

Biotechnologiczny skok w przyszłość czy dryf?

Polska potrzebuje strategii rozwoju biotechnologii

Warszawa, czerwiec 2020 r.

Koncepcja: Maciej Drożdż

Autorzy: Dorota Andrzejewska-Górecka, Maciej Drożdż, David Liebers, Zofia Meissner,
Karolina Nowak

Redakcja: Jakub Nowak, Małgorzata Wieteska

Projekt graficzny: Anna Olczak

Współpraca graficzna: Liliana Gałązka, Tomasz Gałązka, Sebastian Grzybowski

Skład i łamanie: Sławomir Jarząbek

Polski Instytut Ekonomiczny

Al. Jerozolimskie 87

02-001 Warszawa

© Copyright by Polski Instytut Ekonomiczny

ISBN 978-83-66306-77-6

Spis treści

Kluczowe wnioski	4
Raport w liczbach	6
Wstęp.....	8
Otoczenie międzynarodowe i pozycja Polski	9
Strategia skoku technologicznego – leapfrogging	20
Cele strategiczne dla polskiej biotechnologii.....	22
Aneks 1. Synteza strategii biotechnologicznych.....	28
Aneks 2. Case studies.....	32
Bibliografia.....	34
Spis wykresów i tabel	36

Kluczowe wnioski

Na świecie trwa biotechnologiczny wyścig, w którym uczestniczą zarówno państwa, jak i międzynarodowe korporacje. Biotechnologia – obok sektora ICT – jest obecnie obszarem, z którym wiążą się największe oczekiwania dotyczące transformacji gospodarki korzystającej z zaawansowanej wiedzy i rewolucji danych. Zastosowanie biotechnologii w medycynie, przemyśle i rolnictwie generuje miliardowe zyski i pozwala na stworzenie milionów miejsc pracy na całym świecie. Oferuje przy tym nadzieję na rozwiązanie kluczowych wyzwań ludzkości: skuteczniejsze produkty lecznicze lub leki i terapie radzące sobie z nieuleczalnymi dotychczas schorzeniami, bardziej zrównoważoną gospodarkę zasobami, przeciwdziałanie zmianom klimatycznym i konsekwencjom klęsk naturalnych, np. suszy i walkę z odwiecznym wyzwaniem – z głodem.

Niestety Polska, mimo pewnych działań podjętych w ostatnich latach, wciąż jest mało znaczącym uczestnikiem tego globalnego wyścigu. Środki publiczne i prywatne przeznaczane na badania i rozwój w biotechnologii, są istotnie niższe niż w innych państwach z OECD. Polskie podmioty są niewidoczne w międzynarodowych zestawieniach obrazujących stan sektora.

Polska pozostaje również jednym z nielicznych państw na podobnym poziomie rozwoju społeczno-gospodarczego, które nie opracowały strategii rozwoju biotechnologii czy szerzej – biogospodarki. To niekorzystny stan, który powinien się zmienić. Motywacją do zmian, a jednocześnie szansą na przełamanie impasu z minionych dekad, może być proces wychodzenia polskiej i światowej gospodarki z kryzysu wywołanego pandemią.

Największą szansę na sukces daje nie tyle doganianie liderów i podążanie ich tropem, co

próba rozwoju oparta na koncepcji *leapfrogging*. Polska powinna więc rozwijać ten sektor tak, by wykorzystywać potencjał przetomowych odkryć do projektowania nowatorskich produktów i usług, które wypełniają luki podażowe w istniejących segmentach rynków medycznego, przemysłowego i rolniczego lub stworzą zupełnie nowe segmenty.

Postulowana polska strategia rozwoju biotechnologii powinna opierać się na ambitnych celach wypracowania pozycji co najmniej regionalnego lidera:

- w obszarach biotechnologii medycznej i farmaceutyki, jak terapie lecznicze w chorobach genetycznych lub neurodegeneracyjnych, terapie stabilizujące lub odwracające proces starzenia, terapie odwracające skutki zmian chorobowych,
- w tworzeniu produktów i usług wykorzystujących zaawansowane techniki analizy danych na potrzeby ochrony zdrowia (AI/ML),
- w obszarach biotechnologii przemysłowej, jak wykorzystanie enzymów, mikroorganizmów i hodowli komórkowych do przetwarzania odpadów, biomasy lub wytwarzania produktów użytecznych, jak: energia, surowce, materiały i chemikalia, wykorzystanie i doskonalenie technik biotechnologii stosowanych do oczyszczania ścieków, gazów, unieszkodliwiania odpadów, uzdatniania wody, remediacji gruntów z zanieczyszczeń,
- wykorzystującego biotechnologię rolniczą w produkcji żywności i innych procesach rolniczych.

Poza opracowaniem i wdrożeniem długookresowej strategii państwo powinno wspierać rozwój istniejących firm przez rozwój zachęt fiskalnych, np. wspomagających inwestycje

kapitałowe, obniżających koszty zatrudnienia wysoko wykwalifikowanych pracowników, premiujących zwiększanie prywatnych nakładów na B+R. Ważne jest także wykorzystanie synergii z już istniejącym polskim potencjałem, czyli

wysokiej jakości kapitałem ludzkim w obszarze programowania, co daje szansę na rozwijanie pozycji polski jako lidera rozwoju nowych produktów i usług w zakresie bioinformatyki i biostatystyki.



Raport w liczbach

959 mld USD

wartości dodanej wygenerował w 2016 r. sektor biotechnologii w Stanach Zjednoczonych. Odpowiada to ponad 5 proc. PKB.

18,8 mld USD

finansowania *venture capital* zebrały światowe firmy biotechnologiczne w 2019 r. Dla porównania – całkowita wartość finansowania VC w Polsce wyniosła w 2019 r. zaledwie 331 mln USD.

582 mln USD

zebrała duńska firma biotechnologiczna Genmab wchodząc na giełdę Nasdaq w lipcu 2019 r.

113

razy zwiększyła się od 1996 r. powierzchnia biotechnologicznych upraw rolniczych. Obecnie to ponad 2,5 mld ha, z czego ponad 90 proc. znajduje się w USA, Brazylii, Kanadzie, Indiach i Argentynie.

240 mln USD

wydały polskie przedsiębiorstwa na badania i rozwój związane z biotechnologią w 2017 r. To sześć razy mniej niż biznes niemiecki i ponad dwieście razy mniej niż firmy amerykańskie.

0

liczba polskich firm biotechnologicznych i farmaceutycznych znajdujących się w rankingu *Industrial Research and Development Scoreboard 2019*. Również w zestawieniach europejskich *start-upów* biotechnologicznych udział polskich podmiotów jest znikomy.

13

publikacji biotechnologicznych (w przeliczeniu na milion mieszkańców) opublikowali polscy autorzy w 2018 r. w czasopiśmie indeksowanych w bazie Scopus. To więcej, niż w 2010 r. (ok. 8 publikacji), ale to także jeden z najniższych wskaźników wśród krajów OECD.

13 mln t

co najmniej tyle odpadów rocznie w Polsce można przetworzyć metodami biotechnologicznymi.



Wstęp

Biotekhnologia jest jednym z obszarów nauki i gospodarki, w których w ostatnich latach dokonał się największy postęp. Wiele wskazuje na to, że w XXI w. dokonana się konwergencja technologiczna, w której znaczącą rolę odegra biotechnologia (Dyson, 2007).

Gałęzie gospodarki wykorzystujące postęp biotechnologiczny rozwijają się dynamiczniej od innych sektorów i przynoszą znaczną wartość społeczną i ekonomiczną – rywalizując z sektorem ICT o miano najważniejszej gałęzi gospodarki przyszłości (Bell i in., 2017; Hernández i in., 2020; Invest in Denmark, 2019). Dlatego biotechnologia znalazła się w nowej strategii przemysłowej Unii Europejskiej, wśród obszarów które trzeba wspierać ze względu na ich strategiczne znaczenie dla przyszłości europejskiego przemysłu (m.in. obok robotyki, mikroelektroniki, fotoniki, technologii kwantowych) (European Commission, 2020).

Nauki biologiczne (w tym medyczne) już są istotnym, a będą coraz ważniejszym źródłem rozwiązań i rozwoju ważnych społecznie i gospodarczo obszarów: w medycynie i ochronie zdrowia, przemyśle i gospodarce zasobami naturalnymi, a także rolnictwie. Poza korzyściami gospodarczymi, biotechnologia przynosi nadzieję na skuteczniejsze porządanie sobie z najważniejszymi wyzwaniami współczesnego świata: ochroną zdrowia starzejących się społeczeństw, bardziej odpowiedzialnym korzystaniem z zasobów naturalnych, rozwojem gospodarki obiegu zamkniętego, walką z konsekwencjami zmian klimatycznych, m.in. dla rolnictwa.

Tę strategiczną rolę biotechnologii uwypukliła epidemia koronawirusa. Innowacyjne firmy biotechnologiczne stanęły w pierwszym szeregu prac nad szczepionkami, testami

diagnostycznymi, lekami na COVID-19 (Senior, 2020). W konsekwencji wiele z nich osiągało czasami kilkukrotne wzrosty wartości w ciągu zaledwie kilku godzin (Rojas, 2020). W niektórych państwach wysoki potencjał środowiska biotechnologicznego stał się jednym z kluczowych narzędzi skutecznej reakcji na epidemię. Jednocześnie w wymiarze geopolitycznym rozgorzały debaty o nowej konfiguracji łańcuchów dostaw, w tym produktów medycznych.

Również pierwsze strategie wychodzenia z kryzysu gospodarczego spowodowanego pandemią wskazują biotechnologię wśród obszarów, które należy rozwijać w tzw. nowej normalności. Mówił o tym chociażby prezydent Korei Południowej w orędziu, kreśląc przyszłość państwa po epidemii (Moon Jae-in, 2020).

W niniejszym raporcie próbujemy wskazać miejsce Polski w tej dynamicznej rzeczywistości. Sugerujemy, że to być może ostatni moment na włączenie się do biotechnologicznego wyścigu, który będzie jednym z głównych czynników kształtujących światowy ład gospodarczy i geopolityczny po pandemii. Dlatego postulujemy opracowanie i wdrożenie polskiej strategii rozwoju biotechnologii.

W pierwszej części opisujemy otoczenie międzynarodowe i pozycję Polski na światowej mapie biotechnologii, opisując słabe i mocne strony, a także wskazując szanse i zagrożenia. W drugiej części przedstawiamy koncepcję skoku technologicznego, tzw. *leapfrogging*, który wydaje się obiecującym sposobem na znalezienie przez polską biotechnologię korzystnego miejsca w światowym systemie. Raport zamykamy szkicem działań strategicznych, które trzeba podjąć, by Polska mogła czerpać korzyści z silnego sektora biotechnologicznego, zarówno w warstwie gospodarczej, jak i społecznej.

Otoczenie międzynarodowe i pozycja Polski

Firmy biotechnologiczne, zarówno duże międzynarodowe koncerny, jak i *start-upy*, przygotowują się do przetworzenia całej gamy odkryć biologicznych, np. terapii genowych, metod modulacji układu immunologicznego, postępów w badaniach funkcji mikroorganizmów, manipulacje genetyczne (CAR-T czy CRISPR), aby projektować nie tylko nowe metody produkcji substancji aktywnych lub funkcyjnych w żywych organizmach, ale również nieznanne dotychczas procesy produkcji żywności. Kolejne innowacje i odkrycia są kwestią czasu, a sektor biotechnologiczny jest blisko następnego etapu przyspieszonego wzrostu. Wpływają na to nie tylko odkrycia naukowe, ale również globalne trendy i wyzwania, które mobilizują rządy i firmy na całym świecie do eksplorowania innowacyjnych rozwiązań opartych na biotechnologii. Kluczowe wyzwania opisaliśmy w tabeli 1.

W zestawieniu pokazano, że biotechnologia może być jednym z fundamentów rozwiązywania kluczowych wyzwań stojących przed człowiekiem w XXI w. Warto zauważyć, że używając terminu „sektor biotechnologii” nie mamy do czynienia z sektorem w takim rozumieniu, jak w przypadku motoryzacji czy turystyki. Z tego wynikają trudności w kwantyfikacji wpływu biotechnologii na gospodarkę. Tradycyjne miary stosowane w analizach ekonomicznych nie są w stanie uchwycić wartości generowanej przez biotechnologię (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2020).

Nawet w Stanach Zjednoczonych, które są niekwestionowanym liderem wyścigu biotechnologicznego, opracowano dotychczas zaledwie kilka szacunków udziału biotechnologii w PKB. Robert Carlson (2016) obliczył, że w 2012 r. zastosowania biotechnologii w farmacji, rolnictwie i przemyśle wygenerowały co najmniej 324 mld USD, co odpowiadało ok. 2 proc. PKB. Przed kilkoma tygodniami opublikowano analizę, która wskazuje, że w 2016 r. było to już o 952 mld USD, czyli ponad 5 proc. PKB (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2020). W tym samym roku biotechnologią zajmowało się 1,74 mln pracowników amerykańskich firm, co pośrednio przyczyniało się do istnienia ok. 8 mln miejsc pracy (TEconomy/BIO, 2018).

Inne państwa, przede wszystkim Chiny, Indie, Korea oraz Unia Europejska, dostrzegając olbrzymią wartość sektora, również zwiększają nakłady finansowe, pozyskują wiedzę oraz inwestują w kompetencje pracowników i infrastrukturę, które pozwolą rozwijać ich pozycję na rynku.

Wciąż jednak, jak wynika z danych OECD, amerykańskie firmy inwestują w biotechnologiczne badania i rozwój zdecydowanie najwięcej (ponad 51 mld USD wg PPP¹, trzykrotnie więcej niż pozostałe 18 państw ujętych w zbiorze za 2017 r.) Wśród pozostałych państw, dla których są dostępne porównywalne dane OECD, polskie firmy pod względem nakładów, zdecydowanie odstają od liderów (Francji, Belgii, Korei).

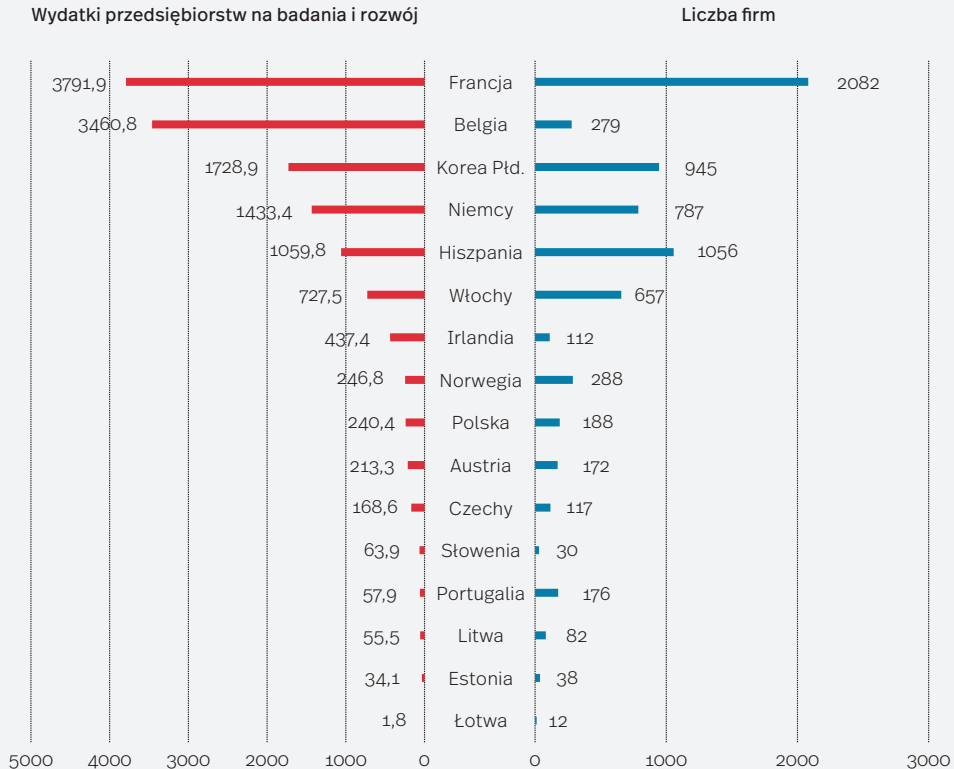
¹ PPP – ang. *purchasing power parity* – parytet siły nabywczej.

▼ Tabela 1. Możliwe zastosowania biotechnologii w globalnych wyzwaniach

OCZEKIWANIA	WYZWANIA
Biotechnologia medyczna i ochrona zdrowia	
<ul style="list-style-type: none"> zapewnienie skutecznej, dostępnej w odpowiedniej skali i przystępnej cenie profilaktyki, diagnostyki oraz leczenia farmakologicznego z wykorzystaniem technik medycznych, które pozwolą leczyć znane choroby, zdolność reakcji na nieznanne zagrożenia dla zdrowia. 	<ul style="list-style-type: none"> nierównomierny podział finansowania między diagnostyką, profilaktyką i terapiami leczniczymi a leczeniem symptomatycznym, różna atrakcyjność ekonomiczna powyższych produktów i wynikająca z nich zróżnicowana dostępność poszczególnych klas, rosnące i nierównoważone koszty systemów ochrony zdrowia.
Biotechnologia przemysłowa i gospodarka zasobami naturalnymi	
<ul style="list-style-type: none"> włączenie w obieg ekonomiczny towarów i energii wytworzonych z zasobów naturalnych i przetworzonych nowoczesnymi metodami biotechnologicznymi, nowe produkty z właściwościami wynikającymi z połączenia cech komponentów i metod wytwarzania. 	<ul style="list-style-type: none"> niska lub ujemna wartość dodana poszczególnych elementów innowacji, potencjalnie duża wartość tylko w przypadku połączenia wielu elementów w produkt końcowy, olbrzymie koszty utracone obecnych systemów wytwarzania i inercja łańcuchów dostaw, zrównoważony rozwój gospodarki zgodny z potrzebami i regulacjami kraju, z umiarem eksploatujący środowisko naturalne.
Biotechnologia rolnicza i rolnictwo	
<ul style="list-style-type: none"> obniżenie kosztów produkcji rolnej: bezpośrednich (utrzymanie lub poprawa wydajności produkcji) i pośrednich (ingerencja w dostępność i jakość zasobów naturalnych), ryzyko dla zdrowia ludzi i zwierząt, utrzymanie bezpieczeństwa żywnościowego w związku ze zmianami klimatycznymi. 	<ul style="list-style-type: none"> krótkoterminowość celów i maksymalizacja zysków, nierównomierne rozłożenie kosztów i zysków interesariuszy (rolnicy, firmy dostarczające produkty dla rolników, dystrybutorzy, konsumenci), inercja zachowań.

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: De Maeseneer i in. (2018); Hetemäki i in. (2017); OECD/EU (2018).

▼ Wykres 1. Zestawienie liczby przedsiębiorstw biotechnologicznych oraz wydatków w sektorze przedsiębiorstw na badania i rozwój w obszarze biotechnologii w 2017 r. (w USD wg PPP)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: OECD (2019).

Poza nakładami na badania i rozwój istotnym miernikiem świadczącym o ekonomicznym znaczeniu danego sektora, a także o nadziejach inwestorów z nim związanych, są wielkości pozyskiwanych funduszy *venture capital*. Ostatnie lata były pod tym względem rekordowe dla sektora biotechnologicznego. Jeszcze w 2010 r. wartość finansowania pozyskanego z tego źródła wynosiła 3,4 mld USD, podczas gdy w 2018 r. było to już 18,8 mld USD.

W Europie sektor biotechnologii i zdrowia zajmuje drugie miejsce (za ICT) pod względem

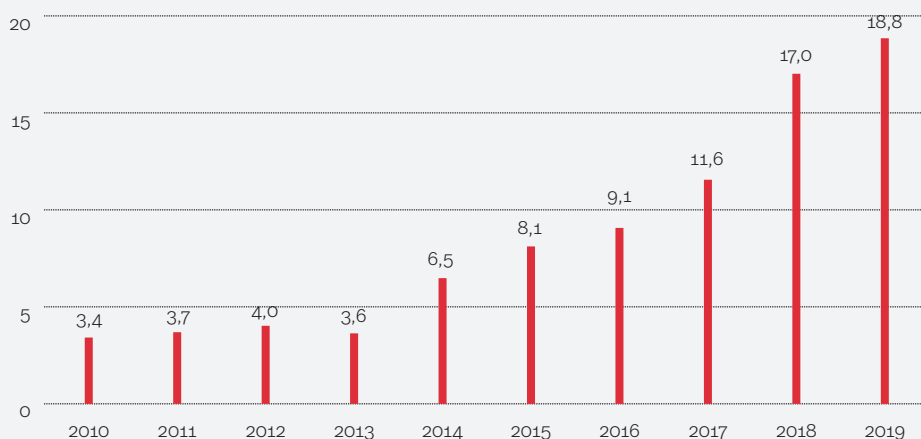
finansowania *venture capital*, które w 2019 roku sięgnęło ok. 3 mld USD (Invest Europe 2020). Polskie finansowanie VC jest wielokrotnie niższe – w 2019 roku wysokość inwestycji we wszystkich sektorach wyniosła ok. 331 mln USD, z czego najwięcej pozyskała spółka DocPlanner (PFR Ventures, Inovo 2020).

Wzrost nakładów i szerszej aktywności, nie jest jednak równomiernie rozłożony. Poza globalną dominacją USA, również na poziomie regionalnym obserwujemy silne tendencje koncentracyjne (European Commission,

2020). To mechanizm zgodny ze stanem wiedzy naukowej o procesach innowacyjnych i rozwoju wysoko zaawansowanej gospodarki. Tworzenie wiedzy i wartości intelektualnej a także zdobywanie finansowania i komercjalizacja są procesami długotrwałymi i wymagającymi unikalnych umiejętności. Konieczność

połączenia umiejętności badaczy, ogromnych zasobów finansowych i stale unowocześniającej infrastruktury prowadzi do powstania specjalistycznych centrów, np. w Bostonie i innych miastach w Kalifornii (USA), Shanghaju i Pekinie w Chinach czy Hajdarabadzie w Indiach.

▾ Wykres 2. Wysokość inwestycji *venture capital* w biotechnologii na świecie w latach 2010-2019 (mld USD)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: Senior (2020).

W Europie również dochodzi do koncentracji i specjalizacji w poszczególnych krajach, zarówno w odniesieniu do liczby nowych podmiotów (wykres 3), jak i obszarów tematycznych (tabela 2). Jak wynika z danych zebranych przez analityków McKinsey, do 2012 r. w państwach o największym udziale (Wielka Brytania, Francja, Niemcy) zarejestrowanych było 46 proc. *start-upów* biotechnologicznych. Po 2012 roku udział państw o największej liczbie nowych firm wzrósł do 54 proc., a lidera – Wielkiej Brytanii – do 35 proc. Niestety to samo zestawienie wskazuje, że udział polskich firm jest bliski zeru. Również pod względem

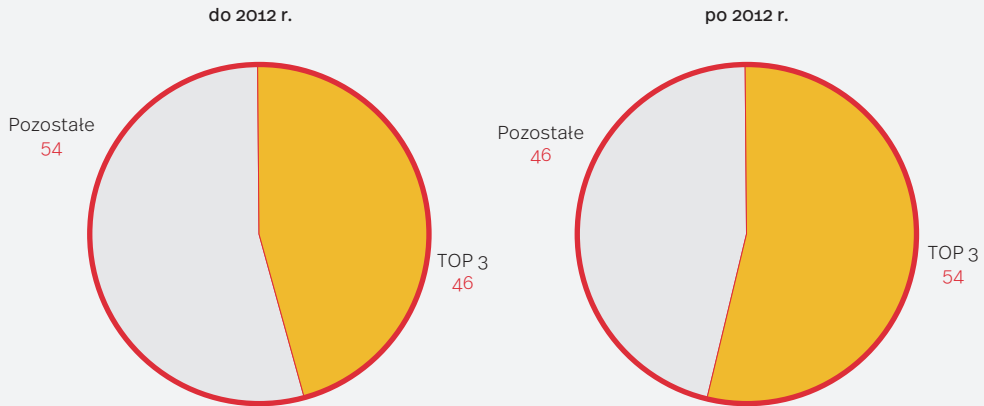
tematycznym następuje koncentracja i specjalizacja regionów wokół kilku tematów.

Dane dotyczące sektora biotechnologii w Polsce są rozproszone, często nieprecyzyjne i ogólne. Ich systematyczne zebranie i analiza przekraczają ramy krótkiego projektu, a wymagają wielomiesięcznej pracy angażującej kilku partnerów. Najczęściej raportowane dane dotyczą wysokości nakładów publicznych, wartości bibliograficznej publikacji naukowych i uczestnictwa w programach finansowanych ze źródeł krajowych i europejskich. Rozproszone i trudne w agregacji są dane pozwalające ocenić wartość

opracowanych i uzyskanych patentów, produktywność i wartość dodaną sektora, a także

precyzyjne dane o liczbie, charakterze i działalności firm w tym sektorze.

▼ **Wykres 3.** Odsetek biotechnologicznych start-upów pochodzących z 3 państw o największym udziale tego typu firm w Europie (proc.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: Le Deu, Santos Da Silva (2019).

▼ **Tabela 2.** Specjalizacja krajów europejskich w inwestycjach biotechnologicznych

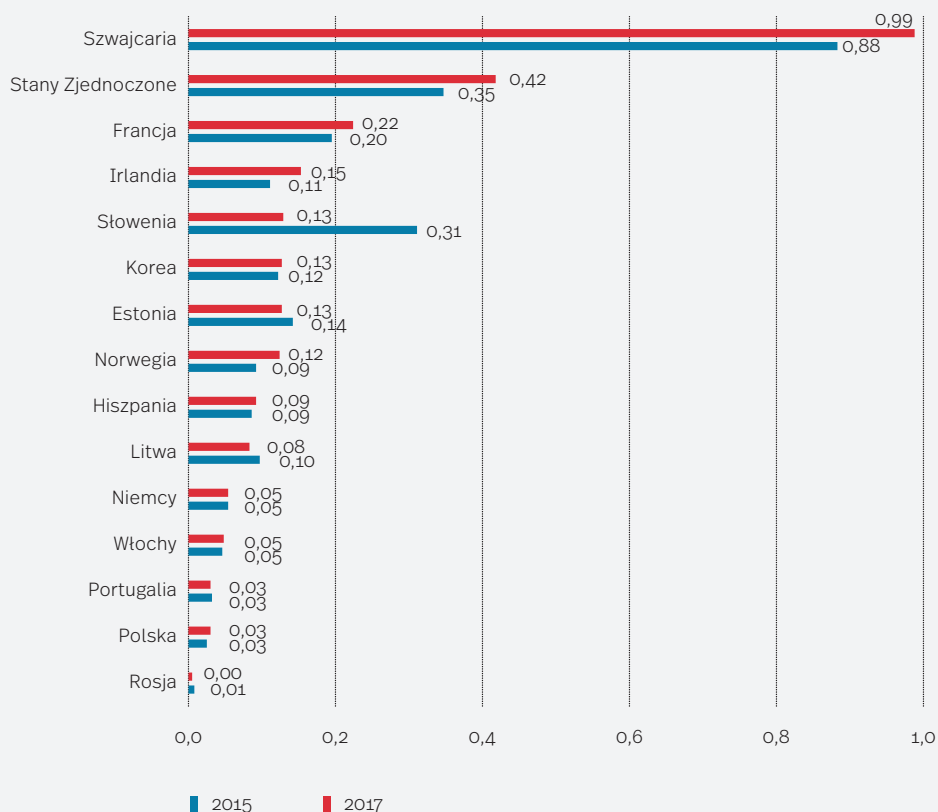
WYSZCZEGÓLNIENIE	SPECJALIZACJA	KRAJE WIODĄCE	KRAJE AKTYWNE
Metody terapeutyczne	Immunoterapia	Szwajcaria, Wielka Brytania	Belgia, Francja, Niemcy, Niderlandy
	Terapie genowe i komórkowe	Szwajcaria, Wielka Brytania, Niderlandy	Włochy, Niemcy
	Centra usługowe	Niemcy, Wielka Brytania	Norwegia, Szwajcaria
Obszary terapeutyczne	Onkologia	Szwajcaria, Wielka Brytania	Belgia, Francja, Finlandia, Irlandia, Szwecja, Szwajcaria
	Choroby ośrodkowego układu nerwowego	Wielka Brytania	Belgia, Dania, Finlandia, Irlandia, Szwecja, Szwajcaria
	Choroby metaboliczne	Wielka Brytania, Niderlandy	Włochy, Niemcy
	Dermatologia	Szwajcaria	
	Okulistyka	Wielka Brytania	

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: Le Deu, Santos Da Silva (2019).

Poniższa analiza nie jest zatem wyczerpującą i pogłębioną diagnozą, a raczej wskazaniem wybranych aspektów obrazujących stan polskiej biotechnologii, głównie na tle innych krajów OECD, dla których są dostępne porównywalne dane. Jak już wskazaliśmy na początku tego rozdziału, w porównaniu z większością krajów w UE lub OECD Polska inwestuje niższy procent wartości PKB w działalność badawczo-rozwojową ogólnie a w szczególności w biotechnologię. W naszym kraju działa też zdecydowanie mniej firm.

Zgodnie z danymi z OECD w 2017 r. najwyższą intensywność firm w działalności B+R w obszarze biotechnologii w przeliczeniu na udział wartości dodanej przemysłu notuje się w Szwajcarii, następnie w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. Kolejnymi z wybranej grupy państw są Francja, Irlandia, Słowenia, Korea. Intensywność badań i rozwoju w Polsce jest kilkakrotnie niższa niż na Litwie czy w Estonii i ponad trzynastokrotnie niższa niż w USA.

▼ Wykres 4. Intensywność badań i rozwoju w biotechnologii w sektorze przedsiębiorstw jako proc. udział wartości dodanej przemysłu



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: OECD (2019).

Większość środków publicznych na biotechnologię w Polsce jest przekazywanych na szkolnictwo wyższe, w szczególności na badania podstawowe. Środki wykorzystywane na badania rozwojowe w przedsiębiorstwach są relatywnie niskie. Przykładowo w 2018 r. z całkowitej puli 440 mln PLN, 354 mln przeznaczono na instytuty naukowe (z czego 240 mln PLN na badania podstawowe, 62 mln PLN na badania stosowane i 51 mln PLN na badania translacyjne), a 66 mln PLN na przedsiębiorstwa (z czego 47 mln PLN na badania podstawowe, 12 mln na badania stosowane i 7,6 mln na badania translacyjne).

Produktywność naukowa w przeliczeniu na jednego badacza jest taka jak w Niemczech (mimo 4-krotnie niższych nakładów na badania). Jeżeli natomiast chodzi o liczbę publikacji z obszaru biotechnologii, opublikowanych w bazie Scopus, to Polska niemal podwoiła wartość wskaźnika liczby publikacji na milion mieszkańców między 2000 (7,7) a 2018 r. (13,7). Wciąż jednak pozostaje to jedna z najniższych wartości dla krajów z OECD.

Jeszcze mniej pozytywny obraz wyłania się, gdy spojrzymy na dane dotyczące cytowań publikacji biotechnologicznych w patentach zgłoszonych do rejestracji. W latach 2000-2018 liczba polskich publikacji biotechnologicznych cytowanych w zarejestrowanych patentach w przeliczeniu na 1 mln mieszkańców wyniosła 7,1. To jeden z najniższych wskaźników w grupie państw OECD.

Innym miernikiem produktywności krajowego systemu badań i rozwoju jest liczba patentów. W porównaniu z kilkoma krajami w regionie liczba patentów w przeliczeniu na finansowanie publiczne jest w Polsce relatywnie wysoka, ale ilość i jakość danych nie pozwoliła na ocenę

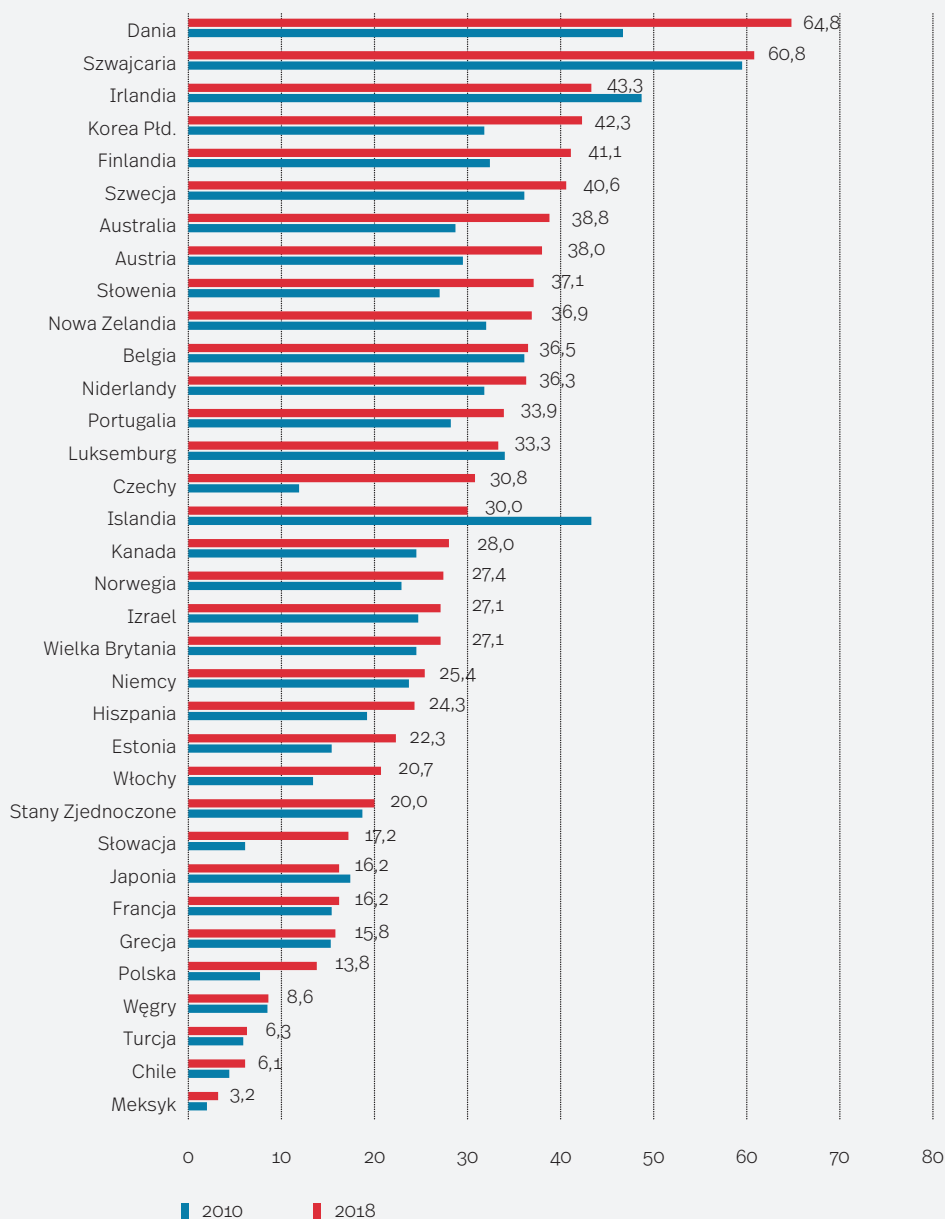
ich wartości ekonomicznej, czyli potencjalnego wpływu tych patentów na gospodarkę.

Działania rozwojowe i translacyjne w tym obszarze odgrywają znaczącą rolę i wiele ośrodków akademickich, a także *hubów* sektorowych w Europie i na świecie, wzmacnia swoje kompetencje. Mimo pojawienia się sieci ośrodków transferu technologii przy ośrodkach akademickich i badawczych w Polsce działania te wymagają dalszego wzmocnienia przez adekwatną politykę kadrową (pozyskiwanie osób z doświadczeniem w efektywnym transferze technologii, poszerzona współpraca z innymi ośrodkami i wzmacnianie własnych kompetencji).

Sektor finansujący wczesne działania translacyjne i komercjalizacyjne (*venture capital*) na tle świata i Europy jest w Polsce niemal nieobecny, mimo wielu prób od strony legislacyjnej i organizacyjnej (PARP, KFK), a w ostatnich latach również od strony finansowej (PFR). Podobnie jak w innych aspektach również (a może przede wszystkim) w tym sektorze sieciowanie i współpraca z innymi ośrodkami w Europie i na świecie jest kluczowa, a próby powołania do życia funduszy z obszarem działania ograniczonym do Polski są obciążone błędem strukturalnym. Wynikiem tej sytuacji jest znikoma przedsiębiorczość w sektorze, która ogranicza się do niewielkiej liczby firm.

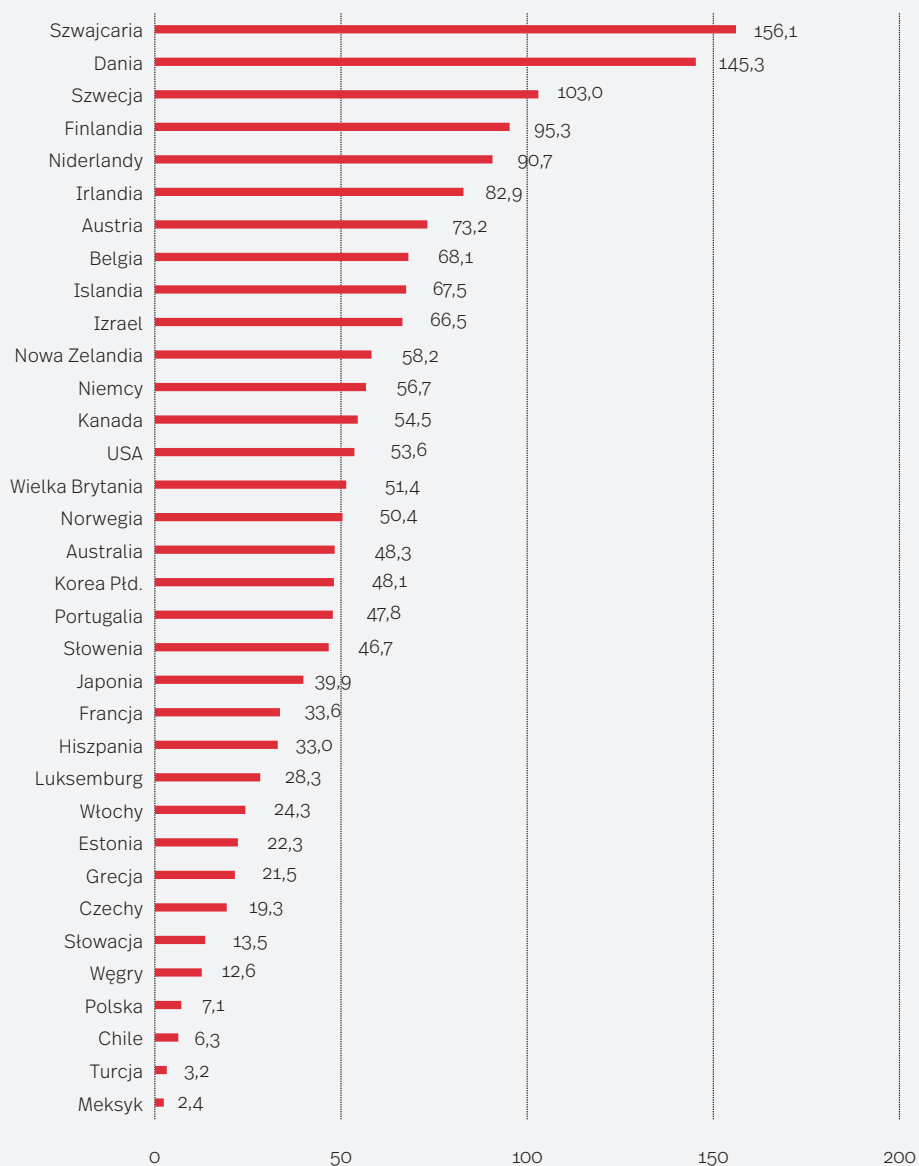
Skutkiem, ale także przyczyną takiej sytuacji jest również ograniczona oferta usług, od usług dotyczących strategii ochrony własności intelektualnej, przez wyspecjalizowane badania translacyjne, otoczenie prawne, kadrowe i księgowo do budowania marki i obecności (zarówno dla pojedynczych firm, jak i całych branż).

▼ Wykres 5. Liczba publikacji z obszaru biotechnologii w czasopismach indeksowanych w bazie Scopus na 1 mln mieszkańców w krajach OECD



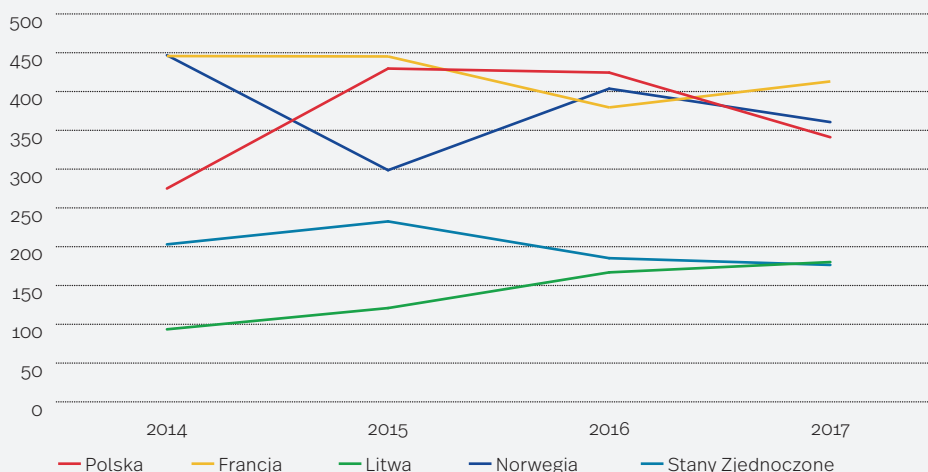
Źródło: opracowanie własne PIE.

▼ Wykres 6. Liczba publikacji biotechnologicznych indeksowanych w bazie Scopus, które były cytowane w patentach w latach 2000-2018 (na 1 mln mieszkańców)



Źródło: opracowanie własne PIE.

▼ Wykres 7. Aplikacje patentowe na 1 mld USD wydatków B+R w biotechnologii



Uwaga: Dane dotyczą patentów zaklasyfikowanych jako biotechnologiczne, farmaceutyczne lub związanych z technologią medyczną.

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych OECD i WIPO.

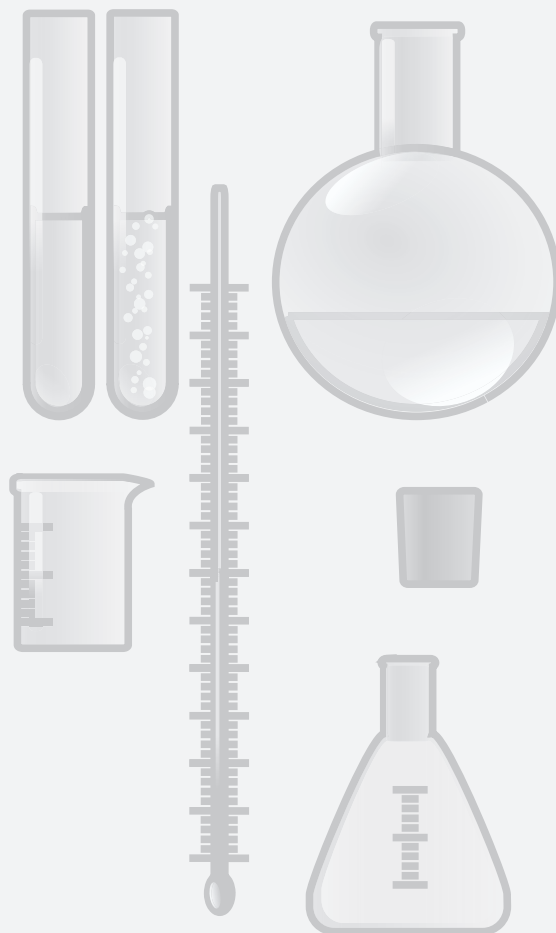
▼ Tabela 3. Analiza słabych i mocnych stron (SWOT) Polski w obszarze biotechnologii

Silne strony	Słabe strony
<ul style="list-style-type: none"> • potencjał ludzki (w tym AI i obszary interdyscyplinarne), • aktywny segment CRO (badania kliniczne), produkcja substancji aktywnych (API) i rosnący segment produkcji karmy dla zwierząt, • utrzymujące się niskie koszty pracy, • stan finansów publicznych. 	<ul style="list-style-type: none"> • brak umiejętności strategicznego zarządzania w tym zakresie), • niska jakość kształcenia praktycznego, • przerost wymagań administracyjnych i kontroli, • brak koordynacji i konsolidacji w działaniach agend rządowych, • brak strategii rozwoju sektora, • brak efektywnego i skutecznego finansowania sektora.
Szanse	Zagrożenia
<ul style="list-style-type: none"> • studenci, młodzi naukowcy przygotowani do radzenia sobie z trudnymi warunkami, • Polonia i osoby z doświadczeniem zawodowym zdobytym w wielu krajach i miejscach, • grupy wsparcia, • istniejąca infrastruktura, • możliwość „skoku technologicznego” wraz ze zmieniającym się charakterem sektora i postępowaniem naukowym. 	<ul style="list-style-type: none"> • zaniechanie działań i „powolny dryf”, • błędna lub nieadekwatna polityka programów wsparcia, • marnowanie talentów, • działania doraźne lub krótkoterminowe, • zniechęcenie środowiska naukowego, przedsiębiorców, • niechęć lub nieumiejętność integracji w ramach UE lub innych struktur, • brak umiejętności przyciągania i utrzymywania zasobów ludzkich.

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: European Commission (2019); Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.) (2017).

Już tylko nieliczne państwa na świecie nie dostrzegają wartości biotechnologii w życiu naukowym i gospodarczym. Wiele traktuje ten sektor priorytetowo i widzi w nim źródło przyszłej wartości w gospodarce opartej na wiedzy, a także we wzmacnianiu umiejętności technologicznych czy procesowych (co wyraża się choćby gotowością do wykorzystania tych umiejętności w walce z nagłym zagrożeniem, np. potencjalnymi kolejnymi epidemiami).

W przypadku Polski brak danych uniemożliwia szybką analizę sektora i ocenę jego wartości dla gospodarki i społeczeństwa. Jest też znakiem braku adekwatnej uwagi podmiotów publicznych czy prywatnych, które mogłyby uruchomić potencjał ludzki i umieścić Polskę na mapie krajów z poważnym podejściem do jednego z najbardziej dynamicznych i obiecujących sektorów gospodarki przyszłości.



Strategia skoku technologicznego – *leapfrogging*

Polska ze względu na obecne możliwości naukowe, techniczne, organizacyjne i finansowe może nie znaleźć adekwatnego dla siebie miejsca w obecnych regionalnych i ponadregionalnych systemach ekonomicznych w obszarach wykorzystujących biotechnologię. W związku z wieloma czynnikami, które w najbliższej przyszłości mogą w znaczący sposób zmienić modele ekonomiczne w tych sektorach nieadekwatne będzie podejście zmierzające do zrównania z państwami o zaawansowanych gospodarkach. Polskie państwo powinno sformułować swoją strategię na podstawie koncepcji „skoku technologicznego” (*leapfrogging*).

Dla krajów, które dotychczas nie uczestniczyły w biotechnologicznym wyścigu na poziomie porównywalnym z liderami, szansą są warunki, w których postęp jest nieliniowy, możliwe są radykalne zmiany usług, produktów i łańcuchów wartości. Takie „przyspieszenie technologiczne” otwiera okno możliwości dla nowych uczestników (Bates Ramirez, 2018). Polska nie powinna więc podążać ścieżkami wytyczonymi przez pionierów, nie powinna iść ich śladem, ale szukać własnej drogi w obszarach, które nie są jeszcze zagospodarowane. Dlatego polska strategia biotechnologiczna powinna opierać się na koncepcji „skoku technologicznego” (*leapfrogging*).

Postęp dokonany w ostatnich latach w obszarach wykorzystujących biotechnologię jest niezwykle szybki, ale ze względu na relatywnie stabilne modele biznesowe firm integrujących innowacje, jest wciąż liniowy. W trzech gałęziach biotechnologii są to:

a) **biotechnologia medyczna:** nowe modalności terapeutyczne, np. przeciwciała, metody

opracowywania nowych leków, np. synteza chemiczna bibliotek wejściowych związków chemicznych i High Throughput Screening (HTS) czy High Content Screening (HCS), *phage display*, metodologia chemii medycznej, ale także nowe odkrycia, np. nowa klasa cząsteczek modyfikujących ekspresję genów (siRNA, miRNA, oligonukleotydy antysensowne);

b) **biotechnologia przemysłowa:** odkrycia nowych enzymów (naturalnych katalizatorów reakcji), metod produkcji związków chemicznych z wykorzystaniem modyfikacji ścieżek metabolicznych organizmów wejściowych, takich jak najczęściej wykorzystywane bakterie czy drożdże, czy metody konwersji chemicznej/fizycznej biomasy w kierunku produktów o wartości dodanej;

c) **biotechnologia rolnicza:** produkty syntezy chemicznej jako środki ochrony zdrowia i dobrostanu zwierząt i roślin (antybiotyki, herbicydy, pestycydy) a także wzmocnienia przyrostu roślin i zwierząt (antybiotyki, nawozy, hormony).

Analiza postępu technologicznego, a także pojawiających się produktów kolejnych generacji sugeruje, że każdy z tych sektorów staje się lub w nieodległej przyszłości może stać się areną przyspieszonych zmian, które wpłyną na pojawienie się nowych klas produktów wymagających modyfikacji modeli biznesowych i ekonomicznych oraz wypracowania nowych łańcuchów wartości.

W biotechnologii medycznej i farmaceutyce mogą to być w szczególności produkty lecznicze (*curative*) czyli takie, które usuwają przyczynę

choroby, np. terapie genowe w przypadku chorób o podłożu genetycznym, całkowita eliminacja drobnoustrojów patogennych, np. wirusów, szybka i efektywna eliminacja komórek nowotworowych, odwrócenie zmian chorobowych, np. w przypadku chorób degeneracyjnych czy starzenia się, precyzyjna diagnostyka a także profilaktyka. Jak również rozwój medycyny personalizowanej. Pełne wykorzystanie tego typu innowacji wymaga kilku sprzyjających czynników, tj.: zmian w modelach biznesowych, czyli odejścia od *pill in a box*, modyfikacji strategii firm oferujących ubezpieczenia na życie i zdrowie, bezpiecznego i zgodnego ze standardami etycznymi zarządzania danymi pozyskanymi od pacjentów w celu „domknięcia” przepływu wartości.

W biotechnologii przemysłowej zauważamy trendy prowadzące do prób projektowania całych organizmów czy już możliwej znaczącej ingerencji genetycznej w organizmy istniejące w celu uzyskania tanich i efektywnych metod produkcji wartościowych substancji. Jednocześnie największym wyzwaniem sektora pozostaje adekwatność ekonomiczna produktów prowadząca często do konieczności stworzenia nowych łańcuchów wartości (zarówno na poziomie zakładów produkcyjnych, sektorów, jak i gospodarki zasobami naturalnymi) w celu wykorzystania nowych technologii. Próby punktowego zastępowania istniejących produktów, np. materiałów opakowaniowych, spotykają się z nieusuwalnymi barierami, np. istniejącymi sieciami, inercją, utraconymi kosztami rozwiązań

obecnych na rynku. Model bezpośredniej absorpcji innowacji stosowany w sektorze biotechnologii medycznej i farmaceutyce mimo wielu prób często nie ma tu zastosowania. Dlatego sektor wymaga wypracowania nowego modelu umożliwiającego skalowanie procesów, tak by wykorzystał pełnię możliwości produkcyjnych i zwiększył opłacalność i trwałość modeli biznesowych.

Skala globalnej produkcji rolnej (zarówno roślinnej, jak i zwierzęcej) w połączeniu z obecnie stosowanymi metodami prowadzi do niezrównoważonej gospodarki zasobami naturalnymi i jest w coraz większym stopniu postrzegana jako jedno ze źródeł potencjalnego obniżenia dobrostanu ludzi i zwierząt, np. przez redukcję naturalnych ekosystemów i bioróżnorodności, niezamierzonych efektów ubocznych, np. rozszerzająca się oporność lekowa bakterii związana z nadużywaniem antybiotyków w hodowli zwierząt, modyfikacja zachowań zwierząt związana z obecnością w środowisku substancji aktywnych, np. hormonów lub psychoaktywnych. Aby zrównoważyć metody produkcyjne rolnictwo powinno korzystać z postępu biotechnologicznego w połączeniu z innymi elementami, np. nowatorskimi metodami upraw (nawożenia, nawadniania, ochrony). Pełne wpiisanie rolnictwa w strategię gospodarki i ochrony zasobów naturalnych będzie możliwe tylko przy wypracowaniu nowych modeli biznesowych i modyfikacji metod alokacji wypracowanej wartości ekonomicznej.

Cele strategiczne dla polskiej biotechnologii

W zaawansowanych obszarach nauki i gospodarki, np. w biotechnologii, o sukcesie decyduje koordynacja działań między sektorem publicznym, a prywatnym. Długoterminowa strategia rozwoju ułatwia połączenie publicznej edukacji, inwestycji i finansowania badań ze strategiami i inwestycjami korporacyjnymi. Dodatkowo stanowi jasny sygnał dla partnerów międzynarodowych i pozycjonuje kraj w złożonej sieci relacji międzynarodowych. Dlatego wiele krajów rozwiniętych i uważanych za rozwijające się opracowało i wdraża takie strategie, zarówno dla biotechnologii medycznej, jak i przemysłowej czy rolniczej. Syntetyczny przegląd niektórych z nich umieściliśmy w aneksie 1.

Polska wraz z kilkoma krajami w Europie (Bułgaria, Chorwacja, Czechy, Grecja, Luksemburg, Łotwa, Rumunia, Słowenia i Węgry) nie opracowała strategii rozwoju biotechnologii czy szerzej – biogospodarki. Dotychczasowe koncepcje wsparcia rozproszone są w wielu dokumentach (*Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju...*, programy sektorowe) i nie wyznaczają spójnych ram strategicznych. To niekorzystny stan, który powinien się zmienić. Motywacją do zmian, a jednocześnie szansą, może być proces wychodzenia polskiej i światowej gospodarki z kryzysu wywołanego pandemią. Nawet jeśli nadchodzące miesiące nie przyniosą gospodarczej i geostrategicznej rewolucji, to na pewno obserwujemy początek ewolucji w kilku obszarach, która otworzy

przed polskimi firmami szansę na bardziej aktywne włączenie się w międzynarodowe łańcuchy wartości, także te o wysokim stopniu zaawansowania.

Dlatego postulujemy opracowanie ambitnej strategii, rozumianej nie tylko jako dokument, ale jako fundament systemu planowania, koordynacji i monitorowania działań wspierających rozwój polskiej biotechnologii. Naszym zdaniem największą szansę na znaczący sukces tych działań daje nie tyle doganianie liderów, podążanie ich ścieżką, ile próba rozwoju oparta na koncepcji *leapfroggingu*. Polska powinna więc rozwijać sektor tak, by wykorzystywać potencjał przetomowych odkryć do projektowania nowatorskich produktów i usług, które wypełniają luki podażowe w istniejących segmentach rynków medycznego, przemysłowego i rolniczego lub doprowadzą do stworzenia zupełnie nowych segmentów. W tym rozdziale przedstawiamy ramy, na których można zbudować taki dokument.

Wizja strategiczna: Polska staje się krajem, który świadomie i celowo rozwija zasoby ludzkie, naturalne, infrastrukturalne i ekonomiczne, by korzystając z biotechnologii jako źródła postępu technologicznego, tworzyć znaczącą wartość ekonomiczną i społeczną, nie tylko na skalę lokalną, ale także międzynarodową.

Aby ta wizja mogła zostać zrealizowana, trzeba wyznaczyć ambitne cele strategiczne na najbliższych 10-15 lat, dla każdego z podobszarów biotechnologii.

Cel strategiczny 1.**Polska powinna osiągnąć pozycję regionalnego lidera w jednym z obszarów biotechnologii medycznej i farmaceutyki o najwyższej wartości dodanej.**

Takimi obszarami są m.in. terapie lecznicze w chorobach genetycznych lub neurodegeneracyjnych, terapie stabilizujące lub odwracające proces starzenia, terapie odwracające skutki zmian chorobowych.

Cel strategiczny 2.**Polska powinna osiągnąć pozycję światowego lidera postępu technologicznego w zaawansowanej analizie danych na potrzeby ochrony zdrowia.**

Wiąże się to z budowaniem systemu ekonomii zdrowia, w którym wszyscy interesariusze, czyli pacjenci, lekarze, jednostki ochrony zdrowia, ubezpieczyciele prywatni i publiczni, firmy, czerpią korzyści z profilaktyki, diagnostyki, medycyny zachowawczej i terapii leczniczych. W systemie muszą działać sprawne mechanizmy tworzenia i udostępniania wiedzy, oparte na automatyzacji – AI/ML, o już dostępnych środkach medycznych, np. lekach generycznych czy biopodobnych, co pozwoli zwiększyć dostępność i obniżyć koszty tradycyjnej ochrony zdrowia.

Cel strategiczny 3.**Polska powinna osiągnąć pozycję regionalnego lidera wykorzystującego biotechnologię przemysłową do tworzenia i rozwijania procesów, produktów i usług o wysokiej wartości dodanej.**

Cel ten można powiązać z szerszymi wyzwaniami kraju, takimi jak transformacja gospodarki zapewniająca ochronę klimatu, środowiska naturalnego i ograniczająca zależność od zasobów kopalnych. Obszary, które powinny być priorytetowe dla realizacji tego celu, to:

- wykorzystanie enzymów, mikroorganizmów i hodowli komórkowych do przetwarzania odpadów, biomasy lub wytwarzania produktów użytecznych, np. energii, surowców, materiałów i chemikaliów,
- wykorzystanie i doskonalenie technik biotechnologii stosownych do oczyszczania ścieków, gazów, unieszkodliwiania odpadów, uzdatniania wody, remediacji gruntów z zanieczyszczeń.

Cel strategiczny 4.**Polska powinna osiągnąć pozycję regionalnego lidera wykorzystującego biotechnologię rolniczą w produkcji żywności i innych procesach rolniczych.**

Dzięki wykorzystaniu osiągnięć nauk biologicznych (mikrobiologia, biocydy, biokonwersja) realizacja tego celu przyniesie nie tylko korzyści gospodarcze, ale przyczyni się do obniżenia negatywnego wpływu rolnictwa na środowisko, podwyższenia jakości żywności bez podnoszenia kosztów całkowitych produkcji rolnej.

Do realizacji powyższych celów niezbędne będzie zaplanowanie i przeprowadzenie wieloletniego procesu strategicznego, który może odbywać się według następującego planu:

Etap 1.

Pogłębiona diagnoza stanu biotechnologii w Polsce (6 miesięcy)

Zadania: wieloaspektowa analiza stanu obecnego, określenie kierunków działań, przygotowanie strategii i planu prac.

Działania:

1. Powołanie przy Ministerstwie Rozwoju interdyscyplinarnego, międzynarodowego zespołu interesariuszy i ekspertów z różnych obszarów: nauki, biznesu, administracji, statystyki publicznej, sektora pozarządowego, który będzie odpowiadał za działania koordynacyjne i opracowanie szczegółowego programu strategii.
2. Diagnoza sytuacji wyjściowej, punktu startu: nałożenie wyników analizy kompetencji po polskiej stronie (obecnie istniejących lub możliwych do osiągnięcia w krótkim czasie) z analizą łańcucha wartości obecnie istniejących sektorów:
 - 2.1. opracowanie metodologii diagnozy, przede wszystkim identyfikacja obszarów i procesów gromadzenia danych z różnych źródeł,
 - 2.2. przygotowanie szczegółowej analizy stanu biotechnologii w Polsce (jej mocnych i słabych stron), w ujęciu systemowym (nauka, biznes, środowisko instytucjonalne i regulacyjne), uwzględniające ocenę dotychczasowych działań.
3. Konsultacje diagnozy i założeń strategii z szerszym gronem interesariuszy.

Etap 2.

Włączenie polskich podmiotów do globalnych łańcuchów wartości (do 3 lat)

Zadania: pozyskanie i wzmocnienie kompetencji (powracający z zagranicy, Polonia, obcokrajowcy), mobilizacja i wykorzystanie istniejących mechanizmów i infrastruktury, rozwój „kultury sukcesu” w sektorach.

Działania:

1. Koordynacja i konsolidacja działań organów centralnych (ministerstwa, środki finansowania publicznego, centra sektorowe).
2. Stworzenie *hubów* i centrów tematycznych wykorzystujących istniejące mechanizmy i infrastrukturę; stworzenie centrum wspierania działań translacyjnych w biotechnologii medycznej i skalowania technologii w biotechnologii przemysłowej, np. półprzemysłowa produkcja API, robotyzacja, automatyzacja, AI, ML, *flexible bioplant* (skalowanie procesów i produkcji biotechnologii przemysłowej).

Etap 3.

Przygotowanie do przejmowania pozycji lidera w punktach węzłowych nowych łańcuchów wartości (do 5 lat)

Zadania: przygotowanie podstaw technologicznych, organizacyjnych, infrastrukturalnych, finansowych, w celu stworzenia załączków nowych łańcuchów wartości.

Działania:

1. Przygotowanie mechanizmów wsparcia koniecznych do powstania nowych łańcuchów wartości (technologia + data/AI + modele ekonomiczne + finansowanie).
2. Identyfikacja, budowa i bezpośrednie wsparcie dla punktów węzłowych.
3. Inwestycje infrastrukturalne.
4. Inicjowanie i wzmacnianie współpracy interdyscyplinarnej.
5. Utworzenie i wzmocnienie *hubów* tematycznych² – połączenie centrum naukowego lub koordynującego badania, np. WIB, inkubatora lub akceleratora, źródeł finansowania – publicznego, prywatno-publicznego i prywatnego, centrum wsparcia – np. eksperci od IP, komercjalizacji, translacji, skalowania itp. w celu stworzenia lub osiągnięcia masy krytycznej naukowej i eksperckiej – w konkretnych miastach i regionach z udziałem korporacji lokalnych i globalnych.

Etap 4.**Przejęcie roli lidera technologicznego (biznesowego) w wybranych aspektach sektora biotechnologicznego (do 10 lat)**

Zadania: wzmacnianie i rozwijanie wcześniej osiągniętych potencjałów i kompetencji.

Działania:

1. Działania *Proof of Concept* (PoC), skalowanie.
2. Pełne zaangażowanie i wsparcie punktów węzłowych.
3. Utworzenie kolejnych *hubów*.
4. Siedziba regionalnej, np. unijnej instytucji wsparcia biznesu biotechnologicznego.
5. Pilotaż nowego systemu ubezpieczeń na zdrowie i życie – nowe mechanizmy finansowania ochrony zdrowia.

Aby zrealizować założone działania niezbędne będzie zapewnienie warunków brzegowych, takich jak:

- **konsolidacja i uspołnienie działań naukowych** (nauki podstawowe, stosowane, translacyjne), wspomagających i finansowych oraz wzmocnienie współpracy i wymiany informacji między różnymi kategoriami interesariuszy,
- **rozbudowany i sprawny ekosystem wsparcia** – ustanowienie centrów wspierających (w obszarach biostatystyki, projektowania

i zarządzania działaniami *Proof of Concept*, translacja i skalowanie technologii, wsparcie obecności w światowym przepływie informacji),

- **stale rozwijające się zasoby ludzkie** – zwiększone inwestycje w wiedzę, umiejętności i ciągłe doskonalenie, przyciągnięcie i utrzymanie instytucji oraz osób z doświadczeniem w zarządzaniu, organizowaniu, świadczeniu usług w danych dziedzinach (IP, finansowanie, wejście i ekspansja na regulowane rynki zagraniczne, np. USA lub Daleki Wschód,

² Biotechnologia medyczna (np. onkologia), biotechnologia przemysłowa i rolnicza, *digital health* i *e-health*, *data driven insurtech*. Wartość dodana: lepsza profilaktyka, wczesna interwencja (epidemie, starzenie się społeczeństwa, generowanie wartości opartej na danych przez i dla dostawców produktów i usług, technika medyczna, diagnostyka, nowe materiały i nowoczesne metody produkcji (*additive manufacturing*, biomateriały etc.), biotechnologia rolnicza.

projektowanie międzynarodowych badań translacyjnych),

- **adekwatne i efektywne nakłady finansowe** – drabinka mechanizmów finansujących (granty, finansowanie *start-up*, rundy A/B, PE) w systemie otwartym i międzynarodowym,
- **stabilne środowisko gospodarcze i podatkowe** – proste i zrozumiałe regulacje finansowe i podatkowe dotyczące m.in. własności intelektualnej, zysków z komercjalizacji (natychmiastowej, odroczonej) dla twórców, instytucji naukowych, *start-upów*, funduszy inwestycyjnych.

Przygotowanie takiego dokumentu i zbudowanie wokół niego odpowiedniej sieci partnerów, to zadanie czasochłonne. Jednocześnie sektory, w których biotechnologia może mieć istotny wpływ na tworzenie przewag konkurencyjnych, nieustannie i dynamicznie rozwijają się. Aby czas potrzebny na opracowanie dokumentacji nie był stracony, proponujemy też kilka konkretnych rozwiązań, które można wdrożyć równolegle z opracowywaniem szerszej strategii. Część z tych rozwiązań może towarzyszyć przygotowywaniu i opracowywaniu planów wychodzenia z kryzysu spowodowanego epidemią koronawirusa.

W horyzoncie krótkookresowym rekomendujemy:

Wprowadzenie zachęt podatkowych dla inwestorów w sektorze biotechnologii, ukierunkowanych na promowanie inwestycji kapitałowych i zatrudnianie wysoko wykwalifikowanych kadr, w szczególności:

- wprowadzenie jednoznacznych i prostych reguł dotyczących odliczania wszystkich kosztów IPO (pierwszej oferty publicznej) jako kosztów uzyskania przychodu,
- rozbudowanie istniejących instrumentów ulgi B+R i IP-BOX w taki sposób, aby zachęcały do wdrażania rozwiązań biotechnologicznych w firmach modernizujących dotychczasowe procesy produkcji i świadczenia usług,
- obniżenie kosztów pracy przez zwolnienie pracodawców zatrudniających pracowników do zadań w zakresie działalności badawczo-rozwojowej w biotechnologii z części składek na ubezpieczenia społeczne oraz części podatków dochodowych, tak by obniżyć koszty pracodawców jednocześnie umożliwiając wypłacanie wyższych wynagrodzeń najbardziej utalentowanym pracownikom.

Utworzenie w Polskiej Agencji Inwestycji i Handlu (Grupa PFR) zespołu zajmującego się wyłącznie promowaniem polskiego sektora biotechnologicznego i przyciąganiem inwestycji biotechnologicznych.

- PAIH jako doświadczona instytucja promocji polskiej gospodarki za granicą, powinna rozszerzyć swoją działalność poza standardowe sektory, w których ma dotychczas największe doświadczenie, np. *automotive*, dodając do swojego portfolio działania ukierunkowane na przyciąganie inwestycji biotechnologicznych.

Konsolidacja różnych źródeł finansowania, aby umożliwić finansowanie ambitnych, przetomowych badań

- jednym z ryzyk towarzyszących rozwojowi sektora jest prowadzenie rozproszonych badań nad wieloma małymi projektami, które nie są w stanie wygenerować przetomowych odkryć,

wpisujących się w strategię *leapfrogging*; może to prowadzić do generowania dużej liczby patentów, których wartość jest niewielka,

- przy ograniczonych zasobach finansowych Polski należy dążyć do koncentracji i konsolidacji finansowania, aby w kilku kluczowych obszarach osiągnąć masę krytyczną niezbędną do prowadzenia ambitnych projektów.

Rozpoczęcie działań nad utworzeniem Narodowego Centrum Bioinformatyki

- to działanie zgodne z jednym z długookresowych celów strategicznych (Polska jako regionalny lider nowych produktów i usług wykorzystujących dane medyczne), a jednocześnie bazujące na istniejącym krajowym potencjale kadrowym w obszarze programowania, matematyki, statystyki. Instytut, którego powołanie rekomendujemy, powinien z jednej strony zajmować się budowaniem potencjału technologicznego i organizacyjnego w zakresie wykorzystania danych, a jednocześnie stać się platformą promującą polskie talenty i przyciągającą najlepszych kooperantów z instytucji międzynarodowych.



Aneks 1. Synteza strategii biotechnologicznych

W ostatnich kilkunastu latach wiele państw z całego świata dostrzegło szanse wynikające z rozwoju sektora biotechnologii i opracowało strategie, które wyznaczyły kierunki wsparcia tej branży. Poniżej prezentujemy główne założenia z najciekawszych dokumentów.

Poza państwami wymienionymi w tabeli, strategie opracowały również m.in.:

- Szwecja (*Swedish Research and Innovation – Strategy for a Bio-Based Economy – 2012 r.*),
- Republika Południowej Afryki (*The Bio-economy Strategy – 2013 r.*),
- Finlandia (*Sustainable Growth for Bioeconomy – The Finnish Bioeconomy Strategy – 2013 r.*),
- Włochy (*BIT – Bioeconomy in Italy – 2016 r.*),
- Hiszpania (*Spanish Strategy on Bioeconomy Horizon 2030 – 2016 r.*).

- Niderlandy (*Framework Memorandum on the Bio-Based Economy – 2012 r.*),

▼ Tabela 1. Główne założenia wybranych strategii biotechnologicznych

Malezja, *National Biotech Policy (2005 r.)*

Główny cel: zapewnienie ram rozwoju dla przemysłu biotechnologicznego realizowanego w trzech etapach i dziewięciu głównych obszarach:

Etapy:

- I – budowanie potencjału (2006-2010),
- II – nauka dla biznesu (2011-2015),
- III – globalny biznes (2016-2020).

Obszary: Agriculture Biotechnology Development, Healthcare Biotechnology Development, Industrial Biotechnology Development, R&D and Technology Acquisition, Human Capital Development, Financial Infrastructure Development, Legislative and Regulatory Framework Development, Strategic Positioning, Government's Commitment).

Od ogłoszenia strategii w malezyjski przemysł biotechnologiczny do 2009 r. zainwestowano 1,3 mld USD (4,5 mld RM). Rząd finansował 57,8 proc. inwestycji, a pozostałą część – sektor prywatny. Wkład przemysłu biotechnologicznego w PKB w 2009 r. oszacowano na 2 proc.

*USA, National Bioeconomy Blueprint (2012 r.)***Główne cele:**

- wsparcie inwestycyjne działalności badawczo-rozwojowej,
- ułatwienie transferu biowynalazku z laboratorium na rynek, w tym dostosowanie regulacji prawnych,
- przygotowanie i reforma regulacji prawnych w celu ograniczenia barier tworzenia innowacji, przy jednoczesnej ochronie zdrowia ludzi oraz środowiska,
- aktualizowanie programów szkoleniowych i zachęcanie instytucji akademickich do przygotowania studentów do wymogów rynku pracy,
- identyfikacja i wsparcie możliwości rozwoju partnerstw publiczno-prywatnych, współpracy w ramach której konkurenci gromadzą zasoby, wiedzę i doświadczenie i wspólnie uczą się na sukcesach i porażkach.

*Niemcy, National Policy Strategy on Bioeconomy (2014 r.)***Główne cele:**

- dążenie do bycia centrum badań i innowacji w tworzeniu procesów, produktów, energii i usług w obszarze biogospodarki,
- wywiązanie się z odpowiedzialności za globalne wyżywienie, ochronę klimatu, zasobów i środowiska.

Strategia ma pięć filarów:

- zapewnienie globalnego żywienia,
- zapewnienie zrównoważonej produkcji rolnej,
- produkcja zdrowej i bezpiecznej żywności,
- opracowywanie nośników energii opartych na biomasie,
- wykorzystanie odnawialnych źródeł surowców w przemyśle.

*Indie, National Biotechnology Development Strategy 2015-2020 (2015 r.)***Główne cele:**

- pozyskanie i rozwój zasobów ludzkich i talentów,
- racjonalne wykorzystanie zasobów środowiska w biogospodarce,
- zachęty do prowadzenia badań naukowych z możliwym wykorzystaniem praktycznym,
- komercjalizacja – wspieranie innowacji, zdolności translacyjnych i przedsiębiorczości,
- wzmocnienie zdolności wsparcia instytucjonalnego.

*Chiny, Made in China 2025 oraz 13-ty Five Year Plan (2016 r.)***Główne cele:**

- osiągnięcie pozycji światowego lidera w dziedzinie biotechnologii, zwłaszcza biotechnologii medycznej.

Francja, *A Bioeconomy Strategy for France (2016 r.)*

Główne cele:

- poszerzenie wiedzy,
- promowanie biogospodarki i jej produktów wśród ogółu społeczeństwa,
- tworzenie warunków do dopasowania podaży na żądanie,
- zrównoważona produkcja, mobilizacja i przetwarzanie,
- usuwanie przeszkód inwestycyjnych i zapewnianie finansowania.

Norwegia, *Familiar Resources – Undreamt of Possibilities (2016 r.)*

Główne cele:

- rozwój i wykorzystanie innowacyjnej wiedzy i metodologii biotechnologicznej na najwyższym międzynarodowym poziomie,
- rozwój i wykorzystanie biotechnologii, która prowadzi do innowacji i rozwoju przemysłowego,
- odpowiedzialny rozwój technologii, która rozwiązuje główne wyzwania społeczne,
- współpraca między środowiskami naukowymi i biznesem, podział zadań oraz ukierunkowana działalność badawcza na poziomie krajowym i międzynarodowym.

Wielka Brytania, *Life Science: industrial strategy. A National Industrial Biotechnology Strategy to 2030 (2018 r.)*

Główne cele:

- Zaawansowany Program Badań Medycznych (HARP) – wykreowanie 2-3 nowych sektorów gospodarki w ciągu 10 lat,
- wzmocnienie wartości brytyjskiej nauki – przyciągnięcie 2000 osób spoza UK z umiejętnościami w tworzeniu i udoskonalaniu leków,
- 50-procentowy wzrost liczby badań klinicznych w ciągu najbliższych 5 lat oraz wzrost odsetka badań prowadzących do zmian praktyki klinicznej,
- stworzenie w ciągu 10 lat czterech firm brytyjskich o wycenie rynkowej większej niż 20 mld GBP,
- 10 dużych (od 50 do 250 mln GBP) i 10 mniejszych (między 10 a 50 mln GBP) inwestycji w produkcję w ciągu pięciu lat,
- utworzenie 2-5 hubów technologicznych w sektorze danych,
- zarządzanie danymi dotyczącymi badań klinicznych, poprzez NHS (National Health System), a w ramach NHS - NHS DigiTrials Digital Innovation Hub.
- stworzenie Artificial Intelligence Lab (AI Lab). Główne założenia to m.in. przyspieszenie wdrażania technologii AI, testowanie bezpieczeństwa i skuteczności technologii, szkolenie/tworzenie zawodów przyszłości.
- stworzenie systemu migracyjnego umożliwiającego pozyskanie odpowiednich zasobów ludzkich,
- Narodowa Strategia Biotechnologii Przemysłowej 2030. Jej zakres obejmuje:
 - stworzenie dobrze płatnych miejsc pracy dla wysoko wykwalifikowanych pracowników,
 - zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych,
 - utylizacja odpadów i zmniejszenie zależności od paliw kopalnych,
 - rozwój sektora rolno-spożywczego,
 - ulepszenie przemysłu medycznego,
 - udoskonalenie przemysłu,
 - wytwarzanie nowych materiałów i paliw.

Unia Europejska, Innovating for Sustainable Growth: a Bioeconomy for Europe (2012)

Główne cele:

- zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego i żywieniowego,
- zrównoważona gospodarka zasobami naturalnymi,
- ograniczenie zależności od zasobów nieodnawialnych, które nie mają zrównoważonego charakteru – bez względu na to, czy pochodzą ze źródeł krajowych, czy z zagranicy,
- łagodzenie zmian klimatu i przystosowanie się do niego,
- wzmocnienie konkurencyjności Europy i tworzenie miejsc pracy.

Litwa, Life Science Strategy – proposal for Lithuanian government (2018 r.)

Główne cele:

- poprawa otoczenia prawnego i regulacji branży nauk przyrodniczych,
- poprawa systemów dotacji państwowych, wydajne finansowanie nauki, działalności badawczej, rozwojowej i innowacyjnej w przemyśle,
- ustanowienie Funduszu Promocji Innowacji, którego jednym z priorytetowych elementów będą nauki o życiu,
- przygotowanie i wdrożenie atrakcyjnych zachęt dla inwestorów zagranicznych w litewskich naukach przyrodniczych,
- ułatwienie współpracy międzynarodowej w celu zapewnienia wysokiego poziomu jakości działań badawczo-rozwojowych, międzynarodowego rozpowszechniania wiedzy oraz udostępniania infrastruktury naukowej i danych,
- poszerzenie oferty szkoleń dla brakujących specjalistów wysokiego szczebla potrzebnych w branży nauk o życiu.

Aneks 2. *Case studies*

Biotechnologia to dziedzina, w której wyjątkowo ważną jest współpraca interdyscyplinarna, łącząca wiele kierunków i specjalizacji, wykorzystująca zarówno nauki biologiczne, jak i podstawowe nauki ścisłe: chemię, matematykę, informatykę, fizykę. Istotnym elementem jest tu synergia naukowców prowadzących badania podstawowe z tymi, którzy widzą potencjał aplikacyjny. Badania podstawowe pozwalają na odkrycie nowych zjawisk, struktur opisujących działanie organizmów na najgłębszym poziomie. Przykładem naukowca, który odkrył strukturę insuliny, a 20 lat później podał pierwszą metodę sekwencjonowania DNA jest Brytyjczyk Frederick Sanger (jako jedyny dostał podwójną nagrodę Nobla z chemii). Trudno przecenić potencjał

tych odkryć w rozwoju późniejszych metod diagnostycznych i terapeutycznych.

Do czego powinniśmy dążyć myśląc o strategii dotyczącej rozwoju biotechnologii w Polsce? Jakie możliwości mają studenci i absolwenci kierunków biologicznych, matematyki, informatyki, fizyki zajmujący się badaniami w obszarze biotechnologii w wybranych krajach? Niżej pokazujemy wybrane przykłady inicjatyw wspierających prowadzenie badań oraz przedsiębiorczość i współpracę przemysłu z akademią w obszarze biotechnologii w wybranych państwach: Danii, Izraelu, Niemczech oraz Wielkiej Brytanii: BioInnovation Institute, FutuRx, Innovation and Startup Center for Biotechnology (IZB) oraz Milner Therapeutics Institute.

1. BioInnovation Institute (2020)
 - utworzony i finansowany przez Novo Nordisk Foundation,
 - inkubator zapewnia zespołom badawczym i *start-upom* na każdym etapie rozwoju dostęp do infrastruktury (powierzchnia biurowa i laboratoryjna), finansowanie (różnego rodzaju granty w zależności od etapu rozwoju i potrzeb projektu),
 - obszary, w ramach których działa Instytut to *pharma*, *medtech* i *biotech*,
 - dzięki zaangażowaniu globalnej firmy Instytut ma międzynarodową rozpoznawalność.
2. FutuRx (2020)
 - inicjatywa publiczno-prywatna Johnson&Johnson Innovation – JJDC, Takeda Ventures Inc., OrbiMed Israel Partners oraz Izraelskiego Urzędu ds. Innowacji Ministerstwa Gospodarki,
 - dzięki zaangażowaniu globalnych firm farmaceutycznych dostęp do międzynarodowych ekspertów i mentorów,
 - inkubator zapewnia *start-upom* na wczesnym etapie finansowanie, dostęp do infrastruktury, wsparcie operacyjne i administracyjne oraz dostęp do inwestorów, ekspertów oraz potencjalnych odbiorców technologii i klientów.
3. Innovation and Startup Center for Biotechnology (IZB, 2020)
 - IZB zrzesza 60 firm biotechnologicznych (działających w obszarze biotechnologii medycznej i przemysłowej) zatrudniających 600 pracowników,
 - w ramach IZB *start-upy* otrzymują wsparcie finansowe, dostęp do ekspertów i szeroki *network* biznesowo-naukowy (dzięki bliskości m.in. instytutów Maxa Plancka).

4. Milner Therapeutics Institute (2020)

- konsorcjum działające na terenie Uniwersytetu Cambridge zrzeszające instytuty badawcze oraz firmy farmaceutyczne,
- dostęp do infrastruktury na terenie Uniwersytetu Cambridge i posiadanie własnej przestrzeni laboratoryjnej,
- współpraca między naukowcami z instytutów badawczych i uniwersytetów a naukowcami pracującymi w przemyśle,
- w ramach Milner Therapeutics Institute działa program akceleracyjny Start Codon dla *start-upów*, przygotowujący firmy do finansowania w Serii A.

Obecny czas pandemii pozwolił zrozumieć jak istotne są i będą inwestycje w badania w obszarze nauk biologicznych. Bazując na przykładach już istniejących programów akceleracyjnych oraz inkubatorów można stwierdzić, że istotnym elementem jest zaangażowanie przemysłu w tworzenie i rozwój ekosystemu. Kluczowym aspektem wydaje się koordynacja współpracy między istniejącymi i tworzonymi projektami. Niżej przedstawiamy rekomendacje dotyczące utworzenia w Polsce programu akceleracyjnego dla zespołów badawczych, technologii, *start-upów* na etapie załączkowym w obszarze biotechnologii medycznej, przemysłowej i rolniczej oraz inkubatora dla *start-upów*, małych i średnich firm. Podstawowe założenia:

- partnerstwo łączące międzynarodowe *start-upy*, zespoły z instytutów badawczych i uniwersytetów z firmami biotechnologicznymi,
- połączenie dostępności ekspertów i mentorów ze środowiska akademickiego oraz

biznesu z dostępnością finansowania na etapie załączkowym,

- program skierowany do naukowców i przedsiębiorców w Polsce i za granicą,
- współpraca interdyscyplinarna.

Istotnym elementem ekosystemu biotechnologicznego w Polsce, wymagającym znacznie większych nakładów finansowych, jest stworzenie – we współpracy z przemysłem – inkubatora dla *start-upów*, zespołów badawczych, małych i średnich firm działających w obszarze biotechnologii medycznej, przemysłowej i rolniczej – zarówno polskich, jak i zagranicznych. Polska mogłaby stać się *hubem* biotechnologicznym dla Europy Środkowo-Wschodniej. Podstawowe założenia:

- dostęp do infrastruktury (powierzchni biurowej oraz laboratoryjnej),
- wsparcie operacyjne i administracyjne,
- program skierowany do zespołów badawczych oraz firm polskich i zagranicznych,
- zaangażowanie globalnych firm w tworzenie ekosystemu biotechnologicznego w Polsce.

Bibliografia

- Bates Ramirez, V. (2018), *Leapfrogging Tech Is Changing Millions of Lives. Here's How*, <https://singularityhub.com/2018/05/06/leapfrogging-tech-is-changing-millions-of-lives-heres-how/> [dostęp: 20.05.2020].
- Bell, J. i in. (2017), *Life Sciences Industrial Strategy – A report to the Government from the life sciences sector*, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/650447/LifeSciencesIndustrialStrategy_acc2.pdf [dostęp: 20.05.2020].
- Bionnovation Institute (2020), *About BI*, <https://bioinnovationinstitute.com/about/> [dostęp: 20.05.2020].
- Carlson, R. (2016), *Estimating the biotech sectors contribution to the US economy*, "Nature Biotechnology", No. 34, <https://doi.org/10.1038/nbt.3491>.
- De Maeseneer, J., i in. (2018), *Innovative Payment Models for High-Cost Innovative Medicines—A Report by the Expert Panel on Effective Ways of Investing in Health*, https://ec.europa.eu/health/expert_panel/sites/expertpanel/files/docsdire/opinion_innovative_medicines_en.pdf [dostęp: 20.05.2020].
- Dyson, F. (2007), *Our Biotech Future*. <https://www.nybooks.com/articles/2007/07/19/our-biotech-future/> [dostęp: 20.05.2020].
- European Commission (2018), *Science, Research and Innovation Performance of the EU 2018 Strengthening the foundations for Europe's future*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, <https://doi.org/10.2777/14136>.
- European Commission (2019), *National strategies on Artificial Intelligence A European perspective in 2019 Country report – Poland*, <https://ec.europa.eu/knowledge4policy/sites/know4pol/files/poland-ai-strategy-report.pdf> [dostęp: 20.05.2020].
- European Commission (2020), *A New Industrial Strategy for Europe*, https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-eu-industrial-strategy-march-2020_en.pdf [dostęp: 20.05.2020].
- Fudenberg, D., i in. (1983), *Preemption, leapfrogging and competition in patent races*, "European Economic Review", No. 22(1).
- FutuRx (2020), *What Do We Offer?*, <https://www.futurx.co.il/what-do-we-offer/> [dostęp: 20.05.2020].
- Hernández, H., i in. (2020), *The 2019 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, <https://doi.org/10.2760/04570>.
- Hetemäki, L., i in. (2017), *Leading the way to a European circular bioeconomy strategy*, from Science to Policy 5. European Forest Institute, https://www.efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/efi_fstp_5_2017.pdf [dostęp: 20.05.2020].
- Invest Europe (2020), *Investing in Europe: Private Equity activity 2019*, <https://www.investeurope.eu/research/data-and-insight/?keyword=Investing%20in%20Europe:%20Private%20Equity%20activity%202019#search-filter-container> [dostęp: 20.05.2020].
- Invest in Denmark (2019), *New analysis: the life sciences industry in Denmark creates great value*, <https://investindk.com/insights/new-analysis-the-life-science-industry-in-denmark-creates-great-value> [dostęp: 20.05.2020].
- IZB (2020), *The future is here*, <https://www.izb-online.de/en/concept.html> [dostęp: 20.05.2020].

- Le Deu, F., Santos Da Silva, J. (2019), *Biotech in Europe: A strong foundation for growth and innovation*, <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Pharmaceuticals%20and%20Medical%20Products/Our%20Insights/Biotech%20in%20Europe%20A%20strong%20foundation%20for%20growth%20and%20innovation/Biotech-in-Europe-A-strong-foundation-for-growth-and-innovation.ashx> [dostęp: 20.05.2020].
- Milner Therapeutics Consortium (2020), *Milner Therapeutics Consortium*, <https://www.milner.cam.ac.uk/consortium/> [dostęp: 20.05.2020].
- Moon Jae-in (2020), *Special Address by President Moon to Mark Three Years in Office*, <https://english1.president.go.kr/BriefingSpeeches/Speeches/820> [dostęp: 20.05.2020].
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2020), *Safeguarding the Bioeconomy*, National Academies Press, <https://www.nap.edu/catalog/25525/safeguarding-the-bioeconomy> [dostęp: 20.05.2020].
- OECD (2019), *Key biotechnology indicators*, <http://www.oecd.org/innovation/inno/keybiotechnologyindicators.htm> [dostęp: 20.05.2020].
- OECD/EU (2018), *Health at a Glance: Europe 2018: State of Health in the EU Cycle*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/health_glance_eur-2018-en [dostęp: 20.05.2020].
- PFR Ventures, Inovo (2020), *Transakcje VC na polskim rynku w 2019 roku*, https://pfrventures.pl/media/uploads/raport_o_transakcjach_vc_2019.pdf [dostęp: 20.05.2020].
- Rojas, C. (2020), *How has Coronavirus Affected Europe's Biotech Stocks?*, <https://www.labiotech.eu/medical/biotech-stock-coronavirus/> [dostęp: 20.05.2020].
- Select USA (2020), *The Biopharmaceutical Industry in the United States*, <https://www.selectusa.gov/pharmaceutical-and-biotech-industries-united-states> [dostęp: 20.05.2020].
- Senior, M. (2020), *Europe's biotech renaissance*, "Nature Biotechnology", No. 38, <https://doi.org/10.1038/s41587-020-0483-6> [dostęp: 20.05.2020].
- Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.)* (2017), <https://www.gov.pl/web/fundusze-regiony/informacje-o-strategii-na-rzecz-odpowiedzialnego-rozwoju> [dostęp: 20.05.2020].
- TEconomy, BIO (2018), *Investment, Innovation and Job Creation in a Growing U.S. Bioscience Industry*, https://www.bio.org/sites/default/files/legacy/bioorg/docs/TEconomy_BIO_2018_Report.pdf [dostęp: 20.05.2020].

Spis wykresów i tabel

SPIS WYKRESÓW

- ↘ **Wykres 1.** Zestawienie liczby przedsiębiorstw biotechnologicznych oraz wydatków w sektorze przedsiębiorstw na badania i rozwój w obszarze biotechnologii w 2017 r. (w USD wg PPP) 11
- ↘ **Wykres 2.** Wysokość inwestycji *venture capital* w biotechnologii na świecie w latach 2010-2019 (mld USD) 12
- ↘ **Wykres 3.** Odsetek biotechnologicznych *start-upów* pochodzących z 3 państw o największym udziale tego typu firm w Europie (proc.) 13
- ↘ **Wykres 4.** Intensywność badań i rozwoju w biotechnologii w sektorze przedsiębiorstw jako proc. udział wartości dodanej przemysłu 14
- ↘ **Wykres 5.** Liczba publikacji z obszaru biotechnologii w czasopismach indeksowanych w bazie Scopus na 1 mln mieszkańców w krajach OECD 16
- ↘ **Wykres 6.** Liczba publikacji cytowanych w latach 2000-2018 w patentach (na 1 mln mieszkańców) 17
- ↘ **Wykres 7.** Aplikacje patentowe na 1 mld USD wydatków B+R w biotechnologii 18

SPIS TABEL

- ↘ **Tabela 1.** Możliwe zastosowania biotechnologii w globalnych wyzwaniach 10
- ↘ **Tabela 2.** Specjalizacja krajów europejskich w inwestycjach biotechnologicznych 13
- ↘ **Tabela 3.** Analiza słabych i mocnych stron (SWOT) Polski w obszarze biotechnologii 18

SPIS TABEL ANEKSU

- ↘ **Tabela 1.** Główne założenia wybranych strategii biotechnologicznych 28

Polski Instytut Ekonomiczny

Polski Instytut Ekonomiczny to publiczny *think tank* gospodarczy, którego historia sięga 1928 roku. Obszary badawcze Polskiego Instytutu Ekonomicznego to przede wszystkim handel zagraniczny, makroekonomia, energetyka i gospodarka cyfrowa oraz analizy strategiczne dotyczące kluczowych obszarów życia społecznego i publicznego Polski. Instytut zajmuje się dostarczaniem analiz i ekspertyz do realizacji Strategii na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju, a także popularyzacją polskich badań naukowych z zakresu nauk ekonomicznych i społecznych w kraju oraz za granicą.