



Indeks suwerenności technologicznej Polski.

Zarys metodologiczny

Warszawa, marzec 2025

Indeks suwerenności technologicznej Polski. Zarys metodologiczny

Autorzy raportu:

dr Piotr Lewandowski
Krzysztof Sokołowski
Adam Rosik
Remigiusz Falkowski

Recenzent: dr Łukasz Nazarko

Redakcja naukowa: dr Piotr Lewandowski

Redakcja merytoryczna: Krzysztof Sokołowski, Adam Rosik

Kierownik projektu: dr Piotr Lewandowski

Zespół projektu:

dr Piotr Lewandowski
dr Ewa Kawiak-Jawor
dr Emilia Pawlikowska
Krzysztof Sokołowski
Adam Rosik
Remigiusz Falkowski

Redakcja językowa i opracowanie graficzne: www.ccp.com.pl

Wydanie pierwsze

Warszawa 2025

Raport powstał na podstawie badań i analiz przeprowadzonych w ramach projektu „Suwerenność technologiczna Polski” (nr 500-3-310-3-01) ze środków na działalność bieżącą (dotacja 2024) Sieć Badawcza Łukasiewicz – ITECH Instytut Innowacji i Technologii.

Sieć Badawcza Łukasiewicz – ITECH Instytut Innowacji i Technologii
ul. Żelazna 87 00-879 Warszawa

ISBN: 978-83-60561-22-5





O ŁUKASIEWICZ – ITECH

Łukasiewicz – ITECH Instytut Innowacji i Technologii jest interdyscyplinarną jednostką badawczą specjalizującą się w obszarze STI (Science, Technology, Innovation). Wspieramy proces tworzenia technologii poprzez maksymalizowanie ich potencjału przy jednoczesnej minimalizacji ryzyk z nimi związanych – technology assessment. Tak rozumiany cel realizujemy poprzez prowadzenie badań, tworzenie materiałów analitycznych i rekomendacji istotnych na przecięciu sfer: polityki gospodarczej, biznesu, nauki i społeczeństwa. Nasze kluczowe programy badawcze to: transformacja energetyczna, zarządzanie ryzykiem w obszarze technologii medycznych i suwerenność technologiczna.

Jednym z naszych priorytetów są **działania na rzecz wzmocnienia bezpieczeństwa narodowego** i suwerenności technologicznej Polski i Europy. Podejmujemy inicjatywy popularyzujące i wdrażające związane z innowacją i nowoczesnymi technologiami. Realizujemy cele polityki Komisji Europejskiej w zakresie wzmacniania europejskiego potencjału innowacyjnego i technologicznego.

Łukasiewicz – ITECH należy do **Sieci Badawczej Łukasiewicz**, jednej z największych sieci badawczych w Europie. Łączy ona **22 instytuty badawcze**, w których ponad **4500 naukowców** pracuje nad innowacyjnymi rozwiązaniami technologicznymi **przeznaczonymi dla biznesu**.

SPIS TREŚCI

Wykaz skrótów	6
Executive summary	7
Cele	8
Zakres zrealizowanych analiz	9
Specyfikacja indeksu suwerenności technologicznej	9
Wnioski z badań nad suwerennością technologiczną	11
Wnioski z badań nad indeksem suwerenności technologicznej	11
Przewagi wynikające z modelu indeksu suwerenności Łukasiewicz – ITECH	13
Rekomendacje	13
Executive summary	15
The objectives	15
Scope of analyses	16
Technological sovereignty index specification	16
Conclusions from research on technological sovereignty	18
Conclusions from research on THE technological sovereignty index	18
Advantages resulting from the Łukasiewicz – ITECH sovereignty index model	19
Recommendations	20
Wstęp	22
Miejsce Łukasiewicz – ITECH w systemie bezpieczeństwa technologicznego Polski	23
1. Wprowadzenie	25
1.1. Czym jest suwerenność technologiczna?	26
1.1.1. Bezpieczeństwo Technologiczne	27
1.1.2. Suwerenność Technologiczna	28
1.1.3. Ocena Technologii	28
1.1.4. Holistyczne podejście	28
1.2. Rozporządzenie STEP i inne działania legislacyjne UE	29
1.2.1. Pakiet gotowi na 55	30
1.2.2. Unijna Strategia Na Rzecz Bioróżnorodności	31
1.2.3. Europejskie prawo klimatyczne	31
1.2.4. Strategia „od pola do stołu”	31
1.2.5. Sprawiedliwa Transformacja	32

2. Opis wykonanych prac	33
2.1. Dobór materiału do analizy	38
2.2. Definiowanie suwerenności technologicznej	39
2.3. Mierzenie suwerenności technologicznej	45
2.3.1. Technology sovereignty: From demand to concept	45
2.3.2. Technological sovereignty: Methodology and Recommendations	48
2.3.3. European Industrial Sovereignty. Future Watch Strategy Brief	50
2.3.4. European Sovereignty Index	52
2.3.5. A preparedness plan for Europe: Addressing food, energy and technological security	53
2.3.6. Key enabling technologies for Europe's technological sovereignty	54
2.4. Wyniki analiz porównawczych	55
3. Indeks suwerenności technologicznej	57
3.1. Co składa się na suwerenność technologiczną?	58
3.2. Elementy indeksu suwerenności	61
3.2.1. Wiedza	63
3.2.2. Badania	66
3.2.3. Infrastruktura	69
3.2.4. Rozwój	77
3.2.5. Produkcja	85
3.2.6. Polityka	91
3.2.7. Społeczeństwo	98
Podsumowanie	103
Bibliografia	107
Spis tabel i schematów	109
Załącznik – Lista zmiennych i wskaźników	110

WYKAZ SKRÓTÓW

B+R	– badania i rozwój.
KE	– Komisja Europejska.
KET	– ang. <i>key enabling technology</i> , kluczowe technologie wspomagające.
Łukasiewicz – ITECH	– Sieć Badawcza Łukasiewicz – ITECH Instytut Innowacji i Technologii.
MKiŚ	– Ministerstwo Klimatu i Środowiska.
MON	– Ministerstwo Obrony Narodowej.
MSWiA	– Ministerstwo Spraw Wewnętrznych i Administracji.
NATO	– ang. <i>North Atlantic Treaty Organization</i> , Sojusz Północnoatlantycki.
NGO	– ang. <i>Non-Governmental Organization</i> , organizacja pozarządowa.
Rozporządzenie STEP	– Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/795 z dnia 29 lutego 2024 r. w sprawie ustanowienia Platformy na rzecz Technologii Strategicznych dla Europy (STEP) oraz zmiany dyrektywy 2003/87/WE oraz rozporządzeń (UE) 2021/1058, (UE) 2021/1056, (UE) 2021/1057, (UE) nr 1303/2013, (UE) nr 223/2014, (UE) 2021/1060, (UE) 2021/523, (UE) 2021/695, (UE) 2021/697 i (UE) 2021/241.
RTO	– ang. <i>Research and Technology Institutions</i> .
SBN	– Strategia Bezpieczeństwa Narodowego.
STEM	– akronim od słów: science, technology, engineering, mathematics.
TRL	– ang. <i>Technology Readiness Level</i> , poziom gotowości technologicznej.
UE	– Unia Europejska.

EXECUTIVE SUMMARY



EXECUTIVE SUMMARY

Niniejszy raport przedstawia propozycję metodyki oraz analizy suwerenności technologicznej w kontekście globalnych wyzwań i europejskich regulacji. Opracowany przez Łukasiewicz – ITECH indeks suwerenności technologicznej służy do oceny potencjału technologicznego państwa, identyfikacji przewag i deficytów oraz rekomendowania działań wzmacniających niezależność technologiczną i konkurencyjność gospodarki.

Propozycja modelu pomiaru suwerenności technologicznej Łukasiewicz – ITECH, oparta na wielowymiarowych kategoriach takich jak wiedza, infrastruktura, badania i społeczeństwo, redefiniuje sposób oceny zdolności państw do niezależnego kształtowania i kontroli strategicznych technologii, oferując jednocześnie narzędzie o potencjale adaptacyjnym i prognostycznym. Model ten dostarcza obrazu obecnych przewag oraz deficytów technologicznych. Umożliwia dynamiczną identyfikację przyszłych zagrożeń oraz strategicznych możliwości w zmieniającym się globalnym ekosystemie technologicznym. Dzięki integracji wskaźników indeks wychodzi ponad dotychczasowe pomiary, proponując nowatorskie podejście, czyniące go narzędziem transformacyjnym w polityce publicznej. Proponowany model otwiera nowe możliwości dla kształtowania innowacyjnych strategii rozwoju o globalnym znaczeniu, wpisując się w rosnące potrzeby zrównoważonego i odpowiedzialnego rozwoju technologicznego.

CELE

Celem indeksu jest dostarczenie narzędzia do systematycznej analizy stanu suwerenności technologicznej i formułowania rekomendacji dla decydentów. Indeks pozwala na identyfikację obszarów wymagających interwencji, takich jak inwestycje w badania, rozwój infrastruktury czy zmniejszanie zależności od dostawców zagranicznych.

Celem niniejszego raportu jest przedstawienie modelu szacowania poziomu suwerenności technologicznej, który umożliwi identyfikację aktualnego potencjału wybranego obszaru technologicznego. Model stanowi narzędzie analityczne do wsparcia procesów decyzyjnych przy zmieniających się warunkach gospodarczych i technologicznych. Raport zawiera zestawienie porównawcze obowiązujących i proponowanych modeli szacowania suwerenności technologicznej.

Na ich podstawie opracowano koncepcję indeksu suwerenności odnoszącą się do polityki UE z zakresu bezpieczeństwa i prowadzenia prac B+R.

ZAKRES ZREALIZOWANYCH ANALIZ

Przedstawiony powyżej cel zrealizowano zgodnie z procedurami badań naukowych w trzech zasadniczych etapach:

1. Analiza danych zastanych, obejmująca *desk research* raportów pomiaru suwerenności technologicznej (np. Fraunhofer ISI, VDE), identyfikację komponentów pomiarowych oraz spektrum definicji suwerenności technologicznej i ich praktyczne zastosowanie w ocenie niezależności technologicznej i gospodarczej państw.
2. Analiza porównawcza podejść metodologicznych, obejmująca zestawienie definicji i koncepcji suwerenności technologicznej, porównanie wskaźników oraz metod oceny, a także syntezę elementów metodyki jej szacowania.
3. Opracowanie modelu pomiaru suwerenności technologicznej, obejmującego integrację wniosków z analiz, wyodrębnienie kluczowych zmiennych i wskaźników oraz budowę ustandaryzowanego i zobiektywizowanego indeksu uwzględniającego technologie krytyczne i strategiczne.

Każdy z tych kroków pogłębiał zrozumienie zjawiska i finalnie dostarczył narzędzie praktyczne do analizy suwerenności technologicznej.

Opracowany w Łukasiewicz – ITECH indeks suwerenności technologicznej pozwala ocenić poziom niezależności technologicznej państwa, a także zidentyfikować przewagi i zależności wynikające z uwarunkowań rozwoju danej technologii.

SPECYFIKACJA INDEKSU SUWERENNOŚCI TECHNOLOGICZNEJ

Idea pomiaru suwerenności technologicznej w Łukasiewicz – ITECH opiera się na założeniach i politykach realizowanych w ramach UE. Realizowana jest poprzez interdyscyplinarne podejście i synergię aspektów wiedzy, badań, infrastruktury, produkcji, polityki oraz kapitału ludzkiego w celu kompleksowej oceny potencjału technologicznego i odporności kraju na wyzwania zewnętrzne.

Propozycja pomiaru indeksu suwerenności technologicznej została oparta na wnioskach z przeprowadzonych badań oraz prac analitycznych. Zakłada holistyczne podejście do oceny obszarów technologicznych. Zaproponowana

metodyka badawcza uwzględnia różnorodne aspekty funkcjonowania technologii w kontekście bezpieczeństwa, niezależności i konkurencyjności. Obszarami tej analizy są:

1. **Wiedza** jako system edukacyjny oraz instytucje naukowe, zapewniające odpowiednie zaplecze kadrowe i badawcze. Silna baza edukacyjna i naukowa wspiera tworzenie innowacji i niezależnych rozwiązań technologicznych. Pomiar w tym obszarze obejmuje m.in. liczbę absolwentów kierunków studiów, poziom finansowania nauki oraz aktywność publikacyjną w obszarach strategicznych.
2. **Badania** i działania badawczo-rozwojowe. Zwiększają one konkurencyjność gospodarki i zdolność państwa do wdrażania technologii. Skuteczne badania redukują zależność od zewnętrznych rozwiązań i wzmacniają lokalny potencjał innowacyjny. Analiza obejmuje m.in.: poziom nakładów na prace B+R czy udział w międzynarodowych projektach badawczych.
3. **Infrastruktura** badawcza, produkcyjna i cyfrowa, uznawane za niezbędne dla rozwoju technologii krytycznych. Ocena w tym przypadku uwzględnia m.in.: dostępność zaawansowanego sprzętu, liczbę obiektów produkcyjnych i bezpieczeństwo infrastruktury krytycznej.
4. **Rozwój** technologiczny, zwiększający zdolność adaptacji do zmieniających się warunków rynkowych i technologicznych. Innowacyjność wzmacnia niezależność i globalną pozycję państwa. Pomiar w tym obszarze obejmuje m.in.: poziom inwestycji w technologie, intensywność współpracy regionalnej i wartość rynku.
5. **Produkcja** i zdolność do krajowej produkcji technologii krytycznych, które mitygują ryzyka zależności od zewnętrznych dostawców. Produkcja lokalna wzmacnia stabilność i bezpieczeństwo technologiczne. Analiza w tym obszarze uwzględnia m.in.: łańcuchy dostaw, bilans handlowy czy perspektywy opłacalności dla danej technologii.
6. **Polityki** rozumiane jako ekosystem strategii i regulacji, wspierających rozwój i ochronę krajowych technologii. Działania polityczne definiują ramy sprzyjające suwerenności technologicznej. Analiza obejmuje m.in.: poziom regulacji i skalę programów wspierających rozwój technologii, programy wsparcia, funkcjonujące grupy robocze czy lobbying.
7. **Spółeczeństwo** rozumiane jako akceptacja społeczna i świadomość technologiczna, wspierające rozwój lokalnych rozwiązań. Pomiar obejmuje m.in.: poziom poparcia i akceptacji społecznej dla danej technologii, dezinformację czy kampanie społeczne na rzecz promocji i społecznych innowacji.

WNIOSKI Z BADAŃ NAD SUWERENNOŚCIĄ TECHNOLOGICZNĄ

Wyniki prowadzonych analiz nad bezpieczeństwem technologicznym, suwerennością technologiczną i autonomią strategiczną wskazują na potrzebę nowego spojrzenia na rolę technologii w kształtowaniu przyszłości gospodarczej i politycznej państw oraz całych regionów. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że:

1. Funkcjonujące szerokie ujęcie suwerenności technologicznej **redefiniuje rolę państw w globalnym systemie gospodarczym**. Suwerenność technologiczna przestaje być narzędziem ochrony gospodarki, a staje się warunkiem strategicznego samostanowienia państw, wpływając na ich zdolność reagowania na globalne kryzysy.
2. **Technologie zmieniają układ sił międzynarodowych**, a państwa, które osiągną przewagę w obszarach technologicznych o znaczeniu krytycznym, strategicznym bądź kluczowym, zyskają wpływ na geopolitykę i ekonomię przyszłości.
3. **Rozwój technologiczny w erze globalizacji wymaga zrównoważenia niezależności i współpracy międzynarodowej**. Suwerenność technologiczna jest nieosiągalna bez znaczących nakładów i współpracy międzynarodowej. To prowadzi do konieczności przededefiniowania współzależności międzynarodowych oraz nowych ram współpracy.
4. **Koncepcja suwerenności technologicznej staje się w coraz większym stopniu narzędziem polityki publicznej**. Wykorzystanie suwerenności jako instrumentu w obszarze danych, infrastruktury cyfrowej i prywatności pokazuje, że państwa muszą zaktualizować swoje modele zarządzania w oparciu o zintegrowaną politykę cyfrową.

WNIOSKI Z BADAŃ NAD INDEKSEM SUWERENNOŚCI TECHNOLOGICZNEJ

Wyniki badań oraz metodologiczna propozycja Łukasiewicz – ITECH, dostarczają nowego narzędzia do oceny i strategicznego zarządzania potencjałem technologicznym państwa. Indeks ten umożliwia analizę technologii krytycznych, wspierając zarówno diagnozę bieżących wyzwań, jak i długoterminowe planowanie działań w obszarze technologii strategicznych.

Odnosząc się do uzyskanych w tym zakresie rezultatów, należy wskazać, że zaproponowany indeks suwerenności technologicznej:

1. **Służy do określania stanu i prognozy rozwoju technologicznego.** Propozycja uwzględnia analizę relacji między komponentami (np. infrastrukturą, polityką, produkcją), co pozwala na identyfikację deficytów i przewag w danym obszarze technologicznym. Zaproponowany indeks jako narzędzie diagnostyczno-predykcyjne, umożliwia strategiczne planowanie i zapobieganie kryzysom technologicznym.
2. **Umożliwia uzyskanie zintegrowanej oceny wpływu społecznego i technologicznego.** Nowatorskie i holistyczne podejście uwzględnia perspektywy społeczne, ekonomiczne, polityczne i technologiczne. To pozwala na budowanie społecznej akceptacji i wspieranie dobrobytu obywateli.
3. **Stanowi matrycę zmiennych dynamicznego monitorowania technologii.** Propozycja Łukasiewicz – ITECH wykracza poza statyczne wskaźniki, oferując wielowymiarową analizę opartą na obszarach takich jak wiedza, badania, produkcja i infrastruktura. Pozwala to na bieżąco adaptować pomiar indeksu do szybko zmieniających się realiów technologicznych.
4. **Umożliwia priorytetyzację strategicznych obszarów technologicznych.** Proponowane podejście wskazuje, że suwerenność technologiczna nie wymaga osiągnięcia niezależności we wszystkich sektorach, lecz skoncentrowania wysiłków i zasobów na tych technologiach, które mają potencjał i strategiczne znaczenie dla państwa.
5. **Operacjonalizuje ocenę suwerenności jako naukowy proces badawczy.** Przejście od oceny obecnie posiadanych kompetencji technologicznych do uwzględnienia w indeksie potencjału badawczo-rozwojowego pokazuje, że suwerenność technologiczna jest postrzegana jako proces ewolucyjny. Szczególną rolę odgrywa w nim zdolność państwa do rozwoju i adaptacji innowacji, a nie jedynie dostęp do zasobów czy gotowych technologii.

Opracowany w Łukasiewicz – ITECH model pomiaru suwerenności technologicznej, stanowi innowacyjne narzędzie wspierające diagnozę, planowanie i optymalizację działań związanych z niezależnością technologiczną oraz rozwojem technologii krytycznych. Niżej wymienione przewagi modelu oraz rekomendacje dla procesów decyzyjnych maksymalizują jego efektywność i spektrum zastosowań w praktyce strategicznej.

PRZEWAGI WYNIKAJĄCE Z MODELU INDEKSU SUWERENNOŚCI ŁUKASIEWICZ – ITECH

1. **Adaptacyjny charakter indeksu** dzięki modelowi opartemu na modułach, które umożliwiają dostosowanie do specyfiki różnych sektorów technologicznych, na różnych poziomach ich rozwoju oraz do zmieniających się warunków gospodarczych. Każdy z modułów może obejmować technologie krytyczne.
2. **Stymulowanie procesów decyzyjnych i strategii sektorowych** poprzez uwzględnienie zarówno wskaźników krajowych, jak i międzynarodowych. Dzięki temu indeks jest przydatny w kształtowaniu strategii rozwoju innowacji i technologii w ciągle zmieniających się warunkach geopolitycznych. Umożliwia identyfikację globalnych punktów krytycznych, pozwala skuteczniej budować swoją pozycję w międzynarodowych relacjach gospodarczych, ekonomicznych i technologicznych.
3. **Tworzenie hybrydowej mapy potencjału innowacyjnego i bezpieczeństwa technologicznego** dzięki integracji wskaźników dotyczących infrastruktury, wiedzy i społeczeństwa. Model pozwala na stworzenie dynamicznej mapy zdolności państwa do innowacji, uwzględniając jednocześnie zdolność systemu do adaptacji w obliczu kryzysów. Taka mapa stanowi unikalne narzędzie do równoważenia dążeń rozwojowych z koniecznością zapewnienia stabilności społecznej i gospodarczej.

REKOMENDACJE

Poniżej przedstawiono rekomendacje dążące do optymalizacji procesów decyzyjnych oraz pełnego wykorzystania efektów zastosowania modelu.

1. Budowa europejskich benchmarków poprzez rozszerzenie współpracy nad metodologią badania suwerenności technologicznej. W szczególności, działanie to powinno obejmować: identyfikację najlepszych praktyk oraz ocenę efektywności wsparcia procesów decyzyjnych.
2. Integracja z polityką publiczną poprzez włączenie indeksu do krajowych i europejskich ram decyzyjnych. Indeks odgrywa rolę wskaźnika wyjściowego w ocenie skuteczności polityk przemysłowych, edukacyjnych i badawczo-rozwojowych, wspierając transparentność oraz odpowiedzialność decyzyjną.
3. Rozbudowa o komponent etyczno-społeczny poprzez dodanie wskaźników, mierzących zdolność technologii do respektowania zasad etycznych oraz poziomu akceptacji społecznej. Taki element umożliwia ocenę, w jakim

stopniu technologie wspierają rozwój społeczny i są zgodne z zasadami odpowiedzialnych innowacji, w tym m.in. ESG, Ethics by Design oraz RRI.

4. Wykorzystanie indeksu jako narzędzia foresightu technologicznego, służącego diagnozie i prognozom, które umożliwiają identyfikację przyszłych wyzwań i szans w obszarze technologii krytycznych. Indeks wspiera bardziej świadome podejmowanie działań w kontekście globalnej rywalizacji technologicznej.

Jesteśmy przekonani, że przedstawiony raport spotka się z uznaniem i stanie się wartościowym wkładem w dyskusję na temat suwerenności technologicznej, stanowiąc jednocześnie inspirację dla dalszych badań i praktycznych wdrożeń. Liczymy na owocną współpracę z instytucjami, organizacjami i ekspertami zainteresowanymi wykorzystaniem opracowanego indeksu w strategicznym planowaniu rozwoju technologicznego. Mamy nadzieję, że zaproponowany model przyczyni się do wzmacniania niezależności technologicznej oraz konkurencyjności gospodarek na arenie międzynarodowej.

EXECUTIVE SUMMARY

The report proposes a methodology and analysis of technological sovereignty in the context of global challenges and European regulations. The sovereignty index developed by Łukasiewicz – ITECH can be used to assess a country's technological potential, identify the advantages and deficits, and recommend measures to strengthen technological independence and competitiveness of the economy.

The model for measuring technological sovereignty proposed by Łukasiewicz – ITECH is based on multidimensional categories, like knowledge, infrastructure, research, and society, and redefines the way of assessing countries' capabilities for independently shaping and controlling strategic technologies while at the same time offering a tool of adaptative and prognostic potential. It provides a picture of current technological advantages and deficits and enables dynamic identification of future threats and strategic possibilities in the changing global technological ecosystem. Through indicators' integration, the index goes beyond the boundaries of past measurements and proposes a novel approach, which makes it a transformative public policy tool. The proposed model opens up new possibilities for shaping innovative development strategies of global significance and responds to the growing need for sustainable and responsible technological development.

THE OBJECTIVES

The index aims to provide a tool for systematically analysing technological sovereignty status and formulating recommendations for decision-makers. It enables the identification of areas that require intervention, like investment in research, infrastructure development, or reducing dependence on foreign providers.

The report aims to present the model for estimating the level of technological sovereignty that identifies the current potential of a selected technological area. The model is an analytical tool to support decision-making processes in a dynamic economic and technological environment. The report compares the adopted and proposed models estimating technological sovereignty. Based on them, a concept

of a sovereignty index has been developed that refers to EU security and R+D policies.

SCOPE OF ANALYSES

The above objective has been accomplished in three stages, in line with scientific research procedures:

1. Analysis of existing data, including desk research on technological sovereignty measurement reports (e.g., Fraunhofer ISI, VDE), identification of measurement components and the spectrum of technological sovereignty definitions, and their practical application in assessing countries' technological and economic independence.
2. Comparative analysis of methodological approaches, including comparisons of definitions and concepts of technological sovereignty, a comparison of indicators and assessment methods, and a synthesis of methodology elements that estimate technological sovereignty.
3. Development of a technological sovereignty measurement model, including integrating conclusions from analyses, identifying key variables and indicators, and developing a standardized, objective index considering critical and strategic technologies.

Each step deepened the understanding of the phenomenon and ultimately provided a practical tool for analysing technological sovereignty.

The technological sovereignty index developed at Łukasiewicz – ITECH enables the assessment of a country's technological independence and identifies the advantages and dependencies resulting from the conditions of a given technology's development.

TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY INDEX SPECIFICATION

The Łukasiewicz – ITECH idea of measuring technological sovereignty is based on the assumptions and policies implemented in the EU. It is implemented through an interdisciplinary approach and a synergy of aspects like knowledge, research, infrastructure, production, policy, and human capital, aiming to comprehensively assess a country's technological potential and resilience to external challenges.

The proposed measurement of the technological sovereignty index is based on conclusions from research and analyses. It assumes a holistic approach to the assessment of technology areas. The proposed research methodology takes account of various aspects of technology's functioning in the context of security, independence, and competitiveness. It analyses the following:

1. **Knowledge** as the system of education and scientific institutions providing the appropriate human resources and research base. A strong educational and scientific base supports the development of innovations and independent technological solutions. In this area, the measurement considers the number of graduates of particular faculties, the level of science funding, and the number of publications in the strategic areas.
2. **Research** and research and development measures. Such measures increase the competitiveness of the economy and a country's technology implementation capabilities. Effective research reduces dependency on external solutions and strengthens the local innovation potential. The analysis covers the level of R+D investment and participation in international research projects.
3. **Infrastructure**, such as research, production, and digital infrastructure, are considered necessary for critical technology development. In this case, the assessment covers the availability of advanced equipment, the number of production facilities, and the safety of critical infrastructure.
4. Technological **development** that increases the ability to adapt to changing market and technological conditions. Innovation strengthens a country's independence and global position. In this area, the measurement covers the level of investment in technology, the intensity of regional cooperation, and the value of the market.
5. **Production** and national capabilities for the production of critical technologies that mitigate the risk of dependence on foreign providers. Local production strengthens technological stability and security. In this area, the analysis covers the supply chain, trade balance, and a given technology's profitability prospects.
6. **Policies** understood as an ecosystem of strategies and regulations to support the development and protection of national technologies. Political measures define the framework favourable for technological sovereignty. The analysis covers the level of regulation and the scale of programs to support technology development, support programs, the functioning working groups, and lobbying.
7. **Society** understood as social acceptance and technology awareness to support the development of local solutions. The measurement covers the support and social acceptance level of a given technology, disinformation, and social campaigns for promotion and social innovation.

CONCLUSIONS FROM RESEARCH ON TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY

Results of the analyses of technological security, technological sovereignty, and strategic autonomy show that a new perspective is needed on the role of technology in shaping the economic and political future of countries and regions. The results demonstrate that:

1. The existing broad notion of technological sovereignty **redefines the role of countries in the global economic system**. Technological sovereignty is no longer a tool to protect the economy but becomes a condition for countries' strategic self-determination as it affects their capability of responding to global crises.
2. **Technologies change the international balance of power**, and countries that get the advantage in critical, strategic, or key technological areas will gain more influence on global politics and the economy of the future.
3. **In the era of globalisation, technological development requires balancing independence and international cooperation**. Technological sovereignty cannot be achieved without significant investment and international cooperation. This leads to the need to redefine international dependencies and establish new cooperation frameworks.
4. **The concept of technological sovereignty is increasingly becoming a public policy tool**. Sovereignty being used as an instrument in the area of data, digital infrastructure, and privacy shows that countries need to update their management models based on integrated digital policy.

CONCLUSIONS FROM RESEARCH ON THE TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY INDEX

Research results and the methodology proposal of Łukasiewicz – ITECH provide a new tool for the assessment and strategic management of a country's technological potential. The index enables analysis of critical technologies, thus supporting the diagnosis of current challenges and long-term planning of measures in strategic technologies.

When referring to the results obtained in this scope, it should be pointed out that the proposed technological sovereignty index:

1. **Can be used to determine the condition and make forecasts of technological development**. The proposal includes an analysis of the relations between the components (e.g., infrastructure, politics, production), which

enables the identification of deficits and advantages in a given technological area. As a diagnostic-predictive tool, the proposed index enables strategic planning and prevention of technological crises.

2. **Enables integrated assessment of social and technological impacts.** This novel, holistic approach takes account of social, economic, political, and technological perspectives, thus making it possible to build social acceptance and support citizens' economic well-being.
3. Is a matrix of variables for dynamic monitoring of technology. The Łukasiewicz – ITECH proposition goes beyond static indicators and offers a multidimensional analysis based on areas like knowledge, research, production, and infrastructure. This enables ongoing adaptation of the index's measurement to fast-changing technological realities.
4. **Enables the prioritisation of strategic technology areas.** The proposed approach indicates that technological sovereignty does not require independence in all sectors. Instead, it concentrates efforts and resources on the technologies that have potential and are strategically important for the country.
5. **Operationalises the assessment of sovereignty as a scientific research process.** The transition from assessing the current technological competencies to the inclusion of the R+D potential in the index shows that technological sovereignty is perceived as an evolution. In the process, a special role is played by a country's ability to develop and adapt innovations rather than just accessing the already available resources and technologies.

The Łukasiewicz – ITECH model for assessing technological sovereignty is an innovative tool to support diagnosing, planning, and optimisation of technological independence measures and the development of critical technologies. The model's advantages, listed below, and recommendations for decision-making processes maximise its effectiveness and the spectrum of its applications in strategic practice.

ADVANTAGES RESULTING FROM THE ŁUKASIEWICZ – ITECH SOVEREIGNTY INDEX MODEL

1. **The adaptive nature of the index** resulting from the model being based on modules makes it adaptable to the specific nature of various technology sectors, on different levels of development, and to changing economic conditions. Each module can include critical technologies.
2. **The model can stimulate decision-making processes and sector strategies** through including both national and international indicators. Thanks to this, the model can be used to shape innovation and technology development strategies in constantly changing geopolitical conditions. It

enables the identification of global critical points, thus making it possible to build one's position in international economic and technological relations.

3. **Creation of a hybrid map of innovation potential and technological security** thanks to integrating infrastructure, knowledge, and social indicators. The model enables the creation of a dynamic map of a country's capacity for innovation, while providing for the system's ability to adapt to crises. The map is a unique tool for balancing development aspirations with the need to ensure social and economic stability.

RECOMMENDATIONS

Recommendations aiming to optimise the decision-making processes and take full advantage of the effects of the model's application have been presented below.

1. Building European benchmarks through extending cooperation on technological sovereignty assessment methodologies. In particular, the exercise should include the identification of best practices and assessment of the effectiveness of support for decision-making processes.
2. Integration with public policies through the index's integration into national and European decision-making frameworks. The index works like an output indicator for assessing the effectiveness of industrial, educational, and R+D policies while simultaneously supporting transparency and decision-making responsibility.
3. Extension to include the social-ethical component by adding indicators that measure a technology's capability for respecting ethical principles, and social acceptance level. This element makes it possible to assess how much technologies support social development and are consistent with the principles of responsible innovation, including ESG, Ethics by Design, and RRI.
4. The index can be used as a technological foresight tool to support diagnoses and forecasts, identifying future challenges and opportunities in critical technologies. It supports more informed measures in the context of global technological competition.

We believe that the presented report will be appreciated and, while inspiring further research and practical applications, become a valuable contribution to the discussion on technological sovereignty. We are hoping for fruitful cooperation with institutions, organisations, and experts interested in using the index in strategic planning of technological development, and hope that the proposed model will contribute to strengthening technological independence and competitiveness of economies in the international arena.

WSTĘP



W kontekście dynamicznych przemian na arenie międzynarodowej oraz rosnącej konkurencji na rynku globalnym, problem suwerenności technologicznej zyskuje kluczowe znaczenie dla polityki gospodarczej w szczególności w obszarze Unii Europejskiej. Współczesne gospodarki są głęboko uzależnione od innowacji technologicznych, które determinują rozwój sektora przemysłowego, wpływają na bezpieczeństwo narodowe, stabilność ekonomiczną oraz jakość życia obywateli. Efektywne zarządzanie technologią i rozwijanie krajowego potencjału technologicznego stały się niezbędnymi elementami zapewniania niezależności oraz konkurencyjności w obliczu globalnych wyzwań.

Niniejszy raport ma na celu przedstawienie działań podejmowanych przez Łukasiewicz – ITECH w zakresie wzmacniania bezpieczeństwa technologicznego Polski. W kontekście zmian geoekonomicznych i technologicznych ważne jest zrozumienie metod budowy oraz utrzymywania krajowego potencjału technologicznego, który będzie w stanie sprostać współczesnym wyzwaniom. Dlatego w ramach projektu „Suwerenność technologiczna” opracowany został indeks suwerenności jako propozycja metodyki i model analizy dla technologii lub obszarów technologicznych w zakresie ich roli i stanu w gospodarce krajowej. W raporcie przedstawiono wyniki prac zespołu w postaci zestawienia obecnie wykorzystywanych do pomiaru suwerenności zmiennych i wskaźników, układając je w szersze kategorie i obszary na rzecz opracowania modelu indeksu suwerenności. Głównym celem raportu jest stworzenie takich ram, które umożliwią identyfikację obszarów technologicznych, w których Polska ma deficyty istotnie wpływające na osiągnięcie suwerenności technologicznej oraz przewagi technologicznej, które mogą posłużyć do gospodarczego wzmocnienia pozycji państwa.

Raport analizuje kilka kluczowych aspektów suwerenności technologicznej. Po pierwsze, omawia znaczenie krajowego potencjału technologicznego jako fundamentu dla niezależności gospodarczej, podkreślając potrzebę ochrony i rozwijania krajowych zasobów technologicznych jako odpowiedzi na globalne wyzwania. Po drugie, dostarcza gotowych rozwiązań w postaci modelu indeksu suwerenności technologicznej dla wybranych obszarów technologicznych. Jest to główny element raportu przedstawiający propozycję metodologicznego podejścia do idei pomiaru suwerenności technologicznej. Opracowanie takiego narzędzia pozwala na dokonanie oceny obecnego stanu wybranych technologii oraz możliwości rekomendowania na rzecz rozwoju i podejmowania odpowiednich działań. Zatem opracowana metodyka ma na celu umożliwienie podejmowania świadomych decyzji, które przyczynią się do budowy silnej i niezależnej gospodarki.

Raport ten stanowi próbę analizy suwerenności technologicznej w Polsce. Innowacyjny charakter podejmowanych działań oznacza, że niektóre elementy raportu mogą być przedmiotem dalszych modyfikacji w miarę postępu prac badawczych. Współpraca z różnymi interesariuszami, takimi jak naukowcy, przedsiębiorcy, politycy oraz organizacje pozarządowe, będzie kluczowa dla efektywnego wdrażania zawartych w raporcie rekomendacji. Zapraszamy do aktywnej współpracy oraz zachęcamy do dzielenia się konstruktywną krytyką, która może przyczynić się do dalszego doskonalenia analiz i rozwiązań przedstawionych w raporcie. Otwartość na różnorodne perspektywy i opinie jest niezbędna dla osiągnięcia kompleksowego i skutecznego podejścia do omawianego zagadnienia.

Raport ten stanowi istotny krok w kierunku zrozumienia wyzwań i możliwości stojących przed polską gospodarką w kontekście technologii oraz innowacji. Wyniki badań mają na celu pogłębienie zrozumienia roli suwerenności technologicznej w budowaniu silnej i konkurencyjnej Polski oraz staną się podstawą do dalszych działań na rzecz rozwoju krajowego potencjału technologicznego.

MIEJSCE ŁUKASIEWICZ – ITECH W SYSTEMIE BEZPIECZEŃSTWA TECHNOLOGICZNEGO POLSKI

Instytut Łukasiewicz – ITECH odgrywa coraz istotniejszą rolę w systemie bezpieczeństwa państwa, szczególnie koncentrując się na aspektach technologicznych i innowacyjnych, które są niezbędne do zapewnienia suwerenności technologicznej i narodowej. Jego działalność obejmuje kilka istotnych obszarów, które przyczyniają się do wzmocnienia bezpieczeństwa technologicznego Polski.

Po pierwsze, Instytut prowadzi badania i analizy dotyczące kluczowych technologii, co pozwala na identyfikację potencjalnych zagrożeń oraz możliwości rozwoju w obszarze innowacji. Dzięki temu może dostarczać decydentom rzetelnych informacji, które są niezbędne do podejmowania strategicznych decyzji w zakresie polityki technologicznej i bezpieczeństwa narodowego.

Po drugie, Łukasiewicz – ITECH angażuje się w rozwój krajowego sektora badawczo-rozwojowego, co jest kluczowe dla budowania niezależności technologicznej. Wspierając innowacje i rozwój kompetencji w kraju, przyczynia się do zmniejszenia zależności od zagranicznych dostawców technologii, co jest istotne dla bezpieczeństwa ekonomicznego i technologicznego państwa.

Po trzecie instytut współpracuje z sektorem publicznym i prywatnym, co sprzyja wymianie wiedzy i doświadczeń oraz przyspiesza rozwój innowacji. Taka interdyscyplinarna współpraca jest niezbędna do budowania silnego systemu bezpieczeństwa technologicznego, który potrafi reagować na dynamicznie zmieniające się warunki globalne.

Po czwarte, Instytut aktywnie uczestniczy w kształtowaniu polityki technologicznej na poziomie krajowym i europejskim. Jego zaangażowanie w procesy legislacyjne oraz współpraca z innymi instytucjami badawczymi i organizacjami międzynarodowymi pozwala na reprezentowanie interesów Polski w obszarze technologii i innowacji, co jest kluczowe dla zapewnienia korzystnych warunków rozwoju.

Instytut odgrywa rolę popularyzatorską, podnosząc świadomość na temat znaczenia suwerenności technologicznej i bezpieczeństwa narodowego. Organizując konferencje, warsztaty i szkolenia, Łukasiewicz – ITECH przyczynia się do budowania kultury innowacji i bezpieczeństwa w społeczeństwie. Jest to niezbędne do długofalowego rozwoju i stabilności państwa.

1

WPROWADZENIE



1.1. CZYM JEST SUWERENNOŚĆ TECHNOLOGICZNA?

Suwerenność technologiczna, zgodnie z Rozporządzeniem 2024/795 w sprawie ustanowienia Platformy na rzecz Technologii Strategicznych dla Europy (STEP), oznacza zdolność państwa lub regionu do samodzielnego rozwijania, wdrażania i kontrolowania kluczowych technologii w celu osiągnięcia niezależności, bezpieczeństwa i konkurencyjności na arenie międzynarodowej. Ta zdolność obejmuje posiadanie własnych zasobów technologicznych, umiejętności badawczo-rozwojowych, infrastruktury produkcyjnej oraz odpowiedniego poziomu innowacyjności w strategicznych i krytycznych sektorach gospodarki. Suwerenność technologiczna jako polityka państwa ma na celu wzmocnienie pozycji państw UE w zakresie decyzji dotyczących technologii, uniknięcie zależności od innych krajów lub podmiotów oraz promowanie rozwoju gospodarczego i społecznego opartego na własnych osiągnięciach technologicznych.

Unia Europejska zwraca uwagę na rosnące wyzwania związane z globalną konkurencją, bezpieczeństwem cyfrowym, ochroną danych osobowych czy zapewnieniem zrównoważonego rozwoju. W ramach tych działań, UE dąży do wzmocnienia swojej suwerenności technologicznej poprzez m.in. inwestycje w kluczowe technologie, promowanie innowacji, rozwój cyfrowy oraz budowę jednolitego rynku cyfrowego.

Unia Europejska bezpośrednio wskazuje, że kontekstem rozwoju idei i polityki suwerenności technologicznej jest rywalizacja technologiczna między USA, Chinami a Europą. W tym wymiarze coraz więcej państw rozwija polityki i strategie bezpieczeństwa technologicznego. Jest ono zasadnicze w kilku wymiarach bezpieczeństwa państwa: uzyskiwaniu przewag gospodarczych, produkcyjnych i rynkowych, uzyskiwaniu przewag strategicznych i operacyjnych, odpowiednich poziomów zabezpieczeń infrastrukturalnych, rozwoju poziomu innowacyjności państwa i regionu oraz opracowaniu i implementowaniu nowych rozwiązań dla obronności. Konieczność zapewnienia suwerenności technologicznej, uniknięcia zależności od zagranicznych dostawców technologii kluczowych oraz ochrony własności intelektualnej stanowi wyzwanie, które wymaga skutecznych działań i wsparcia instytucjonalnego na szczeblu krajowym i europejskim.

W obliczu rosnącej konkurencji na rynkach globalnych i konieczności zapewnienia bezpieczeństwa technologicznego, ważne jest wsparcie sektorów przemysłu w ochronie przed nieuczciwymi praktykami, nauki w obszarze odpowiedzialnego

i etycznego rozwoju innowacyjności oraz sektora publicznego w zakresie sekurytyzacji krajowych kompetencji technologicznych. Ważne jest dostarczanie analiz przewencyjnych i reakcyjnych w odpowiedzi na trendy, zagrożenia i wyzwania w obszarze bezpieczeństwa technologicznego, rzetelnych analiz do podejmowania skutecznych i strategicznych decyzji w obszarze bezpieczeństwa technologicznego państwa oraz wsparcie polityki suwerenności technologicznej.

Strategia Bezpieczeństwa Narodowego RP z 2020 r. (dalej: SBN) określa cele bezpieczeństwa technologicznego, wskazując na budowę zdolności do rozwoju technologii oraz do produkcji zasobów strategicznych poprzez wzmocnienie i rozbudowę potencjału prac badawczo-rozwojowych w obszarze nowoczesnych technologii. Podnosi się również konieczność włączenia Polski w globalny wyścig technologiczny poprzez posiadanie efektywnej innowacyjnej gospodarki.

Koncepcja funkcjonowania w zakresie suwerenności technologicznej odpowiada na potrzeby skutecznej ochrony kompetencji technologicznych państwa, inwestowania w rozwój technologii strategicznych i kluczowych oraz dostosowania działań do zmieniających się warunków i zagrożeń w obszarze technologicznym. Strategiczne obszary to m.in. cyberbezpieczeństwo, technologie kwantowe, technologie jądrowe czy wodorowe, mające na celu zapewnienie niezależności państwa i utrzymanie przewag technologicznych w zmieniającej się dynamice międzynarodowej.

1.1.1. BEZPIECZEŃSTWO TECHNOLOGICZNE

Bezpieczeństwo technologiczne to stan, w którym technologie oraz polityki i działania związane z technologiami nie stanowią zagrożenia dla bezpieczeństwa narodowego, suwerenności czy gospodarki państwa. Jest to nadrzędny cel, do którego dąży państwo, obejmując wszystkie technologie, środki i narzędzia dostępne w jego obrębie. Założenia tego obszaru obejmują ochronę kompetencji technologicznych. Oznacza to zapobieganie zagrożeniom, reagowanie na wyzwania i monitorowanie środowiska bezpieczeństwa technologicznego w celu niwelowania skutków globalnych zmian i trendów. Zapewnienie ciągłości działania strategicznych i krytycznych technologii jest również istotne. Ochrona systemu rozwoju innowacji, zapobieganie kradzieży technologicznej oraz minimalizowanie ryzyka związanego z niekorzystnym wykorzystaniem technologii stanowią podstawowe elementy tego procesu. Interdyscyplinarna współpraca z sektorem państwowym i prywatnym jest niezbędna w celu wzmocnienia systemu bezpieczeństwa oraz promowania innowacji zgodnych z zasadami etycznymi, społeczną odpowiedzialnością i interesami narodowymi.

1.1.2. SUWERENNOŚĆ TECHNOLOGICZNA

Suwerenność technologiczna jest aspektem polityki bezpieczeństwa technologicznego. Polega ona na zdolności państwa do samodzielnego rozwijania, kontrolowania i wykorzystywania kluczowych technologii, niezależnie od innych podmiotów. Ważnymi elementami tego założenia są zdolność do samodzielnego kształtowania i rozwoju technologii. Inwestowanie w rozwój własnych zdolności technologicznych oraz promowanie innowacji na poziomie krajowym jest uznawane za strategiczne dążenie państwa do osiągnięcia bezpieczeństwa. Niezależność od technologii obcych jest również istotna. Zapewnienie, że państwo nie jest uzależnione od technologii, które mogą być wykorzystane do nacisku lub ingerencji w sprawy wewnętrzne, jest ważnym aspektem suwerenności technologicznej. Interdyscyplinarna ocena sytuacji w różnych obszarach, takich jak cyfryzacja czy energetyka, jest niezbędna w celu określenia poziomu suwerenności technologicznej.

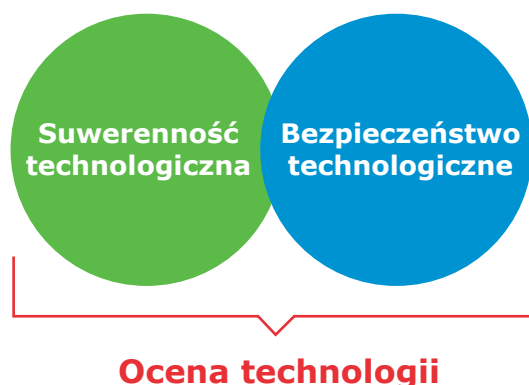
1.1.3. OCENA TECHNOLOGII

Ocena technologii (OT) jest nadrzędnym narzędziem umożliwiającym podejmowanie świadomych decyzji dotyczących wdrażania i wykorzystywania technologii. OT polega na identyfikacji i analizie szans oraz zagrożeń związanych z technologiami, z uwzględnieniem ich wpływu na bezpieczeństwo narodowe, gospodarkę, społeczeństwo i środowisko naturalne. Podstawowe założenia tego obszaru obejmują analizę wpływu technologii na społeczeństwo, w której ważne jest także określenie skutków i zagrożeń, szans i potencjału danej technologii. Interdyscyplinarna działalność analityczna jest również istotna. Identyfikacja wpływu i zależności między technologią a społeczeństwem wspiera strategiczne decyzje. Wsparcie innowacyjności poprzez połączenie kwestii suwerenności technologicznej z innowacyjnością jest niezbędne. Celem strategicznym jest stworzenie i zaaplikowanie innowacyjnych rozwiązań w narodowej gospodarce.

1.1.4. HOLISTYCZNE PODEJŚCIE

Holistyczne podejście do bezpieczeństwa technologicznego zakłada, że nie można osiągnąć bezpieczeństwa technologicznego bez suwerenności technologicznej. Suwerenność technologiczna wymaga rzetelnej oceny technologii. Wszystkie te elementy są ze sobą powiązane i razem stanowią ramy do tworzenia indeksu suwerenności technologicznej.

Schemat 1. Ilustracja powiązania suwerenności i bezpieczeństwa technologicznego z oceną technologii



Źródło: Opracowanie własne.

1.2. ROZPORZĄDZENIE STEP I INNE DZIAŁANIA LEGISLACYJNE UE

W wyniku rosyjskiej agresji na Ukrainę, zauważalnym trendem wśród instytucji unijnych stała się popularyzacja zagadnień związanych z autonomią strategiczną oraz dywersyfikacją dostaw surowców. W celu realizacji powyższych ambicji, sięgnięto po koncepcję ujednoliconego funduszu finansującego europejską niezależność w obszarze technologii, który powstał w formie przejściowej jako Platforma Technologii Strategicznych dla Europy (STEP). Zakłada ona finansowanie trzech rodzajów technologii (*deep tech*, zasobooszczędne i biotechnologię) przez istniejące już fundusze. Zgodnie z zapisami dokumentu, w 2025 roku ma zostać dokonana ocena jego wdrażania, która skutkuje pozostawieniem inicjatywy w stanie obecnym lub rozszerzeniem platformy w jednolity fundusz wspomniany na początku. Podstawę prawną w zakresie działań na rzecz wzmacniania suwerenności technologicznej UE i autonomii strategicznej stanowi art. 173 Traktatu o Funkcjonowaniu Unii Europejskiej (TFUE), który stanowi, że „Unia i państwa członkowskie czuwają nad zapewnieniem warunków niezbędnych dla konkurencyjności przemysłu Unii”. Polityka innowacyjności UE jest ściśle powiązana z fundamentalnymi zasadami, którymi kieruje się wspólnota, takimi jak konkurencyjność czy ochrona klimatu i środowiska. Rozporządzenie STEP stanowi postęp o tyle, że jako pierwszy akt prawny obowiązujący w UE ma na celu ujednolicić i scentralizować politykę budowania autonomii strategicznej zgodnie z duchem art. 173 TFUE.

Obok rozporządzenia STEP, instytucje unijne podejmują szereg innych inicjatyw w zakresie wzmacniania suwerenności technologicznej. Popularyzacji ulega także

pojęcie tzw. łańcuchów wartości, które stanowią pojęcie szersze od samych łańcuchów dostaw. Oprócz samych zasobów obejmują też siatkę wzajemnych powiązań instytucjonalno-politycznych, które za nimi stoją. Pojęcie to jest używane chociażby w Europejskim Akcie ws. Czipów, którego celem jest zwiększenie odporności Europy w zakresie technologii i zastosowań półprzewodników oraz pomoc w osiągnięciu transformacji cyfrowej i ekologicznej. Zagadnienia związane z autonomią strategiczną pojawiają się w Europejskiej Strategii Przemysłowej, której celem jest wspieranie podwójnej transformacji w kierunku zielonej i cyfrowej gospodarki.

Oprócz wyżej wymienionych dokumentów, przykładem nacisku na poszerzanie autonomii strategicznej UE jest Zielony Ład, czyli pakiet inicjatyw politycznych, których celem jest dokonanie transformacji ekologicznej i osiągnięcie neutralności klimatycznej do roku 2050. W celu jego realizacji rozpoczęto przyjmowanie kolejnych dokumentów¹.

1.2.1. PAKIET GOTOWI NA 55

Pakiet Gotowi na 55 (*Fit for 55*) jest zestawem wniosków ustawodawczych, których celem jest uaktualnienie unijnych przepisów oraz ustanowienie inicjatyw tak, aby polityka UE była zgodna z celami klimatycznymi ustalonymi przez Radę i Parlament Europejski. Ma to zapewnić spójne i wyważone ramy realizacji unijnych celów klimatycznych poprzez zabezpieczenie społecznie sprawiedliwego charakteru transformacji, utrzymanie i zwiększenie konkurencyjności unijnego przemysłu przy równoczesnym zagwarantowaniu równości szans względem podmiotów gospodarczych z państw trzecich, a także umocnienie pozycji UE jako globalnego lidera w walce ze zmianami klimatu. Najważniejszym elementem wchodzącym w skład pakietu Gotowi na 55 jest reforma unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji (EU ETS), który ma być bardziej restrykcyjny poprzez m.in. objęcie nim handlu morskiego, szybsze redukowanie uprawnień do emisji i stopniowe wygaszanie bezpłatnych uprawnień dla niektórych sektorów, wprowadzenie przez system EU ETS mechanizmu kompensacji i redukcji CO₂ dla lotnictwa międzynarodowego (CORSIA), wzrost finansowania funduszu modernizacyjnego i funduszu innowacyjnego oraz zmianę rezerwy stabilności rynkowej.

¹ Szczegółowe analizy dotyczące wpływu polityki wzmacniania suwerenności technologicznej znajdują się w osobnych opracowaniach Ł-ITECH: *Rola STEP w budowaniu suwerenności technologicznej UE. Ocena i perspektywy*; *Analiza wyzwań i możliwości związanych z wdrożeniem Platformy Technologii Strategicznych (STEP)*; *Ocena współpracy międzynarodowej na rzecz realizacji polityki wzmacniania suwerenności technologicznej UE*.

1.2.2. UNIJNA STRATEGIA NA RZECZ BIORÓŻNORODNOŚCI

Unijna strategia na rzecz bioróżnorodności 2030 ma pomóc odbudować różnorodność biologiczną Europy do 2030 r. Działania określone w strategii obejmują rozszerzenie chronionych obszarów lądowych i morskich w Europie, odtwarzanie zdegradowanych ekosystemów przez ograniczenie stosowania i szkodliwości pestycydów oraz zwiększenie finansowania działań i lepsze monitorowanie postępów. W październiku 2020 r. Rada ds. Środowiska przyjęła konkluzje o bioróżnorodności. Zatwierdziła w nich cele unijnej strategii bioróżnorodnościowej na 2030 r. Państwa członkowskie uznały, że trzeba zwiększyć wysiłki: zająć się bezpośrednimi i pośrednimi czynnikami bioróżnorodności i jej utraty. Ponowiły też apel o pełne uwzględnienie celów bioróżnorodnościowych w innych sektorach, takich jak rolnictwo, rybołówstwo i leśnictwo. W czerwcu 2023 r. Rada uzgodniła stanowisko negocjacyjne względem projektu prawa o odbudowie zasobów przyrodniczych. Projekt ma realizować niektóre cele strategii bioróżnorodnościowej. Określa on wiążący unijny cel, który wymagałby od państw członkowskich objęcia do 2030 r. skuteczną odbudową co najmniej 20% unijnych obszarów lądowych i morskich.

1.2.3. EUROPEJSKIE PRAWO KLIMATYCZNE

Rozporządzenie o Europejskim Prawie Klimatycznym materializuje ambicje polityczne osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku w zobowiązanie prawne dla całej UE. Poprzez przyjęcie tego aktu, państwa unijne zobowiązały się do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych netto w UE o co najmniej 55% do 2030 r. w porównaniu z poziomami z 1990 r. Cel ten jest prawnie wiążący i opiera się na ocenie skutków przeprowadzonej przez Komisję. Głównymi działaniami zmierzającymi do osiągnięcia celu są: określenie tempa redukcji emisji do 2050 r., aby zapewnić przewidywalność przedsiębiorstwom, zainteresowanym stronom i obywatelom, opracowanie systemu monitorowania i raportowania postępów w realizacji celu i zapewnienie racjonalnej kosztowo i sprawiedliwej społecznie transformacji ekologicznej. Rozporządzenie obowiązuje od maja 2021 roku.

1.2.4. STRATEGIA „OD POLA DO STOŁU”

Celem tej strategii jest wsparcie przejścia do neutralności klimatycznej przez przestawienie obecnego systemu żywnościowego UE na model zrównoważony. Priorytet stanowi bezpieczeństwo żywnościowe, ale w skład strategii wchodzi zapewnienie wystarczającej podaży niedrogiej i pełnowartościowej żywności, zapewnienie zrównoważonej produkcji żywności i propagowanie bardziej zrównoważonej konsumpcji żywności i zdrowego odżywiania. W październiku 2020 r. Rada przyjęła konkluzje o strategii „Od pola do stołu”, w których poparła

cel, którym jest stworzenie w Europie zrównoważonego systemu żywnościowego od produkcji do konsumpcji.

1.2.5. SPRAWIEDLIWA TRANSFORMACJA

Osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 r. będzie dla niektórych państw członkowskich i regionów większym wyzwaniem niż dla innych. Na przykład część z nich jest bardziej zależna od paliw kopalnych lub wysokoemisyjnych gałęzi przemysłu, w których zatrudnienie znajduje wiele osób. Z tego powodu UE wprowadziła mechanizm sprawiedliwej transformacji, zakładający finansowe i techniczne wsparcie regionów, które są najbardziej narażone na konsekwencje transformacji w gospodarkę niskoemisyjną. Mechanizm ten pomoże zmobilizować przynajmniej 55 mld EUR w latach 2021–2027 na poszerzenie możliwości zatrudnienia i zmiany kwalifikacji, zwiększenie energooszczędności mieszkań i zwalczanie ubóstwa energetycznego, uatrakcyjnienie przejścia na technologie niskoemisyjne, zapewnienie wsparcia finansowego i inwestowanie w badania i innowacje oraz w nowe zielone miejsca pracy, zrównoważony transport publiczny, łączność cyfrową i ekologiczną infrastrukturę energetyczną. Pierwszym filarem mechanizmu sprawiedliwej transformacji jest fundusz na rzecz sprawiedliwej transformacji, którego całkowity budżet wynosi 17,5 mld EUR. Fundusz przewiduje ukierunkowane wsparcie dla regionów zależnych od paliw kopalnych i sektorów wysokoemisyjnych. Ma ono obniżyć społeczno-gospodarcze koszty zielonej transformacji.

2

OPIS WYKONANYCH PRAC



Przed przystąpieniem do opracowania koncepcji narzędzia pomiarowego zespół projektowy przeprowadził szczegółową analizę istniejących metod i koncepcji dotyczących mierzenia suwerenności technologicznej. Dokonano przeglądu literatury oraz przestudiowano dostępne opracowania i metodologie w celu identyfikacji i analizy komponentów funkcjonalnych oraz stopnia złożoności poszczególnych metod pomiarowych.

Materiał został oceniony pod kątem dwóch pytań badawczych:

1. Jak definiowana jest suwerenność technologiczna?

Pojęcie suwerenności technologicznej jest bardzo płynne i ma niejedną definicję. Zasięg, a także kryterium „suwerenności” może się różnić w zależności od kontekstu, perspektywy lub państwa. Odpowiedź na to pytanie uzyskano w następujących etapach i procedurach badawczych: przegląd literatury i istniejących metod analiz suwerenności technologicznej, analiza porównawcza definicji i podejść do pomiaru suwerenności technologicznej, synteza wyników.

2. Z jakich elementów składa się metodyka pomiaru suwerenności technologicznej w ujęciu autorów raportów?

Różnice definicyjne mają odzwierciedlenie w sposobach szacowania suwerenności technologicznej. Poszczególne podejścia różnią się w poziomie szczegółowości analizy czy liczbie wskaźników. Niektóre z nich odnoszą się do zdolności państwa do samodzielnego podejmowania decyzji technologicznych. Inne analizują zarządzanie własnymi zasobami. Jeszcze inne kładą nacisk na inwestycje w badania i rozwój. W końcu niektóre z nich uwzględniają wszystkie te elementy. Odpowiedzi na te pytania badawcze uzyskano w następujących etapach i procedurach badawczych: ocena zaawansowania istniejących metod, opracowanie ram analitycznych, wyodrębnienie elementów pomiaru, formułowanie wytycznych.

Odpowiedzi na te pytania zostały zamieszczone w kolejnych dwóch podrozdziałach. Pierwszy z nich jest syntetycznym porównaniem definicji suwerenności technologicznej. Drugi przybliży wybrane podejścia do jej szacowania.

Komponenty funkcjonalne, w tym kategorie i wskaźniki, stanowią fundamentalne elementy każdej metodyki pomiarowej i służą jako podstawowe jednostki analityczne. Stopień złożoności odnosi się do rodzaju i szczegółowości danych, które są gromadzone i analizowane w ramach danej metodologii. W tej fazie

projektu dokonano systematycznego porównania różnych ujęć definicyjnych suwerenności technologicznej oraz przeanalizowano dotychczasowe koncepcje jej mierzenia, co umożliwiło przeprowadzenie badań porównawczych.

Analiza przeprowadzona na tym etapie pozwoliła na ocenę stopnia zaawansowania prac nad metodologią pomiaru suwerenności technologicznej oraz zidentyfikowanie obszarów wymagających dalszego rozwoju. Badania te ujawniły, że obszar suwerenności technologicznej jest zarówno nowatorski, jak i aktualny. Znajduje się w fazie dynamicznego rozwoju. Z uwagi na rosnące zainteresowanie tym tematem, można przewidywać, że różne instytucje i organizacje będą dążyć do pogłębienia dyskursu naukowego w tej dziedzinie.

W badaniu dotyczącym suwerenności technologicznej zastosowano różnorodne metody badawcze, które można podzielić na kilka kategorii:

- *desk research* – metoda ta polegała na analizie istniejących dokumentów, raportów oraz literatury przedmiotu (wyodrębnieniu i opracowaniu dedykowanych raportów, artykułów i dokumentów dotyczących suwerenności technologicznej, szczególnie tych opracowanych przez zagraniczne instytucje badawcze);
- analiza porównawcza – w ramach tej metody porównano różne koncepcje i definicje suwerenności technologicznej, a także stopień złożoności i funkcjonalności różnych podejść do jej pomiaru i badania. Analiza ta pozwoliła na zrozumienie stanu zaawansowania prac nad koncepcją suwerenności technologicznej oraz na identyfikację komponentów, które ją definiują;
- metoda statystyczna (podejście oparte na wskaźnikach) – metoda prowadząca do wyodrębnienia konkretnych wskaźników do analizy suwerenności technologicznej². Metoda ta jest stosowana w kontekście oceny polityk publicznych i innowacji. Wskaźniki są dobierane do oceny efektywności projektów oraz programów, np. w kontekście innowacji czy działań społecznych i umożliwiają systematyczną ocenę i porównywanie wyników w różnych okresach³.

² You-Na Lee, *Evaluating and extending innovation indicators for innovation policy*, *Research Evaluation*, Volume 24, Issue 4, October 2015, Pages 471–488, <https://doi.org/10.1093/reseval/rvv017>.

³ Jordi Molas-Gallart, Alejandra Boni, Sandro Giachi, Johan Schot, *A formative approach to the evaluation of Transformative Innovation Policies*, *Research Evaluation*, Volume 30, Issue 4, October 2021, Pages 431–442, <https://doi.org/10.1093/reseval/rvab016>; Peter Teirlinck, Henri Delanghe, Pierre Padilla, Arnold Verbeek, *Closing the policy cycle: Increasing the utilization of evaluation findings in research, technological development and innovation policy design*, *Science and Public Policy*, Volume 40, Issue 3, June 2013, Pages 366–377, <https://doi.org/10.1093/scipol/scs123>.

Oprócz powyższych zastosowano kilka metod analitycznych. Analiza jako procedura wyodrębniania cech, części lub składników badanego zjawiska, przedmiotu i badanie cech elementów lub struktury oraz zachodzących między nimi związków posłużyła do opisu suwerenności technologicznej w postaci matrycy i systemu relacji.

Analiza elementarna skupiała się na rozłożeniu zjawiska suwerenności technologicznej na podstawowe elementy (obszary, kategorie, zmienne i wskaźniki). Jej celem było zrozumienie, jakie składniki wpływają na suwerenność, bez badania ich wzajemnych relacji⁴. Analiza strukturalna posłużyła zaś do badania składu i struktury systemów technologicznych oraz ich interakcji⁵. W kontekście suwerenności technologicznej obejmowała analizę relacji między poszczególnymi elementami i zakres przyporządkowania wskaźników do zmiennych. Tu również przydatna okazała się analiza przyczynowa skoncentrowana na badaniu związków między elementami suwerenności technologicznej.

Analiza logiczna umożliwiła ocenę sensowności argumentów dotyczących pomiaru, wyboru i trafności wyboru suwerenności technologicznej oraz wyjaśnianie pojęć związanych z tym zagadnieniem, a także budowy uzasadnień dla każdego z badanych obszarów i kategorii. Analiza jakościowa pozwoliła na opis zjawisk związanych z suwerennością technologiczną, takich jak jej umiejscowienie w systemie bezpieczeństwa technologicznego, ogólne rozumienie pojęcia, a także teoretyczne ramy jego analizy. Ponadto analiza systemowa pozwoliła uwidocznąć interakcje między elementami, takimi jak np. polityka, gospodarka i społeczeństwo⁶.

Oprócz powyższych metod do badania użyto również abstrahowania, które pozwoliło na oddzielenie elementów (obszarów, kategorii i zmiennych) od mniej

⁴ Analiza elementarna koncentruje się na rozbijaniu złożonych zjawisk na podstawowe komponenty, często wykorzystywane w badaniach jakościowych do identyfikacji wzorców, kategorii i zmiennych. Podejście to jest zgodne z metodami, takimi jak analiza tematyczna lub analiza treści, w których badacze dążą do zrozumienia podstawowej struktury danych poprzez wyodrębnienie podstawowych elementów. Romel, Ramón, González-Díaz., Gladys, Inés, Bustamante-Cabrera. *Predictive Sequential Research Design to Study Complex Social Phenomena*. Entropy, (2021), nr 23(5):627-. doi: 10.3390/E23050627

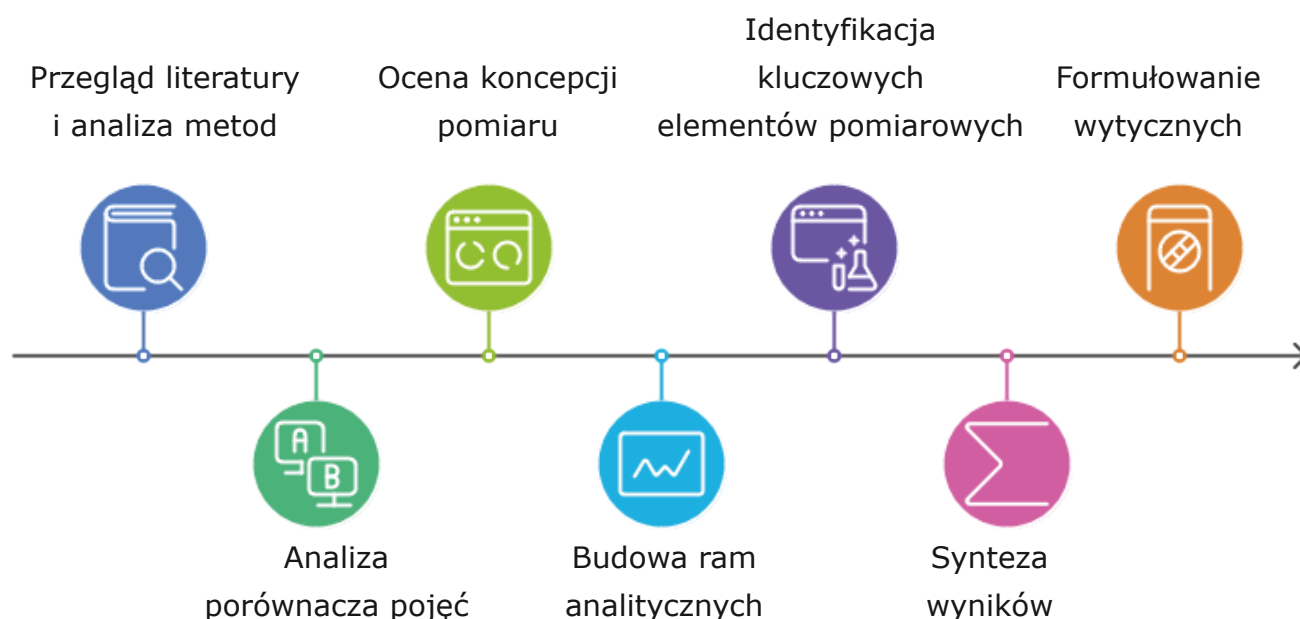
⁵ Analiza systemowa bada interakcje między podmiotami i płaszczyznami do zrozumienia i opisanie synergii i wpływu np. innowacji technologicznych na struktury polityczne. Stefan Fritsch, *Technology and Global Affairs, International Studies Perspectives*, Volume 12, Issue 1, February 2011, Pages 27–45, <https://doi.org/10.1111/j.1528-3585.2010.00417.x>

⁶ Morin, J.-F., Olsson, C., & Atikcan, E. Ö. (Eds.). *Research Methods in the Social Sciences: An A-Z of Key Concepts* (1st ed.). 2021, Routledge.

istotnych aspektów, co umożliwiło skupienie się na najważniejszych czynnikach pomiaru. Inną metodą była synteza, która została wykorzystana do łączenia wyników badań i raportów, dzięki czemu stworzono kompleksowy obraz stanu suwerenności technologicznej, integrując dane dotyczące jej ujęć teoretycznych. Na podstawie uogólnienia wyciągano wnioski z konkretnych przypadków analiz, identyfikując wspólne wzorce operacjonalizacji i konceptualizacji suwerenności technologicznej jako zjawiska.

Kroki procedury badawczej w badaniu nad suwerennością technologiczną

- 1. Przegląd literatury i istniejących metod analiz suwerenności technologicznej**, w którym wykorzystano metodę desk research, analizując dostępne raporty, dokumenty oraz literaturę naukową. Pozwolił zidentyfikować komponenty funkcjonalne oraz stopień złożoności istniejących metod pomiarowych.
- 2. Analiza porównawcza** definicji i podejść do pomiaru suwerenności technologicznej, w której dokonano wyodrębnienia i ewaluacji wskaźników oraz funkcjonalności różnych podejść i perspektyw badawczych suwerenności technologicznej.
- 3. Ocena zaawansowania istniejących metod** została zrealizowana poprzez analizę elementarną. Na tym etapie doszło do wyodrębnienia składników suwerenności technologicznej oraz analizy strukturalnej do zbadania relacji między nimi i oceny obecnego stanu prac badawczych.
- 4. Opracowanie ram analitycznych** z użyciem analizy systemowej. Pozwoliło zidentyfikować synergię między polityką, gospodarką i społeczeństwem. Zastosowano w tym kroku również analizę przyczynową do wyjaśnienia powiązań między elementami wpływającymi na suwerenność technologiczną.
- 5. Wyodrębnienie elementów pomiaru** zostało przeprowadzone poprzez abstrahowanie. Na tym etapie określono wskaźniki i zmienne, a analiza jakościowa umożliwiła głębsze zrozumienie ich znaczenia w kontekście pomiaru suwerenności technologicznej.
- 6. Synteza wyników** to procedura i metoda, w której dokonano integracji danych i wyników wcześniejszych etapów i analiz. Dzięki uogólnieniu zidentyfikowano wspólne wzorce operacjonalizacji suwerenności technologicznej.
- 7. Formułowanie wytycznych** to końcowy etap prac w niniejszym raporcie realizowany metodą analizy logicznej. Ten etap posłużył do sporządzenia i oceny trafności argumentów i uzasadnień dla poszczególnych zmiennych i wskaźników. Synteza wyników umożliwiła opracowanie kompleksowych wytycznych do stworzenia narzędzia pomiarowego.

Schemat 2. Analiza i pomiar suwerenności technologicznej

Każda z tych metod i rodzajów analizy przyczyniła się do lepszego zrozumienia suwerenności technologicznej i jej implikacji w różnych kontekstach, co okazało się istotne dla formułowania wytycznych do badania tego zjawiska. Współdziałanie tych metod umożliwiło lepsze zrozumienie suwerenności technologicznej i formułowanie odpowiednich wniosków w zakresie opracowania indeksu suwerenności.

2.1. DOBÓR MATERIAŁU DO ANALIZY

Pozyskiwanie materiału zostało przeprowadzone z zastosowaniem metody desk research. Głównym źródłem danych były raporty skoncentrowane na problematyce suwerenności technologicznej, w szczególności te opracowane przez zagraniczne odpowiedniki Sieci Badawczej Łukasiewicz, czyli instytucje badawcze i technologiczne (RTO – *Research and Technology Organisations*).

Wybór publikacji był ograniczony do dokumentów opublikowanych po roku 2020, co było podyktowane wpływem pandemii COVID-19 na zdolności produkcyjne oraz łańcuchy dostaw. Dodatkowo, rosyjska agresja na Ukrainę w 2022 roku oraz nałożone na Rosję sankcje miały istotny wpływ na konieczność identyfikacji alternatywnych dostawców. Uwzględniono także wpływ regulacji unijnych dotyczących ochrony rynku wewnętrznego, które mogą wpłynąć na rozwój nowych inicjatyw i publikacji w tym obszarze.

W ramach kryterium daty publikacji dokonano czterech uzasadnionych odstępstw, wynikających z merytorycznej wartości analizowanych dokumentów. Ostatecznie, do szczegółowej analizy zakwalifikowano 25 raportów, wyłonionych z początkowego zbioru ponad pięćdziesięciu dokumentów. Lista wszystkich raportów uwzględnionych w analizie porównawczej znajduje się w bibliografii.

2.2. DEFINIOWANIE SUWERENNOŚCI TECHNOLOGICZNEJ

Na podstawie analizy porównawczej można powiedzieć, że znaczna większość z analizowanych raportów posługuje się jakąś autorską definicją suwerenności technologicznej. Ich zestawienie jest widoczne w poniższej tabeli. Tekst kursywą oznacza cytaty z dokumentu. W uzasadnionych przypadkach (dla skrócenia tekstu) dokonano syntezy tekstu z zachowaniem sensu.

Tabela 1. Porównanie definicji suwerenności technologicznej

LP.	Nazwa dokumentu	Definicja suwerenności
1	DGAP Promoting Technological. Sovereignty and Innovation	Posiadanie swoistego poziomu mistrzostwa w obszarze technologii, a także kontroli nad kluczowymi ogniwami łańcucha wartości.
2	Strategic sovereignty: how Europe can regain the capacity to act	O suwerenności technologicznej można mówić, gdy posiada się: odpowiednią bazę edukacyjną, zabezpieczenie strategicznych dostaw, cyfrową infrastrukturę krytyczną, zdolność do niwelowania zależności od technologii państw trzecich, gospodarkę opartą na danych.
3	Technological Sovereignty: Methodology and Recommendations	<i>Suwerenność technologiczna to zdolność państwa lub społeczeństwa do realizacji priorytetów politycznych i społecznych bez przeszkód w postaci niewystarczającej kontroli nad technologią lub jej braku.</i>
4	The European Union and the Search for Digital Sovereignty: Building "Fortress Europe" or Preparing for a New World?	<i>Na potrzeby dokumentu autorzy dokonali rozróżnienia między suwerennością technologiczną, która koncentruje się na infrastrukturze, innowacjach i innych technologicznych elementach agendy cyfrowej, a suwerennością cyfrową, która obejmuje również regulacyjne i polityczne elementy cyfryzacji w szerszym zakresie.</i>

LP.	Nazwa dokumentu	Definicja suwerenności
5	Statement to accompany the launch of the full EIC	<i>Mimo braku oficjalnej definicji, suwerenność technologiczna powinna być rozumiana jako unikanie sytuacji, w których UE jest zależna od ograniczonej liczby dostawców z państw trzecich w zakresie technologii, które mają kluczowe znaczenie dla start-upów oraz dobrobytu gospodarczego i społecznego UE. Takie przypadki powinny być oceniane pod kątem trzech kwestii:</i> <i>a. Czy dysponujemy daną technologią w Europie?</i> <i>b. Jeśli nie, to czy mamy kilku dostawców ze stabilnych i wiarygodnych krajów?</i> <i>c. Jeśli nie, czy mamy nieograniczony, gwarantowany dostęp do monopolistycznych lub oligopolistycznych dostawców z jednego kraju (często USA lub Chin)?</i>
6	A preparedness plan for Europe: Addressing food, energy and technological security	Definicji suwerenności jako takiej nie ma. Raport powstał jako próba takiej zmiany łańcuchów dostaw, aby wypracować niezależność od Rosji i w dalszym stopniu realizować polityki takie jak Fit for 55.
7	The European hydrogen economy – taking stock and looking ahead. An outlook until 2030	Definicja pojawia się w kontekście na przykładzie wodoru: <i>Jednym z wyznaczonych przez dycydentów celów w kontekście gospodarki wodorowej jest osiągnięcie suwerenności technologicznej..</i> <i>Rozwój na dużą skalę produkcji ogniw paliwowych i elektrolizerów w Europie zapewni wystarczającą ilość przystępnego cenowo sprzętu dla lokalnych projektów i utrzyma Europę w globalnym wyścigu technologicznym dla wodoru.</i>
8	Technology Sovereignty as an Emerging Frame for Innovation Policy – Defining Rationales, Ends and Means	Cały dokument jest poświęcony konceptualizacji pojęcia. Definicja opiera się na czterech założeniach: 1. To reakcja na wyzwania współczesnego świata, sytuację, gdy system wolnego handlu jest atakowany. 2. Suwerenność technologiczna to dynamiczna koncepcja, która koncentruje się na budowaniu kompetencji i zdolności przez politykę innowacyjną w celu utrzymania pozycji międzynarodowej. 3. Koncepcja suwerenności technologicznej podkreśla potrzebę nierezygnowania z kompetencji w celu osiągnięcia krótkotrwałych korzyści. 4. Dopuszczalne jest uruchomienie specjalnych instrumentów polityki konkurencji i innych działań w porozumieniu z innymi państwami w celu uniknięcia protekcjonizmu.

LP.	Nazwa dokumentu	Definicja suwerenności
9	Technology sovereignty. From demand to concept	Wyszczególniono dwie definicje: główną i pogłębianą. 1) Główna: <i>Definiujemy suwerenność technologiczną jako zdolność państwa lub federacji państw do zapewnienia do dostarczania technologii, które uważa za krytyczne dla swojego dobrobytu, konkurencyjności i zdolności do działania, a także do rozwijania ich lub pozyskiwania z innych obszarów gospodarczych bez jednostronnej zależności strukturalnej.</i> 2) Pogłębiana: <i>Suwerenność technologiczna jest zatem koniecznym, ale w żadnym razie niewystarczającym warunkiem dla samostanowienia w zakresie tworzenia i dyfuzji krytycznych innowacji (suwerenność innowacji), a tym samym dla handlu (suwerenność gospodarcza). Skupienie się wyłącznie na samej suwerenności technologicznej jest niewystarczające.</i>
10	European industrial sovereignty. Future watch strategy brief	<i>Suwerenność technologiczna odnosi się do konkretnych technologii lub gałęzi przemysłu, które są uważane za szczególnie ważne dla budowania przewagi konkurencyjnej gospodarki narodowej na arenie globalnej lub będące kluczową technologią bazową dla rozwoju innych powiązanych lub zależnych technologii (np. sztuczna inteligencja, baterie, obliczenia kwantowe itp.).</i>
11	Key enabling technologies for Europe's technological sovereignty	<i>Definiujemy europejską suwerenność technologiczną jako zdolność Europy do rozwijania, dostarczania, ochrony i zatrzymywania krytycznych technologii wymaganych dla dobrobytu europejskich obywateli i dobrobytu przedsiębiorstw, a także zdolność do niezależnego działania i podejmowania decyzji w zglobalizowanym środowisku.</i>
12	What is „tech sovereignty”?	Sama definicja nie jest wymieniona, jednak podkreśla się, że samo pojęcie można pojmować na wiele sposobów. W przypadku suwerenności technologicznej można mówić, o strategicznej autonomii, suwerenności regulacyjnej czy suwerenności cyfrowej.
13	Feasibility Study to Examine a Funding Program for Open Digital Base Technologies as Foundation for Innovation and Digital Sovereignty	Definicja w kontekście suwerenności cyfrowej: <i>Termin suwerenność cyfrowa odnosi się do niezależnego i samostanowiącego wykorzystania i projektowania technologii i systemów cyfrowych przez państwo, organizacje prywatne i osoby fizyczne.</i>
14	Technological Sovereignty as Ability, not Autarky	<i>Suwerenność technologiczna to zdolność danego państwa do samodzielnego kształtowania rozwoju i wykorzystania technologii i innowacji technologicznych, które wpływają na jej suwerenność polityczną i gospodarczą.</i>

LP.	Nazwa dokumentu	Definicja suwerenności
15	Europa na tropie suwerenności technologicznej	<i>Suwerenność może mieć oczywiście różne znaczenia. W istocie odnosi się do posiadania „najwyższej władzy na danym terytorium”, w dużej mierze odpowiadającej „władzy politycznej na określonym terytorium” Pojęcie „suwerenności” w kontekście technologii było używane w ostatnich latach do opisanego różnych form niezależności, kontroli i autonomii w zakresie technologii cyfrowych, modeli biznesowych i treści. Na przykład we Francji popularny pogląd na suwerenność cyfrową oznacza „kontrolę nad naszą teraźniejszością i naszym przeznaczeniem, które objawiają się i określają za pomocą technologii i sieci komputerowych” (Bellanger, 2011). Zdaniem autora tych słów utrata suwerenności następuje wtedy, gdy rząd nie kontroluje ewolucji sieci cyfrowych (Couture i Toupin, 2017).</i>
16	Advancing European Internal and External Digital Sovereignty	<i>Terminy te zostały po raz pierwszy użyte przez przedstawicieli przemysłu, którzy ostrzegali, że uprzemysłowione państwa europejskie są zależne od dostępności, integralności i możliwości kontroli obecnych i powstających technologii, zarówno do celów cywilnych, jak i bezpieczeństwa oraz, że Europie brakuje zdolności produkcyjnych i inwestycji w badania i rozwój, co zagraża suwerenności technologicznej.</i>
17	Technological Sovereignty: Missing the Point?	<i>Bardziej w kontekście danych cyfrowych: „[...] spektrum podejść przyjętych przez różne państwa w celu kontrolowania danych generowanych lub przechodzących przez krajowy Internet. Jest to podzbiór „suwerenności cybernetycznej”, która jest „podporządkowaniem domeny cybernetycznej lokalnej jurysdykcji”.</i>
18	Technological Sovereignty, Industrial Resilience and European Competences	Dokument zawiera dwie definicje: 1) [O suwerenności technologicznej] <i>Zdolność organów zarządzających na szczeblu europejskim i państw członkowskich do podejmowania własnych działań politycznych, gospodarczych i naukowych w ramach operacyjnych ich zobowiązań międzynarodowych.</i> 2) <i>Suwerenność technologiczna jest osiągnięta poprzez zdolność gospodarki do budowania i utrzymywania kompetencji technicznych i naukowych, w połączeniu z odpowiednimi inwestycjami w nowy innowacyjny sprzęt i oprogramowanie.</i>

LP.	Nazwa dokumentu	Definicja suwerenności
19	European Technological Sovereignty: An Emerging Framework for Policy Strategy	Suwerenność technologiczna odnosi się do zdolności danego kraju lub regionu do rozwijania, kontrolowania i wykorzystywania kluczowych technologii oraz innowacji w sposób niezależny od innych krajów czy podmiotów zewnętrznych. Jest to zdolność do generowania wartości dodanej i dobrobytu poprzez działania niezależne lub poprzez wymianę wzajemną z innymi gospodarkami, unikając jednostronnych zależności. Suwerenność technologiczna jest ściśle powiązana z suwerennością ekonomiczną, która opiera się na potrzebie swobodnego dostępu do zasobów naturalnych, kapitału, technologii, innowacji, umiejętności i danych
20	Strengthening Sovereignty in the Era of Global Value Chains	Brak konkretnej definicji.
21	Industry considerations on Technological Sovereignty	Brak konkretnej definicji.
22	Technological Sovereignty: Democratising Technology and Innovation	Suwerenność technologiczna jest wyjaśniona jako prawo i zdolność obywateli oraz instytucji demokratycznych do podejmowania samodzielnych decyzji dotyczących technologii i innowacji.
23	Europe's Quest for Technology Sovereignty: Opportunities and Pitfalls	Brak konkretnej definicji
24	Suwerenność lekowa państwa. Rola stan i perspektywy	Brak konkretnej definicji
25	European Sovereignty Index	Suwerenność technologiczna jest definiowana jako zdolność do kształtowania kluczowych technologii zgodnie z interesami i wartościami Unii Europejskiej.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie dokumentów znajdujących się w bibliografii.

Z analizy narracyjnej zawartości raportów wynikają następujące wnioski:

- Suwerenność technologiczna jest silnie związana z łańcuchem wartości i posiadaniem kompetencji do zastąpienia zewnętrznych (zagranicznych) podmiotów na poszczególnych ogniwach.
- Osiągnięcie pełnej suwerenności technologicznej może nie być opłacalne ze względu na koszty. Ponadto rezygnacja z dostaw z innych państw mogłoby pogorszyć relacje międzynarodowe i mogłaby zostać odebrana jako ingerencja w system wolnego handlu.
- Działania zmierzające do zwiększania suwerenności technologicznej oznaczają de facto stymulowanie rozwoju sektora prywatnego. Ażeby mógł mieć on miejsce, należy wprowadzić odpowiednie przepisy prawne i instrumenty

prawne. Jest to coś, co w niektórych dokumentach zostało określone jako „suwerenność legislacyjna”. Oznacza ono stworzenie takich ram prawnych, które nie oznaczają wycofania się z wolnego rynku, ale jednocześnie pozwalają rozwijać się narodowej gospodarce.

- Dążenie do suwerenności technologicznej jest najbardziej wskazane w obszarze szczególnie istotnych (tj. wpływających na wiele sektorów) i rozwijających się technologii, takich jak przykładowo: sztuczna inteligencja, komputery kwantowe, systemy łączności, lub innych technologii, które można określić jako krytyczne, czyli strategiczne dla bezpieczeństwa państwa i obywateli.
- W niektórych dokumentach pojawia się rozróżnienie pomiędzy suwerennością technologiczną związaną raczej z gospodarką, przemysłem i łańcuchem dostaw a suwerennością cyfrową związaną w głównej mierze z dostępem, zarządzaniem i przechowywaniem danych, a także oprogramowaniem. Ponadto ta druga jest wskazywana jako bardziej krytyczna, biorąc pod uwagę rosnące znaczenie urządzeń IT w każdym obszarze gospodarki. Można w pewnym sensie powiedzieć, że suwerenność technologiczna dotyczy domeny fizycznej, a suwerenność cyfrowa niematerialnej (cyfrowej). Choć oczywiście technologie IT potrzebują fizycznej infrastruktury.
- Osiągnięcie suwerenności technologicznej nie musi oznaczać rezygnacji z importu surowców czy komponentów. W aspekcie bezpieczeństwa i polityki może być wskazane zastępowanie dostaw z państw takich jak Rosja czy Chiny na rzecz państw z tego samego regionu czy kontynentu.
- Dążenie na rzecz uzyskania suwerenności technologicznej jest procesem zaplanowanym na lata. Biorąc pod uwagę fakt, że odbywa się on w sporej mierze poprzez intensyfikację prac badawczo-rozwojowych, można powiedzieć, że uzyskiwanie niezależności jest wynikiem rozwoju naukowego i technologicznego.
- Niektóre podejścia i definicje uwzględniają społeczeństwo jako istotny składnik suwerenności. Przede wszystkim technologia i społeczeństwo są wiązane ze sobą pod kątem usług publicznych, takich jak np.: system zdrowia.

Na podstawie wyżej wymienionych wniosków można powiedzieć, że pojęcie suwerenności technologicznej jest bardzo szerokie, a samo słowo „technologia” zdaje się być nieco mylące. Niekoniecznie musi być ono związane tylko i wyłącznie z konkretną, szczegółową technologią. Może to być obszar technologiczny (np. energetyka). Dodatkowo wzmacnianie niezależności państwa na gruncie technologii i pośrednio gospodarki oznacza prowadzenie równoległych prac wzmacniających potencjał intelektualny (kompetencje) i badawczo-wdrożeniowych (wdrożenia innowacji).

2.3. MIERZENIE SUWERENNOŚCI TECHNOLOGICZNEJ

Różnorodność w podejściu do definiowania suwerenności technologicznej ma odzwierciedlenie w sposobach jej analizowania i szacowania. Spośród zgromadzonego materiału, zostało wybranych 6 dokumentów, które prezentują różne podejścia do pomiaru suwerenności technologicznej. Każdy z nich zostanie omówiony osobno.

Tabela 2. Wybrane raporty pod kątem podejścia do mierzenia suwerenności technologicznej.

Raport	Organizacja	Rok publikacji
Technology sovereignty: From demand to concept	Fraunhofer ISI	2020
Technological Sovereignty: Methodology and Recommendations	VDE	2021
European Industrial Sovereignty. Future Watch Strategy Brief	Frost & Sullivan	2020
European Sovereignty Index	European Council on Foreign Relations	2022
Key enabling technologies for Europe's technological sovereignty	European Parliamentary Research Service	2021
A preparedness plan for Europe: Addressing food, energy and technological security	European Parliamentary Research Service	2023

Źródło: Opracowanie własne.

2.3.1. TECHNOLOGY SOVEREIGNTY: FROM DEMAND TO CONCEPT

Pierwszy z opisywanych raportów został opracowany przez Towarzystwo Fraunhofera, największej w Europie sieci instytutów naukowo-badawczych. Cały dokument jest poświęcony kwestii suwerenności technologicznej i sposobowi jej szacowania. Sama suwerenność technologiczna w ich ujęciu jest przede wszystkim ochroną i rozwijaniem krajowego potencjału technologicznego, bez rezygnacji z powiązań międzynarodowych i korzyści wynikających z wolnego rynku i współpracy międzynarodowej. W kontekście krajowym jest ona określana jako podstawowy element, bez którego rozwój i niezależność czy to innowacji, czy gospodarki jako takiej, nie jest możliwy. Te powiązania są widoczne na schemacie 3.

Schemat 3. Rodzaje suwerenności i ich powiązania wg Fraunhofera



Źródło: Edler, J., Blind, K., Frietsch, R., Kimpeler, S., Kroll, H., Lerch, C., Reiss, T., Roth, F., Schubert, T., Schuler, J., Walz, R. 2020. *Technology sovereignty: From demand to concept*, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI.

Samo pojęcie suwerenności technologicznej ma swoje źródło w trzech funkcjach technologii, które są następujące:

- **Wspieranie podstawowych zadań rządu i sektora publicznego** – głównie w obszarze szeroko pojętego bezpieczeństwa, a także administracji.
- **Wspieranie potrzeb społeczeństwa** – zapewnienie podstawowych potrzeb (woda, prąd, żywność), a także usług publicznych (jak opieka zdrowotna).
- **Wspieranie rozwoju gospodarczego** – związane ze średnią i długą perspektywą, podczas gdy sam wzrost odbywa się głównie dzięki sektorowi prywatnemu.

Oprócz tych celów wymienione są również statyczne, dynamiczne i reaktywne sposoby zachowywania suwerenności technologicznej. Zapobieganie i ochrona w tym kontekście oznaczają uzyskiwanie konkurencyjnej pozycji na rynku międzynarodowym, zabezpieczenie priorytetowych i krytycznych elementów łańcucha wartości, a także odporność na zewnętrzne zagrożenia. Dynamiczne metody są związane z rozwojem technologicznym i włączeniem się w procesy zmian. Ponadto w tym podejściu wyszczególniono cele związane z ochroną państwa, gospodarki i obywateli. Również silnie zaznaczono tutaj dążenie do rozwoju i co ciekawe – gotowość na sytuacje kryzysowe w różnych obszarach.

Wzajemne powiązanie tych dwóch płaszczyzn zostało przedstawione w tabeli 3.

Tabela 3. Powiązania suwerenności technologicznej z gospodarką i zadaniami państwa

Suwerenność technologiczna				
		Cele związane z suwerennością	Potrzeby społeczeństwa	Konkurencyjność gospodarki
Zapobieganie i ochrona (zadania statyczne)	Funkcje państwa i pozycjonowanie ekonomiczne	obronność, bezpieczeństwo publiczne, administracja	usługi publiczne, infrastruktura krytyczna, zdrowie publiczne	nowe miejsca pracy
	Odporność na kryzysy	kryzysy militarne, ataki terrorystyczne	pandemie, kryzys klimatyczny, ataki terrorystyczne	kryzys ekonomiczny
Dynamiczny rozwój		suwerenność w obszarze informacji, pozycjonowanie geopolityczne	transformacja systemowa (zrównoważony rozwój, logistyka, dostawy energii)	transformacja (rozwój) i tworzenie nowych obszarów gospodarczych (np. przemysł 4.0)

Źródło: Tamże.

Na poziomie szczegółowym autorzy raportu wskazali kryteria pomiaru suwerenności technologicznej. Są one podzielone na dwie części: pierwsza z nich dotyczy oceny własnego państwa, druga zaś otoczenia zewnętrznego i zależności.

Określanie własnych przewag

1. Analiza patentowa.
2. Analiza bibliometryczna.
3. Analiza wkładu w gospodarki innych państw i regionów w kontekście portfolio patentowego.
4. Analiza produkcji i niezbędnych do niej zasobów w obszarze konkretnej technologii.
5. Analiza eksportu technologii.

Określanie stopnia zależności zewnętrznych

1. Analiza międzynarodowych standardów, rodzin patentowych, repozytoriów open source w celu zapoznania się z technologiami, jakie można wykorzystać w kontekście krajowym.

2. Analiza bilansu handlowego.
3. Analiza powiązań obszarów geograficznych i dostępnych technologii w celu możliwej integracji łańcucha wartości.
4. Analiza potencjalnych partnerów zagranicznych (państw).
5. Analiza wskaźników korupcji i oceny rządów w celu ich weryfikacji jako partnerów⁷.

Podejście Instytutu Fraunhofera do tematyki suwerenności technologicznej można opisać jako modelowe w tym sensie, że dostatecznie definiuje ją i umiejscawia w kontekście strategicznym i dodatkowo wskazuje metody jej pomiaru. Co więcej, technologia nie jest tu rozpatrywana w oderwaniu od systemów administracji państwa, społeczeństwa czy gospodarki, ale jest ich elementem. Z kolei sposób pomiaru jest bezpośrednio związany z aspektami gospodarczymi i prac B+R.

2.3.2. TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY: METHODOLOGY AND RECOMMENDATIONS

Kolejne podejście do mierzenia suwerenności technologicznej zostało opracowane przez VDE (niem. *Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik*), niemieckie stowarzyszenie techniczno-naukowe, które głównie zajmuje się bezpieczeństwem energetycznym. W tej koncepcji można zauważyć rozdzielenie kwestii suwerenności technologicznej od suwerenności cyfrowej. Do tej pierwszej zalicza się obszary związane z wiedzą, materiałami i towarami, a do drugiej dane, media i inne obszary powiązane z IT.

Według VDE pod kątem obliczania suwerenności technologicznej samą technologię należy analizować pod sektorów, w jakich ma ona zastosowanie. Jeżeli technologia lub jakiś obszar technologiczny (np. komunikacja, AI), wpływa na wiele sektorów, oznacza to, że ma ona wyjątkowe znaczenie z punktu widzenia państwa. Tym samym osiągnięcie suwerenności w takim obszarze powinno być traktowane priorytetowo.

Kwestia suwerenności technologicznej jest również łączona z łańcuchem wartości. Według autorów na każdym jego ogniwie (przykład jest widoczny poniżej), występują pewne punkty krytyczne z perspektywy bezpieczeństwa technologicznego. Z jednej strony, może to być np. zarządzanie i dostęp do danych na etapie tworzenia oprogramowania do obsługi jakiegoś systemu. Z drugiej

⁷ Całość opracowano na podstawie: Edler, J., Blind, K., Frietsch, R., Kimpeler, S., Kroll, H., Lerch, C., Reiss, T., Roth, F., Schubert, T., Schuler, J., Walz, R. 2020. *Technology sovereignty: From demand to concept*, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI.

strony, może to być np. umożliwianie dostępu w przypadku prowadzenia prac serwisowych, gdzie istnieje ryzyko pobierania danych o użytkowniku.

Schemat 4. Przykładowy łańcuch wartości według VDE



Źródło: Illgner, K. (red.). 2021. *Technological Sovereignty: Methodology and Recommendations*. VDE Association for Electrical, Electronic & Information Technologies.

Na podstawie tak zarysowanego podejścia, w raporcie VDE proponuje następujące obszary, które mają duży wpływ na osiągnięcie suwerenności technologicznej jako takiej:

1. **Suwerenność w obszarze wiedzy** – w jej skład wchodzi wiedza związana z konkretną technologią, a także zdolność do jej przekazywania i szkolenia.
2. **Suwerenność w obszarze badań** – zawiera kierunki badawcze, możliwość dołączania do międzynarodowych grup badawczych, dostęp do technologii i jej komponentów.
3. **Suwerenność w obszarze infrastruktury** – zdolność do korzystania z obiektów fizycznych i ich budowy ich przez zaufanych wykonawców.
4. **Suwerenność w obszarze danych** – zagwarantowanie prywatności danych, posiadanie własnych serwerów, a także pełną kontrolę nad ich udostępnianiem.
5. **Suwerenność w obszarze transparentności** – możliwość prześledzenia procesu tworzenia decyzji strategicznych, prawnych w przypadku, gdy są one opracowywane z wykorzystaniem AI.
6. **Suwerenność w obszarze rozwoju** – wiedza know-how z zakresu projektowania procesów produkcji, zdolność do tworzenia koncepcji, a także dostęp do niezbędnego oprogramowania.
7. **Suwerenność w obszarze produkcji** – dostęp do komponentów, niezbędnych elementów produkcji, tak aby możliwe było wypracowanie końcowego produktu (np. samochodu).
8. Suwerenność w obszarze platform – zdolność do tworzenia platform wsparcia istotnych dla rynku (np. obsługi transakcji, kontroli dostaw).
9. **Suwerenność w obszarze operacyjnym** – zdolność do posiadania narzędzi (hardware i software) do działania infrastruktury, a także do prowadzenia napraw.

10. **Suwerenność w obszarze mediów** – umiejętności cyfrowe jako zdanie społeczne⁸.

Choć koncepcja VDE jest uniwersalna, to widać w niej silne powiązanie z kwestiami IT (dane, prywatność), wspomniano nawet media. W tej metodyce widać zresztą, jak ważne jest posiadanie własnych technologii i systemów jej obsługi/nadzoru. Sam zakup komponentów lub urządzeń końcowych od zewnętrznych (zagranicznych) dostawców może być uzasadniony (i opłacalny). Jednak uzależnienie się od nich na poziomie ostatnich ogniw łańcucha wartości – wykorzystania (i tym samym gromadzenia danych), a także serwisowania, może narażać państwo i konkretne instytucje na niebezpieczeństwa.

2.3.3. EUROPEAN INDUSTRIAL SOVEREIGNTY. FUTURE WATCH STRATEGY BRIEF

Amerykańska agencja consultingowa Frost & Sullivan rozpatruje suwerenność technologiczną w szerszym kontekście. W tej koncepcji gospodarka (i jej suwerenność), jest określana przez trzy formy suwerenności: przemysłową, cyfrową i technologiczną właśnie. Suwerenność w obszarze przemysłu jest powiązana z systemem handlu i procesem globalizacji. Obydwa procesy wpływają na produkcję i dystrybucję dóbr, dlatego celem państwa powinno być z jednej strony zabezpieczenie dostaw, z drugiej – korzystny bilans handlowy. Drugim elementem koncepcji jest kwestia suwerenności cyfrowej, która jest coraz istotniejsza ze względu na wpływ Internetu i danych w zasadzie na każdy obszar działania gospodarki i państwa. Dostęp do danych powinien być odpowiednio zastrzeżony, tak samo jak korzystanie z nich. Jeśli zaś chodzi o suwerenność technologiczną, to powinno się do niej dążyć w tych technologiach, które są najistotniejsze z punktu widzenia gospodarki i rozwoju państwa (np. AI, komputery kwantowe).

⁸ Całość opracowano na podstawie: Illgner, K. (red.). 2021. *Technological Sovereignty: Methodology and Recommendations*. VDE Association for Electrical, Electronic & Information Technologies.

Schemat 5. Rodzaje suwerenności w ujęciu F&S



Źródło: Frost & Sullivan. 2020. *European Industrial Sovereignty. Future Watch Strategy Brief*.

W koncepcji F&S wprowadza się dodatkowy, czwarty przekrojowy element – odporność łańcucha dostaw. W kontekście dążenia do suwerenności technologicznej nie oznacza to konieczności rezygnacji z międzynarodowych dostaw, lecz raczej zapewnienia odpowiednich zabezpieczeń, które pozwolą na minimalizowanie ryzyka związanego z różnorodnymi zagrożeniami. Wśród tych zagrożeń znajdują się m.in. opóźnienia oraz przerwanie dostaw, jak również ryzyko nałożenia sankcji, które mogą wpłynąć na ciągłość i stabilność procesów dostawczych. Odpowiednie zabezpieczenie łańcucha dostaw stanowi więc istotny element strategii suwerenności technologicznej, mający na celu zapewnienie stabilności i niezależności w obliczu zewnętrznych zagrożeń.

Choć odporność łańcucha dostaw nie wymaga osiągnięcia żadnej z wcześniej wspomnianych form suwerenności, w celu zapewnienia stabilności dostaw niezbędne jest podejmowanie działań w zakresie dywersyfikacji źródeł oraz mitygacji ryzyk. Dywersyfikacja pozwala na zminimalizowanie zależności od pojedynczych dostawców czy regionów, natomiast mitygacja ryzyk skupia się na identyfikowaniu i minimalizowaniu potencjalnych zagrożeń, takich jak opóźnienia, przerwanie dostaw czy zmiany w polityce międzynarodowej.

Raport prezentuje również czynniki, które mogą wpływać na zwiększanie lub osłabianie wszystkich wyżej opisanych form suwerenności. Zostały one zdefiniowane następująco:

- **Polityczne** – związane są z dążeniami niektórych państw (np. Chin) do zdominowania gospodarki, z relacjami i porozumieniami pomiędzy państwami dotyczącymi gospodarki, a także wewnętrznym (krajowym) wsparciem dla przedsiębiorców.
- **Ekonomiczne** – dotyczą transportu surowców i technologii, a także siły roboczej, przedsiębiorców czy rozwoju gospodarczego jako takiego.
- **Spółeczne** – w tym przypadku mowa o usługach publicznych (jak służba zdrowia) czy ochrony przed cyberzagrożeniami (m.in. kradzieżą danych).
- **Technologiczne** – dotyczą prac B+R pod kątem infrastruktury, systemów wsparcia, a także rozwoju przełomowych technologii jak np. AI, czy komputery kwantowe.
- **Środowiskowe** – związane są z dostępem do złóż naturalnych i skutkami zmieniającego się klimatu.
- **Prawne** – dotyczą ochrony prywatności i danych, szczególnie gdy dysponentem systemów, oprogramowania itd. są państwa takie jak Chiny⁹.

Streszczona wyżej koncepcja z jednej strony rozdziela trzy rodzaje suwerenności, a z drugiej określa uniwersalne czynniki, które mają wpływ na jej osiąganie i zachowanie. Na uwagę zwraca uwzględnienie czynników środowiskowych, a szczególnie negatywnych skutków zmian klimatycznych, które tu zostały bardzo wyraźnie uwypuklone. Na uwagę zwraca również uwzględnienie łańcucha dostaw w każdym z trzech wymienionych obszarów.

2.3.4. EUROPEAN SOVEREIGNTY INDEX

Europejski Indeks Suwerenności został opracowany przez think tank European Council on Foreign Relations w 2021 roku. W raporcie dokonano porównania państw członkowskich UE pod kątem suwerenności w sześciu obszarach: klimatu, obronności, ekonomii, zdrowia, migracji i technologii. Każda z tych kategorii była mierzona za pomocą innych wskaźników. W przypadku technologii były to wskaźniki takie jak: liczba patentów, publikacji naukowych, liczba przedsiębiorstw, wielkość rynku, inwestycje funduszy venture capital oraz absorpcja technologii. Każdy z tych wskaźników został znormalizowany i – gdy było to wskazane – podzielony

⁹ Opracowano na podstawie: Frost & Sullivan. 2020. *European Industrial Sovereignty. Future Watch Strategy Brief*.

przez liczbę ludności danego państwa. Finalnie punktacja opiera się na liczbach z przedziału od 0 do 10, gdzie ta ostatnia oznacza maksymalny wynik.

Podobnie jak we wcześniej przytoczonych opracowaniach, tak i w tym dokumencie podkreśla się, że dążenie do suwerenności technologicznej powinno mieć miejsce przede wszystkim w obszarze technologii krytycznych – AI, chmurowe, big data, półprzewodniki, robotyka itd. Europejski Ranking Innowacyjności to jedno z dwóch opracowań (drugie jest opisane poniżej), które nie tylko zajmuje się podbudową teoretyczną, ale również przytacza wyniki przeprowadzonych badań.

2.3.5. A PREPAREDNESS PLAN FOR EUROPE: ADDRESSING FOOD, ENERGY AND TECHNOLOGICAL SECURITY

Raport ma formę podsumowania wyników badań przeprowadzonych na zlecenie European Parliamentary Research Service. Badanie miało formę ankiety skierowanej do ekspertów w obszarach żywności, komunikacji satelitarnej, półprzewodników, energetyki i tematów przekrojowych (ogólnych). Większość raportu stanowi opis wyników w każdej z tych kategorii. Dla celów niniejszego opracowania istotniejsza jest metodologia, na podstawie której uzyskano wyniki.

W badaniu wzięło udział 153 ekspertów w pierwszej fazie i 117 w drugiej. Pochodzili oni z różnych państw europejskich. Byli to zarówno naukowcy, jak i przedsiębiorcy, przedstawiciele organizacji NGO, przedstawiciele władz centralnych i regionalnych oraz inni. Ich dobór był oparty na bazie danych liczącej 20 000 rekordów, która została stworzona z wykorzystaniem wyszukiwarki Web of Science.

W narzędziu badawczym pojawiły się pytania związane z:

- trendami technologicznymi i ich wpływem na konkretne obszary technologiczne;
- barierami związanymi z rozwojem konkretnych obszarów technologicznych (m.in. koszty, energochłonność, uzależnienie od państw trzecich);
- wpływem poszczególnych grup społecznych na rozwój obszarów technologicznych (m.in. polityków, naukowców, NGO, przedsiębiorców, społeczeństwa);
- łańcuchem dostaw i zagrożeniami mogącymi mieć wpływ na płynność dostaw;
- budowaniem odporności i niezależności w konkretnych obszarach technologicznych¹⁰.

¹⁰ Całość opracowano na podstawie: Ejdys, J., Czerewacz-Filipowicz, K., Halicka, K., Kononiuk, A., Magruk, A., Siderska, J., and Szpilko, D. 2023. *A preparedness plan for Europe: Addressing food, energy and technological security. Panel for the Future of Science and Technology (STOA)*, European Parliamentary Research Service (EPRS).

Walorem tego opracowania jest przedstawienie konkretnej metodologii prac wraz z wykorzystanym narzędziem badawczym, a tym samym umocowanie empiryczne wyników i wniosków. Podobnie jak we wcześniej prezentowanych opracowaniach, została tu uwypuklona kwestia tego, w jakich obszarach technologicznych należy podjąć działania na rzecz budowy suwerenności technologicznej.

2.3.6. KEY ENABLING TECHNOLOGIES FOR EUROPE'S TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY

W ostatnim z raportów, opracowanym przez European Parliamentary Research Service, autorzy chcieli wskazać technologie strategiczne dla Europy. Patrzą oni na suwerenność technologiczną przez pryzmat KET: zaawansowanych metod wytwarzania (robotyka), AI biotechnologii, nanotechnologii itp., AI, mikroelektroniki i fotoniki czy technologii związanych z łącznością i bezpieczeństwem.

Wskazano następujące 3 elementy suwerenności technologicznej:

1. **technologia** – rozumiana jako efekty prac w obszarze badawczo-rozwojowym, a także zasób wiedzy, know-how w obszarze przemysłu w obszarze technologii krytycznych;
2. **ekonomia** – zdolność do wdrażania i komercjalizacji prac B+R, a także dążenie do osiągnięcia pozycji lidera na rynku nowych i przełomowych technologii;
3. **regulacje** – tworzenie standardów i systemów wsparcia, które jednocześnie są odzwierciedleniem europejskich wartości.

W takim ujęciu osiąganie suwerenności jest nakierowane wewnętrznie i oznacza aktywne tworzenie ram legislacyjnych i strategicznych, a także rozwijanie sektora B+R. Ma to odzwierciedlenie w następujących wskaźnikach pomiaru suwerenności technologicznej:

- intensywność prac badawczo-rozwojowych na poziomie krajowym,
- suma publicznych środków poświęconych na prace badawcze,
- wydatki na działalność B+R sektora przedsiębiorców,
- liczba absolwentów kierunków STEM,
- względny udział w globalnej liczbie patentów,
- liczba partnerstw międzynarodowych¹¹,
- liczba start-upów,
- ranking liderów przemysłowych.

¹¹ Całość opracowano na podstawie: Ramahandry, T., Bonneau, V., Bani, E., Vlasov, N., Flickenschild, M., Batura, O., Tcholtchev, N., Lämmel, P. i Boerger, M. 2021. *Key enabling technologies for Europe's technological sovereignty*. STOA, European Parliamentary Research Service.

Podsumowując, w tym podejściu widać wysoki nacisk na intensywność i efekty prac B+R. Określenie tych wskaźników pozwala na klarowne porównanie stanu rzeczy (suwerenności) w obszarach technologicznych, które według autorów zostały określone jako strategiczne.

2.4. WYNIKI ANALIZ PORÓWNAWCZYCH

Na podstawie analizy koncepcji pomiaru związanych z suwerennością sformułowano następujące wnioski:

- Analizowanie stanu suwerenności technologicznej, tak jak dążenie do jej uzyskania, powinno być związane z technologiami krytycznymi dla rozwoju państwa.
- Wiele z zaproponowanych wskaźników pomiaru suwerenności technologicznej pozwala na określanie innowacyjności państwa czy stanu sektora B+R.
- Technologie i obszary technologiczne powinny być analizowane w szerokim kontekście, jako element gospodarki, bezpieczeństwa państwa, a także systemu społecznego.
- Ze względu na fakt, że technologia silnie wpływa na społeczeństwo i jest powszechnie wykorzystywana, istnieje silne uzasadnienie uwzględniania wątków społecznych w metodyce jej pomiaru.
- Prace nad analizą stanu suwerenności technologicznej powinny być nakierowane na opracowanie konkretnych (opisowych) wyników, na podstawie których możliwe będzie dokonanie działań, które przyczynią się do polepszenia stanu obecnego.
- Suwerenność technologiczna powinna być rozpatrywana nie tylko jako całość, ale w podziale na poszczególne ogniwa łańcucha wartości.
- Metodyka suwerenności technologicznej powinna uwzględniać odporność technologii, a także ryzyko wystąpienia niespodziewanych, ale prawdopodobnych zjawisk, jak negatywne zjawiska atmosferyczne, akty terrorystyczne.
- Jednym z najistotniejszych aspektów budowania suwerenności technologicznej jest łańcuch dostaw. Z tego względu należy analizować sieć dostaw i ryzyka z nimi związane.
- Stosunkowo niewiele z zaproponowanych wskaźników bezpośrednio dotyczy analiz rynku. Z drugiej strony w warstwie teoretycznej wskazywane jest silne powiązanie technologii i ekonomii czy gospodarki.

Analiza koncepcji pomiaru suwerenności technologicznej ujawniła, że ocena tej suwerenności powinna uwzględniać zarówno technologie kluczowe dla rozwoju państwa, jak i aspekty innowacyjności oraz szerokie konteksty gospodarcze i społeczne. Wskazano również na konieczność analizy odporności technologii, łańcucha dostaw oraz ryzyk związanych z zewnętrznymi zagrożeniami, a także na potrzebę rozwoju wskaźników odnoszących się do rynku i powiązań technologii z gospodarką.

3

INDEKS SUWERENNOŚCI TECHNOLOGICZNEJ



Skuteczna ocena suwerenności technologicznej wymaga precyzyjnego zidentyfikowania jej komponentów. W celu uzyskania ogólnych wniosków istotne jest rozłożenie całości pomiaru i zagadnienia na bardziej szczegółowe elementy.

Pierwszym krokiem w tym procesie jest zoperacjonalizowanie istotnych pojęć, które zostaną przekształcone w konkretne kategorie i wskaźniki analityczne. Założenia indeksu muszą opierać się na mierzalnych i precyzyjnych wskaźnikach, które zapewnią rzetelne informacje.

Wszystkie wskaźniki stosowane w analizie powinny spełniać dwa kryteria:

1. **Trafność** – wskaźniki muszą być ściśle powiązane z przedmiotem badania, tj. z rozwojem technologicznym oraz sektorem badań i rozwoju (B+R). Powinny one dokładnie odzwierciedlać rzeczywisty stan i być aktualizowane regularnie, z preferencją dla aktualizacji corocznych.
2. **Potencjał do zmian** – wskaźniki powinny nie tylko opisywać obecny stan, ale także umożliwiać identyfikację obszarów wymagających interwencji. Powinny wspierać wdrażanie działań mających na celu poprawę sytuacji, takich jak zwiększenie finansowania projektów badawczych czy pozyskanie dodatkowych dostawców surowców.

Spełnienie tych kryteriów jest zgodne z podstawowym założeniem projektu, jakim jest opracowanie narzędzia, które nie tylko dostarcza informacji, ale także formułuje rekomendacje dla interesariuszy, w tym organów rządowych. Identyfikacja obszarów wymagających poprawy umożliwia wdrażanie skutecznych działań naprawczych, mających na celu wzmocnienie ogólnej suwerenności technologicznej. W rezultacie końcowy produkt ma charakter badawczo-wdrożeniowy¹², co z perspektywy decydentów będzie stanowić wartość poznawczą.

3.1. CO SKŁADA SIĘ NA SUWERENNOŚĆ TECHNOLOGICZNĄ?

W powyższych akapitach omówiono cele i wymagania, które powinien spełniać indeks suwerenności technologicznej. Dla uzyskania dokładniejszego wglądu w jego podstawowe komponenty i zakres tematyczny, niezbędne jest sformułowanie

¹² Choć oczywiście wdrożenia będą wykonywane przez podmioty posiadające odpowiednie zasoby i możliwości.

celów strategicznych umożliwiających osiągnięcie suwerenności technologicznej. W tym kontekście należy postawić pytanie: jakie cele strategiczne przyczyniają się do realizacji suwerenności technologicznej?

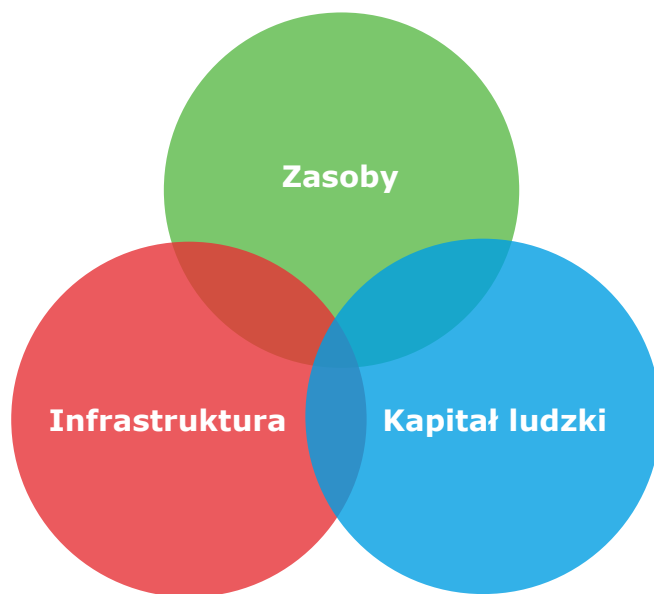
Trzy podstawowe cele suwerenności technologicznej można określić jako:

1. Rozwój zdolności wytwórczych i produkcyjnych, które umożliwiają uniezależnienie się od importu złożonych urządzeń i systemów oraz surowców z zewnątrz.
2. Rozwój innowacji poprzez wdrażanie nowych i konkurencyjnych technologii na rynku międzynarodowym.
3. Ochrona wiedzy i kompetencji poprzez przeciwdziałanie odpływowi kompetentnych jednostek (specjalistów), organizacji (przedsiębiorstw) poza granice państwa.

Dokonując analizy wyznaczonych celów suwerenności technologicznej, można stwierdzić, że są one ściśle powiązane z ogólnym rozwojem technologicznym. Skuteczne zabezpieczanie interesów państwa polega tu na intensyfikacji rozwoju krajowego potencjału badawczo-rozwojowego. Cele te, dotyczące zdolności wytwórczych, rozwoju innowacji i ochrony wiedzy oraz kompetencji, są ze sobą wzajemnie powiązane i wzmacniają się nawzajem.

Ograniczenie się jedynie do osiągnięcia korzystnego bilansu handlowego może prowadzić do stagnacji oraz technologicznego zapóźnienia. Taka sytuacja generuje straty ekonomiczne związane z kosztami importu i powoduje wzrost zależności od zagranicznych dostawców całych technologii. W związku z tym, ważne jest rozwijanie krajowego sektora badawczo-rozwojowego, co wymaga posiadania odpowiednich zasobów kadrowych i infrastrukturalnych. Tym samym jest możliwe sformułowanie trzech podstawowych elementów składowych suwerenności technologicznej, które zostały przedstawione na schemacie 6.

Schemat 6. Uniwersalny podział kategorii czynników związanych z suwerennością technologiczną



Źródło: Opracowanie własne.

Zasoby stanowią krytyczny komponent suwerenności technologicznej i gospodarczej. Deficyt istotnych surowców może uniemożliwić montaż podzespołów i urządzeń. Uzależnienie od zewnętrznych dostawców, szczególnie z odległych kontynentów, stanowi poważne zagrożenie dla suwerenności gospodarczej. Opóźnienia lub wstrzymanie dostaw mogą prowadzić do przerwania produkcji, generowania strat finansowych i w konsekwencji zahamowania wzrostu gospodarczego. Zabezpieczenie dostępu do strategicznych surowców jest fundamentalne dla utrzymania niezależności państwa, nawet gdy ma rozwinięty rynek i wykwalifikowane kadry.

Drugim istotnym komponentem suwerenności technologicznej jest infrastruktura rozumiana tu jako zestaw obiektów zarówno fizycznych, jak i cyfrowych. Należy do niej zaliczyć aparaturę badawczo-rozwojową, linie produkcyjne, sieci przesyłowe oraz obiekty przemysłowe. Bez odpowiedniej infrastruktury rozwijanie oraz pełnoskalowa produkcja zaawansowanych technologii stają się praktycznie niemożliwe. Rozbudowana i zaawansowana infrastruktura zwiększa potencjał państwa w zakresie tworzenia innowacji technologicznych i rozwoju gospodarczego.

Zarówno zasoby, jak i infrastruktura mogą okazać się niewystarczające bez odpowiedniego kapitału ludzkiego. Element społeczny jest często pomijany w kontekście badania suwerenności technologicznej. W celu zapewnienia i rozwijania bezpieczeństwa technologicznego, konieczne jest posiadanie wysoko wykwalifikowanej kadry, w tym ekspertów, specjalistów, analityków, komercjalizatorów oraz menedżerów. Należy również uwzględnić rolę klasy politycznej, która ma wpływ na tworzenie ram prawnych i strategicznych kierunków rozwoju, a także przedsiębiorców, którzy przyczyniają się do rozwoju gospodarki.

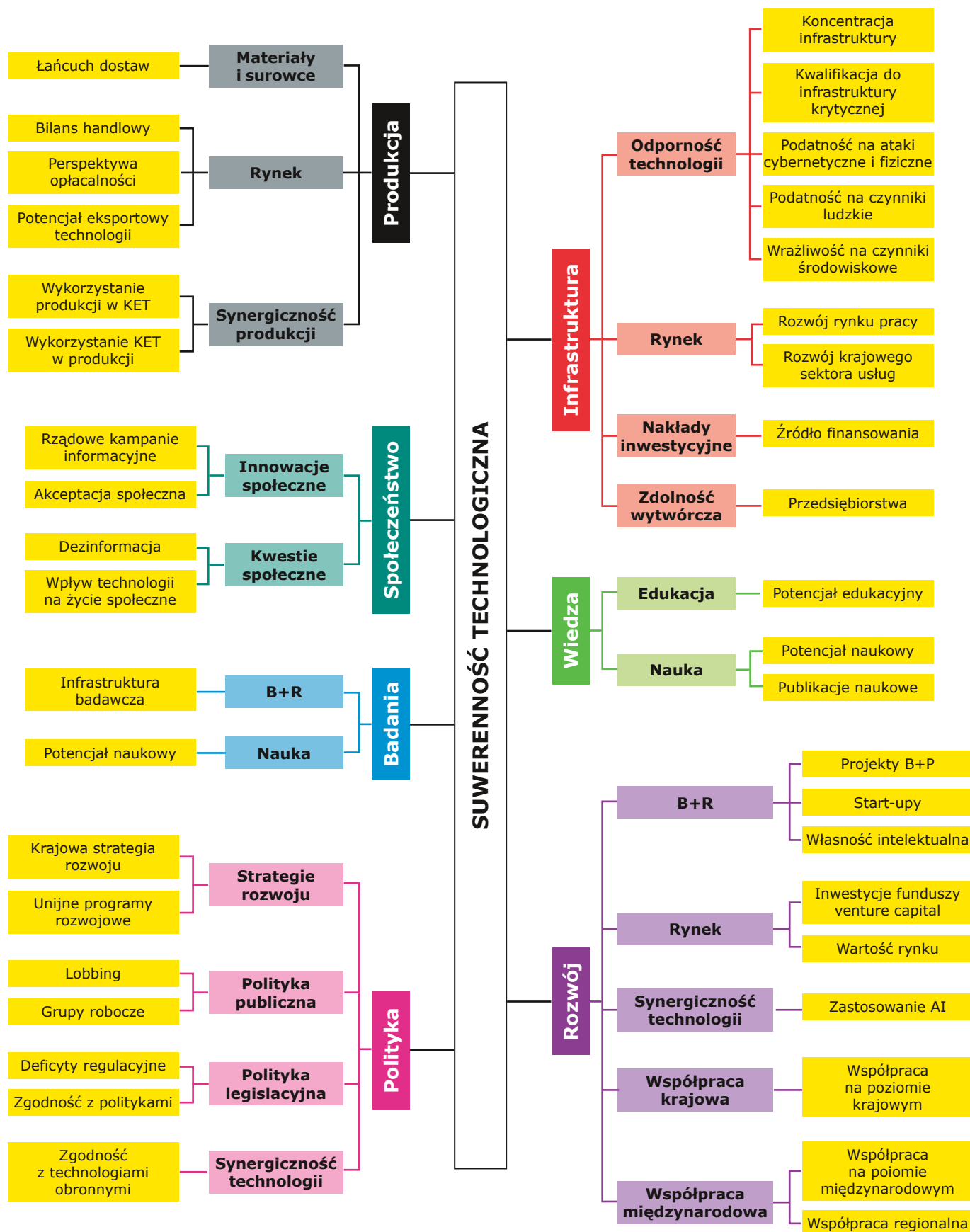
Zabezpieczenie suwerenności technologicznej wymaga zintegrowanego podejścia, obejmującego zarówno dostęp do krytycznych surowców, rozwiniętą infrastrukturę, jak i odpowiednio wykwalifikowany kapitał ludzki. Państwo musi inwestować w każdy z tych komponentów, by zminimalizować ryzyko uzależnienia od zewnętrznych dostawców i zapewnić trwały rozwój technologiczny oraz gospodarczy.

3.2. ELEMENTY INDEKSU SUWERENNOŚCI

Suwerenność technologiczna jest aspektem strategii państwowej, określającym zdolność do samodzielnego rozwijania, utrzymania i kontrolowania strategicznych technologii bez zewnętrznej zależności. Aby móc efektywnie mierzyć ten poziom niezależności, konieczne jest zdefiniowanie odpowiednich obszarów, kategorii, zmiennych oraz wskaźników, które pozwolą na dokładną ocenę suwerenności technologicznej.

Obszar odnosi się do zakresu, który dotyczy zdolności państwa lub organizacji do autonomicznego rozwoju, kontroli i utrzymania obszarów technologicznych uznanych za krytyczne lub strategiczne bez zależności od zewnętrznych podmiotów. Kategoria definiuje bardziej precyzyjny wymiar suwerenności technologicznej w ramach obszaru, koncentrując się na przymiotach o charakterze klasyfikacyjnym. Zmienna jest mierzalną cechą, właściwością badanego zjawiska, która może przyjmować różne wartości w zależności od poziomu rozwoju technologicznego. Wskaźnik to wartość liczbowa lub ilościowa opisująca konkretną zmienną.

Schemat 7. Obszary, wskaźniki i zmienne indeksu suwerenności



Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem oprogramowania Xmind.

Wychodząc od trzech podstawowych elementów opisanych powyżej, wyszczególniono 7 obszarów, w ramach których należy analizować suwerenność technologiczną. Są one następujące: wiedza, badania, rozwój, infrastruktura, produkcja, polityka i społeczeństwo. Każdy z tych obszarów dzieli się na kategorie, które z kolei dzieli się na zmienne. Każda zmienna ma przynajmniej jeden wskaźnik, który służy do jej pomiaru. Indeks uwzględnia łącznie 35 zmiennych. Na schemacie 7 przedstawiono najważniejsze kategorie w podziale na obszary.

Poniżej zostały opisane definicje dla obszarów widocznych na schemacie 6, a także uzasadnienia i opisy dla przyjętych wskaźników.

3.2.1. WIEDZA

W obszarze **Wiedza** analizowane są **kategorie: edukacja**, która ocenia zdolności systemu edukacji w kształceniu specjalistów technologicznych oraz **nauka**, która bada instytucje naukowe i ich wkład w rozwój technologii. Potencjał w zakresie wiedzy, czyli zdolność do kształcenia wykwalifikowanych specjalistów oraz prowadzenia badań naukowych, stanowi fundament dla budowania suwerenności technologicznej. Wysoki poziom edukacji i nauki w danym kraju przekłada się na jego zdolność do niezależnego rozwoju technologii i innowacji. Kształcenie wykwalifikowanych specjalistów i prowadzenie zaawansowanych badań naukowych są podstawami, na których opiera się suwerenność technologiczna. Państwa z silnym zapleczem edukacyjnym i badawczym mają większą zdolność do tworzenia i implementacji nowoczesnych technologii, co wzmacnia ich niezależność oraz konkurencyjność na arenie międzynarodowej.

Analiza potencjału wiedzy, obejmująca zarówno edukację, jak i naukę, dostarcza istotnych informacji o zdolności państwa do samodzielnego rozwoju technologii i innowacji. Zrozumienie tych aspektów jest niezbędne do oceny, w jakim stopniu państwo jest w stanie utrzymać i rozwijać swoją suwerenność technologiczną.

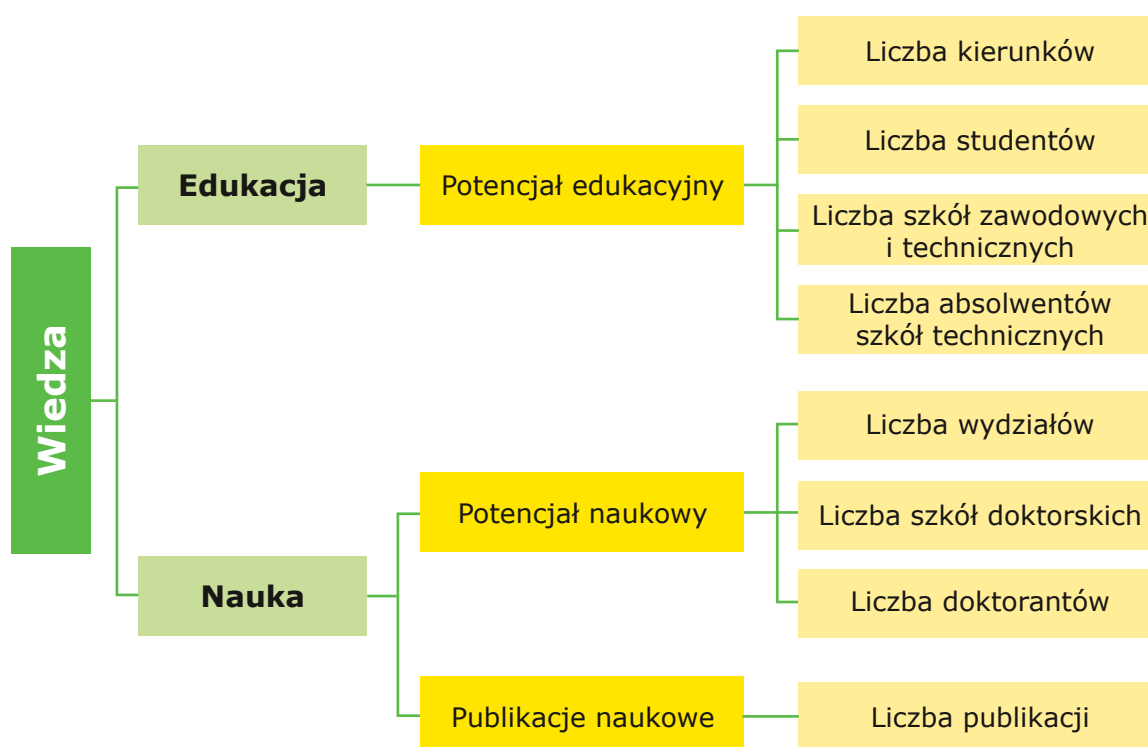
Edukacja

Edukacja zapewnia niezbędne umiejętności i wiedzę, które są podstawą do rozwoju technologii i innowacji. Kształcenie na różnych poziomach, od szkół zawodowych po uczelnie wyższe, pozwala na rozwijanie kompetencji niezbędnych do pracy w nowoczesnych sektorach technologicznych. Odpowiednie wykształcenie kadry specjalistycznej wpływa na zdolność kraju do tworzenia nowych technologii oraz adaptacji istniejących rozwiązań w sposób, który wspiera jego niezależność technologiczną.

Nauka

Potencjał naukowy, mierzący aktywność badawczą i produkcję wiedzy, jest podstawą dla innowacyjności technologicznej. Intensywne badania naukowe prowadzone w danym kraju przyczyniają się do rozwoju nowych technologii, a także do ulepszania istniejących rozwiązań. Kraj, który ma silną infrastrukturę badawczą, aktywnie angażuje się w badania naukowe oraz dużo ma publikacji naukowych, jest w stanie lepiej konkurować na globalnym rynku technologicznym i unikać zależności od zagranicznych rozwiązań.

Schemat 8. Zmienne i wskaźniki dla obszaru Wiedza



Źródło: Opracowanie własne.

POTENCJAŁ EDUKACYJNY

Opis zmiennej

Potencjał edukacyjny to zmienna, która ocenia zdolność państwa do kształcenia specjalistycznych kadr w różnych dziedzinach i dyscyplinach naukowych. Jest mierzona za pomocą czterech wskaźników:

- **Liczba kierunków** – wskaźnik ten określa liczbę specjalistycznych kierunków studiów dostępnych w danym państwie. Wysoka liczba kierunków wskazuje na szeroki zakres dostępnej edukacji w różnych dziedzinach, co może sprzyjać rozwojowi umiejętności i wiedzy w wielu obszarach.

- **Liczba studentów** – wskaźnik ten mierzy liczbę studentów zapisanych na specjalistyczne kierunki studiów. Wysoka liczba studentów na określonych kierunkach sugeruje duże zainteresowanie i zapotrzebowanie na kształcenie w danej dziedzinie, co może wskazywać na rosnącą liczbę przyszłych specjalistów.
- **Liczba szkół zawodowych i technicznych** – wskaźnik ten określa liczbę szkół oferujących kształcenie zawodowe i techniczne w państwie. Liczba tych szkół odzwierciedla dostępność specjalistycznego kształcenia, które przygotowuje uczniów do pracy w konkretnych zawodach i branżach.
- **Liczba absolwentów szkół technicznych** – wskaźnik ten mierzy liczbę osób, które ukończyły szkoły techniczne. Wysoka liczba absolwentów wskazuje na skuteczność systemu edukacyjnego w przygotowywaniu kadry specjalistycznej, co wpływa na zdolność państwa do zaspokajania potrzeb rynku pracy.

Analiza potencjału edukacyjnego pozwala ocenić zdolność państwa do kształcenia specjalistycznych kadr oraz identyfikować obszary wymagające rozwoju lub wsparcia w systemie edukacji, co jest niezbędne dla wzrostu innowacyjności i konkurencyjności na rynku pracy.

POTENCJAŁ NAUKOWY

Opis zmiennej

Potencjał naukowy to zmienna, która mierzy zdolność i aktywność naukową w danym obszarze technologicznym. Obejmuje aspekty infrastruktury naukowej i produkcji wiedzy. Jest mierzona za pomocą czterech wskaźników:

- **Liczba wydziałów** – wskaźnik ten określa liczbę wydziałów uczelni wyższych, które oferują programy badawcze lub akademickie związane z analizowaną dziedziną technologii. Wysoka liczba wydziałów sugeruje silne zaplecze akademickie i szeroki zakres badań naukowych w danym obszarze.
- **Liczba szkół doktorskich** – wskaźnik ten mierzy liczbę instytucji edukacyjnych oferujących programy doktoranckie w danej dziedzinie. Wysoka liczba szkół doktorskich wskazuje na rozwiniętą strukturę edukacyjną i wsparcie dla zaawansowanych badań naukowych.
- **Liczba doktorantów** – wskaźnik ten określa liczbę osób zapisanych na programy doktoranckie w danej dziedzinie. Wysoka liczba doktorantów może wskazywać na dynamiczny rozwój badań oraz duże zainteresowanie daną dziedziną.

- **Liczba publikacji** – wskaźnik ten mierzy liczbę publikacji naukowych dotyczących konkretnej technologii lub dziedziny, znajdujących się w bazach danych takich jak Scopus, Web of Science, Google Scholar oraz Polska Bibliografia Naukowa. Publikacje mogą obejmować artykuły naukowe, monografie i raporty badawcze. Wysoka liczba publikacji wskazuje na aktywność badawczą i rozwój wiedzy w analizowanym obszarze.

Analiza potencjału naukowego pozwala ocenić rozwój i zaangażowanie w badania naukowe w danym obszarze technologicznym, co jest podstawą do identyfikacji innowacyjnych trendów, oceny zasobów badawczych oraz wspierania polityki naukowej i edukacyjnej.

3.2.2. BADANIA

Analiza obszaru **Badania**, obejmującego kategorię **B+R**, w tym infrastrukturę badawczą oraz kategorię **Nauka**, koncentrującą się na projektach badawczych, pozwala dokonać oceny suwerenności technologicznej państwa. Suwerenność technologiczna odnosi się do zdolności państwa do niezależnego rozwijania, wdrażania i kontrolowania technologii. Potencjał badawczy, rozumiany jako dostępność zasobów badawczych oraz aktywność w zakresie projektów badawczych, jest fundamentalny dla realizacji tej niezależności.

Silna infrastruktura badawcza i intensywna aktywność w zakresie projektów badawczych są ściśle powiązane i odgrywają podstawowe role w budowaniu suwerenności technologicznej. Rozwinięta infrastruktura badawcza wspiera efektywne realizowanie projektów badawczych, podczas gdy dynamiczna działalność badawcza przyczynia się do maksymalizacji potencjału wykorzystania tej infrastruktury. Razem tworzą solidny fundament pod innowacyjność i rozwój technologiczny, który jest niezbędny do osiągnięcia i utrzymania niezależności technologicznej państwa. Analiza obszaru badań, obejmująca zarówno infrastrukturę badawczą, jak i projekty badawcze, dostarcza ważnych informacji na temat zdolności państwa do samodzielnego prowadzenia badań oraz rozwoju technologii, co jest niezbędne do utrzymania jego konkurencyjności i niezależności na globalnym rynku technologicznym.

Infrastruktura badawcza

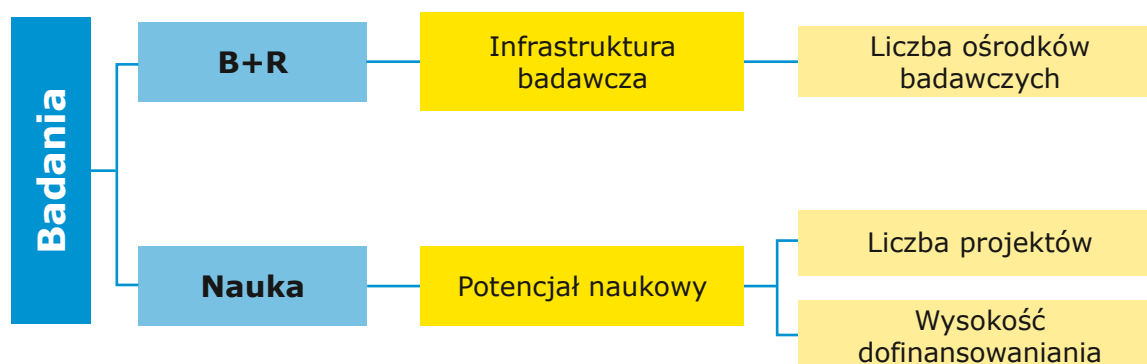
Infrastruktura badawcza, obejmująca laboratoria, centra badawcze oraz instytuty, stanowi fundament do prowadzenia zaawansowanych badań naukowych i rozwoju

technologii. Wysoka liczba ośrodków badawczych wskazuje na rozwiniętą bazę materialną, która jest niezbędna do przeprowadzania skomplikowanych badań i eksperymentów. Taka infrastruktura sprzyja innowacyjności oraz przyciąga inwestycje w obszarze B+R. Rozwinięta infrastruktura badawcza pozwala na samodzielne prowadzenie badań, co wzmacnia niezależność technologiczną państwa poprzez umożliwienie rozwoju i wdrażania nowych technologii w sposób autonomiczny i mniej zależny od zewnętrznych źródeł.

Projekty badawcze

Projekty badawcze, oceniane na podstawie liczby realizowanych projektów oraz wysokości pozyskanego dofinansowania, stanowią wskaźnik aktywności badawczo-rozwojowej. Wysoka liczba projektów oraz znaczące dofinansowanie są świadectwem intensywnego zaangażowania w rozwój technologii i innowacji. Projekty badawcze, niezależnie od ich statusu (zakończone, realizowane, planowane), odzwierciedlają potencjał kraju do pozyskiwania środków na badania, co jest znaczące dla wzmacniania zdolności technologicznych i redukcji zależności od rozwiązań zagranicznych. Wysoka aktywność w projektach badawczych może także prowadzić do generowania wartości dodanej w postaci nowych odkryć, technologii czy prototypów, co wspiera suwerenność technologiczną poprzez zwiększenie zdolności innowacyjnych kraju.

Schemat 9. Zmienne i wskaźniki dla obszaru **Badania**



Źródło: Opracowanie własne.

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

Opis zmiennej

Infrastruktura badawcza to zmienna, która ocenia rozwinięcie i dostępność zasobów fizycznych niezbędnych do prowadzenia badań naukowych w danym obszarze technologicznym. Mierzy się ją za pomocą jednego wskaźnika:

- **Liczba ośrodków badawczych** – wskaźnik ten określa stan liczbowy obiektów fizycznych, które wspierają działalność badawczą. Obejmuje laboratoria, centra badawcze oraz instytuty. Wysoka liczba ośrodków badawczych wskazuje na silną bazę infrastrukturalną, która sprzyja prowadzeniu intensywnych badań oraz innowacji.

Analiza infrastruktury badawczej pozwala ocenić zdolność regionu lub kraju do prowadzenia zaawansowanych badań i rozwoju technologii, co jest istotne dla planowania inwestycji w badania, rozwijania polityki innowacyjnej oraz wspierania strategii naukowych.

PROJEKTY BADAWCZE

Opis zmiennej

Projekty badawcze to zmienna, która umożliwia ocenę intensywności działań badawczo-rozwojowych w określonym obszarze technologicznym w ciągu 24 miesięcy od momentu przeprowadzania analizy. Zmienna ta jest mierzona za pomocą dwóch wskaźników:

- **Liczba projektów** – wskaźnik ten określa łączną liczbę projektów naukowych, które mają jeden z trzech statusów: zakończone, realizowane lub planowane. Wartość tego wskaźnika pozwala na ocenę intensywności prac badawczo-rozwojowych oraz zaangażowania w konkretnym obszarze technologicznym.
- **Wysokość dofinansowania** – wskaźnik ten mierzy średnią wartość zewnętrznego dofinansowania przypadającą na projekty o statusie zakończonym, realizowanym lub planowanym. Dzięki temu wskaźnikowi można oszacować skalę finansowego wsparcia i zaangażowania środków zewnętrznych w projekty badawcze w analizowanym okresie.

Oba wskaźniki wspólnie umożliwiają kompleksową ocenę dynamiki i skali działań badawczo-rozwojowych w danym obszarze technologicznym.

3.2.3. INFRASTRUKTURA

W obszarze **Infrastruktura** wyróżniono kilka kategorii. **Odporność technologii** obejmuje zmienne takie jak **Koncentracja infrastruktury**, która ocenia w jaki sposób elementy infrastruktury są zlokalizowane w jednym miejscu, czy **Kwalifikacja do infrastruktury krytycznej**, która bada, czy infrastruktura jest uznawana za krytyczną dla bezpieczeństwa narodowego. W tej kategorii analizowane są także **Podatność na ataki cybernetyczne i fizyczne**, **Czynniki ludzkie** oraz **Czynniki środowiskowe**, które mogą wpływać na odporność infrastruktury. Kolejna kategoria to **Rynek**, w której ocenia się **Rozwój rynku pracy** oraz **Rozwój krajowego sektora usług**. Kategoria **Nakłady inwestycyjne** bada różne **Źródła finansowania**, a kategoria **Zdolność wytwórcza** analizuje efektywność przedsiębiorstw wytwarzających technologie.

Analiza obszaru infrastruktury technologicznej jest niezbędna do oceny suwerenności technologicznej państwa, ponieważ infrastruktura stanowi fundamentalną bazę dla efektywnego rozwoju, wdrażania i zarządzania technologiami. Aby państwo mogło skutecznie utrzymać i rozwijać swoje zdolności technologiczne w sposób autonomiczny, musi posiadać solidne i odporne fundamenty infrastrukturalne. Ocena infrastruktury dostarcza informacji na temat jej zdolności do wspierania innowacji, minimalizowania ryzyk oraz zarządzania technologiami w długim okresie. Obszar infrastruktury analizowany jest poprzez kategorie: odporność technologiczna, rynek, nakłady inwestycyjne, zdolność wytwórcza.

Analiza obszaru infrastruktury, uwzględniająca te kategorie, pozwala na kompleksową ocenę suwerenności technologicznej państwa. Przez ocenę odporności technologii, kondycji rynku, nakładów inwestycyjnych oraz zdolności wytwórczych, można uzyskać pełen obraz zdolności państwa do zarządzania swoją infrastrukturą technologiczną i jej rozwoju, co jest niezbędne dla utrzymania niezależności technologicznej.

Koncentracja infrastruktury jest jednym z podstawowych wskaźników, który pozwala ocenić, jak rozproszona jest infrastruktura technologiczna w danym kraju. Wysoka koncentracja infrastruktury w jednym regionie może zwiększać ryzyko związane z potencjalnymi klęskami żywiołowymi lub innymi zagrożeniami, które mogłyby wpłynąć na jej funkcjonowanie. Z drugiej strony, nadmierne rozproszenie infrastruktury może prowadzić do wyższych kosztów utrzymania i zarządzania. Optymalna strategia powinna znaleźć równowagę między koncentracją a rozproszeniem, aby zminimalizować ryzyko związane

z potencjalnymi zagrożeniami, jednocześnie zapewniając efektywne zarządzanie infrastrukturą i monitorowanie jej.

Kwalifikacja do infrastruktury krytycznej odnosi się do elementów, które są strategiczne i krytyczne dla funkcjonowania społeczeństwa i gospodarki. Elementy te, takie jak sieci energetyczne, telekomunikacyjne czy systemy transportowe, wymagają szczególnej ochrony i zabezpieczeń, aby zapewnić ich niezawodność i odporność na różne zagrożenia. Włączenie obiektów do wykazu infrastruktury krytycznej wiąże się z dodatkowymi wymaganiami w zakresie ochrony i zarządzania, co zwiększa ich odporność na potencjalne zagrożenia.

Podatność na ataki cybernetyczne i fizyczne określa, w jakim stopniu infrastruktura jest narażona na zagrożenia związane z cyfryzacją oraz atakami fizycznymi. Wysoki poziom cyfryzacji może zwiększać ryzyko cyberataków, dlatego niezbędne są zaawansowane środki zabezpieczające. Natomiast zabezpieczenia przed zagrożeniami fizycznymi, takie jak ataki, klęski żywiołowe czy sabotaż, są równie ważne, aby chronić infrastrukturę przed uszkodzeniami.

Podatność na czynniki ludzkie odnosi się do ryzyka, jakie niosą błędy ludzkie oraz niedobór wykwalifikowanego personelu. Błędy w operacjach technologicznych mogą prowadzić do poważnych awarii, dlatego konieczne jest zapewnienie odpowiedniego szkolenia i zarządzania personelem, aby zminimalizować ryzyko związane z ludzkimi błędami.

Wrażliwość na czynniki środowiskowe mierzy wpływ warunków środowiskowych na działanie infrastruktury. Wysoka wrażliwość oznacza, że infrastruktura musi spełniać surowe normy ekologiczne, co może wpłynąć na jej lokalizację oraz sposób implementacji. Dostosowanie infrastruktury do wymagań środowiskowych jest krytyczne dla zapewnienia jej długoterminowej funkcjonalności i zgodności z normami.

Rynek. Analiza rozwoju rynku pracy oraz kondycji krajowego sektora usług technologicznych dostarcza informacji o dynamice sektora infrastruktury i jego zdolności do wsparcia innowacji oraz inwestycji. Silny rynek pracy i rozwinięty sektor usług wskazują na stabilność oraz zdolność państwa do rozwijania i utrzymywania technologii krajowych.

Rozwój rynku pracy w sektorze infrastruktury technologicznej wskazuje na dynamikę sektora oraz jego wpływ na gospodarkę. Wysoki poziom zatrudnienia w sektorze infrastruktury oznacza, że sektor ten jest rozwinięty i przyczynia się do tworzenia nowych miejsc pracy, co jest korzystne dla gospodarki. Niski poziom zatrudnienia może sugerować stagnację lub zmniejszenie aktywności, co może wpływać na efektywność i rozwój sektora.

Nakłady inwestycyjne. Zrozumienie źródeł finansowania inwestycji w infrastrukturę technologii pozwala ocenić, jakie są możliwości modernizacji i rozbudowy infrastruktury. Różnorodność i dostępność funduszy są niezbędne dla długoterminowego rozwoju technologicznego i minimalizacji zależności od zagranicznych źródeł finansowania.

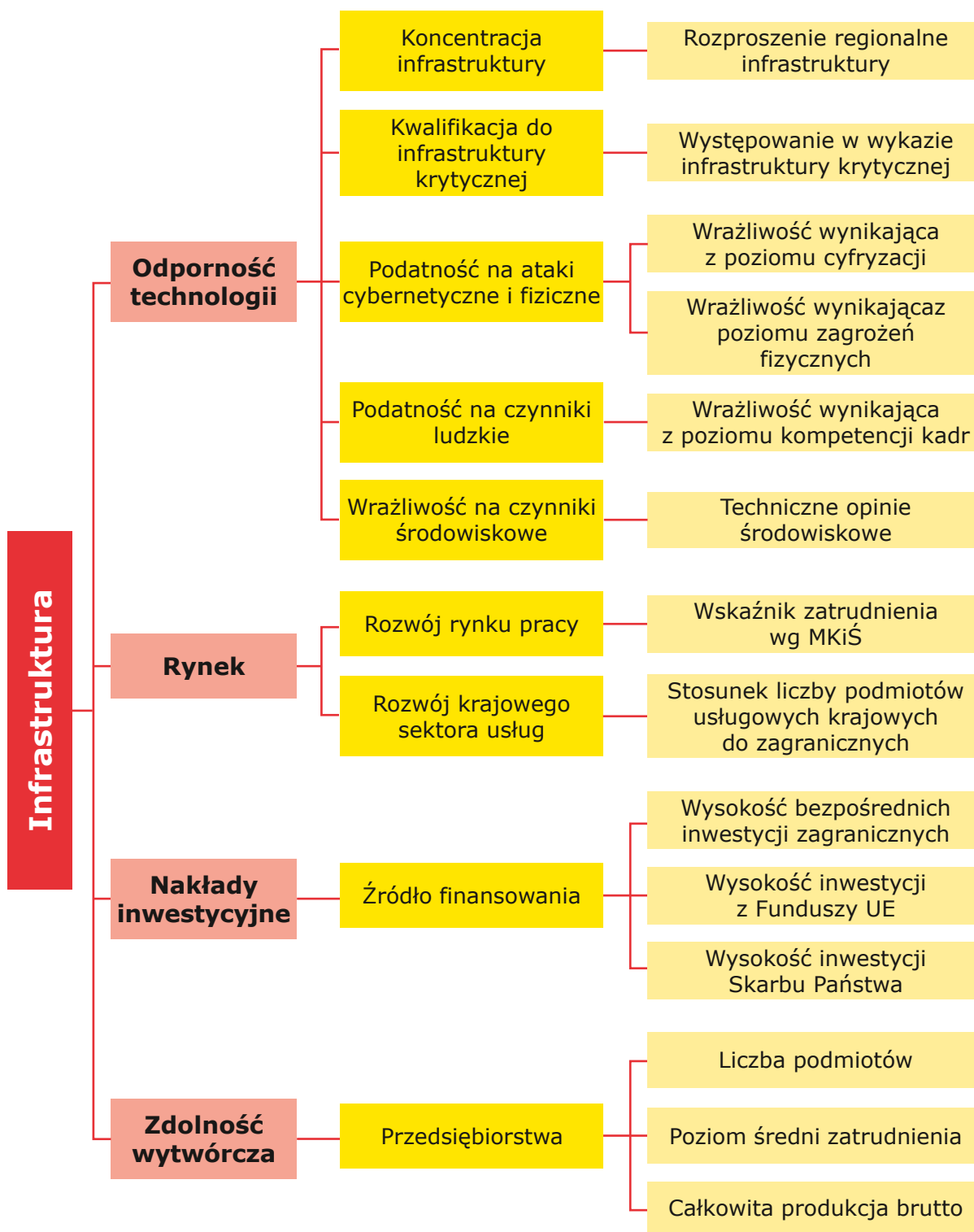
Rozwój krajowego sektora usług jest mierzony poprzez stosunek liczby firm usługowych krajowych do zagranicznych. Wysoki udział krajowych firm wskazuje na silny rozwój sektora krajowego, co może świadczyć o jego autonomii i konkurencyjności. Dominacja zagranicznych firm może z kolei sygnalizować niższy poziom rozwoju krajowego rynku, co wpływa na suwerenność technologiczną kraju.

Źródła finansowania inwestycji w infrastrukturę są przydatne do oceny zdolności kraju do finansowania i rozwijania swojej infrastruktury technologicznej. Różnorodność źródeł finansowania, takich jak inwestycje zagraniczne, fundusze unijne czy środki budżetowe, wpływa na strategię inwestycyjną i rozwój sektora infrastruktury. Wysoka wartość źródeł finansowania wskazuje na istotny wkład zewnętrznych i publicznych funduszy, co może wspierać rozwój i modernizację infrastruktury.

Zdolności wytwórcze. Ocena zdolności wytwórczych przedsiębiorstw zajmujących się infrastrukturą ukazuje potencjał kraju do samodzielnego wytwarzania i utrzymywania infrastruktury technologicznej. Silne zdolności wytwórcze świadczą o efektywności sektora oraz jego zdolności do zapewnienia technologii bez nadmiernej zależności od zagranicznych dostawców.

Zdolności wytwórcze przedsiębiorstw są oceniane poprzez wskaźnik „Produkcja agregowana”, który uwzględnia liczbę podmiotów, średnie zatrudnienie i całkowitą produkcję brutto. Wysoka wartość wskaźnika świadczy o dużym potencjale wytwórczym i zdolności sektora do samodzielnego wytwarzania i utrzymywania infrastruktury. Wysoka zdolność wytwórcza, przy jednocześnie niskim zatrudnieniu, może wskazywać na efektywność i konkurencyjność sektora.

Schemat 10. Zmienne i wskaźniki dla obszaru **Infrastruktura**



Źródło: Opracowanie własne.

KONCENTRACJA INFRASTRUKTURY

Opis zmiennej

Koncentracja infrastruktury to zmienna mierząca stopień rozproszenia regionalnego infrastruktury technologicznej, szczególnie w kontekście jej implementacji w różnych lokalizacjach produkcyjnych o zróżnicowanym potencjale. Zmienna ta odzwierciedla zdolność danej technologii do skalowania i wdrażania w wielu regionach. Wysokie rozproszenie infrastruktury, zwłaszcza krytycznej, poza pojedyncze województwo jest korzystne z perspektywy odporności systemu, ponieważ minimalizuje ryzyko związane z koncentracją zasobów w jednym miejscu.

KWALIFIKACJA DO INFRASTRUKTURY KRYTYCZNEJ

Opis zmiennej

Kwalifikacja do infrastruktury krytycznej to zmienna określająca, czy dany element, system lub zasób znajduje się w wykazie infrastruktury krytycznej. Mierzy ją wskaźnik **Występowanie w wykazie infrastruktury krytycznej**, który przyjmuje trzy wartości. Wartość „Nie” oznacza niski priorytet tego zasobu z punktu widzenia funkcjonowania społeczeństwa i gospodarki państwa. Wartość „Tak” wskazuje na znaczenie danego zasobu w tym kontekście. Wartość „Planowana” odnosi się do zasobów, które obecnie nie są częścią infrastruktury krytycznej, ale ich włączenie jest przewidywane lub wzorowane na doświadczeniach innych krajów.

PODATNOŚĆ NA ATAKI CYBERNETYCZNE I FIZYCZNE

Opis zmiennej

Podatność na ataki cybernetyczne i fizyczne to zmienna oceniająca ryzyko związane z atakami na infrastrukturę technologiczną, składająca się z dwóch wskaźników: wrażliwości wynikającej z poziomu cyfryzacji oraz wrażliwości wynikającej z poziomu zagrożeń fizycznych.

- **Wrażliwość wynikająca z poziomu cyfryzacji** – wskaźnik ten określa podatność na cyberataki w oparciu o stopień cyfryzacji technologicznego łańcucha wartości. Wyższy poziom cyfryzacji zwiększa podatność infrastruktury na cyberataki, ponieważ większa liczba systemów cyfrowych i ich integracja z procesami produkcji, przesyłu i magazynowania stwarza więcej punktów potencjalnego ataku. Cyberataki są uznawane za nieuniknione, a ich wpływ

może być trudny do przewidzenia, dlatego ten wskaźnik bazuje na stopniu zaawansowania technologicznego w obszarze cyfryzacji.

- **Wrażliwość wynikająca z poziomu zagrożeń fizycznych** – wskaźnik ten ocenia podatność infrastruktury na fizyczne ataki i zniszczenia. Wskaźnik ten uwzględnia zarówno stopień ekspozycji infrastruktury na potencjalne zagrożenia fizyczne (takie jak ataki terrorystyczne, klęski żywiołowe czy sabotaż), jak i lokalizację, zabezpieczenia oraz dostępność do obiektów. Wyższa wrażliwość na zagrożenia fizyczne występuje w przypadku infrastruktury położonej w regionach o wysokim ryzyku lub tam, gdzie zabezpieczenia są niewystarczające.

PODATNOŚĆ NA CZYNNIKI LUDZKIE

Opis zmiennej

Podatność na czynniki ludzkie to zmienna oceniająca ryzyko, jakie błędy ludzkie mogą wywołać w procesach produkcji, dystrybucji, magazynowania i utrzymania infrastruktury technologicznej. Mierzy się ją wskaźnikiem **Wrażliwość wynikająca z poziomu kompetencji kadr**, który przyjmuje wartości H (wysoka), M (średnia) i L (niska). Wysoka wartość wskaźnika (H) oznacza, że technologie są silnie uzależnione od obsługi przez wysoko wykwalifikowany personel, który musi być zdolny do szybkiego reagowania na zagrożenia i sytuacje kryzysowe. Niska wartość (L) wskazuje na mniejsze ryzyko związane z błędami ludzkimi, co oznacza, że procesy mogą być realizowane przez personel o niższym poziomie kwalifikacji, z mniejszym wpływem na bezpieczeństwo i efektywność technologii.

WRAŻLIWOŚĆ NA CZYNNIKI ŚRODOWISKOWE

Opis zmiennej

Wrażliwość na czynniki środowiskowe to zmienna określająca, jak bardzo infrastruktura technologiczna jest narażona na wpływ czynników środowiskowych. Mierzy się ją wskaźnikiem **Techniczne opinie środowiskowe**, który przyjmuje wartości Tak/Nie. Wartość „Tak” oznacza, że dla danej lokalizacji uzyskano techniczne opinie środowiskowe, które oceniają wpływ inwestycji na środowisko oraz sprawdzają zgodność warunków środowiskowych z wymaganiami dla konkretnego typu infrastruktury. Wartość „Nie” wskazuje, że brak jest takich opinii, co może sugerować większą wrażliwość na czynniki środowiskowe lub brak formalnej oceny wpływu inwestycji na środowisko.

ROZWÓJ RYNKU PRACY

Opis zmiennej

Rozwój rynku pracy to zmienna mierząca dynamikę i skalę zatrudnienia w danym sektorze, wykorzystująca wskaźnik zatrudnienia wg MKiŚ.

- **Wskaźnik zatrudnienia wg MKiŚ** – odsetek ludności w wieku produkcyjnym pracującej zawodowo, zgodnie z danymi Ministerstwa Klimatu i Środowiska (MKiŚ). Wartość wskaźnika dostarcza informacji o skali zatrudnienia w wybranym sektorze i jego wpływie na rozwój rynku pracy. Wysoka liczba zatrudnionych wskazuje na rozwijający się sektor, który generuje nowe miejsca pracy i przyczynia się do wzrostu gospodarczego. Niska liczba zatrudnionych może sygnalizować stagnację lub spadek aktywności w danym sektorze.

Analiza tego wskaźnika pozwala na monitorowanie trendów w zatrudnieniu oraz na ocenę potencjalnego wpływu rozwoju sektora na rynek pracy i gospodarkę regionalną lub krajową.

ROZWÓJ KRAJOWEGO SEKTORA USŁUG

Opis zmiennej

Rozwój krajowego sektora usług to zmienna oceniająca strukturę rynku usługowego w kraju, mierzoną wskaźnikiem:

- **Stosunek liczby podmiotów usługowych krajowych do zagranicznych**
 - wskaźnik ten klasyfikuje stosunek liczby firm usługowych krajowych do zagranicznych na podstawie procentowego udziału, przyjmując następujące kategorie:
 - Dominacja zagranicznych podmiotów (do 30% krajowych firm) – w przypadku, gdy krajowe podmioty stanowią mniej niż 30% całkowitej liczby firm usługowych w danym sektorze. Taki stan wskazuje na znaczną przewagę zagranicznych inwestycji, co może oznaczać niski rozwój krajowego sektora usług.
 - Równowaga (30–70% firm krajowych) – gdy liczba krajowych firm usługowych mieści się w przedziale od 30% do 70% całkowitej liczby podmiotów. Oznacza to umiarkowany poziom konkurencji i równowagi między krajowymi a zagranicznymi firmami, sugerując, że krajowy sektor usług jest w umiarkowanej fazie rozwoju.
 - Dominacja podmiotów krajowych (powyżej 70% firm krajowych) – gdy krajowe firmy usługowe stanowią ponad 70% całkowitej liczby firm w sektorze. Wskazuje na silny rozwój i dominację krajowego sektora usług, z wysokim stopniem niezależności od zagranicznych podmiotów.

Analiza tego wskaźnika pozwala na ocenę stopnia autonomii i konkurencyjności krajowego sektora usług, a także na zrozumienie wpływu zagranicznych inwestycji na rynek usługowy w danym kraju.

ŹRÓDŁA FINANSOWANIA

Źródło finansowania to zmienna oceniająca różnorodność i skalę źródeł finansowania inwestycji w danym sektorze lub projekcie. Składa się z trzech wskaźników, które mierzą różne aspekty finansowania:

- **Wysokość bezpośrednich inwestycji zagranicznych (FDI)** – ten wskaźnik mierzy wartość finansowania pochodzącego z zagranicy, inwestowanego bezpośrednio w krajowy sektor lub projekt. Przedstawiana jest w wartościach pieniężnych, co pozwala ocenić, jak dużą rolę w finansowaniu odgrywają inwestycje zewnętrzne.
- **Wysokość inwestycji z Funduszy UE** – wskaźnik ten określa wartość inwestycji pozyskiwanych z funduszy unijnych, wspierających rozwój projektów i infrastruktury w kraju. Mierzy się ją w wartościach pieniężnych, co pozwala na określenie, jak duży wpływ mają środki unijne na finansowanie inwestycji.
- **Wysokość inwestycji z budżetu państwa** – wskaźnik ten przedstawia wartość inwestycji finansowanych bezpośrednio z budżetu państwa. Jest również wyrażany w wartościach pieniężnych i pozwala ocenić wkład finansowy rządu w dany sektor lub projekt.

Analiza tych wskaźników dostarcza pełnego obrazu różnych źródeł finansowania, umożliwiając ocenę ich wpływu na rozwój sektora lub projektu. Wysoka wartość każdej z tych kategorii wskazuje na istotny udział danego źródła w finansowaniu, co może wpływać na strategię inwestycyjną i rozwój sektora.

PRZEDSIĘBIORSTWA

Opis zmiennej

Przedsiębiorstwa to zmienna oceniająca aktywność i efektywność podmiotów gospodarczych w danej branży, składająca się z trzech wskaźników:

- **Liczba podmiotów** – wskaźnik ten określa liczbę wszystkich podmiotów działających w danej branży, które są zaangażowane w wytwarzanie i utrzymanie infrastruktury technicznej. Liczba podmiotów pozwala na ocenę gęstości i skali działalności w branży. Wartość ta jest używana do porównań z innymi branżami, aby określić, jak liczba firm wpływa na ogólną strukturę rynku i dynamikę sektora.

- **Poziom średni zatrudnienia w podmiocie** –wskaźnik ten mierzy średnią liczbę pracowników zatrudnionych w podmiotach danej branży. Obliczany jest jako liczba pracowników w danej branży podzielona przez liczbę podmiotów, co pozwala na ocenę intensywności zatrudnienia. Wysoki poziom średniego zatrudnienia może wskazywać na większą skalę operacyjną lub wyższe wymagania dotyczące pracy w danej branży. Porównanie tego wskaźnika z innymi branżami pomaga ocenić efektywność i potrzeby kadrowe sektora.
- **Całkowita produkcja brutto** –wskaźnik ten mierzy całkowitą wartość produkcji brutto generowanej przez podmioty w danej branży, wyrażoną w wartościach pieniężnych. Całkowita produkcja brutto odzwierciedla rozmiar i znaczenie branży w gospodarce, a jej analiza pozwala na ocenę jej wydajności i wpływu na rynek.

Wszystkie te wskaźniki są częścią zmodyfikowanego wskaźnika Produkcja agregowana (PA), który uwzględnia całkowitą produkcję, liczbę podmiotów oraz poziom średniego zatrudnienia. Modyfikowany PA = Całkowita produkcja / Liczba podmiotów / Poziom średni zatrudnienia to wskaźnik wydajności pracy na osobę zatrudnioną w danym sektorze.

Ta zmienna pozwala na wszechstronną analizę aktywności przedsiębiorstw w danej branży i umożliwia porównanie z innymi sektorami, co jest istotne dla oceny efektywności, konkurencyjności i wpływu branży na gospodarkę.

Modyfikowany PA = Całkowita produkcja / Liczba podmiotów / Poziom średni zatrudnienia

3.2.4. ROZWÓJ

Analiza obszaru rozwoju, obejmującego kategorie **B+R, rynek, synergiczność technologii, współpracę krajową, współpracę międzynarodową**. Analiza obszaru rozwoju jest niezbędna do oceny suwerenności technologicznej państwa. Suwerenność technologiczna odnosi się do zdolności państwa do autonomicznego rozwijania, wdrażania i kontrolowania technologii. W obszarze rozwoju, potencjał badawczo-rozwojowy, dynamika rynku, współprace krajowe i międzynarodowe oraz integracja technologii są istotnymi czynnikami, które wpływają na poziom tej niezależności.

Suma wskaźników w obszarze rozwoju, takich jak B+R, rynek, synergiczność technologii, współpraca krajowa, międzynarodowa i regionalna, tworzy kompleksowy obraz zdolności państwa do rozwoju i wdrażania technologii.

Rozwinięta infrastruktura B+R i dynamiczny rynek wspierają innowacyjność, podczas gdy współprace krajowe i międzynarodowe wzmacniają dostęp do globalnych zasobów i wiedzy. Synergiczność technologii oraz regionalne partnerstwa ułatwiają integrację nowoczesnych rozwiązań. Razem te elementy budują solidny fundament dla suwerenności technologicznej, pozwalając państwu na niezależny rozwój i kontrolowanie obszarów technologicznych.

W kategorii badań i rozwoju, wskaźniki takie jak wysokość dofinansowania i liczba projektów B+R są wyznacznikami do oceny zaangażowania i wsparcia finansowego w tym zakresie. Wysoka liczba projektów oraz znaczące finansowanie wskazują na intensywną działalność badawczo-rozwojową, która jest niezbędna do rozwoju innowacyjnych technologii i zwiększenia suwerenności technologicznej. Dofinansowanie umożliwia rozwój zaawansowanych technologii i infrastruktury, który sprzyja niezależności technologicznej państwa poprzez wzrost zdolności do tworzenia i wdrażania innowacji.

Wartość rynku, mierzona zmianą jego wartości, jest wskaźnikiem oceny atrakcyjności oraz potencjału rozwoju danego obszaru technologicznego. Rosnąca wartość rynku może wskazywać na rosnące zainteresowanie oraz popyt na technologie, co przyciąga inwestycje i wspiera rozwój lokalnych firm. Stabilny i rosnący rynek sprzyja rozwojowi krajowej technologii, co zapewnia niezależność technologiczną i zmniejsza zależności od rozwiązań zagranicznych.

Wskaźnik Synergy Index – ASI, mierzący odsetek przedsiębiorstw wdrażających sztuczną inteligencję, wskazuje na poziom integracji nowoczesnych technologii w danym sektorze. Wysoki wskaźnik sugeruje zaawansowany poziom innowacyjności i konkurencyjności, co wspiera rozwój technologiczny i zwiększa suwerenność poprzez wewnętrzne wzmocnienie zdolności adaptacyjnych i innowacyjnych.

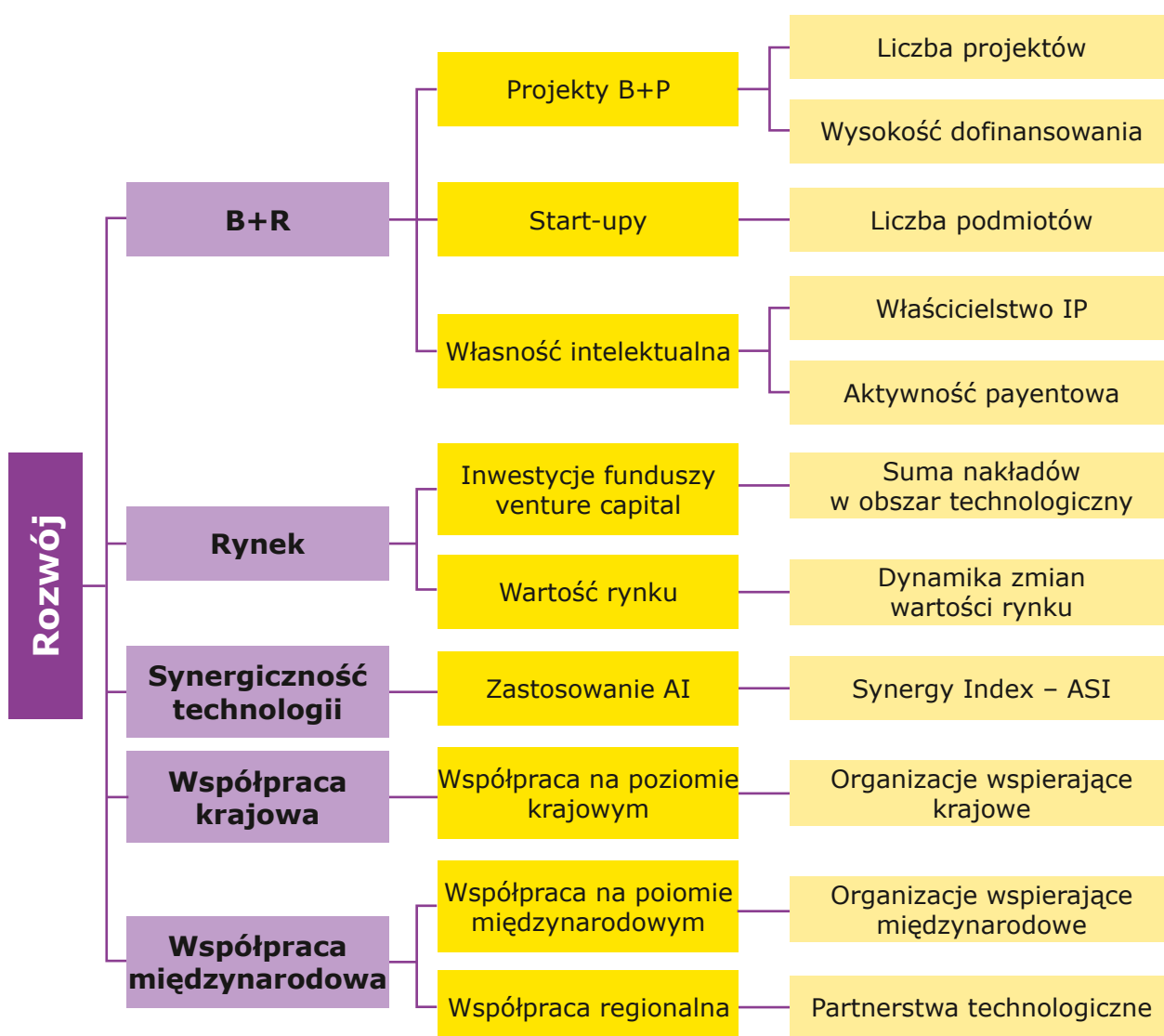
Liczba krajowych organizacji wspierających rozwój technologii jest wskaźnikiem zaangażowania i wsparcia na poziomie krajowym. Aktywne krajowe organizacje przyczyniają się do rozwoju technologii poprzez koordynację działań, wymianę wiedzy i zasobów, co wzmacnia krajowy ekosystem innowacji i wspiera suwerenność technologiczną przez lokalne wsparcie i rozwój.

Współpraca międzynarodowa, mierzona liczbą międzynarodowych organizacji zaangażowanych w dany obszar technologiczny, jest istotna dla transferu know-how i technologii. Międzynarodowe partnerstwa przyczyniają się do wzbogacenia krajowego ekosystemu technologicznego, umożliwiając dostęp do najnowszych

rozwiązań i praktyk. Silna współpraca międzynarodowa wspiera rozwój technologii i zwiększa suwerenność przez integrację z globalnym rynkiem.

Partnerstwa technologiczne w ramach regionalnych grup współpracy są istotne dla oceny aktywności regionalnej w rozwoju technologii. Współprace te sprzyjają integracji technologicznej i wspólnym projektom, co może pozytywnie wpływać na innowacyjność i rozwój technologii w danym regionie. Regionalne partnerstwa przyczyniają się do budowy silniejszych łańcuchów wartości i wspierają suwerenność poprzez regionalną współpracę i integrację.

Schemat 11. Zmienne i wskaźniki dla obszaru **Rozwój**



Źródło: Opracowanie własne.

PROJEKTY B+R

Opis zmiennej

Projekty B+R to zmienna, która umożliwia ocenę zaangażowania oraz wsparcia finansowego w obszarze badań i rozwoju (B+R). Zmienna ta jest mierzona za pomocą dwóch wskaźników:

- **Wysokość dofinansowania** – wskaźnik ten mierzy średnią wartość finansowania przypadającą na projekty badawczo-rozwojowe w danym programie lub konkursie. Wartość wskaźnika pozwala na ocenę skali finansowego wsparcia, które jest dostępne dla projektów B+R. Mierzone jest to na podstawie dostępnych danych projektów i list rankingowych, a wartości mogą być podawane w złotych polskich (PLN) lub euro (EUR).
- **Liczba projektów** – wskaźnik ten określa łączną liczbę projektów badawczo-rozwojowych, które są realizowane lub planowane w analizowanym okresie. Wartość tego wskaźnika pozwala na ocenę intensywności aktywności w zakresie B+R, wskazując na liczbę projektów realizowanych lub w fazie planowania.

Oba wskaźniki wspólnie umożliwiają kompleksową ocenę zarówno finansowego wsparcia, jak i aktywności w obszarze badań i rozwoju, oferując pełniejszy obraz dynamiki i skali działań B+R w analizowanym okresie.

START-UPY

Opis zmiennej

Start-upy to zmienna, która umożliwia ocenę obecności i znaczenia start-upów w analizowanym obszarze technologicznym w kontekście całego kraju. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Liczba podmiotów (% udziału z ogółu)** – wskaźnik ten mierzy procentowy udział start-upów związanych z określoną technologią lub obszarem technologicznym w stosunku do wszystkich istniejących start-upów w kraju. Wartość tego wskaźnika odzwierciedla, jaki procent całkowitej liczby start-upów w kraju zajmuje się analizowaną technologią lub obszarem technologicznym.

Wskaźnik ten pozwala na ocenę koncentracji start-upów w określonym obszarze technologicznym, co może wskazywać na poziom innowacyjności oraz zainteresowanie danym sektorem w kraju. Procentowy udział start-upów związanych z analizowaną technologią w stosunku do ogółu start-upów w kraju dostarcza informacji o znaczeniu i potencjale tego obszaru na rynku start-upów.

WŁASNOŚĆ INTELEKTUALNA

Opis zmiennej

Własność intelektualna to zmienna, która umożliwia ocenę stopnia zaawansowania i niezależności technologicznej w danym obszarze, poprzez analizę patentów i aktywności wynalazczej. Zmienna ta jest mierzona za pomocą dwóch wskaźników:

- **Właścicielstwo IP (%)** – wskaźnik ten mierzy procentowy udział patentów przyznanych polskim podmiotom lub wynalazcom w stosunku do wszystkich patentów w analizowanym obszarze technologicznym. Wartość tego wskaźnika ilustruje, jaki procent całkowitej liczby patentów w danym obszarze stanowią patenty posiadane przez krajowe podmioty. Zmniejszony procent może wskazywać na wyższy stopień zależności od zagranicznych technologii, ale należy zauważyć, że niski poziom opatentowanych rozwiązań na poziomie krajowym niekoniecznie odzwierciedla sytuację w innych obszarach niż Polska, ponieważ patenty są przyznawane w obszarze działalności, a nie wyłącznie w kraju pochodzenia firmy.
- **Aktywność patentowa (H-M-L)** – wskaźnik ten ocenia poziom aktywności wynalazczej w danym obszarze technologicznym na podstawie danych z baz patentowych. Oblicza się go na podstawie autorskiego wskaźnika, który uwzględnia *iloraz zgłoszeń patentowych w danym obszarze z grupy tzw. Wschodzących innowatorów (według Europejskiego Rankingu Innowacyjności) do wszystkich zgłoszeń z tej grupy*. Wynik oceniany jest na skali H-M-L (wysoka, średnia, niska) i pozwala na określenie poziomu innowacyjności oraz aktywności wynalazczej w analizowanym obszarze.

Wskaźnik **Właścicielstwo IP** umożliwia ocenę, na ile krajowe podmioty są aktywne w patentowaniu rozwiązań technologicznych w danym obszarze. Wysoki procent oznacza większą niezależność i aktywność krajowych wynalazców. Wskaźnik **Aktywność patentowa** pozwala na ocenę intensywności działań wynalazczych i innowacyjnych w danym obszarze, identyfikując stopień zaangażowania w innowacje zarówno na poziomie krajowym, jak i wśród *Wschodzących innowatorów*. Oba wskaźniki wspólnie pozwalają na kompleksową ocenę stanu i dynamiki własności intelektualnej w analizowanym obszarze technologicznym.

INWESTYCJE FUNDUSZY VENTURE CAPITAL

Opis zmiennej

Inwestycje funduszy venture capital to zmienna, która umożliwia ocenę dynamiki oraz skali inwestycji kierowanych do obszaru technologicznego przez fundusze venture capital. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Suma nakładów w obszar technologiczny** – mierzy procentową zmianę lub wartość absolutną nakładów inwestycyjnych funduszy venture capital w danym obszarze technologicznym w stosunku do wartości z poprzedniego roku. Zmiana rok do roku – procentowa różnica między nakładami inwestycyjnymi w analizowanym obszarze technologicznym w danym roku i w roku poprzednim. Wartość dodatnia wskazuje na wzrost inwestycji, co może sugerować rosnące zainteresowanie i potencjał obszaru technologicznego. Wartość ujemna oznacza spadek inwestycji, co może sugerować zmniejszone zainteresowanie lub problemy w danym obszarze.

Analizując wskaźnik *Suma nakładów w obszar technologiczny*, można lepiej zrozumieć, jak fundusze venture capital reagują na zmiany w rynku technologicznym oraz jak zmienia się poziom inwestycji w określone technologie. To narzędzie jest istotne dla oceny potencjału wzrostu i przyciągania dalszych inwestycji w danym obszarze.

WARTOŚĆ RYNKU

Opis zmiennej

Wartość rynku to zmienna, która umożliwia ocenę dynamiki zmian wartości rynkowej w określonym obszarze technologicznym. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Dynamika zmian wartości rynku (%)** – wskaźnik ten mierzy procentową różnicę w wartości rynku w danym obszarze technologicznym w stosunku do wartości z poprzedniego roku. Wskaźnik oblicza procentową różnicę pomiędzy wartością rynku w analizowanym roku a wartością rynku w roku poprzednim. Wartość dodatnia oznacza wzrost wartości rynku, co sugeruje pozytywne zmiany, takie jak rosnące zainteresowanie technologią, wzrost popytu lub ekspansję rynkową. Wartość ujemna wskazuje na spadek wartości rynku, co może sugerować zmniejszone zainteresowanie, malejący popyt lub trudności w rozwoju rynku.

Średnia prognoz – w przypadku dostępnych kilku prognoz dotyczących wartości rynku, wskaźnik będzie obliczany jako średnia procentowa zmiana z tych prognoz. Pozwala to na uzyskanie bardziej zrównoważonego obrazu dynamiki rynku, eliminując skrajne wartości, które mogłyby wpłynąć na ogólną ocenę.

Analizując wskaźnik *Dynamika zmian wartości rynku (%)*, można monitorować trendy w wartości rynku w określonym obszarze technologicznym. Wskaźnik ten dostarcza istotnych informacji o ogólnych kierunkach zmian w rynku, co jest niezbędne do oceny potencjału wzrostu, identyfikacji okazji inwestycyjnych i planowania strategicznego.

ZASTOSOWANIE I WYKORZYSTANIE AI

Opis zmiennej

Zastosowanie i wykorzystanie AI to zmienna, która pozwala na ocenę stopnia wdrożenia rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji (AI) w danym sektorze gospodarki. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Synergy Index – ASI (%)** – wskaźnik ten mierzy odsetek przedsiębiorstw, które wdrożyły rozwiązania z zakresu sztucznej inteligencji w odniesieniu do ogółu przedsiębiorstw w danym sektorze. Odsetek przedsiębiorstw – wyraża procent przedsiębiorstw, które zintegrowały technologie AI w swoich operacjach, w stosunku do całkowitej liczby przedsiębiorstw w analizowanym sektorze.

Analizując wskaźnik „Synergy Index – ASI (%)”, można ocenić, jak powszechne jest wdrażanie rozwiązań AI w danym sektorze. Wysoki wskaźnik może wskazywać na zaawansowany poziom innowacji i konkurencyjności w danym obszarze, podczas gdy niski wskaźnik może sugerować możliwość rozwoju i adaptacji technologii AI w tym sektorze. Wskaźnik ten jest użyteczny do oceny poziomu cyfryzacji oraz potencjalnych obszarów do rozwoju technologii w sektorze gospodarki.

WSPÓŁPRACA NA POZIOMIE KRAJOWYM

Opis zmiennej

Współpraca na poziomie krajowym to zmienna, która ocenia liczbę krajowych organizacji wspierających rozwój technologii lub działających w danym sektorze. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Liczba wspierających organizacji krajowych** – wskaźnik ten określa liczbę krajowych organizacji, które są zaangażowane w technologię lub sektor,

do którego technologia należy. Wskaźnik mierzy liczbę organizacji krajowych, które są związane z daną technologią lub sektorem, w którym technologia jest stosowana. Z uwagi na aktualność, do zestawienia wliczane są tylko te organizacje, które wykazały aktywność w ciągu ostatnich 12 miesięcy na swoich stronach internetowych lub w mediach społecznościowych.

Analiza wskaźnika „Liczba wspierających organizacji krajowych” pozwala ocenić stopień zaangażowania i wsparcia dla danej technologii na poziomie krajowym, co może wskazywać na potencjał rozwoju i współpracy w danym sektorze w kraju.

WSPÓŁPRACA NA POZIOMIE MIĘDZYNARODOWYM

Opis zmiennej

Współpraca na poziomie międzynarodowym to zmienna, która ocenia liczbę międzynarodowych organizacji wspierających rozwój technologii lub działających w danym obszarze technologicznym. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Liczba wspierających organizacji międzynarodowych** – wskaźnik ten określa liczbę międzynarodowych organizacji, które są zaangażowane w technologię lub sektor, do którego technologia należy. Wskaźnik mierzy liczbę organizacji międzynarodowych oraz opcjonalnie, liczbę uczestników, które wspierają lub są zaangażowane w dany obszar technologiczny. Do zestawienia wliczane są tylko te organizacje, które wykazały aktywność w ciągu ostatnich 12 miesięcy na swoich stronach internetowych lub w mediach społecznościowych.

Analiza wskaźnika „Liczba wspierających organizacji międzynarodowych” pozwala ocenić poziom wsparcia i współpracy międzynarodowej w danym obszarze technologicznym, co może wskazywać na międzynarodowy potencjał rozwoju i zaangażowanie w danym sektorze na poziomie globalnym.

WSPÓŁPRACA REGIONALNA

Opis zmiennej

Współpraca regionalna to zmienna, która ocenia poziom partnerstw technologicznych w obrębie regionalnych grup współpracy, które obejmują dany obszar technologiczny. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Partnerstwa technologiczne** – wskaźnik ten określa liczbę aktywnych partnerstw technologicznych skupionych na konkretnym obszarze technologicznym, które zostały ustanowione pomiędzy Polską a krajami należącymi do regionalnych grup współpracy.

Wskaźnik uwzględnia liczbę współprac, partnerstw technologicznych, które są aktualne i skoncentrowane na danym obszarze technologicznym. Analiza uwzględnia tylko partnerstwa z ostatnich 12 miesięcy, aby zapewnić aktualność i precyzyjność danych.

Analiza wskaźnika „Partnerstwa technologiczne” pozwala ocenić stopień aktywności i efektywności współpracy regionalnej w zakresie technologii, co może wskazywać na potencjał rozwoju innowacji oraz integracji technologicznej w ramach wybranych grup regionalnych.

3.2.5. PRODUKCJA

Obszar **Produkcja** obejmuje **kategorie: materiały i surowce**, gdzie weryfikowane są m.in. **łańcuchy dostaw; rynek**, w której analizowane są **bilans handlowy, perspektywa opłacalności** oraz **potencjał eksportowy technologii; synergiczność produkcji** bada **wykorzystanie produkcji danej technologii w KET** oraz **wykorzystanie technologii KET w produkcji**. Suwerenność technologiczna odnosi się do zdolności państwa do rozwijania, wdrażania i utrzymywania technologii, które mają strategiczne znaczenie dla jego rozwoju gospodarczego i bezpieczeństwa. Produkcja jest jednym z podstawowych obszarów, w którym ta suwerenność jest manifestowana i monitorowana. Umożliwia ona wytwarzanie produktów, które są nie tylko istotne z punktu widzenia gospodarki, ale również mogą wpływać na bezpieczeństwo narodowe oraz pozycję na rynku międzynarodowym. Analiza obszaru produkcji w kontekście suwerenności technologicznej obejmuje trzy kategorie: materiały i surowce, rynek oraz synergiczność produkcji.

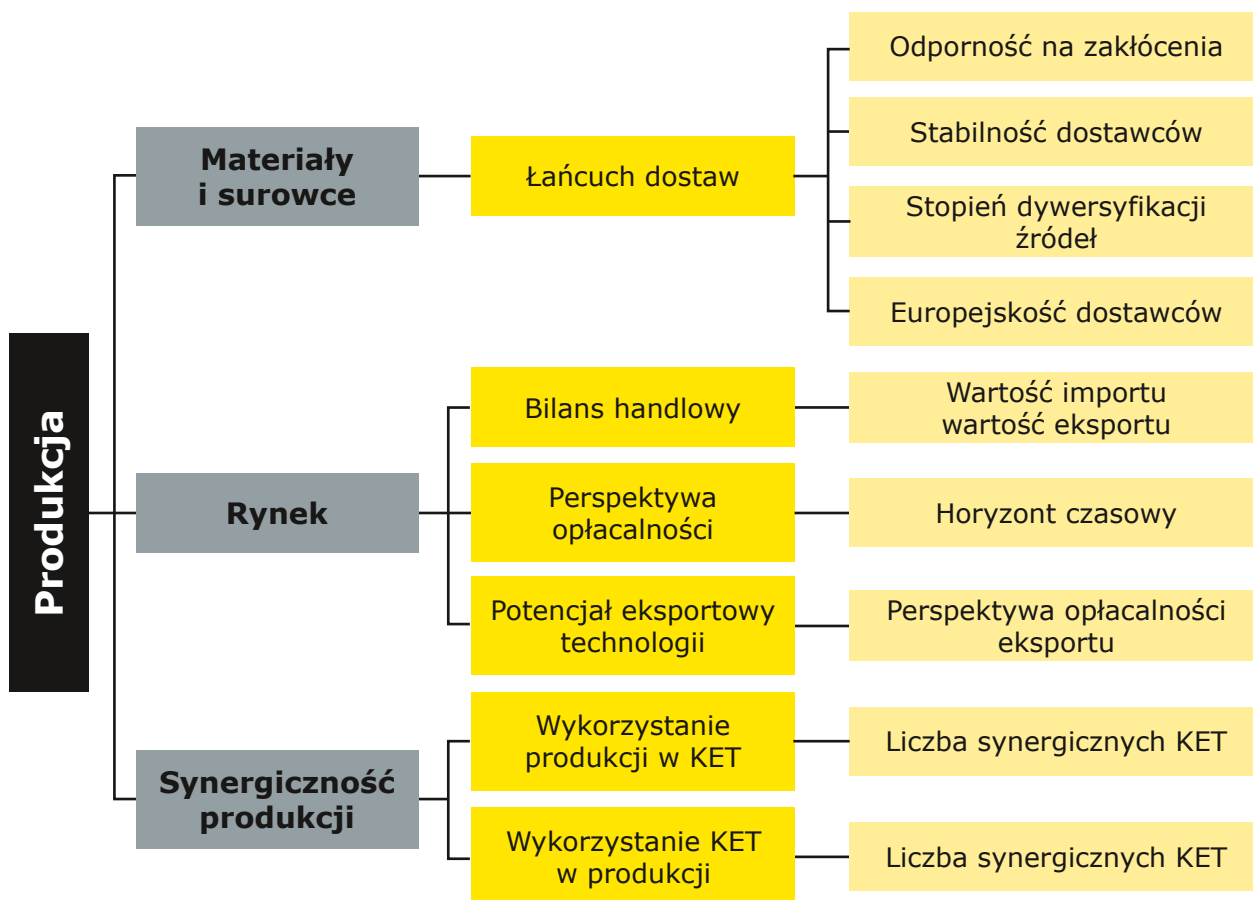
Analiza materiałów i surowców, rynku oraz synergiczności produkcji dostarcza informacji na temat zdolności państwa do zarządzania technologią oraz integracji nowoczesnych technologii w produkcji. Ocena łańcucha dostaw, bilansu handlowego oraz synergii technologicznych umożliwia określenie, jak dobrze kraj radzi sobie z utrzymywaniem niezależności technologicznej i zarządzaniem ryzykami związanymi z dostawami oraz integracją technologii. Podejście to wspiera

zrozumienie i monitorowanie suwerenności technologicznej oraz planowanie rozwoju technologii i stabilności gospodarczej.

W kategorii materiałów i surowców, istotnym elementem jest łańcuch dostaw. Analiza łańcucha dostaw koncentruje się na kilku aspektach, w tym odporności na zakłócenia. Ta odporność jest oceniana przez długość i bezpieczeństwo głównych tras transportowych, dostępność infrastruktury, potencjał przewoźników oraz możliwości magazynowania zapasów. Stabilność dostawców ocenia się pod kątem politycznej i ekonomicznej kondycji kraju pochodzenia surowców oraz relacji międzypaństwowych. Stopień dywersyfikacji źródeł odnosi się do liczby dostępnych dostawców surowców, co może wpływać na poziom ryzyka związanego z uzależnieniem od pojedynczych źródeł. Europeizacja dostawców dotyczy preferencji dla dostawców z krajów zintegrowanych z Polską w ramach unii politycznych i gospodarczych, co może wpłynąć na zmniejszenie ryzyka związanego z międzynarodową wymianą handlową oraz politycznymi napięciami.

W zakresie rynku, bilans handlowy analizuje różnicę między wartością eksportu a wartością importu. Dodatni bilans handlowy może wskazywać na przewagę eksportu nad importem, co może mieć wpływ na stabilność gospodarczą. Perspektywa opłacalności ocenia potencjał technologii do generowania zysków w przyszłości, co jest ważne dla długoterminowego rozwoju technologii. Potencjał eksportowy technologii bada zdolność technologii do zdobywania rynków zagranicznych, co wpływa na rozwój technologii w kraju.

W zakresie synergiczności produkcji, analiza dotyczy wykorzystania technologii w KET (Kluczowych Technologiach Wspierających). Ocena liczby synergii między technologiami produkcyjnymi a KET dostarcza informacji o poziomie integracji nowoczesnych technologii w procesach produkcyjnych. Wykorzystanie KET w produkcji odnosi się do stopnia, w jakim technologie wspierające są używane w procesach produkcyjnych, co może mieć wpływ na adaptacyjność technologii oraz jej korzyści.

Schemat 12. Zmienne i wskaźniki dla obszaru **Produkcja**

Źródło: Opracowanie własne.

WYKORZYSTANIE PRODUKCJI W KET

Opis zmiennej

Wykorzystanie produkcji w KET to zmienna, która ocenia, w jakim stopniu technologia produkcyjna jest zdolna do generowania synergii z kluczowymi technologiami wspomagającymi (KET – *Key Enabling Technologies*). Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika: *Liczba synergicznych KET* (Skala 0–3), który ocenia liczbę kluczowych technologii wspomagających, z którymi technologia wykazuje synergie w procesie produkcji. Skala oceniana jest w trzech kategoriach:

- Niskie (0) – technologia nie wykazuje żadnych synergii z kluczowymi technologiami wspomagającymi. Nie generuje substratów ani półproduktów, które można by wykorzystać w innych KET, ani nie wpływa na inne technologie w zbiorze KET.
- Średnie (1-2) – technologia wykazuje umiarkowaną liczbę synergii z kluczowymi technologiami wspomagającymi. Może wytwarzać 1–2 typy substratów

lub półproduktów, które mogą być zastosowane w innych KET, lecz nie ma szerokiego wpływu.

- Wysokie (3 i więcej) – technologia wykazuje wysoką liczbę synergii z kluczowymi technologiami wspomagającymi. Generuje 3 lub więcej typów substratów lub półproduktów, które są wykorzystywane w innych technologiach KET, wskazując na dużą adaptacyjność i wpływ w szerszym zakresie.

Ten wskaźnik pozwala na ocenę, jak efektywnie technologia produkcyjna wspiera inne kluczowe technologie wspomagające poprzez generowanie użytecznych substratów lub półproduktów, co ma wpływ na rozwój i synergiczne działanie w szerszym kontekście technologicznym.

WYKORZYSTANIE KET W PRODUKCJI

Opis zmiennej

Wykorzystanie KET w produkcji to zmienna, która ocenia, w jakim stopniu technologie kluczowe (KET – *Key Enabling Technologies*) są wykorzystywane w procesach produkcyjnych danej technologii. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Liczba synergicznych KET (Skala 0-3)** – ocenia liczbę kluczowych technologii wspomagających, z którymi dana technologia wykazuje synergie w procesie produkcyjnym. Ocena jest przeprowadzana w trzech kategoriach: niskie (0) – technologia nie korzysta z synergii z żadnymi kluczowymi technologiami wspomagającymi. Brak jest substratów lub półproduktów KET w procesie produkcyjnym, co wskazuje na minimalny wpływ i integrację z innymi technologiami wspomagającymi; średnie (1-2) – technologia wykazuje umiarkowaną liczbę synergii z kluczowymi technologiami wspomagającymi. Może korzystać z 1-2 typów substratów lub półproduktów pochodzących z KET, co sugeruje umiarkowany stopień integracji i wsparcia; wysokie (3 i więcej) – technologia wykazuje wysoką liczbę synergii z trzema lub więcej kluczowymi technologiami wspomagającymi. Korzysta z różnych substratów lub półproduktów KET, co wskazuje na silną integrację i znaczące wsparcie ze strony innych technologii.

Ten wskaźnik pozwala na ocenę, w jakim stopniu technologia jest zintegrowana z kluczowymi technologiami wspomagającymi poprzez wykorzystywanie ich substratów lub półproduktów w produkcji, co może wpłynąć na innowacyjność i efektywność procesów produkcyjnych.

ŁAŃCUCH DOSTAW

Opis zmiennej

Łańcuch dostaw to zmienna, która umożliwia kompleksową ocenę bezpieczeństwa i stabilności dostaw materiałów i surowców niezbędnych dla produkcji. Zmienna ta jest mierzona za pomocą czterech wskaźników:

- **Odporność na zakłócenia (H/M/L)** – wskaźnik ten ocenia, jak dobrze łańcuch dostaw jest zabezpieczony przed zakłóceniami, które mogą wynikać z długości i trasy szlaków transportowych, bezpieczeństwa środowiskowego, potencjału przewoźników, dostępności infrastruktury transportowej oraz magazynów buforowych. Wartości H (wysoka), M (średnia), i L (niska) określają poziom odporności na potencjalne zakłócenia.
- **Stabilność dostawców (H/M/L)** – wskaźnik ten mierzy stabilność dostawców, biorąc pod uwagę kraj pochodzenia, potencjał produkcyjny surowca, ogólną kondycję gospodarczą kraju dostawcy, oraz stabilność umów międzypaństwowych. Stabilność oceniana jest na poziomach H (wysoka), M (średnia), i L (niska).
- **Stopień dywersyfikacji źródeł (liczba)** – wskaźnik ten określa liczbę dostępnych, ekonomicznie uzasadnionych źródeł materiałów i surowców. Klasyfikacja opiera się na trzech poziomach: mała dywersyfikacja (mniej niż 3 dostawców), średnia (3–4 dostawców), i wysoka (więcej niż 4 dostawców).
- **Europejskość dostawców (Tak/Nie)** – wskaźnik ten ocenia, czy dostawcy pochodzą z krajów zintegrowanych z Polską w ramach unii politycznych i gospodarczych, takich jak Unia Europejska czy Trójmorze. Wartość „Tak” oznacza, że dostawcy pochodzą z tych regionów, a wartość „Nie” wskazuje na dostawców spoza tych obszarów.

Te cztery wskaźniki łącznie umożliwiają kompleksową ocenę efektywności i bezpieczeństwa łańcucha dostaw, analizując zarówno jego odporność na zakłócenia, stabilność dostawców, stopień dywersyfikacji źródeł, jak i geopolityczne pochodzenie dostawców. Ze względu na wzajemne powiązania między tymi aspektami, wszystkie wskaźniki powinny być oceniane jednocześnie w ramach macierzy eksperckiej.

BILANS HANDLOWY

Opis zmiennej

Bilans handlowy to zmienna, która umożliwia ocenę różnicy między wartością importu a wartością eksportu dla określonego kraju, sektora lub grupy towarów w danym okresie. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

Wartość importu – wartość eksportu (+/-) – wskaźnik ten oblicza różnicę między łączną wartością towarów i usług importowanych a eksportowanych. Wartość dodatnia (+) oznacza nadwyżkę handlową, czyli sytuację, w której eksport przewyższa import, co może wskazywać na konkurencyjność gospodarki lub sektora na rynkach zagranicznych. Wartość ujemna (-) oznacza deficyt handlowy, czyli sytuację, w której import przewyższa eksport, co może wskazywać na większą zależność od towarów i usług zagranicznych.

Ten wskaźnik pozwala na ocenę kondycji handlu międzynarodowego danego kraju lub sektora, wskazując na zdolność do generowania dochodów z eksportu w porównaniu do wydatków na import. Jest wskaźnikiem w analizie ekonomicznej i polityce handlowej, pomagając w identyfikacji potencjalnych zagrożeń lub przewag w wymianie międzynarodowej.

PERSPEKTYWA OPŁACALNOŚCI EKSPORTU

Opis zmiennej

Perspektywa opłacalności eksportu to zmienna, która pozwala na ocenę, czy technologia lub projekt jest postrzegany jako opłacalny w różnych ramach czasowych. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Horyzont czasowy (Tak/Nie)** – wskaźnik ten ocenia, czy istnieje jasno określony i realistyczny horyzont czasowy, w którym technologia lub projekt mogą stać się opłacalne. Ocena jest przeprowadzana w dwóch kategoriach: „Tak” – oznacza, że technologia lub projekt ma określony horyzont czasowy, w którym oczekuje się osiągnięcia opłacalności. Wskazuje to na istnienie planu, analizy kosztów i korzyści oraz prognoz, które definiują, kiedy inwestycja zacznie przynosić zyski lub zwracać się. „Nie” – oznacza brak wyraźnie określonego horyzontu czasowego dla osiągnięcia opłacalności, co sugeruje, że brak jest jednoznacznych planów lub prognoz dotyczących czasu, w którym technologia lub projekt będzie ekonomicznie rentowny.

Ten wskaźnik pozwala na ocenę, czy technologia lub projekt są odpowiednio zaplanowane pod kątem przyszłej opłacalności, co jest istotne z punktu widzenia podejmowania decyzji inwestycyjnych i zarządzania ryzykiem.

3.2.6. POLITYKA

W obszarze **Polityka** za istotne do analizy uznano następujące kategorie: **strategie rozwoju, które** obejmują zmienne takie jak **krajowa strategia rozwoju i unijne programy rozwojowe**, wpływające na rozwój technologii; **polityka publiczna, która** analizuje **lobbing** oraz **grupy robocze** zajmujące się polityką technologiczną; **polityka legislacyjna, która** bada **deficyty regulacyjne i zgodność z politykami; synergiczność technologii, która** ocenia **zgodność rozwoju danej technologii z technologiami obronnymi**. Polityka jest fundamentalnym obszarem w badaniu suwerenności technologicznej państwa, ponieważ to rząd ma decydujący wpływ na tworzenie ram prawnych, strategicznych i operacyjnych w kraju. Kształtowanie polityki na różnych poziomach decyzyjnych, od strategii rozwojowych po regulacje, determinuje, w jakim stopniu państwo może samodzielnie rozwijać i kontrolować swoje technologie.

Analiza krajowych strategii rozwoju pozwala na ocenę, jak poszczególne technologie lub sektory są uwzględniane w planach rządowych. Obecność dedykowanej strategii rozwoju świadczy o znaczeniu danego sektora dla państwa i jego priorytetach rozwojowych. Badanie to pozwala ustalić, czy sektor technologiczny jest objęty planami strategicznymi, co wpływa na jego potencjalny rozwój. Z kolei stopień uwzględnienia technologii w strategiach sektorowych wskazuje na zaangażowanie państwa w rozwój tego obszaru.

Analiza unijnych programów rozwojowych jest również istotna, ponieważ umożliwia ocenę, jak krajowa polityka technologiczna jest zintegrowana z szerszymi europejskimi ramami. Zrozumienie, w jakim stopniu technologie są uwzględniane w tych programach, pozwala na ocenę potencjalnych korzyści płynących z uczestnictwa w unijnych inicjatywach oraz ich wpływu na suwerenność technologiczną.

Badanie obecności i aktywności grup lobbingowych jest istotne dla zrozumienia, jak różne interesy wpływają na kształtowanie polityki technologicznej. Grupy lobbingowe mogą wpływać na decyzje rządowe, co może mieć zarówno pozytywne, jak i negatywne konsekwencje dla suwerenności technologicznej. Monitorowanie ich działalności umożliwia identyfikację ewentualnych zagrożeń dla niezależności technologicznej kraju.

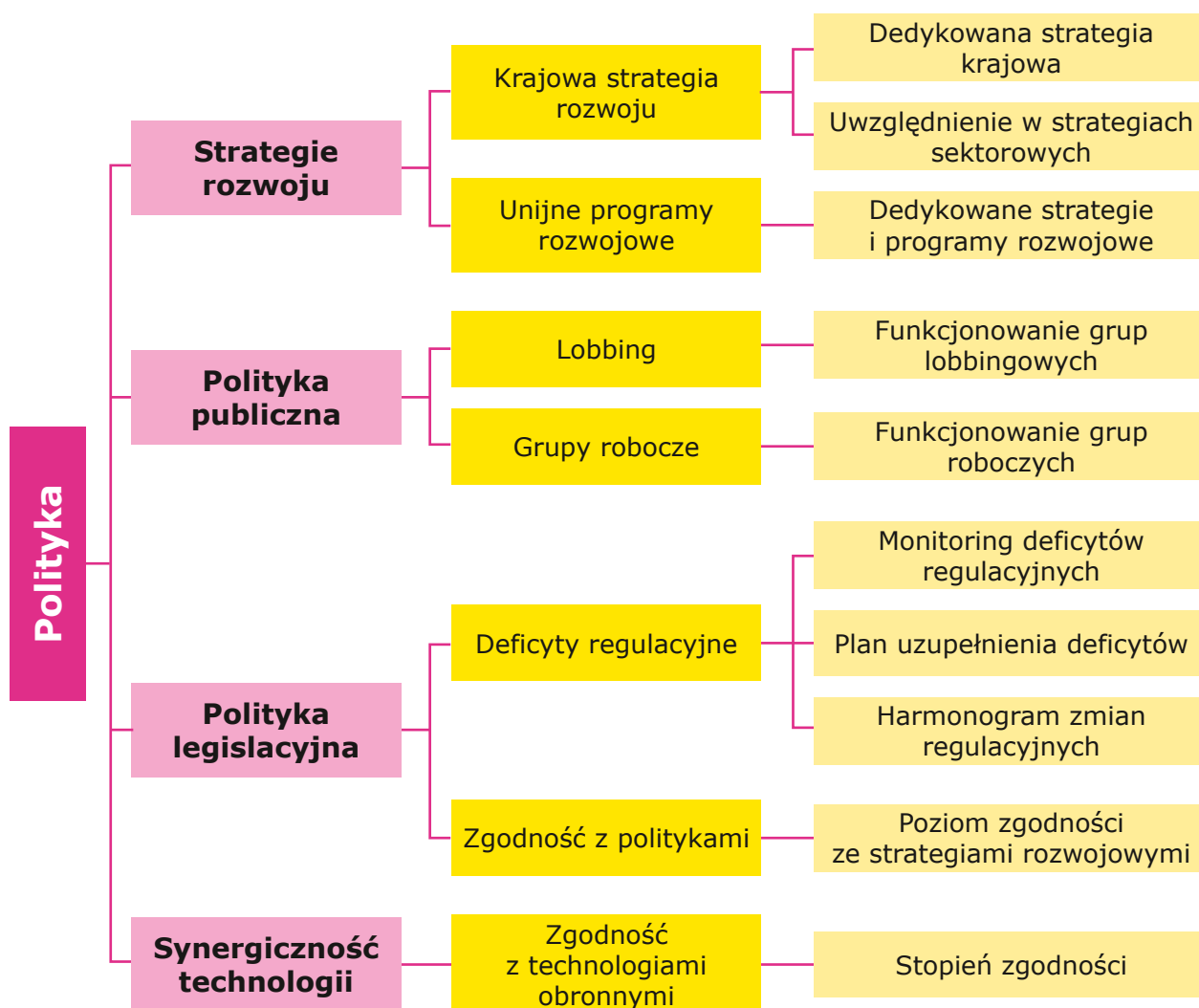
Funkcjonowanie grup roboczych przy ministerstwach dostarcza informacji na temat zaangażowania ekspertów i praktyków w procesy decyzyjne. Obecność takich grup świadczy o proaktywnym podejściu rządu do rozwoju technologii, co może wspierać suwerenność technologiczną poprzez zapewnienie, że decyzje są podejmowane w oparciu o wiedzę ekspercką.

Monitoring deficytów regulacyjnych, a także istnienie planów uzupełnienia tych deficytów i harmonogramów zmian regulacyjnych, są kluczowe dla zapewnienia, że przepisy prawne nadążają za rozwojem technologicznym. Przepisy, które nie są adekwatne do aktualnych potrzeb technologicznych, mogą stanowić barierę dla rozwoju krajowych technologii i w konsekwencji osłabiać suwerenność technologiczną.

Analiza zgodności z politykami rozwojowymi Unii Europejskiej pozwala ocenić, w jakim stopniu krajowa polityka technologiczna jest zharmonizowana z unijnymi priorytetami. Badanie to jest istotne, ponieważ umożliwia ocenę wpływu unijnych regulacji na krajową suwerenność technologiczną i pozwala zidentyfikować obszary, w których kraj może w pełni wykorzystać europejskie inicjatywy bez utraty kontroli nad własnymi technologiami.

Rządowe kampanie informacyjne stanowią ważny element oceny aktywności państwa w promowaniu i informowaniu o nowych technologiach. Analiza liczby kampanii informacyjnych zorganizowanych przez ministerstwa lub pod ich patronatem pozwala na ocenę zaangażowania rządu w popularyzację technologii oraz w edukację społeczeństwa na temat ich zastosowania.

Badanie obszaru polityka w kontekście suwerenności technologicznej państwa jest niezbędne, aby zrozumieć, w jaki sposób decyzje rządowe, strategie rozwojowe, polityka publiczna oraz regulacje prawne wpływają na zdolność państwa do samodzielnego rozwoju i kontroli technologii. Analiza tego obszaru dostarcza informacji niezbędnych do oceny, czy i w jakim stopniu kraj jest w stanie utrzymać swoją suwerenność technologiczną w dynamicznie zmieniającym się środowisku globalnym.

Schemat 13. Zmienne i wskaźniki dla obszaru **Polityka**

Źródło: Opracowanie własne.

RZĄDOWE KAMPANIE INFORMACYJNE

Opis zmiennej

Rządowe kampanie informacyjne to zmienna, która ocenia liczbę kampanii informacyjnych związanych z określoną technologią, które zostały zorganizowane przez ministerstwa lub były objęte ich patronatem. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Liczba kampanii informacyjnych** – wskaźnik ten określa liczbę kampanii informacyjnych, które zostały przeprowadzone przez ministerstwa lub pod ich patronatem w ciągu ostatnich 24 miesięcy. Kampanie te są związane z określoną technologią i mają na celu zwiększenie świadomości oraz promowanie jej

zastosowania. Wskaźnik ten mierzy liczbę kampanii oraz ich zasięg, tj. liczbę kampanii informacyjnych i ich wpływ, mierzony np. liczbą odbiorców. Zawartość kampanii, jak i ich częstotliwość, będą analizowane na podstawie informacji dostępnych na stronach internetowych ministerstw oraz w innych źródłach publicznych.

Analiza wskaźnika „Liczba kampanii informacyjnych” pozwala na ocenę poziomu rządowej aktywności w zakresie promocji i informacji o technologii, a także na określenie skuteczności i zasięgu działań informacyjnych prowadzonych przez ministerstwa.

KRAJOWA STRATEGIA ROZWOJU

Opis zmiennej

Krajowa strategia rozwoju to zmienna mierzona przez dwa wskaźniki, ocenia stopień, w jakim dany sektor lub technologia są uwzględniane i planowane w krajowych dokumentach strategicznych. Analiza tych wskaźników pozwala zrozumieć, jak ważny jest sektor w kontekście krajowej polityki rozwoju oraz jakie są plany i priorytety rządowe.

- **Dedykowana strategia krajowa** – wskaźnik ten ocenia, czy dla danego sektora lub technologii istnieje osobny dokument strategiczny. Jest prezentowana w postaci binarnej: 0 – brak dedykowanego dokumentu: oznacza, że dany sektor lub technologia nie jest objęty odrębną strategią krajową. Brak dedykowanego dokumentu sugeruje, że sektor jest traktowany marginalnie lub jest częścią szerszych, mniej szczegółowych planów. 1 – istnieje dedykowany dokument: wskazuje, że dla sektora lub technologii opracowano osobną strategię, co oznacza, że sektor ma wysoki priorytet w krajowej polityce rozwoju. Dokument taki zazwyczaj zawiera szczegółowe plany działania, cele oraz środki finansowe i wsparcie.
- **Uwzględnienie w strategiach sektorowych** – wskaźnik ten mierzy stopień uwzględnienia sektora lub technologii w dokumentach strategicznych na poziomie sektorowym. Przyjmuje wartości od 1 do 5, w zależności od szczegółowości i zakresu uwzględnienia: 1 – brak wzmianki: sektor lub technologia nie są wspomniane w dokumentach strategicznych. Oznacza to, że sektor nie jest uznawany za istotny w aktualnych planach rozwoju. 2 – wzmianka jednozdaniowa: sektor jest wymieniony w dokumentach strategicznych w formie krótkiej wzmianki. Taki poziom wskazuje na ograniczone zainteresowanie lub marginalne traktowanie tematu. 3 – dedykowany akapit:

sektor jest omawiany w osobnym akapicie w dokumentach strategicznych. Oznacza to pewne zainteresowanie i planowanie, ale bez głębszego rozwinięcia tematu. 4 – dedykowany rozdział: sektor posiada własny rozdział w dokumentach strategii sektorowej. Taki poziom uwzględnienia wskazuje na istotność sektora w planach rozwoju, z bardziej szczegółowym planowaniem i działaniami. 5 – dedykowany dokument: sektor jest przedmiotem odrębnego dokumentu strategii krajowej. Oznacza to, że sektor jest traktowany jako kluczowy element polityki rozwoju, z kompleksowym planem działań i wsparciem.

Analiza tych wskaźników dostarcza informacji na temat priorytetów rządowych i planów rozwoju dla sektora lub technologii. Istnienie dedykowanej strategii krajowej (pierwszy wskaźnik) wskazuje na wysoką rangę sektora, natomiast stopień uwzględnienia w strategiach sektorowych (drugi wskaźnik) dostarcza szczegółowych informacji o planowanych działaniach, zakresie wsparcia i strategii rozwoju. Wysoka wartość obu wskaźników sugeruje, że sektor jest traktowany jako kluczowy element polityki rozwoju, co może wpływać na przyszłe inwestycje i wsparcie.

UNIJNE PROGRAMY ROZWOJOWE

Opis zmiennej

Unijne programy rozwojowe to zmienna mierzona przez wskaźnik, który ocenia stopień, w jakim dana technologia lub sektor jest uwzględniany w programach i strategiach rozwojowych Unii Europejskiej. Analiza tego wskaźnika pozwala na zrozumienie znaczenia, jakie UE przywiązuje do danego sektora lub technologii w kontekście swoich polityk rozwojowych oraz planów inwestycyjnych.

Dedykowane strategie i programy rozwojowe – wskaźnik ten mierzy, w jakim stopniu technologia lub sektor są uwzględniane w unijnych dokumentach rozwojowych. Jest prezentowany na trzystopniowej skali: 0 – brak: technologia lub sektor nie są uwzględnione w żadnym unijnym programie rozwojowym lub strategii. Oznacza to, że nie są one uznawane za priorytetowe w politykach rozwojowych UE. 1 – wymieniony jako element procesu: technologia lub sektor są uwzględnione jako część szerszego programu lub strategii, ale nie stanowią głównego przedmiotu zainteresowania. Oznacza to, że są one traktowane jako jeden z wielu elementów, bez dedykowanego wsparcia lub planu. 2 – opisany samodzielnie: dla technologii lub sektora istnieje dedykowana strategia lub program rozwojowy w ramach unijnych inicjatyw. Wskazuje to na ich wysokie znaczenie z perspektywy UE, z jasno określonymi celami, planami działania i wsparciem.

Analiza wskaźnika dedykowane strategię i programy rozwojowe dostarcza informacji o poziomie zaangażowania UE w rozwój konkretnej technologii lub sektora. Wysoka wartość wskaźnika sugeruje, że dany sektor lub technologia są traktowane jako kluczowe elementy polityk rozwojowych UE, co może wpłynąć na dostępność unijnych środków finansowych oraz wsparcia w ramach realizowanych strategii.

LOBBING

Opis zmiennej

Lobbing to zmienna, która pozwala na ocenę obecności i aktywności grup lobbingowych w określonym kontekście politycznym lub instytucjonalnym. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Funkcjonowanie grup lobbingowych (występuje/nie występuje)** – wskaźnik ten określa, czy na danym obszarze występuje aktywność grup lobbingowych, mających wpływ na procesy decyzyjne. „Występuje” oznacza, że grupy lobbingowe są obecne i aktywnie wpływają na proces legislacyjny, co można ocenić poprzez liczbę osób i instytucji zaangażowanych w działalność lobbingową oraz liczbę publicznych wysłuchań w Sejmie. „Nie występuje” wskazuje na brak zorganizowanej działalności lobbingowej lub jej znikome znaczenie. Dane są pozyskiwane z MSWiA oraz innych źródeł.

Ten wskaźnik umożliwia ocenę ogólnej obecności i wpływu lobbingu w badanym środowisku, co pozwala na identyfikację obszarów o wysokiej lub niskiej aktywności lobbingowej.

GRUPY ROBOCZE

Opis zmiennej

Grupy robocze to zmienna, która umożliwia ocenę obecności i aktywności grup roboczych działających przy ministerstwach w konkretnych obszarach technologicznych. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Funkcjonowanie grup roboczych (0-1)** – wskaźnik ten określa, czy w analizowanym okresie (do 12 miesięcy od momentu przeprowadzania analizy) istniały i były aktywne grupy robocze zajmujące się konkretnymi technologiami. Wartość „1” oznacza, że takie grupy istnieją i prowadzą aktywną działalność, natomiast wartość „0” wskazuje na brak aktywności lub nieistnienie takich grup.

Wskaźnik ten pozwala na ocenę stopnia zaangażowania ministerstw w rozwój konkretnych technologii poprzez funkcjonowanie dedykowanych grup roboczych.

DEFICYTY REGULACYJNE

Opis zmiennej

Deficyty regulacyjne to zmienna, która pozwala na ocenę istnienia i kompletności dokumentów związanych z monitorowaniem, planowaniem oraz harmonogramowaniem działań regulacyjnych. Zmienna ta jest mierzona za pomocą trzech wskaźników:

- **Monitoring deficytów regulacyjnych (0–1)** – wskaźnik ten przedstawia istnienie dedykowanego dokumentu dotyczącego monitorowania deficytów regulacyjnych. Wartość „1” oznacza, że taki dokument istnieje, natomiast wartość „0” wskazuje na jego brak. Dane będą pozyskiwane z rządowych źródeł opisujących proces legislacyjny.
- **Plan uzupełnienia deficytów (0–1)** – wskaźnik ten mierzy, czy istnieje dedykowany dokument zawierający plan uzupełnienia deficytów regulacyjnych. Wartość „1” oznacza, że dokument ten istnieje, a wartość „0” wskazuje na jego brak. Źródłem danych będą rządowe materiały dotyczące procesu legislacyjnego.
- **Harmonogram zmian regulacyjnych (0–1)** – wskaźnik ten określa istnienie dokumentu zawierającego harmonogram wprowadzania zmian regulacyjnych. Wartość „1” oznacza, że harmonogram istnieje, natomiast wartość „0” oznacza jego brak. Dane będą pozyskiwane z rządowych źródeł opisujących proces legislacyjny.

Wskaźniki te łącznie umożliwiają kompleksową ocenę gotowości i planowania działań regulacyjnych w danym obszarze.

ZGODNOŚĆ Z POLITYKAMI

Opis zmiennej

Zgodność z politykami to zmienna, która pozwala na ocenę stopnia, w jakim konkretne technologie są uwzględniane w kluczowych strategiach rozwojowych na poziomie Unii Europejskiej. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Poziom zgodności ze strategiami rozwojowymi (Zestawienie tabelaryczne)** – wskaźnik ten ocenia, w jakim stopniu dana technologia jest uwzględniona w najważniejszych aktach prawnych UE. Każdemu dokumentowi przypisuje się wartość od 1 do 5, w zależności od priorytetu nadanego danej technologii: „1” – brak wzmianki, „2” – wzmianka jednozdaniowa, „3” – dedykowany akapit, „4” – dedykowany rozdział, „5” – dedykowany dokument.

Wskaźnik ten jest obliczany jako średnia z ocen przypisanych 10–15 kluczowym dokumentom, co pozwala na ilościową ocenę zgodności danej technologii z politykami rozwojowymi Unii Europejskiej.

ZGODNOŚĆ Z TECHNOLOGIAMI OBRONNYMI

Opis zmiennej

Zgodność z technologiami obronnymi to zmienna, która pozwala na ocenę stopnia, w jakim dana technologia jest zgodna i synergiczna z technologiami obronnymi wskazywanymi w dokumentach związanych z bezpieczeństwem na poziomie krajowym (MON) oraz międzynarodowym (UE, NATO). Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Stopień zgodności (Tak/Nie)** – wskaźnik ten określa, czy dana technologia jest zgodna i synergiczna z technologiami obronnymi wskazanymi w odpowiednich dokumentach. Wartość wskaźnika opiera się na trzech możliwych stopniach zgodności: „Nieobecna/nie będąca w synergii” – technologia nie jest wspomniana ani nie wykazuje synergii z technologiami obronnymi, „Będąca w synergii” – technologia wykazuje synergię z technologiami obronnymi, chociaż nie jest wymieniona literalnie, „Wymieniona literalnie” – technologia jest bezpośrednio wymieniona w dokumentach związanych z bezpieczeństwem.

Wskaźnik ten umożliwia ocenę strategicznej roli danej technologii w kontekście obronności, uwzględniając zarówno zgodność, jak i potencjalną synergię z kluczowymi technologiami obronnymi.

3.2.7. SPOŁECZEŃSTWO

W obszarze **Spółeczeństwo** wyodrębniono do analizy kategorie: **innowacje społeczne**, badane poprzez takie zmienne jak **rządowe kampanie informacyjne** oraz **akceptacja społeczna** dla nowych technologii; **kwestie społeczne, które badają dezinformację wokół technologii** i potencjalny lub faktyczny **wpływ technologii na życie społeczne**.

Analiza obszaru społeczeństwa, szczególnie w kontekście kwestii społecznych oraz innowacji społecznych, jest niezbędna do oceny suwerenności technologicznej państwa. Społeczne aspekty rozwoju technologii, takie jak akceptacja, dezinformacja czy wpływ technologii na życie społeczne, mają bezpośredni wpływ na zdolność państwa do wdrażania i utrzymywania nowych technologii. Te czynniki decydują o tym, w jakim stopniu społeczeństwo jest gotowe przyjąć i wspierać nowe rozwiązania technologiczne, co jest kluczowe dla ich efektywnego i trwałego wdrożenia.

Dezinformacja jest istotnym wyzwaniem w procesie wdrażania nowych technologii. W dobie szybkiego rozprzestrzeniania się informacji, zarówno prawdziwych, jak i fałszywych, błędne przekazy mogą znacząco wpływać na postrzeganie i akceptację technologii przez społeczeństwo. Wskaźnik „Liczba fake newsów” pozwala na ocenę poziomu dezinformacji, co jest kluczowe dla zrozumienia, jak duże jest zagrożenie negatywnego odbioru technologii przez obywateli. Wysoka liczba fałszywych informacji może prowadzić do spadku zaufania społecznego, co z kolei może zablokować lub opóźnić procesy wdrażania innowacji. Ocena dezinformacji umożliwia także opracowanie skutecznych strategii przeciwdziałania jej skutkom, co jest niezbędne dla zapewnienia stabilności i akceptacji nowych technologii na poziomie społecznym.

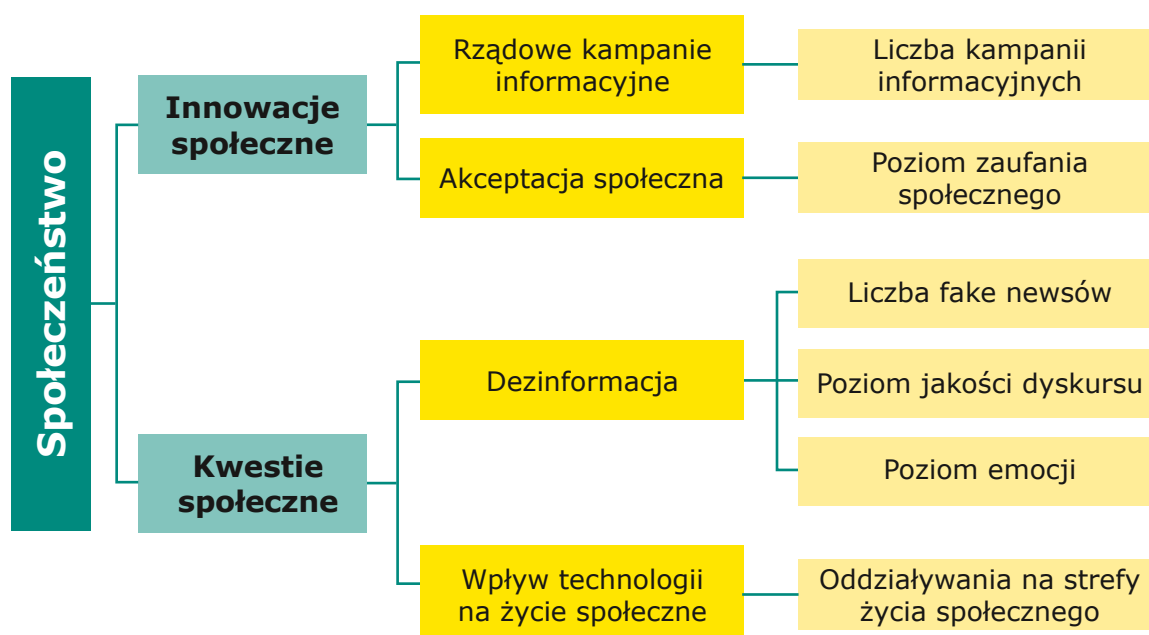
Wpływ technologii na życie społeczne to kolejny kluczowy aspekt, który należy uwzględnić w analizie suwerenności technologicznej. Technologie, które znacząco poprawiają jakość życia, zyskują większą akceptację społeczną, co sprzyja ich wdrażaniu i rozwojowi. Wskaźnik „Oddziaływanie na dobrostan obywateli” umożliwia ocenę, w jakim stopniu dana technologia przyczynia się do poprawy różnych aspektów życia, takich jak zdrowie, edukacja, zatrudnienie czy środowisko. Silne oddziaływanie technologii na te obszary może również przyczynić się do zwiększenia kapitału ludzkiego, co jest fundamentalne dla dalszego rozwoju technologicznego i innowacyjnego państwa. Wysoki poziom akceptacji technologii, wynikający z jej pozytywnego wpływu na życie społeczne, jest kluczowy dla jej długoterminowej stabilności i rozwoju.

Akceptacja społeczna odgrywa kluczową rolę w rozwoju innowacyjności i bezpieczeństwa technologicznego państwa. Poziom zaufania społeczeństwa wobec nowych technologii determinuje ich skuteczność i efektywność wdrożenia. Wskaźnik „Poziom zaufania społeczeństwa” pozwala na ocenę, jak bardzo społeczeństwo jest gotowe przyjąć i wspierać nowe technologie, co jest kluczowe dla ich długoterminowej stabilności. Niski poziom akceptacji może prowadzić do oporu społecznego, który może zablokować kluczowe inwestycje technologiczne. Analiza tego wskaźnika umożliwia lepsze zrozumienie społecznych barier i wyzwań, a także dostosowanie polityki technologicznej i strategii wdrożeniowych w sposób, który uwzględnia potrzeby i obawy społeczeństwa. Wysoki poziom akceptacji społecznej sprzyja płynnemu wdrażaniu technologii i zwiększa szanse na ich sukces.

Obszar **Społeczeństwo**, ze szczególnym uwzględnieniem kwestii takich jak dezinformacja, wpływ technologii na życie społeczne oraz akceptacja społeczna,

odgrywa kluczową rolę w budowaniu suwerenności technologicznej państwa. Społeczne wsparcie i zrozumienie dla nowych technologii są niezbędne dla ich trwałego wdrożenia i rozwoju. Ocena tych aspektów dostarcza cennych informacji, które mogą pomóc w kształtowaniu polityk publicznych i strategii wdrożeniowych, zapewniając, że technologie są rozwijane w sposób zgodny z potrzebami i wartościami społeczeństwa. Silne wsparcie społeczne i zaufanie do technologii są fundamentalne dla utrzymania niezależności technologicznej i zdolności do samodzielnego rozwijania, wdrażania i kontrolowania technologii.

Schemat 14. Zmienne i wskaźniki dla obszaru **Społeczeństwo**



Źródło: Opracowanie własne

AKCEPTACJA SPOŁECZNA

Opis zmiennej

Akceptacja społeczna to zmienna oceniająca stopień, w jakim społeczeństwo akceptuje i wspiera nowe technologie. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Poziom zaufania społeczeństwa** – wskaźnik ten określa procentowy poziom zaufania i akceptacji społeczeństwa dla danej technologii. Jest wyrażany jako procent i bazuje na kilku kluczowych elementach:
 - **zrozumienie technologii** – stopień, w jakim społeczeństwo rozumie zasady działania i zastosowanie danej technologii;

- **postrzegane korzyści** – jak wiele osób dostrzega realne, pozytywne aspekty wynikające z wdrożenia technologii;
- **postrzegane ryzyko** – obawy społeczeństwa dotyczące negatywnych skutków technologii, takich jak zagrożenia dla zdrowia, prywatności czy bezpieczeństwa.

Ocena poziomu zaufania społeczeństwa pozwala na zrozumienie społecznej akceptacji technologii, identyfikację potencjalnych problemów w komunikacji oraz dostosowanie strategii wdrożeniowych i marketingowych w celu zwiększenia pozytywnego odbioru technologii.

DEZINFORMACJA

Dezinformacja to zmienna oceniająca wpływ błędnych informacji na percepcję i akceptację technologii. Jest mierzona za pomocą trzech wskaźników:

- **Liczba fake newsów** – wskaźnik ten określa liczbę fałszywych informacji lub nieprawdziwych wiadomości dotyczących technologii, które pojawiają się w określonym czasie. Wysoka liczba fake newsów może sugerować aktywne kampanie dezinformacyjne i może wpływać na negatywne postrzeganie technologii przez społeczeństwo.
- **Poziom jakości dyskursu** – wskaźnik ten mierzy liczbę oraz zasięg wzmianek dotyczących technologii, analizując zarówno liczbę publikacji, jak i ich zasięg w mediach i innych platformach komunikacyjnych. Obejmuje to artykuły prasowe, posty w mediach społecznościowych oraz inne źródła informacji. Wysoka liczba i szeroki zasięg wzmianek mogą wskazywać na intensywność dyskusji oraz rozprzestrzenianie się zarówno prawdziwych, jak i nieprawdziwych informacji.
- **Poziom emocji** – wskaźnik ten określa procentowy udział wzmianek o technologii, które mają negatywny ładunek emocjonalny. Analizowany jest stosunek wzmianek o negatywnej tonacji do ogólnej liczby wzmianek, co pozwala ocenić, jak technologia jest postrzegana emocjonalnie. Wysoki procent wzmianek negatywnych wskazuje na negatywny odbiór społeczeństwa, co może być efektem wpływu dezinformacji.

Ocena poziomu dezinformacji pozwala zrozumieć wpływ błędnych informacji na społeczne postrzeganie technologii oraz umożliwia opracowanie strategii przeciwdziałania dezinformacji i poprawy jakości dyskursu publicznego na temat technologii.

WPŁYW TECHNOLOGII NA ŻYCIE SPOŁECZNE

Opis zmiennej

Wpływ technologii na życie społeczne to zmienna, która pozwala na ocenę wpływu określonej technologii na różne aspekty życia społecznego, takie jak dobrobyt materialny, zdrowie, edukacja, zatrudnienie, życie społeczne, bezpieczeństwo, środowisko naturalne oraz dostęp do kultury. Zmienna ta jest mierzona za pomocą wskaźnika:

- **Oddziaływanie na dobrostan obywateli (Wysokie/Średnie/Niskie)**
 - wskaźnik ten ocenia poziom wpływu danej technologii na kluczowe obszary życia społecznego. Ocena jest przeprowadzana w trzech poziomach: „Wysokie” – technologia ma znaczący pozytywny wpływ na co najmniej jeden z kluczowych obszarów życia społecznego, co oznacza istotne poprawienie jakości życia w tych obszarach. „Średnie” – technologia ma umiarkowany wpływ na jeden obszar lub więcej obszarów życia społecznego, co może oznaczać ograniczoną poprawę jakości życia lub wpływ tylko na wybrane aspekty. „Niskie” – technologia ma minimalny wpływ lub nie ma wpływu na obszary życia społecznego, co sugeruje brak jej istotnego znaczenia w tych obszarach.

Wskaźnik ten umożliwia szczegółową ocenę, w jakim stopniu technologia przyczynia się do poprawy lub pogorszenia jakości życia społecznego, biorąc pod uwagę różne aspekty codziennego życia i funkcjonowania społeczeństwa.

PODSUMOWANIE



Analiza suwerenności technologicznej państwa wymaga złożonego podejścia, które obejmuje wiele aspektów związanych z rozwojem i kontrolą technologii. Aby skutecznie ocenić poziom suwerenności technologicznej, konieczne jest uwzględnienie różnorodnych obszarów oraz zmiennych, które mają kluczowe znaczenie dla tego wskaźnika.

Aby uzyskać kompleksowy obraz suwerenności technologicznej, konieczne jest nadanie odpowiednich wag poszczególnym kategoriom i zmiennym w ramach każdego obszaru. Proces ten wymaga starannego rozważenia, które kategorie i zmienne mają największy wpływ na ogólny stan suwerenności technologicznej. Obliczanie indeksu suwerenności technologicznej powinno uwzględniać te wagi, aby uzyskać precyzyjne i miarodajne wyniki.

Indeks ten będzie stanowił mierzalną wartość, która umożliwi porównania oraz analizę trendów związanych z suwerennością technologiczną w różnych kontekstach. Wyższy indeks wskazywałby na lepszy poziom suwerenności technologicznej, co sugeruje większą zdolność państwa do kontroli i rozwoju technologii.

W kontekście dalszych badań, konieczne jest prowadzenie szczegółowej analizy poszczególnych zmiennych oraz regularne aktualizowanie danych i wag kategorii. Badania powinny koncentrować się na doskonaleniu metodologii obliczania indeksu oraz uwzględnianiu zmieniających się warunków technologicznych i politycznych. Takie podejście pozwoli na lepsze zrozumienie mechanizmów wpływających na suwerenność technologiczną oraz na skuteczniejsze zarządzanie i rozwijanie technologii w ramach polityki państwowej.

Osiągnięcie suwerenności technologicznej należy traktować jako proces poprawy stanu bezpieczeństwa technologicznego. Dążenie do zwiększenia potencjału i niezależności technologicznej państwa jest uzasadnione i istotne. Opisana w niniejszym raporcie metodyka ma na celu dostarczenie decydentom zarówno ogólnych (np. ilustracje) jak i szczegółowych (opisowych) informacji dotyczących aktualnego stanu i możliwości rozwoju w wybranych obszarach technologicznych.

Indeks suwerenności technologicznej państwa (IST) można obliczyć jako średnią ważoną dla poszczególnych obszarów, kategorii i zmiennych:

$$IST = \sum_{i=1}^n w_i \cdot S_i$$

gdzie:

- w_i – waga przypisana do i -tego wskaźnika S_i ,
- S_i – wartość i -tego wskaźnika (np. poziom infrastruktury badawczej, rozwoju rynku pracy etc.),
- n – liczba wskaźników uwzględnionych w modelu.

Każdy wskaźnik S_i jest obliczany na podstawie odpowiednich zmiennych w danej kategorii i danym obszarze. Wagi w_i powinny odzwierciedlać względną wagę każdego wskaźnika w kontekście ogólnej suwerenności technologicznej.

Model ten może być dostosowywany w zależności od specyficznych potrzeb (np. etapu życia technologii) i danych dostępnych w badaniach, a także od strategii i celów polityki dotyczącej suwerenności technologicznej.

Oprócz przedstawionej koncepcji, w Instytucie prowadzone są badania dotyczące oceny technologii oraz *foresightu* technologicznego, które są powiązane z ideą suwerenności technologicznej. Rozwój badań w zakresie bezpieczeństwa państwa związanych z technologią zasługuje na szczególną uwagę i powinien być uwzględniony w strategicznych działaniach organów publicznych.

Raport przedstawia dogłębną analizę metodyczną i teoretyczną pomiaru indeksu suwerenności technologicznej. Podkreśla się tu szczególne znaczenie tego rodzaju badań na rzecz bezpieczeństwa narodowego oraz stabilności gospodarczej. Suwerenność technologiczna zapewnia państwu niezależność w obszarze innowacji i technologii, wzmacniając tym samym jego pozycję na międzynarodowej scenie. Wewnętrzny potencjał technologiczny nie tylko chroni państwa przed destabilizującymi wpływami zewnętrznymi, ale również stanowi solidną podstawę dla długofalowej stabilności ekonomicznej.

W kontekście dalszego rozwoju indeksu suwerenności technologicznej, planowane są dalsze prace badawcze. Proces ten obejmuje między innymi problematykę normalizacji danych wejściowych, dobór metody wyznaczania wag oraz określenie korelacji między zmiennymi i wskaźnikami. Należy podkreślić, że żadne z tych zagadnień nie zostało szczegółowo omówione w niniejszym raporcie.

Instytut Łukasiewicz – ITECH, w ramach swojego opracowania, wprowadza nowatorską propozycję metodyki pomiaru suwerenności technologicznej. Ta koncepcja ma na celu precyzyjne ocenienie aktualnego stanu bezpieczeństwa technologicznego w wybranym obszarze technologicznym oraz zbadanie potencjalnych obszarów rozwoju w różnych dziedzinach technologii. Dzięki szczegółowym i rzetelnym danym, powyższa propozycja metodyki stanowi narzędzie dla decydentów, ułatwiając im podejmowanie strategicznych decyzji.

W raporcie zwrócono uwagę na konieczność szybkiej adaptacji do zmieniającej się legislacji unijnej, która może mieć istotny wpływ na rozwój rynku technologii. Przewiduje się, że zmiany w regulacjach będą wymagały dynamicznych działań, aby zabezpieczyć suwerenność technologiczną i utrzymać konkurencyjność państw w międzynarodowym środowisku.

Ostatecznie suwerenność technologiczna jest przedstawiana tu jako kluczowy element bezpieczeństwa narodowego. Raport podkreśla, że ochrona suwerenności technologicznej nie tylko zapewnia niezależność technologiczną, ale także chroni interesy narodowe w obliczu globalnych wyzwań. Wskazuje na konieczność kompleksowego podejścia do rozwoju technologii, wspierania innowacji oraz dostosowywania się do zmieniającego się otoczenia regulacyjnego, co jest niezbędne dla zachowania konkurencyjności i bezpieczeństwa narodowego. Powyższa koncepcja stanowi zapoczątkowanie prac nad suwerennością technologiczną w Łukasiewicz – ITECH oraz otwiera dyskurs nad bezpieczeństwem technologicznym w Polsce.

BIBLOGRAFIA

- AeroSpace and Defence Industries Association of Europe. 2020. *Industry considerations on Technological Sovereignty*.
- Bauer, M. i Erixon, F. 2020. *Europe's Quest for Technology Sovereignty: Opportunities and Pitfalls*. European Centre for International Political Economy (ECIPE), no. 02/2020.
- Bauer, M. i Erixon, F. 2021. *Europa na tropie suwerenności technologicznej: Szanse i zagrożenia*. Warsaw Enterprise Institute.
- Bendiek, A. i Stürzer, I. 2022. *Advancing European internal and external digital sovereignty: The Brussels effect and the EU-US Trade and Technology Council*. SWP Comment, No. 20/2022. Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP).
- Burwell, F. G., Propp, K. 2020. *The European Union and the Search for Digital Sovereignty: Building "Fortress Europe" or Preparing for a New World?*, Washington, DC: Atlantic Council.
- Crespi, F., Caravella, S., Menghini, M., Salvatori, C. 2021. *European Technological Sovereignty: An Emerging Framework for Policy Strategy*. Intereconomics, 56(6), 348-354.
- Deloitte. 2022. *The European hydrogen economy: taking stock and looking ahead*.
- Dennison, S., Piaskowska, G. 2021. *European Sovereignty Index*. European Council on Foreign Relations (ECFR).
- DiEM25 (Democracy in Europe Movement 2025). 2019. *Technological Sovereignty: Democratising Technology and Innovation*. Green Paper No. 3.
- Edler, J., Blind, K., Frietsch, R., Kimpeler, S., Kroll, H., Lerch, C., Reiss, T., Roth, F., Schubert, T., Schuler, J., Walz, R. 2020. *Technology sovereignty: From demand to concept*, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI.
- Edler, J., Blind, K., Kroll, H., Schubert, T. 2021. *Technology Sovereignty as an Emerging Frame for Innovation Policy – Defining Rationales, Ends and Means*. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI.
- Ejdys, J., Czerewacz-Filipowicz, K., Halicka, K., Kononiuk, A., Magruk, A., Siderska, J., and Szpilko, D. 2023. *A preparedness plan for Europe: Addressing food, energy and technological security*. Panel for the Future of Science and Technology (STOA), European Parliamentary Research Service (EPRS).
- Frost & Sullivan. 2020. *European Industrial Sovereignty. Future Watch Strategy Brief*.

- Góra, K., Jagłoński, K. 2020. *Suwerenność lekowa państwa. Rola, stan i perspektywy*. Fundacja Republikańska.
- Groh, A., Meyer, K., Krakenbürger, F., Wagner, E. 2021. *Feasibility Study to Examine a Funding Program for Open Digital Base Technologies as the Foundation for Innovation and Digital Sovereignty*. Open Knowledge Foundation Deutschland.
- Hérault, P. 2021. *Strengthening Sovereignty in the Era of Global Value Chains*. Geopolitics of Technology Program, Études de l'Ifri, Ifri.
- Illgner, K. (red.). 2021. *Technological Sovereignty: Methodology and Recommendations*. VDE Association for Electrical, Electronic & Information Technologies.
- Kelly, É., Zubascu, F., Naujokaityte, G., Moran, N., Pringle, D., i Wallace, N. 2020. *What is 'tech sovereignty'?* Science Business Publishing Ltd.
- Leonard, M. i Shapiro, J. (red.). 2019. *Strategic Sovereignty: How Europe Can Regain the Capacity to Act*. European Council on Foreign Relations (ECFR).
- March, C. i Schieferdecker, I. 2021. *Technological Sovereignty as Ability, not Autarky*. Munich Papers in Political Economy, Working Paper No. 03/2021. TUM School of Governance, TUM School of Management.
- Maurer, T., Morgus, R., Skierka, I., Hohmann, M. 2014. *Technological Sovereignty: Missing the Point?* New America's Open Technology Institute, Global Public Policy Institute (GPPi).
- Mölling, C. and Schimmel, F. 2021. *Promoting Technological Sovereignty and Innovation: Emerging and Disruptive Technologies*. Report No. 22. Berlin: German Council on Foreign Relations (DGAP).
- Ramahandry, T., Bonneau, V., Bani, E., Vlasov, N., Flickenschild, M., Batura, O., Tcholtchev, N., Lämmel, P. i Boerger, M. 2021. *Key enabling technologies for Europe's technological sovereignty*. STOA, European Parliamentary Research Service.
- *Statement to accompany the launch of the full EIC*. 2021. European Innovation Council.
- ZVEI – German Electrical and Electronic Manufacturers' Association. 2020. *Technological Sovereignty, Industrial Resilience and European Competences*.

SPIS TABEL I SCHEMATÓW

TABELE

Tabela 1. Porównanie definicji suwerenności technologicznej.....	39
Tabela 2. Wybrane raporty pod kątem podejścia do mierzenia suwerenności technologicznej.....	45
Tabela 3. Powiązania suwerenności technologicznej z gospodarką i zadaniami państwa	47

SCHEMATY

Schemat 1. Ilustracja powiązania suwerenności i bezpieczeństwa technologicznego z oceną technologii	29
Schemat 2. Analiza i pomiar suwerenności technologicznej	38
Schemat 3. Rodzaje suwerenności i ich powiązania wg Fraunhofera	46
Schemat 4. Przykładowy łańcuch wartości według VDE.....	49
Schemat 5. Rodzaje suwerenności w ujęciu F&S	51
Schemat 6. Uniwersalny podział kategorii czynników związanych z suwerennością technologiczną	60
Schemat 7. Obszary, wskaźniki i zmienne indeksu suwerenności.....	62
Schemat 8. Zmienne i wskaźniki dla obszaru Wiedza.....	64
Schemat 9. Zmienne i wskaźniki dla obszaru Badania	67
Schemat 10. Zmienne i wskaźniki dla obszaru Infrastruktura.....	72
Schemat 11. Zmienne i wskaźniki dla obszaru Rozwój	79
Schemat 12. Zmienne i wskaźniki dla obszaru Produkcja.....	87
Schemat 13. Zmienne i wskaźniki dla obszaru Polityka	93
Schemat 14. Zmienne i wskaźniki dla obszaru Społeczeństwo.....	100

ZAŁĄCZNIK – LISTA ZMIENNYCH I WSKAŹNIKÓW

Obszar	Zmienna	Wskaźnik	Miara
Wiedza	Potencjał edukacyjny	Liczba kierunków	Liczba
		Liczba studentów	Liczba
		Szkoły zawodowe/techniczne	Liczba
		Liczba absolwentów szkół technicznych	Liczba
		Liczba absolwentów szkół technicznych	Liczba
	Potencjał naukowy	Liczba wydziałów	Liczba
		Liczba szkół doktorskich	Liczba
		Liczba doktorantów	Liczba
		Liczba publikacji	Liczba
Badania	Infrastruktura badawcza	Liczba ośrodków badawczych	Liczba
	Projekty badawcze	Liczba projektów	Liczba
		Wysokość dofinansowania	W zł i średniej wartości dofinansowania
Infrastruktura	Koncentracja infrastruktury	Rozproszenie regionalne infrastruktury	Tak/Nie
	Kwalifikacja do infrastruktury krytycznej	Występowanie w wykazie infrastruktury krytycznej	Tak/Nie/Planowana
	Podatność na ataki cybernetyczne	Wrażliwość wynikająca z poziomu cyfryzacji	Tak/Nie
		Wrażliwość wynikająca z poziomu zagrożeń fizycznych	Tak/Nie
	Podatność na czynniki ludzkie	Wrażliwość wynikająca z poziomu kompetencji kadr	Niskie/Średnie/Wysokie
	Wrażliwość na czynniki środowiskowe	Techniczne opinie środowiskowe	Tak/Nie
	Rozwój rynku pracy	Wskaźnik zatrudnienia wg MKiŚ	Liczba
	Rozwój krajowego sektora usług	Stosunek liczby podmiotów usługowych krajowych do zagranicznych	Słaby/Średni/Silny
	Źródła finansowania	Wysokość bezpośrednich inwestycji zagranicznych	W euro
		Wysokość inwestycji z Funduszy UE	W euro
		Wysokość inwestycji z budżetu państwa	W zł
	Przedsiębiorstwa	Liczba podmiotów	Liczba
		Poziom średni zatrudnienia	Liczba
		Całkowita produkcja (brutto)	zł

Obszar	Zmienna	Wskaźnik	Miara
Rozwój	Projekty B+R	Wysokość dofinansowania	zł
		Liczba projektów	Liczba
	Start-upy	Liczba podmiotów	%
	Własność intelektualna	Właścicielstwo IP	%
		Aktywność patentowa	Niskie/Średnie/Wysokie
	Inwestycje funduszy venture capital	Suma nakładów w obszar technologiczny	%/zł
	Wartość rynku	Dynamika zmian wartości rynku	% zmiany
	Zastosowanie i wykorzystanie AI	Synergy Index – ASI	% przedsiębiorstw
	Współpraca na poziomie krajowym	Liczba wspierających organizacji krajowych	Liczba/wielkość
	Współpraca na poziomie międzynarodowym	Liczba wspierających organizacji międzynarodowych	Liczba/liczba uczestników – obszar
	Współpraca regionalna	Partnerstwa technologiczne	Tabela
Produkcja	Wykorzystanie produkcji w KET	Liczba synergicznych KET	Niskie/Średnie/Wysokie
	Wykorzystanie KET w produkcji	Liczba synergicznych KET	Niskie/Średnie/Wysokie
	Łańcuch dostaw	Odporność na zakłócenia	Niskie/Średnie/Wysokie
		Stabilność dostawców	Niskie/Średnie/Wysokie
		Stopień dywersyfikacji źródeł	Liczba
		Europejskość dostawców	Tak/Nie
	Bilans handlowy	Wartość importu – wartość eksportu	+/- w zł
	Perspektywa opłacalności eksportu	Horyzont czasowy	Tak/Nie

Obszar	Zmienna	Wskaźnik	Miara
Polityka	Rządowe kampanie informacyjne	Liczba kampanii informacyjnych	Liczba/zasięg kampanii
	Obecność strategii rozwoju na szczeblu krajowym	Dedykowana strategia krajowa	Tak/nie
		Uwzględnienie w strategiach sektorowych	0-5
	Krajowa strategia rozwoju	Dedykowane strategie i programy rozwojowe	Tak/nie
	Lobbing	Funkcjonowanie grup lobbingowych	Ilość
	Grupy robocze	Funkcjonowanie grup roboczych	Tak/nie
	Luki regulacyjne	Monitoring deficytów regulacyjnych	Tak/nie
		Plan uzupełnienia deficytów	Tak/nie
		Harmonogram zmian regulacyjnych	Tak/nie
	Zgodność z politykami	Poziom zgodności ze strategiami rozwojowymi	Zestawienie tabelaryczne
Społeczeństwo	Strategiczne technologie	Stopień zgodności	Tak/nie
	Akceptacja społeczna	Poziom zaufania społeczeństwa	%
	Dezinformacja	Poziom jakości dyskursu	Liczba i zasięg wzmianek
		Poziom emocji	% wzmianek negatywnych
	Wpływ technologii na życie społeczne	Oddziaływanie na dobrostan obywateli	Niskie/Średnie/Wysokie



Dr Piotr Lewandowski – kierownik projektu

Doktor nauk o polityce, ekspert ds. bezpieczeństwa technologicznego i międzynarodowego, samodzielny specjalista ds. badawczych Łukasiewicz – ITECH, adiunkt na Akademii Sztuki Wojennej. Założyciel Instytutu Studiów Strategicznych, laureat nagród za działalność naukową i dydaktyczną w obszarze bezpieczeństwa, kierownik Grantu Badawczego MON Polska racja stanu w perspektywie 2035 r., kierownik Katedry Geopolityki. Autor podręczników, artykułów i raportów z zakresu bezpieczeństwa technologicznego, informacyjnego i geoeconomii. Członek gremiów ds. bezpieczeństwa, w tym: Parlamentarnego Forum Obrony Narodowej, Institute for National and International Security, European Values Centre for Security Policy.



Mgr inż. Adam Rosik

Magister inżynier Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej. Posiada doświadczenie w zakresie organizacji i prowadzenia projektów międzysektorowych. W Centrum Badawczo-Rozwojowym T P SA odpowiadał m.in. za zarządzanie jakością pracy laboratoriów badawczych. W Orange Labs Polska, zainicjował i kierował projektem pilotażowym pn. Telco energo joint civil works investment. W latach 2018–20 zrealizował ogólnopolski projekt pilotażowy Włącz się na przyszłość, umiejscowiony na pograniczu energetyki oraz rozwiązań smart home. Wynalazca i ekspert w obszarze szeroko rozumianych analiz patentowych oraz oceny innowacyjności technologii.



Mgr Krzysztof Sokołowski

Magister socjologii na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Analityk z zakresu rozwoju innowacyjności i analiz treści medialnych. Posiada doświadczenie w realizacji ilościowych i jakościowych badań społecznych, szczególnie w obszarze analizy dyskursu. W okresie styczeń–czerwiec 2022 zajmował się analityką związaną z dezinformacją odnośnie do rosyjskiej agresji na Ukrainę w NASK-PIB. W Łukasiewicz – ITECH zaangażowany głównie w prace analityczno-badawcze, a także w organizację pracy zespołu, projektowanie procesów. Autor raportu Kadry Przyszłości 5 lat Doktoratów Wdrożeniowych i współautor raportu Analiza ex post efektywności ulg B+R.



Mgr Remigiusz Falkowski

Magister prawa oraz licencjat stosunków międzynarodowych na UMK w Toruniu. Obecnie doktoryzuje się w naukach o polityce na tej uczelni. Specjalista od zagadnień prawnych oraz bezpieczeństwa, który zdobył doświadczenie m.in. w Centrum Doktryn i Szkolenia Sił Zbrojnych RP w Bydgoszczy. W Łukasiewicz – ITECH odpowiada głównie za kwestię związaną z oceną ryzyka legislacyjnego.

Po więcej informacji zapraszamy do kontaktu z kierownikiem projektu:
piotr.lewandowski@itech.lukasiewicz.gov.pl



Łukasiewicz
ITECH



ul. Żelazna 87, 00-879 Warszawa



tel. 22 100 14 63



instytut@itech.lukasiewicz.gov.pl