują zwłaszcza w dużych miastach, obniża się wymogi wobec kandydata, godząc się na jego braki kompetencyjne i planując ich uzupełnienie w miejscu pracy.

Ponad połowa przedstawicieli przedsiębiorstw (58,7%), które prowadziły w ciągu ostatniego roku rekrutację oceniła, że kandydaci, którzy się zgłaszali w procesie rekrutacji nie posiadali w większości wymaganych kwalifikacji/kompetencji. Na problem braku specjalistów zwracali szczególnie uwagę przedstawiciele przedsiębiorstw działających w dziedzinie rolnictwa, automatyzacji i robotyzacji oraz bezpieczeństwa i obronności. Zdecydowanie lepiej sytuacja wygląda w dziedzinie surowców, odpadów i środowiska, transportu i inteligentnego budownictwa, gdzie mniej więcej połowa przedsiębiorstw doświadczyła problemów z brakiem specjalistów spełniających wymagania, ale taki sam odsetek deklaruje, że takich problemów nie doświadczali, co oznacza, że w procesie rekrutacji zgłaszali się do nich kandydaci spełniający wymagania. Badane przedsiębiorstwa oceniają, że główne luki kompetencyjne dotyczą umiejętności praktycznych. Aż 86,1% firm, do których zgłosili się kandydaci nie spełniający wymogów wskazało właśnie na braki w posiadanych umiejętnościach praktycznych.

¹⁸⁶ <https://ceo.com.pl/luka-kompetencyjna-w-polsce-ponad-polowa-pracownikow-uwaza-ze-brakuje-im-umiejtnosci-82152> (dostęp: 16.08.2023)

Największe deficyty występują w dziedzinie rolnictwa, automatyzacji i robotyzacji, biotechnologii, energii, bezpieczeństwa i obronności.

Poniżej przedstawiono wnioski z analizy wyników badania ilościowego wśród przedsiębiorców dotyczące kompetencji deficytowych (tj. kompetencji, których nie posiadali kandydaci do pracy).

Tabela 9 Kompetencje deficytowe w ocenie przedsiębiorców (beneficjentów PO IR)

Wiedza teoretyczna	Umiejętności praktyczne	Kompetencje społeczne
1. Wiedza z zakresu mechaniki/ budowy i eksploatacji maszyn/ materiałoznawstwa/ elektryki i elektroniki 2. Wiedza z zakresu planowania i organizacji pracy oraz procesów / zarządzania projektami / zarządzania ryzykami oraz sytuacjami kryzysowymi 3. Znajomość trendów rynkowych i nowych technologii oraz dobrych praktyk w tym zakresie 4. Znajomość przepisów, procedur, standardów 5. Wiedza z zakresu programowania/ znajomość języków programowania 6. Znajomość specjalistycznych programów, systemów i narzędzi IT do sterowania maszynami 7. Wiedza z zakresu IT/ technologii komputerowych/ technologii chmurowych 8. Wiedza z zakresu AI, algorytmów i uczenia maszynowego 9. Znajomość rysunku technicznego	1. Umiejętności analityczne 2. Umiejętność tworzenia i rozwijania technologii/ nowych rozwiązań 3. Umiejętności techniczne 4. Umiejętność planowania, realizacji i optymalizacji procesów 5. Umiejętności programistyczne 6. Umiejętność stosowania technik pracy projektowej 7. Umiejętność korzystania z maszyn i urządzeń 8. Umiejętność pracy z danymi, analizy i prezentacji danych 9. Umiejętność projektowania rozwiązań i urządzeń 10. Umiejętności manualne 11. Rozumienie dokumentacji technicznej i umiejętność stosowania jej w praktyce	1. Umiejętność pracy zespołowej, współpracy 2. Odpowiedzialność 3. Interdyscyplinarność 4. Kreatywność 5. Inicjatywność 6. Komunikatywność 7. Umiejętność krytycznego myślenia 8. Elastyczność 9. Asertywność 10. Samodzielność 11. Samorozwój/ umiejętność uczenia się 12. Umiejętności managerskie/ przywódcze 13. Umiejętność zarządzania czasem 14. Inteligencja emocjonalna

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ilościowego z przedsiębiorcami. Kompetencje i umiejętności zostały uszeregowane w tabeli od najważniejszych – na podstawie analizy wyników badania ilościowego.

Kompetencje przyszłości

Kompetencje przyszłości to szeroko rozumiane zdolności do podejmowania określonych działań i wykonywania zadań z zastosowaniem efektów uczenia się oraz własnych doświadczeń, które zostały przez danego pracownika nabyte intencjonalnie oraz nieintencjonalnie.¹⁸⁷ Publikowane dotychczas raporty dotyczące takich kompetencji wskazują, że zdecydowana większość pracowników będzie

¹⁸⁷ Standardy kształcenia kompetencji przyszłości, Platforma Przemysłu Przyszłości, 2022.

wymagała przekwalifikowania lub zdobycia dodatkowych kompetencji. Wynika to głównie ze zmian technologicznych, procesów automatyzacji i robotyzacji, które potrafią wykonywać coraz więcej obowiązków – przede wszystkim powtarzalnych i czasochłonnych dla człowieka. W warunkach transformacji cyfrowej kluczowym zasobem staje się wiedza, a kluczową kompetencją ludzi i organizacji – sposób i szybkość jej pozyskiwania i wykorzystywania. Na rynku pracy kształtowanym przez procesy automatyzacji i digitalizacji odnajdą się tacy pracownicy, którzy bazując na zaawansowanych kompetencjach poznawczych, społecznych i technicznych (w tym cyfrowych) będą potrafili dostosowywać profil swoich umiejętności do szybko zmieniających się oczekiwań pracodawców. Poniżej przedstawiono wnioski z analizy wyników badania ilościowego wśród przedsiębiorców dotyczące tego, jakie kompetencje postrzegają oni jako kompetencje przyszłości – co istotne, dla znacznego uproszczenia wyników analizę przeprowadzono na poziomie kategorii kompetencji, a nie kompetencji szczegółowych dla poszczególnych dziedzin. Wnioski te uzupełniono dodatkowo o wyniki innych badań i analiz w analogicznym zakresie przedmiotowym.

Tabela 10 Kompetencje przyszłości w ocenie przedsiębiorców (beneficjentów PO IR)

Wiedza teoretyczna	Umiejętności praktyczne	Kompetencje społeczne
1. Specjalistyczna wiedza dziedzinowa 2. Znajomość trendów rynkowych i nowych technologii oraz dobrych praktyk w tym zakresie 3. Wiedza z zakresu mechaniki/ budowy i eksploatacji maszyn/ materiałoznawstwa/ elektryki i elektroniki 4. Wiedza z zakresu AI, algorytmów i uczenia maszynowego 5. Wiedza z zakresu programowania/ znajomość języków programowania 6. Wiedza z zakresu planowania i organizacji pracy oraz procesów / zarządzania projektami / zarządzania ryzykiem oraz sytuacjami kryzysowymi 7. Wiedza z zakresu IT/ technologii komputerowych/ technologii chmurowych 8. Znajomość przepisów, procedur, standardów 9. Znajomość specjalistycznych programów, systemów i narzędzi IT do sterowania maszynami	1. Umiejętności specjalistyczne dla dziedzin 2. Umiejętność planowania, realizacji i optymalizacji procesów 3. Umiejętność tworzenia i rozwijania technologii/ nowych rozwiązań 4. Umiejętności analityczne 5. Umiejętności techniczne 6. Umiejętności programistyczne 7. Umiejętność stosowania nowoczesnych technologii i rozwiązań 8. Umiejętność stosowania technik pracy projektowej 9. Umiejętność korzystania z maszyn i urządzeń 10. Umiejętność wykorzystywania sztucznej inteligencji 11. Umiejętność pracy z danymi, analizy i prezentacji danych	1. Kreatywność 2. Interdyscyplinarność 3. Samorozwój/ umiejętność uczenia się 4. Umiejętność pracy zespołowej, współpracy 5. Odpowiedzialność 6. Komunikatywność 7. Umiejętność rozwiązywania problemów 8. Elastyczność 9. Samodzielność 10. Inicjatywność 11. Umiejętności managerskie/ przywódcze 12. Umiejętność krytycznego myślenia

Wiedza teoretyczna	Umiejętności praktyczne	Kompetencje społeczne
10. Wiedza z zakresu bezpieczeństwa cyfrowego 11. Wiedza z zakresu baz danych, analizy danych, Big Data, blockchain		

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ilościowego z przedsiębiorcami. Kompetencje i umiejętności zostały uszeregowane w tabeli od najważniejszych – na podstawie analizy wyników badania ilościowego.

Wskazane wyżej kompetencje można uznać za kompetencje przekrojowe/horyzontalne – przenikają one bowiem większość, a w części przypadków wszystkie, dziedziny zidentyfikowane i analizowane w ramach przedmiotowego badania. W załączniku do raportu można zidentyfikować szczegółowe kompetencje dziedzinowe – będące składowymi tych powyższych kategorii oraz szczegółowe kompetencje specjalistyczne (dedykowane poszczególnym dziedzinom).

Prowadzone wywiady jakościowe z przedstawicielami SRK czy KKK wskazują, że w większości przypadków kompetencje identyfikowane oddolnie przez przedsiębiorców są tożsame z tymi, które są wskazywane przez interesariuszy posiadających znacznie większą wiedzę kontekstową w tym zakresie. Przykładowo, w wywiadach pogłębionych zwracano uwagę na rosnące znaczenie wiedzy i umiejętności związanych z AI, analizą dużych zbiorów danych i wyciąganiem wniosków z takich analiz, cyber zagrożeniami i cyberbezpieczeństwem. Wskazania te wskazują, że szczególnego znaczenia nabierają wszystkie kompetencje cyfrowe, jednak nie kompetencje podstawowe, a dość zaawansowane.

Dostępne analizy i raporty również szeroko podejmują wątek kompetencji przyszłości. Przykładowo w opracowaniach EY wskazywane są następujące:

- **umiejętności przyszłości**, jak: innowacyjne i analityczne myślenie, aktywne uczenie się, zdolność do rozwiązywania złożonych problemów, krytyczne myślenie, kreatywność, umiejętność korzystania z nowych technologii i ich projektowania, umiejętności przywódcze, umiejętność programowania, zaawansowane umiejętności analityczne, zdolność do przetwarzania złożonych informacji, odporność na stres, elastyczność, a także zdolność do szybkiego i sprawnego wnioskowania oraz tworzenia idei;
- **kompetencje techniczne**¹⁸⁸: analityka i statystyka, umiejętności cyfrowe z zakresu STEM (ang. science, technology, engineering, math); zdolność do kreowania nowych technologii, we współpracy z systemami opartymi na uczeniu maszynowym i AI;
- **kompetencje miękkie**: empatia, kreatywność, negocjowanie i zdolność do zarządzania dynamiką grupy, z jednoczesną odpornością na zmiany technologiczne, perswazja.¹⁸⁹

Eksperti Obserwatorium Kompetencji Przyszłości Fundacji Platforma Przemysłu Przyszłości w najnowszym raporcie „z badań empirycznych w zakresie kompetencji i zawodów przyszłości”¹⁹⁰ wskazali, że kluczowego znaczenia nabierają kompetencje, które odróżniają pracę człowieka od pracy systemów informatycznych, robotów czy sztucznej inteligencji. Ponieważ w tych obszarach człowiek będzie wciąż trudny do zastąpienia, zostały one nazywane kompetencjami przyszłości. Zalicza się do nich:

¹⁸⁸ Bazują one na zapleczu zarówno teoretycznym, jak i praktycznym. W grupie tej wyróżnia się więc bardzo konkretne i precyzyjne umiejętności, które przydadzą się na specjalistycznych stanowiskach.

¹⁸⁹ https://www.ey.com/pl_pl/workforce/kompetencje-przyszlosci (dostęp: 21.07.2023).

¹⁹⁰ Włoch R., Śledziwska K., Kompetencje przyszłości. Jak je kształtować w elastycznym ekosystemie edukacyjnym, 2022.

- **kompetencje poznawcze** – potocznie nazywane kompetencjami myślenia. Jest to pojęcie bardzo szerokie, obejmujące zarówno kreatywność, krytyczne myślenie, elastyczność poznawcza, jak i logiczne rozumowanie i rozwiązywanie złożonych problemów.
- **kompetencje społeczne** – są niezbędne w środowisku pracy, które wymaga kontaktu z drugim człowiekiem, pracy zespołowej lub zarządzania ludźmi. Należą do nich: efektywna współpraca w grupie, przywództwo i przedsiębiorczość oraz inteligencja emocjonalna.
- **kompetencje cyfrowe i techniczne** – to umiejętności tzw. twarde, np. inżynierskie. Szczególnie ważne są kompetencje cyfrowe, które nabierają podstawowego znaczenia. Nie ograniczają się jedynie do programowania czy analizy danych, ale obejmują szeroki zakres umiejętności od cyfrowego rozwiązywania problemów po wiedzę z zakresu prywatności czy cyberbezpieczeństwa.

W innym raporcie ekspertów Platformy Przemysłu Przyszłości¹⁹¹ stworzono bardziej rozbudowany katalog kompetencji przyszłości, dzieląc je również na trzy grupy:

- **poznawcze (kognitywne):**
 - wnioskowanie (umiejętność znajdowania głębszego znaczenia i sensu zjawisk, dostrzegania i nadawania znaczeń, które nie są widoczne na pierwszy rzut oka)
 - nieszablonowe myślenie i kreatywna adaptacja rozwiązań (umiejętność tworzenia rozwiązań innych niż już istniejące czy oparte na znanych zasadach i schematach, umiejętność szybkiego reagowania na zmiany)
 - analiza danych związana z użyciem technologii (umiejętność przetwarzania dużych zbiorów danych w celu uzyskania informacji i wiedzy, pozwalającej na argumentację opartą na liczbach, umiejętność rozumowania i wnioskowania opartego na danych)
 - interdyscyplinarność (biegłość w rozumieniu i łączeniu pojęć oraz koncepcji pochodzących z różnych dziedzin)
 - myślenie projektowe (umiejętność dostosowywania sposobu postrzegania i myślenia do wykonywanych zadań, umiejętność przełożenia skomplikowanych zadań na szereg prostych, wzajemnie powiązanych działań, których realizacja prowadzi do pożądaných efektów)
 - umiejętność analizy i oceny ryzyka (np. ryzyka środowiskowego, ryzyka finansowego, ryzyka bezpieczeństwa pracy itp.)
 - odpowiedzialne podejmowanie decyzji (wiedza nt. etycznych i prawnych aspektów działalności biznesowej, umiejętność identyfikowania problemów etycznych w działalności biznesowej, zdolność do krytycznej analizy i oceny działań biznesowych z uwzględnieniem takich aspektów, jak szacunek, odpowiedzialność, uczciwość, troska i dobro społeczne)
- **techniczne oraz w zakresie posługiwania się informacją i wiedzą i zarządzania nimi:**
 - biegłość w obsłudze nowych mediów (umiejętność tworzenia i obsługi nowych form przekazu, np. filmów internetowych, blogów, prezentacji, portali; zdolność do krytycznej oceny treści prezentowanych w mediach, w tym społecznościowych, umiejętność tworzenia wizualnie stymulujących prezentacji, które angażują i przekonują odbiorców)

¹⁹¹ Standardy kształcenia kompetencji przyszłości, Platforma Przemysłu Przyszłości, 2022.

- zarządzanie przeciążeniem informacyjnym (umiejętność filtrowania istotnych informacji, umiejętność pracy w tzw. szumie informacyjnym, zdolność do maksymalizowania zdolności poznawczych przy pomocy dostępnych narzędzi i technik)
 - zdolność integracji stanowisk zrobotyzowanych, zdolność pracy na linii człowiek-maszyna (współpraca z maszynami, kobotyka – robotyka kooperacyjna)
 - programowanie (tworzenie algorytmów i programów urządzeń przemysłowych, komputerów i urządzeń mobilnych oraz zarządzanie bazami danych z wykorzystaniem różnorodnych języków programowania)
- **społeczne**
 - uczenie się przez całe życie (podnoszenie kwalifikacji i dokształcanie się po zakończeniu edukacji formalnej, umiejętność zwiększania własnych zasobów kompetencyjnych, a w konsekwencji własnej atrakcyjności i wartości na rynku pracy)
 - inteligencja społeczna (umiejętność budowania głębokich, opartych na zaufaniu relacji z innymi ludźmi, umiejętność rozumienia ich potrzeb, empatia, wyczucie i stymulowanie pożądanych interakcji interpersonalnych i społecznych)
 - praca w zespole wielokulturowym (umiejętność działania w kulturowo zróżnicowanym środowisku oparta m.in. na znajomości języków obcych; umiejętność adaptacji do zmieniających się warunków, umiejętność wyczuwania zróżnicowanego kontekstu kulturowego i reagowania na niego)
 - efektywna praca w zespołach wirtualnych (umiejętność budowania zaangażowania, bycia liderem wirtualnego zespołu, motywowanie przestrzennie rozproszonych pracowników, umiejętność efektywnej pracy z wykorzystaniem komunikatorów, wirtualnych platform itp.)
 - przedsiębiorczość społeczna (umiejętność projektowania przedsiębiorstw społecznych, umiejętność dostrzegania problemów społecznych i proponowania nowatorskich rozwiązań ukierunkowanych na ich rozwiązywanie, łączenie działalności biznesowej z działalnością pożytku publicznego).

Mając na uwadze powyższe, nie można się nie zgodzić z głosami ekspertów, że **kompetencje przyszłości powinny być kształtowane w ramach szerokiego i elastycznego ekosystemu edukacyjnego nastawionego na kształcenie ustawiczne**. Podstawową strukturę takiego ekosystemu tworzyć muszą instytucje zapewniające edukację formalną, rozumianą jako naukę w szkole i na uczelni, ale niezbędną rolę odgrywać muszą w nim także wszelkie organizacje dostarczające możliwości edukacji pozaformalnej i nieformalnej: pracodawcy, organizacje pozarządowe, dostawcy kursów offline i online, społeczności lokalne itp. **Niezbędne jest zatem zaangażowanie uczelni we współpracę z innymi podmiotami tworzącego się ekosystemu edukacyjnego, zwłaszcza z pracodawcami, instytucjami publicznymi i organizacjami pozarządowymi poprzez włączenie ich w proces tworzenia treści, formy i celu misji dydaktycznej uczelni.** Jest to o tyle istotne, że w kontekście postępującej zmiany technologicznej sprawne funkcjonowanie ekosystemu edukacyjnego, umożliwiające pracownikom szybkie i efektywne nabywanie nowych kompetencji i umiejętności, staje się wyznacznikiem sukcesu polskich pracodawców, a zatem również całej gospodarki.¹⁹²

¹⁹² Włoch R., Śledziwska K., Kompetencje przyszłości. Jak je kształtować w elastycznym ekosystemie edukacyjnym, 2022.

Współpraca taka oraz działania kierowane do osób dorosłych w zakresie kształtowania kompetencji mogą być skutecznie podejmowane np. w ramach tzw. trzeciej misji uczelni. Przykładem może być konkurs nr POWR.03.01.00-IP.08-00-3MU/18 na realizację „Trzeciej Misji Uczelni” w ramach POWER. Zgodnie z założeniami konkursu w ramach dofinansowanych projektów mogły być realizowane wyłącznie takie programy kształcenia, działania dydaktyczne, kursy i szkolenia, które umożliwiały ich uczestnikom nabycie kompetencji kluczowych. Kompetencje kluczowe w literaturze przedmiotu najczęściej rozumie się jako takie, które: umożliwiają samorealizację (rozwój osobisty), zatrudnienie i włączenie społeczne, kierowanie życiem w sposób sprzyjający zdrowiu, podnoszą adaptacyjność i skuteczność radzenia sobie ze zmianami zachodzącymi w bliższym i dalszym otoczeniu społecznym jednostki, utrzymują jednostkę (w długiej perspektywie czasu) w aktywności (zawodowej, społecznej, obywatelskiej)¹⁹³. Przeprowadzona ocena tego konkursu¹⁹⁴ wskazała, że działania realizowane w projektach okazały się skuteczne, trafne i użyteczne – w dużym stopniu odpowiadały na potrzeby uczestników projektów. Analiza treści FERS wskazuje, że podobne działania (przede wszystkim kierowane do osób dorosłych) będą kontynuowane w perspektywie 2021-2027. **Rekomenduje się, by w ramach prowadzonych projektów trzeciej misji uczelni uwzględniać zarówno szczegółowe kompetencje kluczowe, deficytowe i przyszłości z punktu widzenia rozwoju poszczególnych dziedzin** (o których mowa w rozdziale 5 raportu), jak też przekrojowe kategorie **kompetencji deficytowych i przyszłości** wskazywanych wyżej w przedmiotowym rozdziale. Poza tego typu przedsięwzięciami, przedsiębiorstwa mogą także korzystać ze środków EFS, m.in. programu ERASMUS+, który to włącza działania wspierające kształcenie zawodowe i kształcenie dorosłych.

Ponadto, rekomenduje się także szersze wykorzystywanie (m.in. w ramach projektów trzeciej misji uczelni, ale także poza nimi) narzędzia mikro kwalifikacji (a co za tym idzie: mikro poświadczeń). Mikro kwalifikacje umożliwiają ukierunkowane zdobywanie (ale przede wszystkim potwierdzanie) umiejętności i kompetencji, które są dostosowane do szybko zmieniającego się społeczeństwa i rynku pracy, a jednocześnie nie zastępują tradycyjnych kwalifikacji. W całej Europie szybko upowszechniają się bowiem krótkie kursy oferujące naukę i zdobywanie doświadczenia, organizowane przez różne podmioty publiczne i prywatne w reakcji na potrzebę bardziej elastycznych form kształcenia i szkolenia, zorientowanych na osoby uczące się. W tym kontekście warto zaznaczyć, że 16 czerwca 2022 r. Rada Unii Europejskiej (UE) przyjęła zalecenie w sprawie europejskiego podejścia do mikro poświadczeń na potrzeby uczenia się przez całe życie i zdolności do zatrudnienia. Celem zalecenia jest usprawnienie tworzenia, wdrażania i uznawania mikro poświadczeń w różnych instytucjach, firmach, sektorach i krajach. Mikro poświadczenia są właśnie potwierdzeniem wyników w nauce osiągniętych w ramach krótkiego doświadczenia edukacyjnego (np. kursu lub szkolenia).

Poza kształceniem kompetencji/ kwalifikacji deficytowych i przyszłości, istotne będzie także zapewnienie odpowiedniej liczby specjalistów w obszarach, których znaczenie w kolejnych latach będzie rosnąć. Wg. raportu PARP (bazującego na wynikach prac ekspertów Personnel Service), do 2028 r. na popularności zyska pięć zawodów. Rozwój technologii i poszukiwanie zrównoważonych źródeł energii przyczynią się do wzrostu zapotrzebowania na specjalistów od energii odnawialnej. Jednocześnie, w związku z postępującą digitalizacją, będzie rósł popyt na ekspertów ds. cyberbezpieczeństwa. Rozwój technologii genetycznych i biologicznych będzie generował zapotrzebowanie na inżynierów bioinformatyki, odpowiedzialnych za analizę i interpretację danych genetycznych. Pandemia przyczyniła się do popularności nauki zdalnej, co wiąże się z potrzebą zatrudnienia specjalistów ds. edukacji online. Zmieniający się styl życia i rosnące wyzwania związane ze

¹⁹³ Na podst. Zalecenia Rady z dnia 22 maja 2018 r. w sprawie kompetencji kluczowych w procesie uczenia się przez całe życie (Tekst mający znaczenie dla EOG) (2018/C 189/01). Dziennik Urzędowy UE.

¹⁹⁴ Ocena realizacji i pierwszych efektów konkursu „Trzecia Misja Uczelni” w ramach PO WER, Działanie 3.1 Kompetencje w szkolnictwie wyższym, EVALU Sp. z o.o., Ecorys Polska Sp. z o.o., 2023.

zdrowiem psychicznym sprawiają, że już teraz brak specjalistów od zdrowia psychicznego, w tym psychologów i psychiatrów, a potrzeby w tym zakresie będą rosły. W ciągu najbliższych 10 lat rozwój sztucznej inteligencji spowoduje wzrost popytu na specjalistów od sztucznej inteligencji (AI). Będą oni odpowiedzialni za projektowanie, wdrażanie i zarządzanie tą zaawansowaną technologią. Rozwój technologii edycji genów otworzy przed medycyną i innymi dziedzinami nauki nowe możliwości. Pozwoli on na precyzyjne modyfikacje DNA, które mają ogromny potencjał w leczeniu i zapobieganiu wielu chorobom dziedzicznym oraz schorzeniom o podłożu genetycznym. W związku z tym, będzie rósł popyt na specjalistów ds. edycji genów. Stopniowe upowszechnianie kryptowalut i technologii blockchain spowoduje rosnące zapotrzebowanie na ekonomistów kryptowalut. Z kolei rozwój technologii produkcji żywności, jak mięso z hodowli komórkowej, doprowadzi do powstania nowych stanowisk pracy, m.in. technologów żywności. Wyzwaniem nadal pozostaną zmiany klimatu i kwestie zrównoważonego rozwoju. Toteż wzrośnie również zapotrzebowanie na specjalistów od zmian klimatu. Z kolei za 15 lat kwestie etyczne związane z sztuczną inteligencją staną się tak skomplikowane i ważne, że zwiększy się popyt na specjalistów od etyki AI. Sztuczna inteligencja już teraz jest zasilana ogromną ilością danych stąd kuratorzy danych będą na wagę złota. Kluczowym aspektem w dziedzinie klimatu będzie zrozumienie i skuteczne zarządzanie konsekwencjami zmian klimatycznych. W związku z tym, powstanie zapotrzebowanie na specjalistów ds. adaptacji klimatycznej. Również będzie rosnąć popyt na inżynierów biomedycznych, którzy będą odpowiedzialni za projektowanie i wdrażanie terapii genowych. W miarę postępującej zaawansowanej eksploracji kosmicznej, kluczową rolę będą odgrywać inżynierowie terraformacji, którzy będą uczestniczyli w opracowywaniu i adaptacji zaawansowanych technologii, zapewniających załogom kosmicznym odpowiednią ochronę oraz umożliwiających przystosowanie się do ekstremalnych warunków panujących w przestrzeni kosmicznej.¹⁹⁵ Identyfikowanie i aktualizowanie zawodów przyszłości wymaga bieżącego reagowania ze strony systemu kształcenia ustawicznego (przede wszystkim na poziomie wyższym) – tak, by w efekcie system ten tworzył odpowiednie kierunki studiów, których ukończenie zapewni podaż specjalistów w takich zawodach. **Rekomenduje się zatem stałe dostosowywanie oferty dydaktycznej uczelni do przewidywanych, przyszłych potrzeb rynkowych (identyfikowanych w ramach niezależnych badań i analiz rynku pracy). Równolegle powinny być prowadzone działania zachęcające młodzież do wybierania określonych kierunków studiów (działania informacyjne, promocyjne, ale także zachęty finansowe – np. w formie dodatkowych stypendiów).**

Poniżej zaprezentowano **infografiki, które stanowią podsumowanie powyżej przedstawionych informacji** – przede wszystkim wyników badania ilościowego. Dla zapewnienia większej czytelności, **informacje te zaprezentowano osobno dla każdej z trzech składowych kompetencji** (tj. wiedzy teoretycznej, umiejętności praktycznych, kompetencji społecznych). Dodatkowo, na każdej z tych infografik:

- oznaczono obecnie wymagany poziom danej kompetencji;
- wskazano, które z kompetencji uznano za deficytowe (stanowiące lukę kompetencyjną);
- oznaczono kompetencje, wobec których prognozowany jest dalszy wzrost poziomu ich znaczenia (kompetencje przyszłości).

¹⁹⁵ Rynek pracy, edukacja, kompetencje. Aktualne trendy i wyniki badań, PARP, 2023.

Rysunek 4 Wiedza teoretyczna – kompetencje kluczowe, deficytowe oraz przyszłości

 WIEDZA TEORETYCZNA			
★★★★	Wiedza z zakresu mechaniki/ budowy i eksploatacji maszyn/ materiałoznawstwa/ elektryki i elektroniki	!	
★★★★	Znajomość przepisów, procedur, standardów	!	
★★★★	Wiedza z zakresu planowania i organizacji pracy oraz procesów / zarządzania projektami / ryzykami oraz sytuacjami kryzysowymi	!	
★★★★	Znajomość trendów rynkowych i nowych technologii oraz dobrych praktyk w tym zakresie	!	
☆★★★★	Znajomość specjalistycznych programów, systemów i narzędzi IT do sterowania maszynami		
☆★★★★	Wiedza z zakresu IT/ technologii komputerowych/ technologii chmurowych		
☆★★★★	Wiedza z zakresu baz danych, analizy danych, Big Data, blockchain		
☆☆★★	Wiedza z zakresu bezpieczeństwa cyfrowego		
☆☆★★	Wiedza z zakresu programowania/ znajomość języków programowania		
☆☆★★	Znajomość języków obcych		
☆☆☆☆	Wiedza z zakresu AI, algorytmów i uczenia maszynowego		
☆☆☆☆	Znajomość narzędzi do projektowania rozwiązań		
☆☆☆☆	Znajomość rysunku technicznego		
☆☆☆☆	Posiadanie uprawnień, certyfikatów, odpowiedniego wykształcenia		
LEGENDA			
★★★★	Obecnie wymagany poziom kompetencji/ kwalifikacji (im więcej gwiazdek, tym wyższe zapotrzebowanie)		
!	Zidentyfikowane deficyty kompetencji/ kwalifikacji (luki kompetencyjne)		
	Prognozowany dalszy wzrost poziomu znaczenia danej kompetencji/ kwalifikacji (kompetencje przyszłości)		

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ilościowego z przedsiębiorcami.

Rysunek 5 Umiejętności praktyczne – kompetencje kluczowe, deficytowe oraz przyszłości

 UMIEJĘTNOŚCI PRAKTYCZNE			
★★★★	Umiejętności analityczne	!	
★★★★	Umiejętności techniczne	!	
★★★★	Umiejętność planowania, realizacji i optymalizacji procesów	!	
★★★★	Umiejętność tworzenia i rozwijania technologii/ nowych rozwiązań	!	
★★★★	Umiejętność pracy z danymi, analizy i prezentacji danych		
☆★★★★	Umiejętność stosowania technik pracy projektowej		
☆★★★★	Umiejętności programistyczne		
☆★★★★	Rozumienie dokumentacji technicznej i umiejętność stosowania jej w praktyce		
☆☆★★	Umiejętność stosowania nowoczesnych technologii i rozwiązań		
☆☆★★	Umiejętność projektowania rozwiązań i urządzeń		
☆☆★★	Umiejętność korzystania z maszyn i urządzeń		
☆☆★★	Umiejętność współpracy z innymi podmiotami		
☆☆☆★	Umiejętność stosowania/wdrażania technologii ekologicznych oraz zasad GOZ		
☆☆☆★	Umiejętność stosowania właściwych przepisów prawa i regulacji		
☆☆☆★	Umiejętność wykorzystywania sztucznej inteligencji		
☆☆☆★	Umiejętności manualne		
LEGENDA			
★★★★	Obecnie wymagany poziom kompetencji/ kwalifikacji (im więcej gwiazdek, tym wyższe zapotrzebowanie)		
! ☆	Zidentyfikowane deficyty kompetencji/ kwalifikacji (luki kompetencyjne)		
	Prognozowany dalszy wzrost poziomu znaczenia danej kompetencji/ kwalifikacji (kompetencje przyszłości)		

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ilościowego z przedsiębiorcami.

Rysunek 6 Kompetencje społeczne – kompetencje kluczowe, deficytowe oraz przyszłości

 KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
★★★★★	Odpowiedzialność	!	
★★★★★	Umiejętność pracy zespołowej, współpracy	!	
★★★★★	Umiejętności managerskie/ przywódcze		
★★★★★	Samorozwój/ umiejętność uczenia się		
★★★★★	Kreatywność	!	
★★★★★	Komunikatywność	!	
☆★★★★	Interdyscyplinarność	!	
☆★★★★	Inicjatywność	!	
☆★★★★	Elastyczność		
☆★★★★	Umiejętność krytycznego myślenia	!	
☆★★★★	Umiejętność rozwiązywania problemów		
☆☆★★★	Skrupulatność		
☆☆★★★	Asertywność		
☆☆★★★	Samodzielność		
☆☆★★★	Umiejętność priorytetyzacji zadań		
☆☆★★★	Opanowanie/ umiejętność radzenia sobie w trudnych sytuacjach		
☆☆☆☆★	Umiejętność zarządzania czasem		
☆☆☆☆★	Odporność na stres		
☆☆☆☆★	Rzetelność		
☆☆☆☆★	Inteligencja emocjonalna		
☆☆☆☆★	Umiejętność praktycznego wykorzystania wiedzy		
☆☆☆☆★	Dzielenie się wiedzą		
LEGENDA			
★★★★★	Obecnie wymagany poziom kompetencji/ kwalifikacji (im więcej gwiazdek, tym wyższe zapotrzebowanie)		
!	Zidentyfikowane deficyty kompetencji/ kwalifikacji (luki kompetencyjne)		
	Prognozowany dalszy wzrost poziomu znaczenia danej kompetencji/ kwalifikacji (kompetencje przyszłości)		

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ilościowego z przedsiębiorcami.

10 ZALECENIA ODNOSZĄCE SIĘ DO SYSTEMU KIS ORAZ WSPARCIA EKOSYSTEMU INNOWACJI W POLSCE

Poniższa część raportu przedstawia zalecenia sformułowane na podstawie wniosków z badania, których wdrożenie jest pożądane z punktu widzenia rozwoju technologicznego Polski. Pierwsza część zawiera zalecenia dla Krajowej Inteligentnej Specjalizacji i odnosi się do poszczególnych dziedzin identyfikowanych w raporcie jako kluczowe. W dalszej kolejności zaprezentowano zalecenia dotyczące procesu tworzenia i monitorowania KIS. Ostatnia tabela zawiera zalecenia formułowane w szerszej skali i dotyczące działań na rzecz wsparcia ekosystemu innowacji w Polsce.

10.1 Zalecenia odnoszące się do zapisów Krajowej Inteligentnej Specjalizacji



AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA

Modyfikacja układu KIS 11 Automatyzacja i robotyka poprzez odejście od opisu „procesualnego” (przedstawiającego etapy procesu tworzenia robotów i systemów automatyzacyjnych) i przyjęcie opisu skupionego wokół obszarów kluczowych charakteryzujących się największym potencjałem wzrostowym. Obecny układ KIS jest zbyt szeroki i pokrywa się swoim zakresem z innymi KIS. Wprowadzenie proponowanego rozwiązania służyć będzie nie tylko wzmocnieniu wsparcia kluczowych obszarów, ale również przyczyni się do większej klarowności w zakresie podziału KIS.



BEZPIECZEŃSTWO I OBRONNOŚĆ

Uwzględnienie w KIS technologii kosmicznych – do rozważenia utworzenie odrębnej KIS poświęconej innowacyjnym technologiom kosmicznym (obejmującej zakres wskazany w Polskiej Strategii Kosmicznej), lub silniejsze uwzględnienie tych technologii w ramach obecnych KIS:

- KIS 4 Zrównoważona energia – nowe technologie pozyskiwania i przesyłania energii – energia słoneczna z orbity na ziemię za pomocą technologii bezprzewodowej za pomocą mikrofali lub laserów,
- KIS 6 Transport przyjazny środowisku – technologie napędów rakietowych, w tym innowacyjne źródła zasilania np. na nadtlenek wodoru,
- KIS 7 Gospodarka o obiegu zamkniętym – technologie związane z eksploatacją kosmosu poprzez wydobywanie (górnictwo kosmiczne surowców rzadkich),
- KIS 8 Zaawansowane materiały – technologie materiałowe, związane ze strukturami wykorzystywanymi w przestrzeni kosmicznej, odpornymi na ekstremalne warunki,
- KIS 9 Elektronika i fotonika – sensory i sieci sensorowe na potrzeby monitorowania i sterowania ruchem kosmicznym (np. zarządzanie ruchem satelitów).

Zaakcentowanie w opisie KIS 6 Transport przyjazny środowisku oraz KIS 13 znaczenia technologii wpisujących się w KIS dla bezpieczeństwa narodowego (np. bezzałogowe platformy bojowe wodne, podwodne, powietrzne i lądowe, technologie wspierające autonomizację platform bezzałogowych przy użyciu AI, systemy wyposażenia dronów bojowych i detekcyjnych, jednostki pływające dla wojska, alternatywne paliwa i środki napędu).

Zaakcentowanie w opisie KIS 10 Technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjne znaczenia technologii dla bezpieczeństwa narodowego w odpowiedzi na zagrożenia hybrydowe oraz fizyczne, m.in. wykorzystanie technologii cyfrowych do zarządzania polem walki, wykorzystanie technologii VR i AR oraz AI w celach wojskowych, rozwijanie technologii łączności i nawigacji

niezależnych od sygnału satelitarnego (np. nawigacja oparta o mapowanie terenu za pomocą sztucznej inteligencji, nawigacja inercyjna, nawigacja kwantowa z zastosowaniem akcelerometrów kwantowych, łączność optyczna), podkreślenie znaczenia cyberbezpieczeństwa jako kwestii bezpieczeństwa państwa.



BIOTECHNOLOGIA

Szersze ujęcie w opisie KIS 2 Nowoczesne rolnictwo, leśnictwo i żywność aspektów związanych z biotechnologią żywności (metody biotechnologiczne wykorzystywane w produkcji żywności, wytwarzanie, przetwarzanie, wzbogacanie, utrwalanie żywności, biotechnologiczne pozyskiwanie żywności, biotechnologia składników żywności, żywność funkcjonalna, nutraceutyki, diagnostyka żywności, biosensory).

Zaakcentowanie w opisie KIS 3 Zrównoważone (bio)produkty, (bio)procesy i środowisko technologii bioinformatycznych m.in. w celu przyspieszenia procesu projektowania i testowania nowych terapii, automatyzacji i optymalizacji produkcji, modelowaniu danych w zakresie farmakogenomiki i personalizacji terapii, a także budowania modeli efektywności leczenia i zapobiegania chorobom.



BUDOWNICTWO

Zaangażowanie w prace grupy roboczej KIS 5 Inteligentne budownictwo zeroemisyjne przedstawicieli krajowej jednostki zrzeszającej inżynierów budownictwa tj. Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa (PIIB). Rozszerzenie składu grupy roboczej o członków PIIB, która zrzesza specjalistów, inżynierów, w tym prowadzi działalność szkoleniową odpowiadającą na wyzwania i potrzeby polskiego budownictwa pozytywnie wpłynie na efekty prac grupy roboczej nad dalszym rozwojem KIS 5.



CYFRYZACJA

Szersze uwzględnienie technologii kwantowych (przykładowo takich jak: komunikacja kwantowa, obliczenia kwantowe, metrologia kwantowa oraz symulacje kwantowe) w ramach KIS 10 (Technologie informacyjne, komunikacyjne oraz geoinformacyjne). Obecnie jedna z technologii kwantowych jest wprost ujęta tylko w opisie KIS 9 (V. Systemy oraz sieci sensorowe i telekomunikacyjne: Optyczne urządzenia i systemy zapewniające bezpieczeństwo transmisji i/lub przetwarzania danych na poziomie warstwy fizycznej, w tym systemy kwantowej dystrybucji kluczy kryptograficznych) – tak sformułowany zakres nie uwzględnia jednak pozostałych technologii.



ENERGIA

Zaakcentowanie w opisie KIS 4 Zrównoważona energia obszaru technologie wodorowe dla międzybranżowego wsparcia i rozwoju innowacji w zakresie wytwarzania, magazynowania, transportu i wykorzystania wodoru, w szczególności zielonego

Utworzenie otwartego katalogu technologii w opisie KIS 4 Zrównoważona energia dla możliwości rozszerzenia zakresu i włączenia pojawiających się nowych rozwiązań technologicznych odpowiadających na aktualne potrzeby branży.



ROLNICTWO

Weryfikacja opisu zagadnień KIS 2 - Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego, pod kątem obszarów o najwyższym potencjale dla rozwoju innowacyjności, w szczególności warto rozwijać: precyzyjne rolnictwo, gospodarka obiegu zamkniętego, produkcja żywności wysokiej jakości, innowacyjne środki kształtowania żyzności gleb i ochrony roślin, i na nie powinien być położony największy nacisk.



SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO

Zaakcentowanie w opisie KIS 7 Gospodarka o obiegu zamkniętym nowoczesnych rozwiązań w zakresie bezpieczeństwa wodnego, w szczególności nowych ekoefektywnych rozwiązań pozyskiwania wody, jej uzdatniania i dostawy odbiorcom.



TRANSPORT

Zaakcentowanie w opisie KIS 6 Transport przyjazny środowisku obszaru technologii wytwarzania i wykorzystywania paliw syntetycznych / e-paliw (w treści odnoszącej się do: „napędów wykorzystujących (...) paliwa neutralne dla klimatu”).

Zaakcentowanie w opisie KIS 6 Transport przyjazny środowisku obszaru technologii efektywnych układów konwersji energii w środkach transportu (w treści odnoszącej się do: „Innowacyjnych systemów i komponentów przetwarzania, w tym odzysku i magazynowania energii”).

Zaakcentowanie w opisie KIS 6 Transport przyjazny środowisku obszaru technologii materiałów inteligentnych (w treści odnoszącej się do: „Innowacyjnych materiałów w środkach transportu”).

Zmiany opisów zagadnień w odniesieniu do całego KIS 6 Transport przyjazny środowisku w kierunku rozszerzenia stosowanych definicji (tj. nie odnoszenia się wyłącznie do „środków transportu” ale także do np. infrastruktury około transportowej).

Zaakcentowanie w opisie KIS 6 Transport przyjazny środowisku obszaru technologii stosowania suplementów i zamienników pierwiastków metali ziem rzadkich (w treści odnoszącej się do: „Proekologicznych rozwiązań konstrukcyjnych i komponentów w środkach transportu”).

Uwzględnienie przy pracach nad aktualizacją KIS 6 Transport przyjazny środowisku istotnych uwarunkowań, które w przyszłości będą wpływały na prowadzenie działalności gospodarczej (np. koszty emisji, źródeł energii, koszty gospodarowania odpadami wytworzonymi na terenie RP).

Weryfikacja opisu zagadnień KIS 6 Transport przyjazny środowisku w celu usystematyzowania opisów. Przykładowo w obszarze I. Innowacyjne środki transportu czynione są odniesienia do: redukcji emisji zanieczyszczeń do środowiska (czemu towarzyszy np. zadanie pn. „Środki transportu zasilane alternatywnymi źródłami energii wraz z infrastrukturą do ich obsługi”). Z kolei w obszarze Proekologiczne rozwiązania konstrukcyjne i komponenty w środkach transportu również podjęta jest tematyka alternatywnych źródeł zasilania, uniezależnienia od paliw kopalnych (czemu towarzyszą zadania np. „Alternatywne napędy i źródła zasilania w transporcie...”, czy „Napędy wykorzystujące odnawialne źródła energii...”).

W obszarze IV Innowacyjne materiały w środkach transportu wymieniane są Innowacyjne materiały polimerowe oraz Innowacyjne materiały na bazie surowców wtórnych (które to również mogą być wytwarzane z materiałów polimerowych). Analogicznie większość wymienionych „Innowacyjnych

materiałów” może być wykorzystana do „innowacyjnych pokryć i powłok” (z kolei trudno rozdzielić różnorodność interpretacji definicji słów „pokrycie” i „powłoka”).



ZDROWIE

Zwiększenie roli Agencji Badań Medycznych, będącej głównym podmiotem propagującym rozwój badań klinicznych w Polsce, w proces tworzenia, monitorowania, przeglądu i aktualizacji KIS. Podkreśleniem znaczenia tego podmiotu będzie zaangażowanie ekspertów z ABM do udziału w Grupie Roboczej ds. KIS, co pozwoli na wzmocnienie potencjału Grupy. Eksperti reprezentujący ABM to osoby, które poprzez swoją działalność mają szeroki i cenny ogląd na problematykę poruszaną w KIS 1 Zdrowe społeczeństwo. Ich wiedza i doświadczenie mogą przyczynić się do sprawniejszego procesu monitorowania i aktualizacji KIS.

10.2 Zalecenia dotyczące procesu tworzenia i monitorowania KIS

1. Dostosowanie opisów KIS do wniosków i zaleceń wynikających m.in. z niniejszego raportu

Na podstawie przeprowadzonych analiz zidentyfikowano kluczowe obszary technologiczne o największym znaczeniu dla zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego Polski, charakteryzujących się wysokim potencjałem innowacyjnym oraz konkurencyjnym. Aktualne opisy KIS nie w pełni uwzględniają zakres zidentyfikowanych kluczowych obszarów technologicznych. W związku z tym zaleca się dostosowanie opisów Krajowych Inteligentnych Specjalizacji do wniosków zawartych w niniejszym raporcie.

2. Wdrożenie założeń zawartych w Załączniku nr 2 do Strategii produktywności 2030 Krajowa Inteligentna Specjalizacja (KIS) - aktualizacja 2020 r.

Analiza systemu wdrażania KIS wskazuje, że nie wszystkie założenia zawarte w Załączniku nr 2 do Strategii produktywności 2030 Krajowa Inteligentna Specjalizacja (KIS) - aktualizacja 2020 r. zostały zrealizowane. Barięą dla dalszego rozwoju KIS są przede wszystkim braki w zakresie opracowania technologicznych map drogowych (*technology roadmaps*) oraz kompetencyjnych map drogowych (*skills roadmaps*), a także opracowania wizji rozwojowych poszczególnych inteligentnych specjalizacji w oparciu o wypracowany w ramach pilotażu w 2017 roku model tworzenia wizji rozwojowej oraz celów strategicznych KIS. Zaleca się przegląd i weryfikację założeń zawartych w Załączniku nr 2 do Strategii produktywności 2030, w szczególności opracowanie technologicznych i kompetencyjnych map drogowych, a także aktualizację opisów KIS zgodnie z wnioskami wynikającymi z wizji rozwojowych poszczególnych KIS oraz technologicznych i kompetencyjnych map drogowych.

3. Wdrożenie systemu monitorowania KIS pozwalającego na ocenę efektów wdrożeń na poziomie KIS i ocenę wpływu poszczególnych KIS na rozwój społeczno-gospodarczy kraju

W trakcie przeprowadzonych analiz zauważono, że system monitorowania inteligentnych specjalizacji (SmartRadar) ma istotne ograniczenia dla dokonania oceny efektów wdrożeń na poziomie poszczególnych KIS. W szczególności barierą dla efektywnego wykorzystania SmartRadar jest:

- brak dostępu do danych na poziomie regionów (i wspierania poszczególnych Regionalnych Inteligentnych Specjalizacji w ramach RPO),

- konieczność dostosowania narzędzia do nowej perspektywy finansowej 2021-2027,
- trudności z monitorowaniem rozwoju KIS na przestrzeni lat w przypadku zmiany listy KIS (ich liczby, nazw, zakresów tematycznych),
- ograniczenia w monitorowaniu KSI w statystyce publicznej ze względu na brak przełożenia KIS na PKD.

W związku z tym zaleca się przeprowadzenie przeglądu modelu monitorowania KIS zawartego w Załączniku nr 2 do Strategii produktywności 2030 Krajowa Inteligentna Specjalizacja (KIS) - aktualizacja 2020 r. pod kątem potrzeb oceny efektów wdrożeń w poszczególnych KIS (MRiT). W związku z tym, że zidentyfikowano deficyty związane ze stosowanymi wskaźnikami monitorowania KIS proponuje się przegląd i aktualizację listy wskaźników zawartych w Załączniku nr 2 do Strategii produktywności 2030 Krajowa Inteligentna Specjalizacja (KIS) - aktualizacja 2020 r. pod kątem możliwości gromadzenia danych w podziale na KIS. Najbardziej efektywne będzie, gdy taki przegląd odbędzie się przy współudziale przedstawicieli GUS. Zaktualizowana lista wskaźników powinna następie zostać zaaplikowana do SmartRadar.

Zaleca się także umożliwienie gromadzenia i włączania do SmartRadar danych dotyczących wsparcia RIS w ramach regionalnych programów operacyjnych, a także powiązanie RIS z obowiązującymi KIS. Zarówno listy KIS oraz RIS jak i powiązania pomiędzy nimi powinny być aktualizowane po każdej zmianie na liście inteligentnych specjalizacji (na poziomie regionalnym lub krajowym). Narzędzie SmartRadar powinno zostać dostosowane do nowej perspektywy finansowej 2021-2027. Z punktu widzenia monitoringu i możliwości analizowania procesu wsparcia inteligentnych specjalizacji ważne jest dokończenie prac polegających na przełożeniu KIS na PKD oraz bieżąca aktualizacja tych powiązań (w przypadku zmiany zakresu KIS).

4. Poprawa komunikacji międzyinstytucjonalnej w procesie wdrażania KIS, w szczególności na linii instytucje zarządzające KIS oraz instytucje wdrażające projekty w zakresie KIS

W toku prac badawczych, w szczególności na podstawie materiału zgromadzonego w trakcie wywiadów i spotkań potwierdzono wniosek przedstawiony w ewaluacji PARP¹⁹⁶, iż pomimo rozbudowanego gremium ds. monitorowania i wdrażania KIS jak MRiT, PARP, MNiSW, MFiPR, NCBR, BGK, KPK, urzędy marszałkowskie oraz przedstawiciele przedsiębiorców, jednostek naukowych, organizacji biznesu oraz IOB jak i stosowanych rozwiązań organizacyjnych, występują problemy komunikacyjne i organizacyjne. Przyczynia się to do obniżenia jakości wdrażanych projektów, w szczególności ze względu na trudności w rozumieniu i interpretowaniu opisów KIS.

W związku z tym zaleca się wprowadzenie częstszych stałych, cyklicznych spotkań wszystkich interesariuszy np. raz na kwartał. Równocześnie proponuje się zwiększenie częstotliwości spotkań ad-hoc w zależności od potrzeb np. poświęconych procesowi wdrażania KIS i monitorowaniu efektów projektów w ramach KIS. Efektywności prowadzonej działalności gremiów związanych z KIS sprzyjać będzie wprowadzanie systemowych rozwiązań usprawniających komunikację międzyinstytucjonalną, w szczególności rozwiązań z zakresu IT.

¹⁹⁶ Raport końcowy. Ewaluacja mid-term Projektu pozakonkursowego pn. „Monitoring Krajowej Inteligentnej Specjalizacji” Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, Fundacja Rozwoju Badań Społecznych, PARP, 2021

10.3 Zalecenia dotyczące wspierania ekosystemu innowacji w Polsce

1. Wdrożenie wielokierunkowych działań wspomagających ochronę własności intelektualnej

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz zidentyfikowano szereg deficytów w zakresie ochrony praw własności intelektualnej. W szczególności obserwuje się wydłużony czas uzyskiwania ochrony i długi czas trwania postępowań. Ponadto barierą jest niedostateczna świadomość przedsiębiorców na temat wagi ochrony własności intelektualnej oraz nieznanostwo dostępnych narzędzi tej ochrony. W szerszym kontekście zauważalnym problemem jest niska świadomość społeczna dotycząca ochrony własności intelektualnej. Z punktu widzenia przedsiębiorstw barierą jest wysoki koszt uzyskania i realizacji ochrony własności intelektualnej.

W związku z tym zaleca się usprawnienie procedur rejestracji i ochrony własności intelektualnej oraz skuteczniejszenie mechanizmów egzekwowania tych praw. Dalsze usprawnianie dotyczyć powinno przede wszystkim procedowania zgłoszeń dotyczących wynalazków, wzorów użytkowych, wzorów przemysłowych, znaków towarowych itd. Niektóre oczekiwane zmiany w tym zakresie wprowadza ustawa Prawo własności przemysłowej, przyjęta w czerwca 2023 r. Konieczna jest także edukacja i budowanie świadomości wśród przedsiębiorców, z uwzględnieniem nowych instrumentów i zmian wprowadzonych przez ustawę Prawo własności przemysłowej. Pożądane jest podejmowanie działań szkoleniowych, a także kompleksowych usług doradczych. Równolegle ważne jest prowadzenie praktycznej edukacji i budowanie świadomości społecznej z zakresu znaczenia praw własności intelektualnej, poprzez działania informacyjno-promocyjne. W związku z tym, że dla części przedsiębiorstw barierą związaną z uzyskiwaniem praw własności intelektualnej są deficyty finansów, konieczne jest wsparcie finansowe na uzyskanie i realizację ochrony własności przemysłowej. Zaleca się wdrażanie wsparcia zbliżonego swym zakresem i charakterem do Poddziałania 5.4.1 Wsparcie na uzyskanie/realizację ochrony własności przemysłowej w POIG na lata 2007-2013 oraz Poddziałania 2.3.4 Ochrona własności przemysłowej w POIR na lata 2014-2020.

2. Wprowadzenie rozwiązań dających samorządom województw uprawnienia wsparcia rozwoju innowacyjności i konkurencyjności przedsiębiorstw ze środków własnych

Zidentyfikowaną barierą dla zrównoważonego rozwoju innowacyjności w Polsce jest brak możliwości wspierania innowacyjnych przedsiębiorstw przez samorządy województw ze środków innych niż fundusze europejskie. W związku z tym zaleca się nowelizację Ustawy o samorządzie województwa oraz Ustawy o finansach publicznych. Celem tych nowelizacji będzie wprowadzenie zapisów dających samorządom województw możliwość wsparcia rozwoju innowacyjności i konkurencyjności przedsiębiorstw ze środków własnych.

3. Wzrost skali stosowania, przez instytucje publiczne zrównoważonych zamówień, tj. zamówień na innowacyjne rozwiązania i zamówień przedkomercyjnych

Wyniki badania wskazują, że istotną barierą dla rozwoju innowacyjności w Polsce jest brak dostatecznych mechanizmów po stronie sektora publicznego dla generowania popytu na innowacje dostarczane przez przedsiębiorców. Zamówienia na innowacyjne rozwiązania i zamówień przedkomercyjnych są stosowane w ograniczonym i zbyt małym zakresie. Jednym z powodów takiego stanu jest brak jednoznacznych procedur oraz brak wiedzy w tym zakresie po stronie przedstawicieli instytucji publicznych. W związku z tym zaleca się wypracowanie odpowiednich procedur i przepisów w zakresie stosowania przez polskie instytucje publiczne zamówień przedkomercyjnych oraz zamówień

na innowacyjne rozwiązania. Ponadto równolegle powinny być prowadzone działania mające na celu wypromowanie idei stosowania tych zamówień i zwiększenie świadomości pracowników instytucji publicznych związanej z możliwościami stosowania zamówień na innowacje, a także z rolą i efektami, jakie mogą one przynieść.

4. Doszczegółowienie zasad korzystania przez przedsiębiorców z ulgi badawczo-rozwojowej, skutkujące poprawą dostępności tej ulgi dla odbiorców.

W trakcie badania pozytywnie oceniono podniesienie dla przedsiębiorców możliwego poziomu odliczenia w ramach ulgi badawczo-rozwojowej. Taka zmiana zmniejszać może obciążenia podatkowe proporcjonalnie do ponoszonych kosztów opracowania innowacji. Problemem jest jednak korzystanie z tej możliwości, gdyż przedsiębiorcy mają problem z uzyskaniem wiążącej opinii instytucji publicznej na temat tego, czy prowadzona przez nich działalność stanowi aktywność badawczo-rozwojową. W związku z tym zaleca się przypisanie jednej, konkretnej instytucji publicznej (np. NCBR) odpowiedzialności za wydawanie wiążących opinii na temat tego, czy prowadzona przez przedsiębiorstwo działalność stanowi aktywność badawczo-rozwojową.

5. Wsparcie w zakresie budowania potencjału przedsiębiorców i naukowców do udziału w międzynarodowych przedsięwzięciach.

Wnioski z badania wskazują, że barierą dla rozwoju potencjału badawczo-rozwojowego jest niewielkie (choć rosnące) zainteresowanie uczelni i przedsiębiorców współpracą międzynarodową oraz brak kontaktów międzynarodowych. Przekłada się to na niską pozycję startową do budowania konsorcjów i udział w takich programach jak Horyzont 2020, Horyzont Europa, programach ESA i Europejskiego Funduszu Obronnego. Problemem jest m.in. niedostateczny potencjał polskich przedsiębiorstw i uczelni pod względem zaprezentowania swoich możliwości oraz innowacyjnych produktów i rozwiązań za granicą, a także brak upowszechnienia informacji o efektach innowacyjnych projektów np. NCBR.

W związku z tym zaleca się wspieranie i udostępnienie usług specjalistów, tzw. brokerów technologii i innowacji wspierających przedsiębiorców i naukowców w pozyskaniu partnerów i przygotowania oferty. Ponadto przydatne będzie utworzenie sektorowych punktów kontaktowych wspierających przedsiębiorców w pozyskaniu partnerów i przygotowania oferty. Instytucje odpowiedzialne za wsparcie innowacyjności powinny w większym stopniu wspierać udział polskich podmiotów w europejskich stowarzyszeniach, sieciach i organizacjach branżowych, np. poprzez dofinansowanie składek członkowskich. Równocześnie powinny być prowadzone działania szkoleniowe i doradcze dla przedsiębiorców, naukowców i przedstawicieli podmiotów potencjalnie zainteresowanych aplikowaniem o środki na projekty innowacyjne. Pożądane będzie także utworzenie bazy wiedzy na temat efektów projektów innowacyjnych oraz podjęcie działań promujących te efekty za granicą, co pomoże wskazać dobre praktyki w zakresie realizacji projektów w konsorcjach międzynarodowych. W celu zwiększenia potencjalnego kręgu zleceń dla polskich przedsiębiorstw innowacyjnych, przydatny będzie rozwój systemu informowania, szkoleń i wspierania przedsiębiorstw w realizacji zamówień publicznych na rzecz organizacji międzynarodowych.

11 ZAŁĄCZNIKI

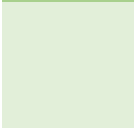
11.1 Mapa obszarów technologicznych

W oddzielnym pliku excel

Narzędzie "Mapa powiązań obszarów technologicznych" pokazuje dla **wybranego kluczowego obszaru technologicznego** (w ramach jednej 10 dziedzin):

A. Powiązania z innymi kluczowymi obszarami technologicznymi wraz z siłą tego powiązania

Dla wybranego kluczowego obszaru technologicznego narzędzie generuje wszystkie powiązane z nim **inne kluczowe obszary technologiczne**. Wyświetla się zarówno **do jakiej dziedziny** należy dany obszar, jak również **z jaką siłą** jest on powiązany z wybranym kluczowym obszarem technologicznym.

	Bardzo silny wpływ	Ocena dotyczy kluczowych obszarów technologicznych z innych dziedzin, które mają bardzo duże znaczenie dla wskazanego obszaru - od rozwoju kluczowego obszaru technologicznego z innej dziedziny zależy rozwój wybranego obszaru. Innowacje w innym kluczowym obszarze technologicznym mają istotne znaczenie dla wybranego obszaru technologicznego.
	Silny wpływ	Ocena dotyczy kluczowych obszarów technologicznych wspomagających wybrany kluczowy obszar technologiczny.
	Umiarkowany wpływ	Ocena dotyczy kluczowych obszarów technologicznych wspomagających, jednak nie warunkujących efektywności, ani rozwoju, wybranego kluczowego obszaru technologicznego.

B. Powiązania z Krajowymi Inteligentnymi Specjalizacjami wraz z siłą tego powiązania

Dla wybranego kluczowego obszaru technologicznego narzędzie generuje wszystkie powiązane z nim **Krajowe Inteligentne Specjalizacje**. Wyświetlany jest zarówno numer i nazwa KIS, jak również nazwa podobszaru KIS oraz wskazana jest siła powiązania:

	Wybrany kluczowy obszar technologiczny jest w dużym stopniu/ całkowicie/ w dużej części powiązany z danym podobszarem KIS
	Wybrany kluczowy obszar technologiczny jest w małym stopniu/ w niewielkiej części powiązany z danym podobszarem KIS

C. Przeważająca gotowość technologiczna

Dla wybranego kluczowego obszaru technologicznego prezentowana jest również **przeważająca gotowość technologiczna** zgodnie z scenariuszem neutralnym. Gotowość technologiczna jest prezentowana w czterostopniowej skali:

	1	dominujące będą badania podstawowe (TRL 1)
	2	dominujące będą badania przemysłowe (TRL 2-4)
	3	dominujące będą eksperymentalne wdrożenia na skalę przemysłową (rozwiązania pilotażowe) (TRL 5-8)

4 dominujące będzie pełne rynkowe wykorzystanie opracowanych technologii (TRL 9)

D. Przykładowe technologie rozwinięte i przyszłościowe dla kluczowego obszaru technologicznego

Dla wybranego **kluczowego obszaru technologicznego** prezentowana jest lista przykładowych **technologii rozwiniętych** (są to technologie wdrożone lub mające wysoki stopień gotowości technologicznej i wysoki potencjał polskich przedsiębiorstw do ich stosowania) oraz technologii przyszłościowych (które są na wczesnym etapie rozwoju w Polsce, ale dobrze rokują i warto wspierać ich rozwój).

Przykład mapy:

Proszę zdefiniować parametry mapy powiązań:

Dziedzina kluczowego obszaru technologicznego	zdrowie
Kluczowy obszar technologiczny	informatyczne narzędzia medyczne

LEGENDA
bardzo silny wpływ
silny wpływ
umiarkowany wpływ

Powiązane kluczowe obszary technologiczne

Dziedzina	Kluczowy obszar technologiczny	Sila
Cyfryzacja	Inteligentna	
Cyfryzacja	Gromadzenie, przetwarzanie i przysyłanie danych	
Cyfryzacja	Internet Rzeczy	

LEGENDA
obszar kluczowy jest w dużym stopniu/ całkowicie w dużej części powiązany z danym podoblastwem KIS
obszar kluczowy jest w małym stopniu/ w niewielkiej części powiązany z danym podoblastwem KIS

Powiązane Krajowe Inteligentne Specjalizacje

KIS	Podobszar KIS	Sila
KIS 1: Zdrowie społeczne	IV. Urządzenia i wyroby medyczne	
KIS 1: Zdrowie społeczne	V. Technologie medyczne	
KIS 1: Zdrowie społeczne	VI. Informatyczne narzędzia medyczne	
KIS 1: Zdrowie społeczne	VII. Diagnostyka obrazowa oraz oparta na innych technikach detekcji	
KIS 1: Zdrowie społeczne	VIII. Markery/testy	
KIS 1: Zdrowie społeczne	IX. Telemedycyna	
KIS 1: Zdrowie społeczne	X. Koordynowana opieka zdrowotna	
KIS 1: Zdrowie społeczne	XII. Badania kliniczne	
KIS 1: Zdrowie społeczne	IV. Zarządzanie informacją	

C	przeważająca gotowość technologiczna wg SCENARIUSZA NEUTRALNEGO
3	dominujące będą eksperymentalne wdrożenia na skalę przemysłową (rozwiązania pilotażowe) (TRL 5-8)

Lp	Przykład technologii rozwiniętej kluczowego obszaru technologicznego
1	aplikacje wspierające pacjentów np. w przyjmowaniu leków
2	systemy do zdalnego monitorowania stanu zdrowia pacjenta
3	systemy gromadzące dane medyczne pacjenta
4	systemy wspomagające organizację pracy placówki medycznej
5	modelowanie epidemiologiczne

Lp	Przykład technologii przyszłościowej kluczowego obszaru technologicznego
1	aplikacje mobilne wspierające samodiagnostykę i samoleczenie przez pacjentów
2	metody diagnostyki zdalnej

11.2 Projekty innowacyjne realizowane we współpracy polskich i zagranicznych podmiotów

W oddzielnym pliku word

11.3 Mapa kompetencji

W oddzielnym pliku excel.

Mapa przedstawia kompetencje (w podziale na WT – wiedzę teoretyczną, UP – umiejętności praktyczne oraz KS – kompetencje społeczne) dla wszystkich dziedzin analizowanych w ramach badania. Arkusze: „WT”, „UP” i „KS” zawierają informacje na temat: Dziedzin, kompetencji szczegółowych, kategorii kompetencji przekrojowych/horyzontalnych.

Do kategorii kompetencji przekrojowych/horyzontalnych przypisano kompetencje szczegółowe wymienione w poszczególnych dziedzinach. Jeśli dana kompetencja wpisuje się w daną kategorię, w komórce znajduje się wartość 1, jeśli się nie wpisuje - wartość 0. Agregacji takiej dokonano z uwagi na dużą liczbę kompetencji szczegółowych. W tym miejscu warto zaznaczyć, że nie wszystkie kompetencje

udało się w ten sposób przyporządkować – jest to jednak sytuacja zrozumiała, bowiem część z tych kompetencji to kompetencje wysoce specjalistyczne, tj. typowe dla konkretnej dziedziny. Część kompetencji została także przydzielona do większej, niż jedna kategoria kompetencji – wynika to z faktu, że zawierają one w swoim opisie kilka różnych cech/charakterystyk, które nie odpowiadały w całości tylko jednej z utworzonych grup.

Efektem powyższego działania było zidentyfikowanie kategorii kompetencji przekrojowych/horyzontalnych – tj. wspólnych dla większej liczby dziedzin oraz kompetencji specjalistycznych – tj. specyficznych dla jednej dziedziny, nie przypisanych do żadnej z kategorii przekrojowych.

Wszystkie szczegółowe kompetencje dziedzinowe poddano ocenie w ramach badania ilościowego z przedsiębiorcami. W badaniu wzięło udział 932 przedsiębiorstw, w tym 529 zadeklarowało, że działa w jednej z badanych dziedzin. Celem tego badania była identyfikacja kompetencji kluczowych dla rozwoju poszczególnych dziedzin, luk i deficytów kompetencyjnych oraz kompetencji przyszłości. Wyniki te zawarte są również w arkuszach: „WT”, „UP” i „KS”.

W arkuszach: "WT_dziedziny_kategorie", "UP_dziedziny_kategorie" i "KS_dziedziny_kategorie" zawarte są tabele, które syntetycznie prezentują powiązanie poszczególnych kategorii kompetencji przekrojowych/horyzontalnych z wszystkimi dziedzinami - powiązania te określono na podstawie liczby kompetencji szczegółowych z danej dziedziny, które zostały przypisane do danej kategorii.

Bardziej szczegółowy opis zawartości Załącznika oraz sposobu prezentowania danych przedstawiono w pierwszym arkuszu pliku (Opis Zawartości).

11.4 Przykłady wdrożeń w ramach regionalnych inteligentnych specjalizacji

DZIEDZINA	OBSZAR KLUCZOWY	Przykłady projektów zrealizowanych w ramach Regionalnych Programów Operacyjnych na lata 2014-2020 – wdrożenia w firmach
AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA	Inteligentne maszyny rolnicze	- Kujawska Fabryka Maszyn Rolniczych Sp.z o.o.: samojezdny opryskiwacz (KP) - Pro-Environment Polska Sp. z o.o.: multisensor do Badania produktów spożywczych - REALIZACJE WENGLORZ Sp. zo.o. Sp. Komandytowa: mobilna mieszalnia pasz w formie kontenerowej o wydajności: 2,5t/h oraz 5t/h z możliwością pozyskiwania części energii z paneli fotowoltaicznych
	Roboty medyczne	Inventionmed S.A.: Symulator medyczny w technologii podwójnej immersji
	Systemy automatyzujące procesy w TSL	Arkpol Redkie Aleksander: Prototyp oprogramowania do zarządzania procesami w firmie przeprowadzkowej
BEZPIECZEŃSTWO I OBRONNOŚĆ	Broń precyzyjna i uzbrojenie	-
	Technologie informacyjne i sieciowe	Mentor sp. z o.o. Sp. komandytowa: zintegrowany system kształcenia tłumaczy symultanicznych i systemu kongresowego dostosowanych do ustawy o zapewnianiu dostępności osobom ze szczególnymi potrzebami.
	Technologie kosmiczne i satelitarne	-
	Sensory i obserwacja	-

DZIEDZINA	OBSZAR KLUCZOWY	Przykłady projektów zrealizowanych w ramach Regionalnych Programów Operacyjnych na lata 2014-2020 – wdrożenia w firmach
BIOTECHNOLOGIA	Platformy bezzałogowe	FLYTECH UAV Sp. z o.o.: bezzałogowy, latający system dla potrzeb eksploatacji sieci elektroenergetycznych wysokiego i średniego napięcia
	Biotechnologia w ochronie środowiska	P.P.H.U. Aquabud Stanisław Frączyk: technologia rozrodu i podchowu narybka sandacza w warunkach recykulacyjnych
	Biotechnologia w rolnictwie	SGS Polska Sp. z o.o.: innowacyjne usługi dla producentów zbóż
	Biotechnologia żywności	-
	Biotechnologia w medycynie	BIOVICO Sp. z o.o.: biomateriały do kompleksowej regeneracji tkanki chrzęstnej
	Biotechnologia w innych obszarach	-
	Sztuczna inteligencja	- IT Sp. z o.o., Sp.k.: inteligentne technologie zwiększające wiarygodność i efektywność audytów zdjęciowych PRO BUSINESS SOLUTIONS - BTC Sp. z o.o.: prace badawczo-rozwojowe w obszarze sztucznej inteligencji (AI), machine learning (ML), deep learning (DL) oraz przygotowanie do wdrożenia opracowanych produktów w zarządzaniu i bezpieczeństwie IT
	Gromadzenie przetwarzanie i przesyłanie danych	- Atmoterm S.A.: platforma do zarządzania ochroną środowiska umożliwiającej analizę danych wielowymiarowych, ich modelowanie i predykcję - Blare Technologies Sp. z o.o.: Inteligentny system do analizy i optymalizacji planów sieci 5G z wykorzystaniem sieci neuronowych (głębokiego uczenia maszynowego) oraz algorytmów eksperckich - LabGears: aplikacja internetowa do zarządzania i analizy danych badawczo-rozwojowych
	Internet Rzeczy	APA Sp. z o.o.: platforma optymalizacji produkcji Nazca 4.0
	Technologie kwantowe	-
CYFRYZACJA	Technologie immersyjne i gamingowe	Bloober Team S.A.: technologia niezbędnej do tworzenia gier fabularnych z gatunku horror/thriller
	Geoinformacja	- QZ Solutions Sp. z o.o.: aplikacja wykrywająca degradację wegetacyjną upraw na podstawie serii czasowych danych satelitarnych - Opegieka Sp. z o.o.: samoucząca się informatyczna platforma analityczna wspomagająca proces zarządzania lasami w oparciu o dane obrazowe z kamer fotogrametrycznych oraz chmury punktów multi-spektralnego skanera laserowego
	Cyberbezpieczeństwo	-
	Paliwa odnawialne i bioenergia	- Centrum Badań i Rozwoju Technologii Dla Przemysłu S.A.: uniwersalna elektroda transparentnej do zastosowań w ogniwach fotowoltaicznych I, II i III generacji - Instytut Energii Sp. z o.o.: technologia zgazowania osadów ściekowych i odpadów komunalnych zintegrowana z systemem kogeneracyjnym opartym na silniku cieplnym
ENERGIA	Technologie jądrowe	-
	Technologie wodorowe	-

DZIEDZINA	OBSZAR KLUCZOWY	Przykłady projektów zrealizowanych w ramach Regionalnych Programów Operacyjnych na lata 2014-2020 – wdrożenia w firmach
	Czyste technologie węglowe	-
	Odnawialne źródła energii (OZE)	- Kořton Sp. Komandytowa: prototypy innowacyjnych pomp ciepła z modulowaną wydajnością grzewczą, pracujących na ekologicznym czynniku R290, z niskim napełnieniem czynnikiem roboczym - Artur Rutyna Art-San-Eko Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Projektowe: Autorska gama produktów dedykowanych sektorowi energii odnawialnej - Most Advanced Power Unit Sp. z o.o.: Mikrośilownia z wysokosprawnym turbozespołem opracowana przez MAPU Sp. z o.o. jako przełom z zakresu niekonwencjonalnej energetyki małej mocy
	Technologie magazynowania i odzyskiwania energii	-
	Odporność i bezpieczeństwo systemów energetycznych	- Zakład Produkcyjny Aparatury Elektrycznej Sp. z o.o.: autonomiczne urządzenie sterownicze stacji na rynku operatorów sieci przesyłowych i dystrybucyjnych energii elektrycznej - KGA Intech Grzegorz Kosmala: Trójfazowy Hybrydowy Filtr Aktywny - inteligentne urządzenie do kompensacji mocy biernej z eliminacją wyższych harmonicznych prądu
	Efektywność energetyczna dla przemysłu	- GOVENA LIGHTING S.A.: Rodzina ściemniaczy dedykowanych do regulacji poziomu oświetlenia źródeł światła w technologii LED - Test Krapkowice Piotr Staszewski: algorytm modernizacji używanych urządzeń i systemów do rozczyniania i rozwótkniania w papiernictwie
	Wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla	-
BUDOWNICTWO	Innowacyjne materiały, technologie i maszyny	ORING-GUMY Małgorzata Aneta Matyja: technologie przyrostowe
	TIK w budownictwie	adaptacyjny system oświetlenia LED-IOT w strukturze inteligentnych budynków realizujący logikę sztucznej jednokierunkowej sieci neuronowej
ROLNICTWO	Precyzyjne rolnictwo	Jędrzej Wąsowski Gabinet Weterynaryjny Supervet: innowacyjny preparat wapniowo-fosforanowy w profilaktyce zaburzeń mineralnych u krów mlecznych w okresie okołoporodowym
	Gospodarka obiegu zamkniętego	- Dary Natury Sp. z o.o.: opracowanie i przygotowanie do wdrożenia na rynek ekoinnowacyjnych produktów - ATHENA ECO GROUP Sp. z o.o. Sp. Komandytowa: Technologia produkcji nowych eko-podłoży
	Produkcja żywności wysokiej jakości	- Probitech Poland CORP Sebastian Górecki: innowacyjne klipsy aluminiowe do zamykania osłonek wędliniarskich - Greenvit Sp. z o.o.: nowe, standaryzowane ekstrakty roślinne o wysokiej zawartości substancji czynnych do zastosowania w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym - KUBARA Sp. z o.o.: produkty w postaci wędlin wegańskich z kiełków wraz z linią pilotażową
	Innowacyjne środki kształtowania	P.P.H.U. Różański Ryszard Pod Różami: nawóz organiczno-mineralny (humusopodobny)

DZIEDZINA	OBSZAR KLUCZOWY	Przykłady projektów zrealizowanych w ramach Regionalnych Programów Operacyjnych na lata 2014-2020 – wdrożenia w firmach
	żywności gleb i ochrony roślin	
	Zrównoważone gospodarowanie zasobami wody, gleby, powietrza i bioróżnorodności	- Centrum Badawczo - Produkcyjne ALCOR Sp. z o.o.: technologie produkcji folii spełniającej funkcje tac ochronnych systemu ODSALAX wraz z walidacją produktu - KLIM-SPAW Sp. z o.o.: Innowacyjne filtry antysmogowe firmy
	Efektywne gospodarowanie surowcami	-
	Zrównoważony przemysł	Ceramika Paradyż Sp. z o.o.: nowa gama płytek o wysokiej odporności na ścieranie z wykorzystaniem innowacyjnego systemu barwienia masy
SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO	Technologie obiegu zamkniętego w gospodarce odpadami	- Wodociągi Miasta Krakowa S.A.: technologie odzysku fosforu dla polskich oczyszczalni ścieków - GABAG Sp. z o.o. Sp. Komandytowa: technologia produkcji opakowań typu doypack z jednorodnych materiałów wysokobarierowych
	Inteligentne zarządzanie środowiskiem	-
	Remediacja środowiska gruntowo-wodnego	-
TRANSPORT	Innowacyjne środki transportu	- BLEES Sp. z o.o.: Autonomiczny mikrobus o napędzie elektrycznym przystosowany do poruszania się w trybie platooningu wraz z inteligentnym systemem informacji pasażerskiej - Park Naukowo-Technologiczny w Opolu Sp. z o.o.: technologia wykonania innowacyjnego ultralekkiego urządzenia transportowego
	Innowacyjne napędy oraz źródła i systemy zasilania	- CSG S.A.: multi-funkcyjna, uniwersalna stacja ładowania przeznaczona do szerokiej gamy pojazdów elektrycznych z modułem automatycznego rozpoznawania ładowanego pojazdu. - Inteligentne Rozwiązania Sp. z o.o.: inteligentna listwa zasilająca z komunikacją bezprzewodową. - DGI Piotr Łapiński: instalacje alternatywnego zasilania pojazdów spalinowo elektrycznych paliwem LPG w fazie ciekłej - Elektryka Morska Bartłomiej Stępień: technologia w skali światowej napędu hybrydowego opartego o prąd stały dla jednostek pływających
	Innowacyjne materiały, pokrycia oraz powłoki	- Źródło zmonochromatyzowanego promieniowania ultra-fioletowego o dużej mocy do badań nanostruktur - technologia uszlachetniania powierzchni elementów meblowych - produkcja innowacyjnego betonu asfaltowego - nowe rozwiązania produktowe materiałów budowlanych termoizolacyjnych - zaawansowane technologie obróbki skrawaniem odlewów żeliwnych zgodnie z wymaganiami innowacyjnego elastycznego systemu paletyzacji - technologie wytwarzania termoplastycznego kompozytu tekstylnego (TPC) na potrzeby wytworzenia innowacyjnych materiałów budowlanych - nowe receptury i technologie stosowania biokomponentów do produkcji innowacyjnych lakierów o właściwościach ekologicznych

DZIEDZINA	OBSZAR KLUCZOWY	Przykłady projektów zrealizowanych w ramach Regionalnych Programów Operacyjnych na lata 2014-2020 – wdrożenia w firmach
ZDROWIE	Innowacyjne systemy zarządzania transportem	-
	Innowacyjne elementy wyposażenia środków transportu	-
	Leki, preparaty lecznicze, suplementy diety	• ACELLMED Sp. z o.o.: Rusztowanie do rekonstrukcji rogówki z wykorzystaniem druku 3D i biodruku • PROBIOS sp. z o.o.: prace badawcze w przedsiębiorstwie w zakresie wpływu płukania nosa i zatok przynosowych roztworem bakterii z rodzajów <i>Lactobacillus plantarum</i>
	Diagnostyka i terapia	• GENOMED S.A.: nieinwazyjna diagnostyka genetycznej i profilaktyki chorób nowotworowych - płynnej biopsji • Design Pro Technology Sp. z o.o.: protetyka 2.0- prace badawczo-rozwojowe nad inteligentnymi egzoprotezami • FONTIA Sp. z o.o.: wykorzystanie wody siarczkowej w terapii redukcji masy ciała
	Informatyczne narzędzia medyczne	• VOXEL S.A.: innowacja procesowa oparta o sztuczną inteligencję w pracowniach diagnostyki obrazowej MRI • Tixon Technology Sp. z o.o.: System Zarządzania Używaniem Lekarstw Przez Indywidualnych Konsumentów (SZULPIK)

11.5 Bibliografia

Dokumenty strategiczne

- 2021 Strategic Foresight Report (UE)
- 2030 Digital Compass
- Agenda na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju 2030
- Biała księga - Adaptacja do zmian klimatu: europejskie ramy działania {SEC(2009) 386} {SEC(2009) 387} {SEC(2009) 388} /* COM/2009/0147 końcowy */
- Europejski Zielony Ład oraz pakiet Fit for 55 (UE)
- Krajowa Strategia Rozwoju Regionalnego 2030. Rozwój społecznie wrażliwy i terytorialnie zrównoważony
- Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności
- Krajowy Program Badań. Założenia polityki naukowo – technicznej i innowacyjnej państwa, uchwała nr 164/2011 Rady Ministrów z dnia 16 sierpnia 2011 r.
- Krajowy Program Reform 2022/2023
- Mapa drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym
- Polityka ekologiczna państwa 2030 r.
- Polityka energetyczna Polski do 2040 r.
- Polska Mapa Infrastruktury Badawczej
- Program Nowy Polski Ład
- Rządowy Program Strategiczny Hydrostrateg „Innowacje dla gospodarki wodnej i żeglugi śródlądowej”. Założenia Programu

- Strategia „COM(2020) 65 final WHITE PAPER On Artificial Intelligence - A European approach to excellence and trust”
- Strategia „Shaping Europe’s Digital Future, European Union, 2020
- Strategia bezpieczeństwa UE 2020-2025
- Strategia EEA-EIONET na lata 2021-2030, Europejska Agencja Środowiska, 2021. Luksemburg: Urząd Publikacji Unii Europejskiej, 2021
- Strategia Innowacyjności i Efektywności Gospodarki – Dynamiczna Polska 2020
- Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.)
- Strategia produktywności 2030
- Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 r.
- Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku przyjęta w 2019 r.
- Strategic Plan 2020-2024. DG Research and Innovation
- Uchwała nr 39 Rady Ministrów z dnia 1 marca 2022 r. w sprawie przyjęcia „Polityki Surowcowej Państwa”
- Zrównoważona Europa do 2030 roku (UE)

Dyrektywy, ustawy, rozporządzenia i komunikaty krajowe i unijne

- Dyrektywa 2004/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 21 kwietnia 2004 r. w sprawie ograniczeń emisji lotnych związków organicznych w wyniku stosowania rozpuszczalników organicznych w niektórych farbach i lakierach oraz produktach do odnawiania pojazdów
- Dyrektywa 2015/2193 w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza ze średnich obiektów energetycznego spalania
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2284 z dnia 14 grudnia 2016 r. w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/147/WE z dnia 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola)
- Dyrektywa Rady 92/43/EWG w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów pt. „Odporność w zakresie surowców krytycznych: wytyczanie drogi do większego bezpieczeństwa i bardziej zrównoważonego rozwoju”, Bruksela, dnia 03.09.2020 r. (COM(2020) 474 final)
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Europejski Zielony Ład, Bruksela, 2019, COM (2019) 640 final
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Europejski Zielony Ład, 2019
- Komunikat Komisji Do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Droga do zdrowej planety dla wszystkich. Plan działania UE na rzecz eliminacji zanieczyszczeń wody, powietrza i gleby. COM (2021)400

- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Unijna strategia na rzecz bioróżnorodności 2030. Przywracanie przyrody do naszego życia; COM/2020/380 final
- Rozporządzenie (WE) nr 166/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 stycznia 2006 r. w sprawie ustanowienia Europejskiego Rejestru Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 15 lipca 2021 r. w sprawie przyjęcia Planu przeciwdziałania skutkom suszy (Dz.U. 2021 poz. 1615)
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/842 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie wiążących rocznych redukcji emisji gazów cieplarnianych przez państwa członkowskie od 2021 r. do 2030 r. przyczyniających się do działań na rzecz klimatu w celu wywiązania się z zobowiązań wynikających z Porozumienia paryskiego oraz zmieniające rozporządzenie (UE) nr 525/2013
- Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (t.j. Dz.U. 2022 poz. 916)
- Ustawa z dnia 22 lipca 2022 r. o zmianie niektórych ustaw w celu przeciwdziałania przestępczości środowiskowej, Dz.U. 2022 poz. 1726
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627 z późn. zm.

Raporty i opracowania

- Actions on Air Quality: A Global Summary of Policies and Programmes to Reduce Air Pollution. United Nations Environment Programme (UNEP) 2021.
- Ageing Europe, LOOKING AT THE LIVES OF OLDER PEOPLE IN THE EU, Statistical Books, EU, Eurostat, 2020.
- Air Pollution and Climate Change From Co-Benefits to Coherent Policies, The World Bank, 2022.
- Air Pollution Series. Regulating Air Quality. The first global assessment of air pollution legislation. United Nations Environment Programme (UNEP) 2021.
- Aktywność technologiczna, innowacyjna i biznesowa przedsiębiorstw działających w ramach krajowych inteligentnych specjalizacji, ASM - Centrum Badań i Analiz Rynku Sp. z o.o., 2020.
- Analiza globalnych trendów rozwojowych w obszarze technologii, PwC, MRiT, 2022.
- Analiza obszaru IT w polskim sektorze kosmicznym, ARP, 2022.
- Analiza stanu rozwoju oraz aktualnych trendów rozwojowych w obszarze elektromobilności w Polsce, Atmoterm, 2019.
- Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii, OPI-PIB, UW, 2022.
- Balmford i in., Economic reasons for conserving wild nature (Argumenty gospodarcze przemawiające za ochroną dzikiej przyrody), 2002.
- Beyond the Noise: The Megatrends of Tomorrow's World, Deloitte, 2017.
- Brona, G., Mapa rozwoju rynków i technologii dla sektora kosmicznego w Polsce, PARR, 2018.
- Brondízio, E. S., Settele, J., Díaz, S., Ngo, H. T. (eds), Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES, 2019.
- Bruch C., Goldman L., Keeping up with megatrends: the Implications of Climate Change and Urbanization for Environmental Emergency Preparedness and Response. A report prepared

for OCHA and UNEP upon request of the Advisory Group on Environmental, Emergencies, Joint UNEP/OCHA Environment Unit, 2012.

- Chrona, S. and Bee, C., Right to public space and right to democracy: The role of social media in Gezi Park. Research and Policy on Turkey, 2017.
- Chwieduk, D., Mapa rozwoju rynków i technologii nowoczesnego budownictwa energooszczędnego, PARP, Departament Analiz i Strategii, Zespół ds. Sektora Publicznego Deloitte, 2019.
- Ciechańska, D., Mapa rozwoju rynków i technologii dla obszaru innowacyjnych opakowań, Zespół Sustainability, Energy and Economics Deloitte, Departament Analiz i Strategii, PARP, 2019.
- Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2022.
- Cudzoziemcy w polskim systemie ubezpieczeń społecznych – XII 2021, ZUS, Departament Statystyki i Prognoz Aktuarnych, 2022.
- Cyfrowa Przyszłość dzieje się u nas, NCBR, 2022.
- Dębkowska, K., Kłosiewicz-Górecka, U., Szymańska, A., Ważniewski, P., Zybertowicz K., Foresight Polska 2035. Eksperti o przyszłości przez pryzmat pandemii, Polski Instytut Ekonomiczny, 2020.
- Dekada bezpieczeństwa ekonomicznego. Od offshoringu do częściowego friendshoringu, Polski Instytut Ekonomiczny, 2022.
- Driving Systems Change in Turbulent Times: The Future of Sustainability, Forum for the Future, 2019.
- Dugarova, E. and Gülasan, N., Global Trends: Challenges and Opportunities in the Implementation of the Sustainable Development Goals, UNDP and UNRISD, 2017.
- Działalność innowacyjna przedsiębiorstw w Polsce 29.11.2021 r. w latach 2018-2020, GUS, 2022.
- Działania w obronie interesów natury – Kompendium informacyjne. Utrata bioróżnorodności, ochrona przyrody i działania Unii Europejskiej na rzecz natury, Komisja Europejska, 2021.
- Ekonomiczne aspekty ochrony środowiska, Główny Urząd Statystyczny, 2022.
- Eksport towarów i usług reprezentujący wartość wszystkich towarów i innych usług rynkowych świadczonych reszcie świata, Dane Banku Światowego.
- Environmental and Health Impacts of Pesticides and Fertilizers and Ways of Minimizing Them, United Nations Environment Programme, 2022.
- European environment — state and outlook 2015: Assessment of global megatrends, European Environment Agency (EEA) 2015.
- Europejski kontekst wpływu współczesnych megatrendów na rozwój społeczno-gospodarczy. Ujęcie syntetyczne, IGiPZ PAN, Przegląd Geograficzny, 2019.
- Evidence for European Urban Agenda, ESPON.
- Frey, C.B., Osborne, M.A., The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation? Technological Forecasting and Social Change, 2013
- FundEko. Ocena wpływu zmian klimatu na różnorodność biologiczną oraz wynikające z niej wytyczne dla działań administracji ochrony przyrody do roku 2030, Generalna Dyrekcja Ochrony środowiska, 2012.
- Future State 2030: The global megatrends shaping governments, KPMG, 2014.

- Gajewski, J., Paprocki, W., Pieriegud, J. (red.) Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa – szanse i wyzwania dla sektorów infrastrukturalnych, Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową – Gdańska Akademia Bankowa, 2016.
- Global Megatrends: Mapping the Forces that Affect Us All, Oxfam Discussion Papers.
- Global Megatrends: Mapping the Forces that Affect Us All, Oxfam International, 2020.
- Global Trends To 2030. Challenges and Choices for Europe, ESPAS, 2019.
- Groundswell Part 2: Acting on Internal Climate Migration, Bank Światowy.
- Grzybowski, K., Mapa rozwoju rynków i technologii dla sektora innowacyjnych tworzyw sztucznych, PARP, 2018.
- Hausner, J. (red.), Polityka surowcowa Polski: rzecz o tym, czego nie ma a jest bardzo potrzebne, Fundacja Gospodarki i Administracji Publicznej, 2015.
- Hepburn, C., O’Callaghan, B., Stern, N., Stiglitz, J., Zenghelis, D., Will COVID-19 fiscal recovery packages accelerate or retard progress on climate change? Oxford Review of Economic Policy, 2020.
- Indeks gospodarki cyfrowej i społeczeństwa cyfrowego (DESI) na 2022 r. Polska., Komisja Europejska.
- Informacja o rozmiarach i kierunkach czasowej emigracji z Polski w latach 2004-2020, GUS, 2021.
- Informacja o wynikach kontroli: Ochrona powietrza przed zanieczyszczeniami, Najwyższa Izba Kontroli, 2018.
- IoT w polskiej gospodarce, Grupa robocza do spraw internetu rzeczy przy Ministerstwie Cyfryzacji, 2019.
- Jednotematyczne badanie świadomości i zachowań ekologicznych mieszkańców Polski. Badanie dotyczące adaptacji do zmian klimatu – raport, Ministerstwo Klimatu i Środowiska, PBS Sp. z o.o., 2020.
- Kapitał ludzki w Polsce w latach 2014–2018, Urząd Statystyczny w Gdańsku, Ośrodek Statystyki Edukacji i Kapitału Ludzkiego, 2019.
- Kapitał ludzki w Polsce w latach 2016–2020, Analizy statystyczne GUS, 2021.
- Karaczun, Z., Bojanowski, J., Zawieska, J., Swoczyna, B., Adaptacja do zmiany klimatu w programach ochrony środowiska małych i średnich polskich miast, Studia BAS, 2022.
- Kopeć, W., Mapa rozwoju rynków i technologii dla sektora żywności wysokiej jakości, Zespół ds. Sektora Publicznego Deloitte, Departament Analiz i Strategii, PARP, 2019.
- Kotyza, J., Lachman, P., Mirowski, T. i inni, Mapa drogowa dotycząca przygotowania i wdrażania studiów wykonalności inwestycji badawczo-rozwojowych i innowacyjnych dla branży producentów niskoemisyjnych urządzeń grzewczych do 2030 roku, Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii, 2019.
- Krasowicz, S., Badania rolnicze jako wsparcie rozwoju biogospodarki w regionach, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach, Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu.
- Kudłacz, T., Musiał-Malago, M. (red.), Urban sprawl czy ekspansja rdzenia metropolitalnego? Analiza Krakowskiego Obszaru Metropolitalnego, [w:] Funkcjonalne miasto w teorii i praktyce na przykładzie Krakowa i Krakowskiego Obszaru Metropolitalnego, 2018.
- Kukielfka, K., Mapa rozwoju wybranych technologii w branży robotów medycznych, Zespół ds. Sektora Publicznego Deloitte, Departament Analiz i Strategii, PARP, 2019.

- Łania-Pietrzak, B., Mapa rozwoju rynków i technologii dla leków, w tym leków z wysoką wartością dodaną, Zespół ds. Sektora Publicznego, Innowacji i Zachęt Inwestycyjnych Deloitte, Departament Analiz i Strategii, PARP.
- Mapa rozwoju rynków i technologii dla Internetu rzeczy w medycynie, PwC Advisory dla PARP, 2022.
- Mapa rozwoju rynków i technologii dla obszaru cyberbezpieczeństwa, PwC Advisory dla PARP, 2022.
- Mapa rozwoju rynków i technologii dla obszaru inteligentnych czujników, PwC Advisory dla PARP, 2022.
- Mapa rozwoju rynków i technologii dla obszaru pozyskiwania energii z odpadów, PwC Advisory dla PARP, 2022.
- Mapa rozwoju rynków i technologii dla obszaru technologii wodorowych, PwC Advisory dla PARP, 2022.
- Mapa rozwoju rynków i technologii dla sektora kosmicznego w Polsce, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, 2018.
- Megatrends 2015. Making sense of a world in motion, EY, 2015.
- Megatrends 2020 and beyond, EY, 2021.
- Megatrends, Sydney Business Insights.
- Mizgajski, J. T., Mizgajski, A., Globalne, europejskie i polskie dylematy polityki rozwoju wobec zmian klimatu – próba usystematyzowania, Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna, 2022.
- Monitoring aktywności badawczo-rozwojowej i innowacyjnej w ramach Krajowej Inteligentnej Specjalizacji – raporty miesięczne, PARP, 2021-2022.
- Montwiłł, A., Mapa rozwoju rynków i technologii dla wybranych jednostek pływających i portowych systemów transportowo-logistycznych w Polsce, Zespół ds. Sektora Publicznego Deloitte, Departament Analiz i Strategii, PARP, 2019.
- Muralikrishna, I. V., Manickam, V., Environmental Management, Butterworth-Heinemann, 2017.
- Myrdzik B., Dokąd zmierza „statek zwany wyobraźnią”? O wyobraźni w kształceniu polonistycznym, [w:] Filoteknos, 2019.
- Nature Risk Rising: Why the Crisis Engulfing Nature Matters for Business and the Economy (Rosnące ryzyko związane z naturą: Dlaczego kryzys pochłaniający przyrodę ma znaczenie dla przedsiębiorstw i gospodarki), Światowe Forum Ekonomiczne, 2020.
- Ocena internacjonalizacji krajowych przedsiębiorstw z obszaru specjalizacji KIS – raport końcowy, Bluehill Sp. z o.o., Quality Watch Sp. z o.o., PARP, 2020.
- Ochrona środowiska 2022, Główny Urząd Statystyczny.
- Paliński, M., Przyszłość pracy. Między „uberyzacją”, a automatyzacją, DCLAB UW, 2016.
- Polityka migracyjna Polski – diagnoza stanu wyjściowego, Departament Analiz i Polityki Migracyjnej MSWiA, 2020.
- Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego, trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym, Polska Agencja Kosmiczna, 2021.
- Polskie miasta przyszłości 2050, Saint-Gobain, 2021.
- Pörtner, H. O. (red.), Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, The Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022.
- Raport 2020 Polska na drodze zrównoważonego rozwoju, GUS, 2021.

- Raport 2022, Polska na drodze zrównoważonego rozwoju, Rozwój zrównoważony środowiskowo.
- Raport na temat sytuacji osób starszych w Polsce, IPIPS, 2012.
- Raport podsumowujący wyniki badań BKL 2019-2020, PARP, UJ, 2021.
- Realizacja Celów Zrównoważonego Rozwoju w Polsce - raport 2018.
- Rusek, P., Mapa rozwoju rynków i technologii dla sektora innowacyjnych nawozów przyjaznych dla środowiska, Zespół ds. Sektora Publicznego Deloitte, Departament Analiz i Strategii, PARP, 2019.
- Rynek pracy, edukacja, kompetencje. Aktualne trendy i wyniki badań – raporty miesięczne, PARP.
- Sachs, G., (De)Globalization Ahead?, Top of Mind nr 108, 2022.
- Scenariusze rozwojowe Polski w perspektywie roku 2050, 4CF Sp. z o.o., Atmoterm SA, Fundacja Instytut Sobieskiego MiR, 2019.
- Smart home. Smart cities. Smart world. Rozwój Internetu Rzeczy (IoT), Cyfrowa Polska, 2020.
- Sprawozdanie komisji dla parlamentu europejskiego, rady i europejskiego komitetu ekonomiczno-społecznego, Stan przyrody w Unii Europejskiej Sprawozdanie na temat stanu gatunków i typów siedlisk chronionych na podstawie dyrektywy siedliskowej i dyrektywy ptasiej oraz tendencji w tym zakresie w latach 2013-2018. Komisja Europejska, 2020.
- Stan ochrony siedlisk przyrodniczych w Polsce w latach 2013-2018. Biuletyn Monitoringu Przyrody 24/4, Biblioteka Monitoringu Środowiska GIOŚ, 2021.
- Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2021.
- Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2022.
- SYGNAŁY EEA 2020. W kierunku całkowitego ograniczenia emisji zanieczyszczeń w Europie, Europejska Agencja Środowiska, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, 2020.
- Sytuacja demograficzna Polski do 2021 r., GUS, 2021.
- Sytuacja osób starszych w Polsce – wyzwania i rekomendacje. RAPORT KOMISJI EKSPERTÓW DS. OSÓB STARSZYCH, Biuro Rzecznika Praw Obywatelskich, 2020.
- Sytuacja osób starszych w Polsce w 2021. GUS, 2021.
- Sytuacja osób starszych w Polsce. Wyzwania i rekomendacje, Komisja Ekspertów ds. Osób Starszych, 2020.
- Tech Trends 2023, Deloitte, 2022.
- The Games Industry of Poland 2021, PARP, MRiT, 2021.
- Trendy środowiskowe w kontekście Koncepcji Rozwoju Kraju 2050. Trendy krajowe, IOŚ-PIB, 2023.
- Uchodźcy z Ukrainy w Polsce. Wyzwania i potencjał integracji, Deloitte, 2022.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2020), International Migrant Stock, 2020.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation, 'Literacy Rates Continue to Rise from One Generation to the Next', 2017.

- Wardaszkowski, M., Mapa rozwoju rynków i technologii dla gier video stosowanych w różnych dziedzinach życia, Zespół ds. Sektora Publicznego, Innowacji i Zachęt Inwestycyjnych Deloitte, Departament Analiz i Strategii, PARP.
- Wawer, R., Mapa rozwoju rynków i technologii dla obszaru rolnictwa inteligentnego (Smart Farming), Zespół ds. Zrównoważonego Rozwoju i Analiz Ekonomicznych, Deloitte, Departament Analiz i Strategii, PARP, 2019.
- When the Dust Settles: A Review of the Health Implications of the Dust Component of Air Pollution, The World Bank, 2021.
- Winston, A.R., The World in 2030: Nine Megatrends to Watch, Massachusetts Institute of Technology Sloan Management Review, 2019.
- World Air Quality Report. Region & City PM2.5 Ranking, IQAir.
- World Urbanization Prospects – The 2011 Revision, United Nations Population Division, 2012.
- Wskaźnik prezentujący rozwój gospodarki cyfrowej i społeczeństwa, obliczany na podstawie pięciu kategorii: łączność, umiejętności cyfrowe społeczeństwa, stopień użytkowania internetu, integracja cyfrowych technologii i cyfryzacja usług publicznych.
- Wskaźniki zielonej gospodarki w Polsce, GUS, 2022.

11.6 Spis wykresów i tabel

Spis wykresów

Tabela 1 Bazowa ocena wpływu megatrendów na rozwój społeczno-gospodarczy w Polsce w perspektywie 2030 i 2040 roku	37
Wykres 2 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA	76
Wykres 3 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie BEZPIECZEŃSTWO I OBRONNOŚĆ	91
Wykres 4 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie BIOTECHNOLOGIA	112
Wykres 5 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w 3 scenariuszach rozwoju w dziedzinie BUDOWNICTWO	127
Wykres 6 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie CYFRYZACJA	146
Wykres 7 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie ENERGIA	163
Wykres 8 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie ROLNICTWO	181
Wykres 9 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie SUROWCE, ODPADY, ŚRODOWISKO	199
Wykres 10 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie TRANSPORT	222
Wykres 11 Przewidywany poziom gotowości technologicznej kluczowych obszarów technologicznych w trzech scenariuszach rozwoju w dziedzinie ZDROWIE	236
Wykres 12 Zidentyfikowane powiązania pomiędzy kluczowymi obszarami technologicznymi a regionalnymi inteligentnymi specjalizacjami w ujęciu liczebności województw	278

Spis tabel

Tabela 1 Liczba przedsiębiorstw, które wzięły udział w badaniu ilościowym w podziale na dziedziny, w których działają.....	26
Tabela 2 Przegląd projektów międzynarodowych dofinansowanych z NCBR.....	248
Tabela 3 Przegląd projektów międzynarodowych dofinansowanych z INTERREG	252
Tabela 4 Przegląd projektów międzynarodowych dofinansowanych z HORYZONT 2020 / HORYZONT EUROPA	255
Tabela 5 Przegląd projektów międzynarodowych - pozostałe inicjatywy.....	260
Tabela 6 Aktualne regionalne inteligentne specjalizacje	272
Tabela 7 Syntetyczne ujęcie czynników uwarunkowań regionalnych.....	279
Tabela 8 Aktualne zapotrzebowanie na kompetencje w ocenie przedsiębiorców (beneficjentów PO IR)	283
Tabela 9 Kompetencje deficytowe w ocenie przedsiębiorców (beneficjentów PO IR).....	285
Tabela 10 Kompetencje przyszłości w ocenie przedsiębiorców (beneficjentów PO IR)	286

11.7 Lista podmiotów zaangażowanych w badanie

Instytucje centralne

1. Bank Gospodarstwa Krajowego
2. Kancelaria Prezesa Rady Ministrów Centrum GovTech
3. Ministerstwo Edukacji i Nauki
4. Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej
5. Ministerstwo Rozwoju i Technologii
6. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
7. Polska Agencja Kosmiczna
8. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości
9. Polska Izba Żywności Ekologicznej
10. Polski Fundusz Rozwoju
11. Sieć Badawcza Łukasiewicz – Centrum Łukasiewicz
12. Sieć Badawcza Łukasiewicz - Poznański Instytut Technologiczny
13. Urząd Dozoru Technicznego

Instytucje regionalne

14. Biuro Planowania Przestrzennego Województwa Łódzkiego
15. Opolskie Centrum Rozwoju Gospodarki
16. Ośrodek Promocji Przedsiębiorczości w Sandomierzu
17. Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego
18. Urząd Marszałkowski Województwa Kujawsko-Pomorskiego
19. Urząd Marszałkowski Województwa Lubelskiego
20. Urząd Marszałkowski Województwa Lubuskiego
21. Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego
22. Urząd Marszałkowski Województwa Mazowieckiego
23. Urząd Marszałkowski Województwa Podkarpackiego
24. Urząd Marszałkowski Województwa Podlaskiego
25. Urząd Marszałkowski Województwa Pomorskiego

26. Urząd Marszałkowski Województwa Śląskiego
27. Urząd Marszałkowski Województwa Warmińsko-Mazurskiego
28. Urząd Marszałkowski Województwa Wielkopolskiego
29. Urząd Marszałkowski Województwa Zachodniopomorskiego

Uczelnie i jednostki badawcze

30. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
31. Akademia Sztuki Wojennej
32. Akademia Wojsk Lądowych
33. Centrum Badań Kosmicznych PAN
34. Gdański Uniwersytet Medyczny
35. Główny Instytut Górnictwa PIB
36. Instytut Badań Edukacyjnych
37. Instytut Badawczy Dróg i Mostów
38. Instytut Botaniki im. Władysława Szafera PAN
39. Instytut Chemii i Techniki Jądrowej
40. Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – PIB
41. Instytut Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN
42. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN
43. Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN
44. Instytut Ochrony Środowiska – PIB
45. Instytut Ochrony Środowiska PIB
46. Instytut Rozwoju Wsi i Rolnictwa PAN
47. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych
48. Instytut Techniki Górniczej KOMAG
49. Instytut Technologii Paliw i Energii
50. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa PIB
51. Instytut Wysokich Ciśnień PAN
52. Instytut Wzornictwa Przemysłowego
53. Łukasiewicz - Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Centrum Szkła i Materiałów Budowlanych
54. Politechnika Białostocka
55. Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki
56. Politechnika Łódzka
57. Politechnika Poznańska
58. Politechnika Śląska
59. Politechnika Warszawska
60. Politechnika Wrocławska
61. Sieć Badawcza Łukasiewicz - Centrum Logistyki i Nowoczesnych Technologii, Poznański Instytut Technologiczny
62. Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki
63. Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki
64. Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemysle „ORGMASZ”
65. Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemysle „ORGMASZ”
66. Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Przemysłu Organicznego
67. Sieć Badawcza Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Motoryzacji
68. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
69. Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

70. Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
71. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
72. Uniwersytet Jagielloński w Krakowie
73. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
74. Uniwersytet Morski w Gdyni
75. Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
76. Uniwersytet w Białymstoku
77. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
78. Uniwersytet Warszawski
79. Uniwersytet Warszawski - DELab UW – Digital Economy Lab
80. Uniwersytet Zielonogórski
81. Wojskowa Akademia Techniczna
82. Wyższa Szkoła Managerska

Klasy, IOB, organizacje pozarządowe i organizacje zrzeszające przedsiębiorców

83. Euro-Centrum S.A.
84. Fundacja Bezpieczna Cyberprzestrzeń
85. Fundacja Bezpieczna Cyberprzestrzeń
86. Fundacja im. Urszuli Jaworskiej
87. Fundacja Wspierania Nanonauk i Nanotechnologii NANONET
88. Górnośląski Akcelerator Przedsiębiorczości Rynkowej sp. z o.o.
89. Instytut Farmaceutyczny
90. Izba Gospodarcza Ciepłownictwo Polskie
91. Klaster Dolina Lotnicza
92. Klaster Fotoniki i Światłowodów
93. Klaster Gospodarki Odpadowej i Recyklingu
94. Klaster Life Science
95. Klaster Silesia Automotive & Advanced Manufacturing – Katowicka Specjalna Strefa Ekonomiczna S.A.
96. Klaster Zrównoważona Infrastruktura
97. Mazowiecki Klaster ICT
98. Polska Izba Budownictwa
99. Polska Izba Motoryzacji
100. Polska Izba Rozwoju Elektromobilności
101. Polska Platforma Technologiczna Fotoniki
102. Polska Platforma Technologiczna Fotoniki
103. Polski Klaster Budowlany
104. Polski Związek Innowacyjnych Firm Biotechnologii Medycznej BioInMed
105. Towarzystwo Gospodarcze Polskie Energie
106. Warmińsko-Mazurski Związek Pracodawców Prywatnych w Olsztynie

Sektorowe Rady ds. Kompetencji

107. Sektorowa Rada ds. Kompetencji „Budownictwo”
108. Sektorowa Rada ds. Kompetencji „Motoryzacja i elektromobilność”
109. Sektorowa Rada ds. Kompetencji „Opieka Zdrowotna i Pomoc Społeczna”
110. Sektorowa Rada ds. Kompetencji „Przemysł lotniczo-kosmiczny”
111. Sektorowa Rada ds. Kompetencji „Rekultywacja i gospodarka wodno-ściekowa”

Przedsiębiorcy

- 112. ABB Group
- 113. ARKOP Sp. z o.o.
- 114. Asseco Poland S.A.
- 115. Atmoterm S.A.
- 116. Atos Polska S.A.
- 117. B+R Studio Tomasz Wiktorski
- 118. Centrum Nowych Technologii
- 119. Centrum Techniki Okrętowej S.A. Zakład Badawczo-Rozwojowy
- 120. Creotech Instruments
- 121. Durapower Group
- 122. DYNPAP Sp. z o.o.
- 123. ELTUR-SERWIS sp. z o.o.
- 124. EMCA S.A.
- 125. Energoprojekt Katowice S.A.
- 126. Ensys S.C.
- 127. ENVIPOŁ
- 128. Envipol
- 129. Escola S.A
- 130. EXATEL S.A.
- 131. Fakro Sp.z.o.o
- 132. Fluence sp. z o.o.
- 133. GE Aerospace
- 134. GMV
- 135. Grupa WB
- 136. HyperView sp. z o.o.
- 137. ICTB Consulting
- 138. I-KRAFT.eu
- 139. InPhoTech- innovation photonics technology
- 140. Instytut Rolnictwa Precyzyjnego Sp. z o.o.
- 141. Intel Technology Poland Sp. z o.o.
- 142. Inwedo sp. z o. o.
- 143. Lars Lightning Sp. z o.o.
- 144. Makimo Sp. z o.o.
- 145. Microsoft Sp. z o.o.
- 146. MÖLNLYCKE, Health Care, Nutricia Polska
- 147. New-Tech sp. z o.o.
- 148. OPTeam S.A.
- 149. Orlen S.A.
- 150. Polskie Stowarzyszenie Zero waste
- 151. Polskie Zakłady Lotnicze Sp. z o.o. / a Lockheed Martin Company
- 152. PONAR Wadowice S.A.
- 153. Przedsiębiorstwo Produkcji Farmaceutycznej Hasco Lek S.A.
- 154. PSNC Future Labs
- 155. PZL Mielec
- 156. SEGI-AT Sp. z o.o.
- 157. Signify Polska Sp. z o.o.

- 158. SIMP Polskie Zakłady Lotnicze Sp. z o.o.
- 159. Snarto Sp z o.o.
- 160. StethoMe Sp. z o.o.
- 161. Symbiona SA
- 162. Tarnowskie Wodociągi Spółka z o.o.
- 163. TAURON Polska Energia
- 164. TIZ Implements Sp. z o.o.
- 165. Transition technologies PSC
- 166. Triggo S.A.
- 167. VEO glass
- 168. VIGO Photonics S.A.

Inne

- 169. Śląski Ogród Botaniczny w Mikołowie
- 170. eksperci niezależni