



Politechnika Warszawska
Centrum Zaawansowanych Materiałów
i Technologii CEZAMAT

**ANALIZA STANU WIEDZY I TECHNIKI
Z ZAKRESU**

**MIKROFLUIDYKI -
SYSTEMÓW
MIKROPRZEPŁYWOWYCH**

2024

WARSZAWA



Politechnika Warszawska
Centrum Zaawansowanych Materiałów
i Technologii CEZAMAT

ANALIZA STANU WIEDZY I TECHNIKI

Z ZAKRESU MIKROFLUIDYKI –

SYSTEMÓW MIKROPRZEPŁYWOWYCH

Raport został opracowany przez INVESTIN Sp. z o.o. na zlecenie Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii CEZAMAT Politechniki Warszawskiej i finansowany ze środków budżetu Państwa w ramach projektu „Hub Innowacji w Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii CEZAMAT” NdS/537039/2021/2021 realizowanego w ramach programu Nauka dla społeczeństwa.



Dofinansowano ze środków budżetu Państwa Nauka dla Społeczeństwa:
Hub Innowacji w Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii CEZAMAT, NdS/537039/2021/2021

SPIS TREŚCI

1.	CEL I PRZEDMIOT RAPORTU	2
2.	WYNIKI PRZEGLĄDU DANYCH DOSTĘPNYCH PUBLICZNIE	2
2.1.	ANALIZA DANYCH RYNKOWYCH.....	2
2.2.	ANALIZA TRENDÓW W FINANSOWANIU BADAŃ I INNOWACJI W EUROPIE POPRZEC PRZEGLĄD DANYCH Z CORDIS.....	4
2.3.	ANALIZA PERSPEKTYWICZNYCH KIERUNKÓW ROZWOJOWYCH W PUBLIKACJACH NAUKOWYCH	5
2.4.	ANALIZA TRENDÓW W FINANSOWANIU PROJEKTÓW GRANTOWYCH W POLSCE	8
2.5.	ANALIZA TRENDÓW W DOFINANSOWANIACH UNIJNYCH W POLSCE POPRZEC PRZEGLĄD DANYCH STATYSTYCZNYCH	9
2.6.	ANALIZA TRENDÓW TECHNOLOGICZNYCH POPRZEC PRZEGLĄD PATENTÓW W SKALI GLOBALNEJ ..	10
3.	ANALIZA BENCHMARKINGOWA BRANŻOWYCH PODMIOTÓW BADAWCZYCH NA RYNKU POLSKIM.....	12
4.	ANALIZA WYNIKÓW EKSPERCKIEJ METODY DELFICKIEJ	21
5.	ANALIZA WYNIKÓW EKSPERCKIEJ IDENTYFIKACJI OBSZARÓW PERSPEKTYWICZNYCH	30
6.	PODSUMOWANIE I WNIOSKI	31
	ANEKS – DANE TRANSAKCYJNE DOTYCZĄCE KOMERCJALIZACJI POWIĄZANYCH TECHNOLOGII.....	33

NOTA METODOLOGICZNA

W dzisiejszym dynamicznym środowisku biznesowym i naukowym, skuteczne podejmowanie decyzji wymaga solidnych podstaw analitycznych opartych na aktualnych danych i wiedzy eksperckiej. W celu optymalnego wyboru kierunku rozwoju badań w jednostce naukowej, dokonano badania trendów w nauce i biznesie. Niniejszy rozdział dotyczy procesu badawczego, który został opracowany w celu uzyskania kompleksowego i rzetelnego obrazu stanu rzeczy oraz potencjalnych perspektyw rozwoju w dziedzinie mikrofluidyki – systemów mikroprzepływowych. Pierwszym z elementów badania był wstępny desk research. Jest to proces gromadzenia danych, oparty na istniejących informacjach, mający na celu generowanie oraz strukturyzację wiedzy. Pozwala on na mapowanie, ustrukturyzowanie i typizację zagadnień związanych z określonym obszarem badawczym. Wyniki desk research zostały zestawione z danymi przekazanymi przez CEZAMAT. Sformułowania te zostały porównane i uzupełnione o informacje dotyczące słów i fraz kluczowych wyróżnionych przez ekspertów. Uzyskane hasła posłużyły do późniejszego wyszukiwania w bazach oraz podlegały pod dyskusję kolejnych ekspertów.

Następnie dokonano pogłębionego badania desk research, uwzględniającego dywersyfikację źródeł danych. Analizowano aktywność naukowo-badawczą i biznesowo-przemysłową, identyfikując przy tym przyszłe trendy oraz nisze rynkowe. Badano dane dotyczące patentów, projektów grantowych i publikacji naukowych, pozwalających na określenie zależności i identyfikację nisz rynkowych. Jako źródła danych zostały wykorzystane bazy patentowe, RAD-on, CORDIS, bazy bibliometryczne oraz wykazy funduszy europejskich.

Następnie została dokonana selekcja lidera sektorowego, który potem został poddany dokładnej analizie. Przeanalizowane zostały: praktyki w komercjalizacji wiedzy, model współpracy między nauką a biznesem w transferze technologii i zarządzaniu własnością intelektualną oraz charakterystyka elementów ekosystemu innowacji. Dane potrzebne do tych analiz zostały pobrane ze źródeł takich jak witryny internetowe, materiały marketingowe, materiały stowarzyszeń, jak również raporty, analizy i dane związane z edukacją wyższą i nauką.

Kolejnym krokiem było przeprowadzenie badania metodą delficką, angażującą ekspertów wewnętrznych z CEZAMAT oraz innych instytucji. Metoda ta umożliwia poznanie opinii i oceny ekspertów dotyczących obecnego stanu oraz potencjalnych kierunków rozwoju.

W dalszej części raportu pokazano wyniki badania metodą IDI/TDI, czyli wywiadów pogłębionych z ekspertami zewnętrznymi. Ich wiedza pozwoliła na uzyskanie perspektywy spoza organizacji, a także na zaopiniowanie wyników badania przeprowadzonego metodą delficką.

1. CEL I PRZEDMIOT RAPORTU

W niniejszym raporcie zostały zbadane trendy oraz nisze rynkowe w danym obszarze tematycznym, którym jest **mikrofluidyka – systemy mikroprzepływowe**. Głównym zadaniem raportu jest przedstawienie analizy sytuacji rynkowej w celu zidentyfikowania kluczowych kierunków rozwoju i wyzwań na rynku.

W kontekście dalszego rozwoju i komercjalizacji działalności Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii CEZAMAT, niniejszy dokument stanowi kluczowy element w budowaniu i rozwijaniu współpracy z otoczeniem biznesowym. Z uwagi na rosnącą rolę innowacji i zaawansowanych technologii w gospodarce, CEZAMAT stawia sobie za cel nie tylko prowadzenie badań na najwyższym światowym poziomie, ale także efektywne wdrażanie ich wyników w praktyce gospodarczej.

2. WYNIKI PRZEGLĄDU DANYCH DOSTĘPNYCH PUBLICZNIE

2.1. ANALIZA DANYCH RYNKOWYCH

Rynek globalnych urządzeń mikrofluidycznych¹ był wyceniany na 5,14 miliarda USD w 2018 roku i prognozowany jest do osiągnięcia wartości 74,97 miliarda USD w roku 2032, co oznacza roczną stopę wzrostu (CAGR) na poziomie 21,2% w okresie prognozy (2018-2032). Stany Zjednoczone przyczyniły się do popularyzacji tej technologii przez wprowadzenie mikromacierzy i mikrofluidyki, co wpłynęło na odkrywanie nowych leków i analizę systemów biologicznych.

Analizując rynek mikrofluidyki istotne jest uwzględnienie trendów biznesowych z których wynika, że wejście na rynek diagnostyki medycznej² wymaga inwestycji rzędu 50-200 milionów dolarów i zajmuje 10-15 lat. Rosnąca liczba firm oferuje gotowe komponenty do badań i rozwoju, a produkty oparte na standardach mikrofluidycznych wchodzą na rynek.

Trendy biznesowe:

- Czas potrzebny na osiągnięcie sukcesu wynosi średnio około 11 lat, a na niepowodzenie około 8 lat.
- 10-letni wskaźnik przeżycia dla start-upów wysokotechnologicznych to około 75%.
- Zmniejszająca się liczba start-upów mikrofluidycznych.

Raport z 2016 roku na temat europejskich przedsiębiorstw działających w dziedzinie mikrofluidyki³ dostarcza przeglądu ich rozmieszczenia i charakterystyk. Zawarta lista firm obejmuje szeroki odsetek przemysłu europejskiego specjalizującego się w mikro i nanofluidyce, z koncentracją głównie w północnej Europie oraz północnej części Stanów Zjednoczonych. Firmy to zarówno

¹ <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/microfluidic-devices-market-101098>

² [Trends and Challenges in the Microfluidic Industry \(enablingmnt.com\)](https://enablingmnt.com)

³ <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5af3e6b55&appId=PPGMS>,
<https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5af3e6b55&appId=PPGMS>

międzynarodowe korporacje, jak i mniejsze przedsiębiorstwa. Raport zawiera listę podmiotów sklasyfikowanych według atrybutów takich jak: lokalizacja, rodzaj organizacji, sektor działalności, produkty/usługi, czy dojrzałość rynkowa. Firmy działające w sektorze mikro-nanofluidyki to głównie duże przedsiębiorstwa z branży medycznej i instrumentów pomiarowych, które specjalizują się w opracowywaniu zaawansowanych technologii dla analizy i diagnostyki np. "point-of-care". Większość firm wyróżnia się innowacyjnością w zakresie rozwoju urządzeń i systemów opartych na mikro/nanofluidyce, które umożliwiają szybkie testy diagnostyczne i analizy bezpośrednio w miejscu opieki nad pacjentem. Sektor charakteryzuje się również wysokim poziomem współpracy między przedsiębiorstwami a organizacjami badawczymi, co stymuluje innowacje i rozwój nowych technologii. Znaczącym trendem jest również zaangażowanie dużych, międzynarodowych korporacji, które inwestują w specjalistyczne oddziały mikro i nanofluidyki lub tworzą spin-offy, aby skupić się na tej dynamicznie rozwijającej się dziedzinie.

Do analizy wykorzystano także dane z bazy Royalty Range⁷, która dostępna jest wyłącznie poprzez subskrypcję. Jest to obszerne źródło informacji dotyczących opłat licencyjnych i praw do własności intelektualnej. Obejmuje szeroki zakres transakcji, w tym umowy licencyjne, umowy franchisingowe, umowy dotyczące znaków towarowych, patentów, praw autorskich i innych rodzajów własności intelektualnej. W skład tej bazy wchodzi informacje pochodzące z różnych branż i sektorów gospodarki, co pozwala na uzyskanie różnorodnej perspektywy na opłaty licencyjne w różnych obszarach działalności. Dane te są zbierane z różnych publicznych i prywatnych źródeł, w tym z rejestrów patentowych i sprawozdań finansowych firm. Dane z bazy Royalty Range zostały przeszukane na podstawie występowania słów kluczowych w języku angielskim, które zidentyfikowali specjaliści z CEZAMAT PW:

- Microfluidics for point-of-care diagnostics
- Microfluidic immunoassays
- Biosensors in microfluidic systems
- Novel materials for microfluidics
- Microsystems for cell culture
- Cell models in Organ-on-a-chip systems
- Biomaterials for microfluidics

Na tej podstawie zidentyfikowano łącznie 4 transakcje technologii z obszaru badawczego mikrofluidyki. W ramach omawianego porozumienia licencyjnego, struktura płatności składa się z różnorodnych składników finansowych, które obejmują opłaty wstępne, roczne minimalne należności licencyjne oraz procentowe opłaty licencyjne od przychodów netto i sprzedaży. Zróżnicowanie to umożliwia licencjobiorcy elastyczność finansową oraz dostosowanie płatności do aktualnych wyników sprzedaży i rozwijających się technologii, jednocześnie zapewniając licencjodawcy stały przepływ przychodów i wynagrodzenie za wykorzystanie jego własności intelektualnej. Struktura ta jest szczególnie istotna w kontekście dynamicznie zmieniającego się rynku i technologicznych innowacji.

Analiza rynku została wzbogacona także o przegląd wewnętrznych baz danych Investin sp. z o.o., gdzie znajdują się technologie, dla których dokonano wyceny praw własności intelektualnej w oparciu o dane rynkowe. Z obszaru mikrofluidyki zidentyfikowano 9 technologii, których wyceny realizowano w latach 2017-2023.

Tabela 1. Technologie wycenione przez Investin Sp. z o.o. w latach 2017-2023 w obszarze mikrofluidyki i obszarach tożsamych

Nazwa	Właściciel	TR L
Asymmetric bis-acridines with antitumor activity and their uses	Politechnika Gdańska / Excento	4
Sposób monitorowania przebiegu ostrej białaczki limfoblastycznej poprzez oznaczanie aminokwasów	Gdański Uniwersytet Medyczny	4
Test diagnostyczny do identyfikacji potencjału chorobotwórczego szczepów z rodzaju Enterococcus	Gdański Uniwersytet Medyczny	6
Kompozycja farmaceutyczna zawierająca roksytromycynę, sposób jej wytwarzania oraz zastosowanie medyczne tej kompozycji i produkt leczniczy zawierający kompozycję	Gdański Uniwersytet Medyczny	4
Wysokoprzepustowa i szybka metoda LC-MS/MS do diagnostyki prątków gruźlicy z rodzaju Mycobacterium	Uniwersytet Łódzki, Instytut Immunologii i Terapii Doświadczalnej im. Ludwika Hirszfelda PAN	4
Urządzenia do ciągłego preparatywnego rozdzielania mieszanin substancji techniką ortogonalnej elektrochromatografii wysokociśnieniowej (OHPEC)	Uniwersytet Medyczny w Lublinie	4
Nanokapsuła z ciekłym rdzeniem olejowym w otoczkę z hydrofobowo modyfikowanego polisacharydu, sposób jej wytwarzania oraz jej zastosowanie w terapii	CITTRU Centrum Transferu Technologii Uniwersytet Jagielloński w Krakowie	bd
Ready-to-use Platelet Isolation Column Kit (PIC). Zestaw do izolowania płytek krwi	Politechnika Łódzka oraz P.P.H.U. „Ledo” S.C. Dominik Olbrzymek, Jakub Olbrzymek	7
Stanowisko do badania przesiewu krwi onkologicznej i izolacji krążących komórek nowotworowych	Wojskowa Akademia Techniczna	6

Źródło: Opracowanie własne na podstawie własnej bazy danych

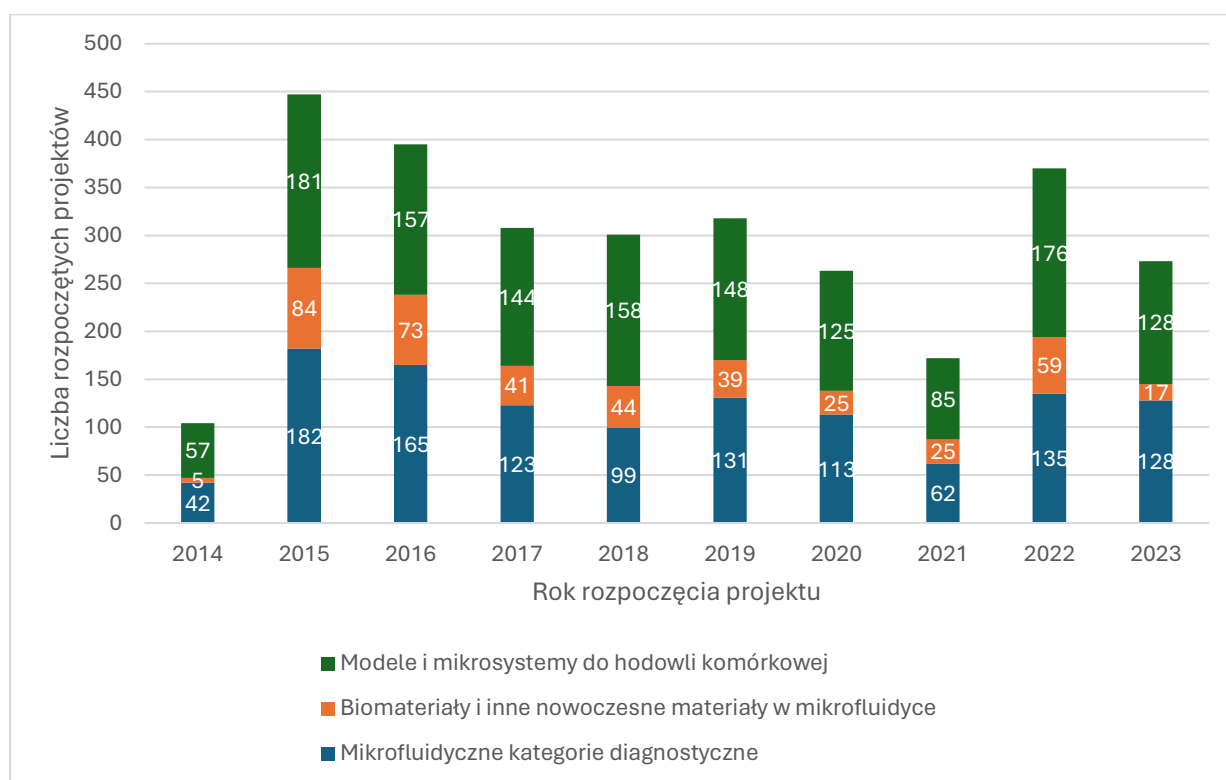
2.2. ANALIZA TRENDÓW W FINANSOWANIU BADAŃ I INNOWACJI W EUROPIE POPRZECZ PRZEGLĄD DANYCH Z CORDIS

CORDIS⁴ (Community Research and Development Information Service) jest kluczowym portalem Unii Europejskiej dla rozpowszechniania informacji na temat badań i innowacji. Jego głównym celem jest wspieranie otwartej innowacji, dialogu naukowego oraz dostępu do wiedzy naukowej. Narzędzie to umożliwia lepsze zrozumienie dynamiki finansowania badań i innowacji w Europie, co stanowi fundament dla rozwoju polityk naukowych i innowacyjnych na kontynencie.

Niniejszy wykres przedstawia dynamikę finansowania projektów badawczych i innowacyjnych w Europie w trzech kluczowych obszarach: mikrofluidyczne technologie diagnostyczne, biomateriały i inne nowoczesne materiały w mikrofluidyce, mikrofluidyczne technologie diagnostyczne na podstawie danych z bazy CORDIS w latach 2014-2023. Wartości na wykresie odzwierciedlają liczbę projektów, które uzyskały wsparcie w każdym roku, podkreślając zmiany i tendencje w alokacji funduszy na badania i innowacje w tych sektorach.

⁴ <https://cordis.europa.eu/> (dostęp 04.04.2024 r.)

Wykres 1. Liczba projektów badawczych z zakresu mikrofluidyki w podziale na kategorie z lat 2014-2023



Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników wyszukiwania na portalu CORDIS

W latach 2014-2023 liczba rozpoczynanych projektów zmieniała się z podobną dynamiką dla każdego z trzech obszarów badawczych. Najwięcej projektów w tym okresie – aż 1359 – dotyczyło modeli i mikrosystemów do hodowli komórkowej, najmniej zaś biomateriałów i innych nowoczesnych materiałów – 412. Łączna wartość wszystkich projektów wyniosła około **19,6 mld euro**.

2.3. ANALIZA PERSPEKTYWICZNYCH KIERUNKÓW ROZWOJOWYCH W PUBLIKACJACH NAUKOWYCH

Kolejnym etapem identyfikacji trendów w zakresie mikrofluidyki w poszczególnych jej obszarach badawczych jest analiza publikacji naukowych zgromadzonych w bazie Scopus⁵. Baza została przeszukana pod kątem słów kluczowych, rozumianych jako obszary badawcze, wskazanych przez ekspertów wewnętrznych CEZAMAT PW. W celu zwiększenia trafności wyszukiwania sformułowano następujące zapytania odpowiadające analizowanym obszarom badawczym:

Modele i mikrosytemy do hodowli komórkowej: TITLE-ABS-KEY ("microfluidic" AND "microsystems for cell culture" OR "organ-on-a-chip" OR "lab-on-a-chip" OR "cell model*")

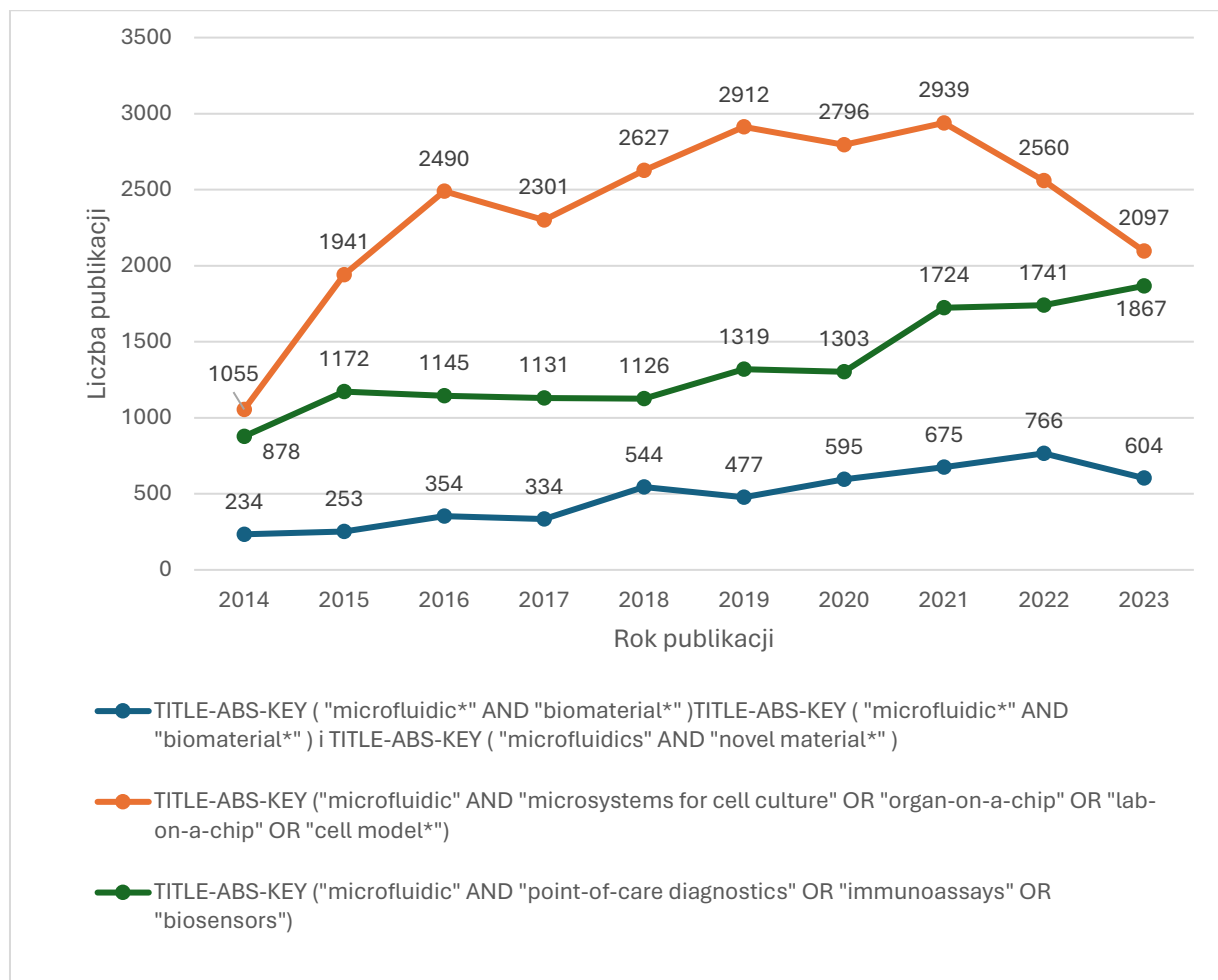
Biomateriały i inne nowoczesne materiały w mikrofluidyce: TITLE-ABS-KEY ("microfluidic*" AND "biomaterial*") oraz TITLE-ABS-KEY ("microfluidics" AND "novel material*")

⁵ <https://www.scopus.com/home.uri> (dostęp 25.03.2024 r.)

Mikrofluidyczne technologie diagnostyczne: TITLE-ABS-KEY ("microfluidic" AND "point-of-care diagnostics" OR "immunoassays" OR "biosensors")

Sporządzono wykres przedstawiający liczbę zidentyfikowanych publikacji w latach 2014-2023.

Wykres 2 Liczba publikacji w różnych obszarach mikrofluidyki w latach 2014-2023.

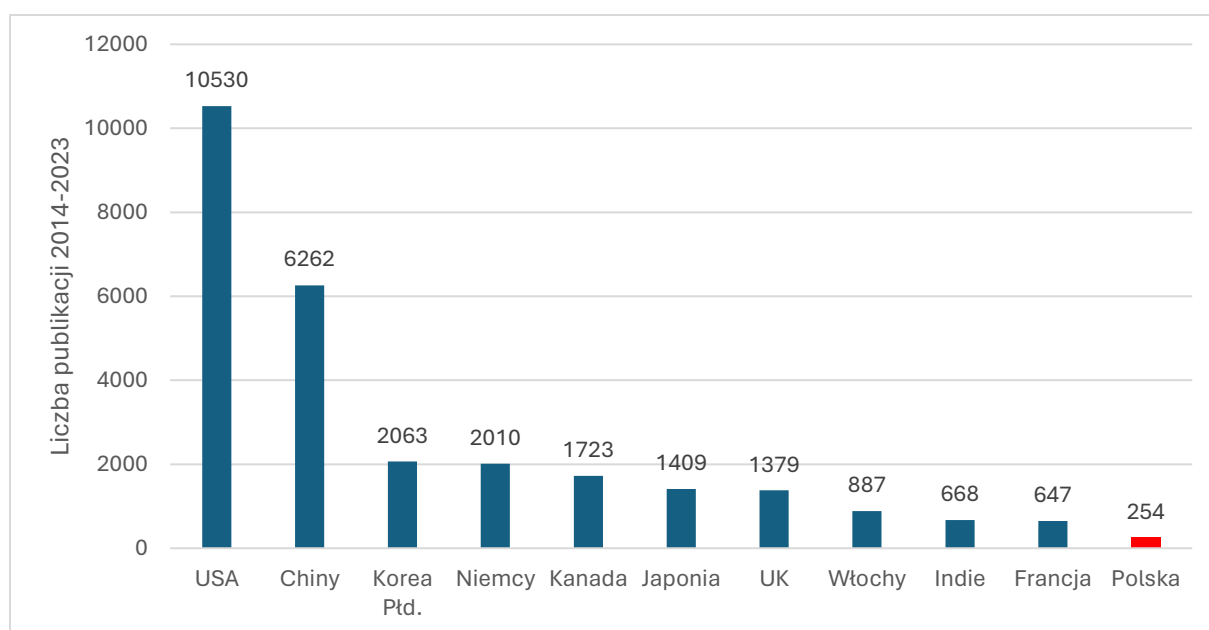


Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników wyszukiwania w bazie Scopus.

W każdym analizowanym obszarze zaobserwowano tendencję wzrostową w zakresie rocznej liczby publikacji. Najwięcej publikacji dotyczyło **modeli i mikrosystemów do hodowli komórkowej**, których roczna liczba przekraczała 200 przez większą część dekad. Najmniej artykułów w tym czasie dotyczyło **biomateriałów i innych nowoczesnych materiałów w mikrofluidyce**, choć istotne jest, że od 2021 roczna liczba publikacji w tym obszarze wynosi blisko trzykrotność wartości z pierwszego roku analizy, co wskazuje na dynamiczny wzrost zainteresowania tym zagadnieniem.

Najwięcej artykułów z analizowanych obszarów opublikowano w **Stanach Zjednoczonych** oraz **Chinach**. Jak zobrazowano na następnym wykresie, te dwa państwa odpowiadają za **60%** łącznej liczby publikacji dla pierwszej dziesiątki państw w zestawieniu. W tym samym okresie w Polsce opublikowano **254 artykuły**.

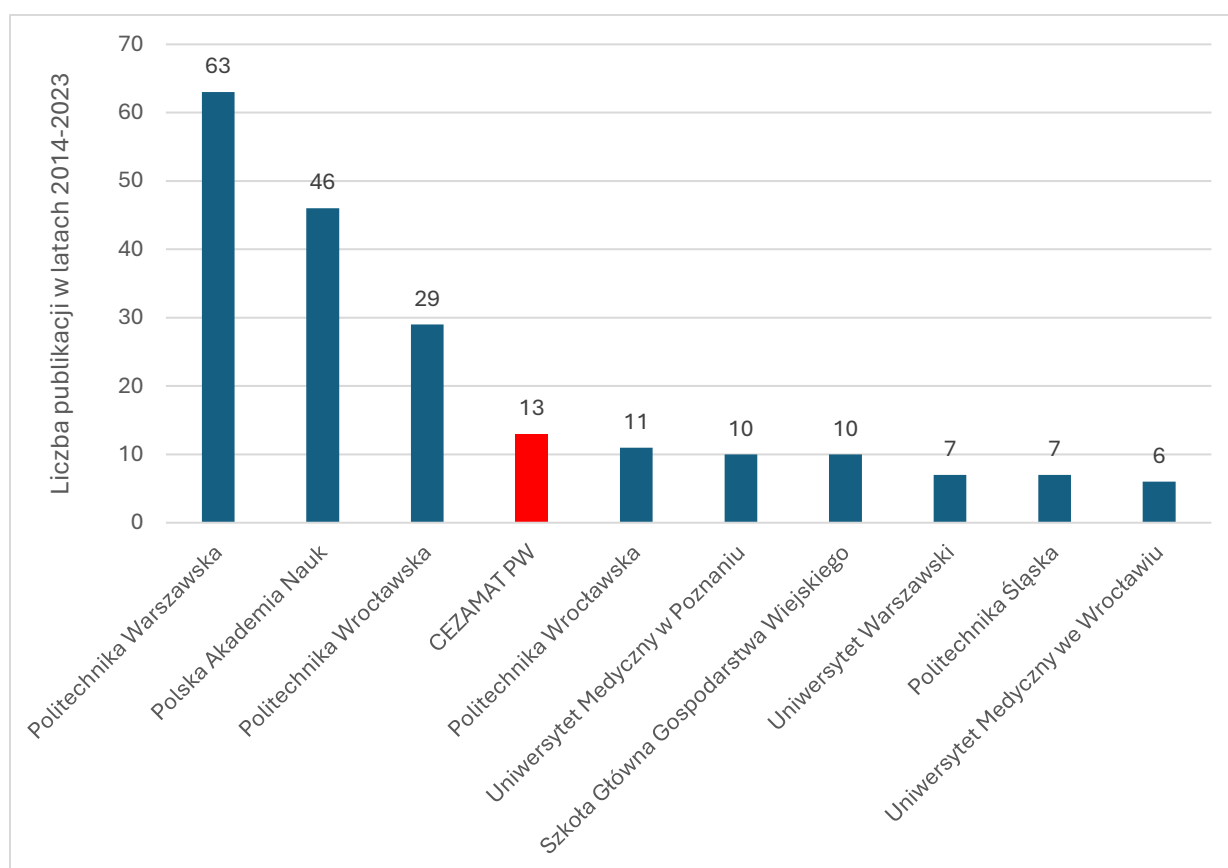
Wykres 3 Liczba publikacji z obszaru mikrofluidyki w latach 2014-2023 według państw.



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników wyszukiwania w bazie Scopus.

Na kolejnym wykresie przedstawiono liczbę publikacji dla 10 najczęściej pojawiających się w zestawieniu polskich instytucji badawczych. Najaktywniejszymi placówkami w zestawieniu okazały się **Politechnika Warszawska, Polska Akademia Nauk** oraz **Politechnika Wrocławska**. Te trzy instytucje odpowiadają za **54% wszystkich polskich publikacji** w analizowanych obszarach mikrofluidyki.

Wykres 4 Liczba publikacji z zakresu mikrofluidyki według polskich afiliacji w latach 2014-2023⁶.



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników wyszukiwania w bazie Scopus.

Zdecydowana większość publikacji związanych z polskimi instytucjami dotyczy **modeli i mikrosystemów do hodowli komórkowej** (162 pozycje), co jest zgodne z wcześniej przedstawionym trendem światowym. Instytucją najczęściej publikującą artykuły na ten temat jest **Politechnika Warszawska** (55 pozycji, w tym 9 autorstwa badaczy związanych z CEZAMAT PW). Za nią plasują się **Politechnika Wrocławska** (29 pozycji) oraz **Polska Akademia Nauk** (24 pozycje).

2.4. ANALIZA TRENDÓW W FINANSOWANIU PROJEKTÓW GRANTOWYCH W POLSCE

Analizę oparto także o ilościowy przegląd projektów grantowych dostępnych poprzez system RAD-on⁷. System RAD-on jest częścią Zintegrowanej Sieci Informacji o Nauce i Szkolnictwie Wyższym, największego pod względem zakresu zbieranych danych systemu publicznego w Polsce.

Do wyszukiwania projektów w bazie użyto następujących fraz: mikroprzepływ^{*8}; biosensor*; biomateriał*; mikrofluidyka; microfluidics; lab-on-a-chip; organ-on-a-chip; point-of-care.

⁶ Liczba publikacji autorów zafiliowanych z Politechniką Warszawską nie zawiera publikacji CEZAMAT PW.

⁷ <https://radon.nauka.gov.pl/> (dostęp 05.04.2024 r.)

⁸ Znak * w zapytaniu oznacza, że zwracane są wyniki z różnymi kombinacjami znaków po tym symbolu.

Przeanalizowane zostały opisy oraz słowa kluczowe projektów, aby wyeliminować te niepowiązane z mikrofluidyką. Wyniki wyszukiwania podsumowane zostały w tabeli.

Tabela 2 Wyniki wyszukiwania projektów w systemie RAD-on.

Fraza	Liczba pasujących wyników	Średnia wartość projektu
<i>mikroprzepływ*</i>	7	2 874 649 zł
<i>biosensor*</i>	1	1 138 480 zł
<i>biomateriał*</i>	0	-
<i>mikrofluidyka/microfluidics</i>	1	913 600 zł
<i>lab-on-a-chip</i>	6	2 275 024,8 zł
<i>organ-on-a-chip</i>	2	871 889 zł
<i>point-of-care</i>	0	-

Źródło: opracowanie własne.

Zdecydowana większość projektów dotyczyła badań podstawowych. Głównym źródłem finansowania projektów **były środki z konkursów grantowych Narodowego Centrum Nauki**. Innymi źródłami były między innymi: **Program Operacyjny Inteligentny Rozwój 2014-2020** oraz **Program Polsko-Norweskiej Współpracy Badawczej** (oba obsługiwane przez **Narodowe Centrum Badań i Rozwoju**).

Należy zauważyć, że **niewielka liczba odpowiadających przedmiotowi analizy projektów zidentyfikowanych w tej części Raportu może wynikać z niekompletności danych dotyczących niektórych badań, a także błędnego oznaczenia ich za pomocą słów kluczowych w bazie.**

2.5. ANALIZA TRENDÓW W DOFINANSOWANIACH UNIJNYCH W POLSCE POPRAZ PRZEGLĄD DANYCH STATYSTYCZNYCH

Analiza trendów w dofinansowaniach unijnych na potrzeby niniejszego opracowania odbyła się w oparciu o listę projektów zrealizowanych z Funduszy Europejskich w latach 2014-2020 oraz 2021-2027, a także listę projektów finansowanych w ramach Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 oraz Mechanizmu Finansowego EOG 2014-2021.

Listy projektów zrealizowanych z Funduszy Europejskich została przeszukana pod kątem projektów badawczo-rozwojowych odpowiadających słowom kluczowym dostarczonym przez pracowników CEZAMAT PW.

Zidentyfikowano łącznie **16 projektów**, z czego 13 zrealizowane zostały z Funduszy Europejskich w latach 2014-2020. Dwa projekty otrzymały finansowanie w ramach Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021, w ramach Funduszy Europejskich 2021-2027 sfinansowano dotychczasowo jeden projekt. Beneficjenci programów to zarówno podmioty publiczne, jak i prywatne – obie te grupy realizowały po 8 projektów. W tabeli poniżej podsumowano mechanizmy finansowe, z których korzystały zidentyfikowane projekty.

Tabela 3 Unijne mechanizmy finansowe, z których sfinansowano projekty z zakresu mikrofluidyki od 2014 r.

Nazwa programu	Liczba beneficjentów
Program Operacyjny Inteligentny Rozwój (FE 2014-2020)	10
Program Operacyjny Polska Wschodnia (FE 2014-2020)	1
Wielkopolski Regionalny Program Operacyjny na lata 2014 – 2020 (FE 2014-2020)	1
Regionalny Program Operacyjny Województwa łódzkiego na lata 2014-2020 (FE 2014-2020)	1
Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki (FE 2021-2027)	1
PL-Applied Research (Fundusze Norweskie)	1
PL-Basic Research (Fundusze Norweskie)	1

Źródło: opracowanie własne.

2.6. ANALIZA TRENDÓW TECHNOLOGICZNYCH POPRZEC PRZEGLĄD PATENTÓW W SKALI GLOBALNEJ

Espacenet⁹ prowadzony przez Europejski Urząd Patentowy (EPO) jest wszechstronną bazą danych patentowych udostępniającą ponad 100 milionów dokumentów patentowych z całego świata. Platforma ta umożliwia użytkownikom przeglądanie, wyszukiwanie zaawansowane oraz analizę danych patentowych, które mogą być wykorzystywane do późniejszej analizy trendów w danym obszarze technologicznym.

Dane przedstawiają liczbę patentów zarejestrowanych w kluczowych obszarach:

- Immunotesty mikrofluidyczne¹⁰;
- Biosensory w układach mikroprzepływowych¹¹;
- Mikrofluidyka do diagnostyki przyłożkowej¹²;
- Nowoczesne materiały w mikrofluidyce, biomateriały¹³;
- Mikrosystemy do hodowli komórkowej, systemu organ-on-a-chip¹⁴.

⁹ <https://worldwide.espacenet.com/> (dostęp 25.03.2024)

¹⁰ Treść zapytania: (ctxt = "microfluidic" OR ctxt = "microfluidics") AND (ctxt = "immunoassay" OR ctxt = "immunoassays").

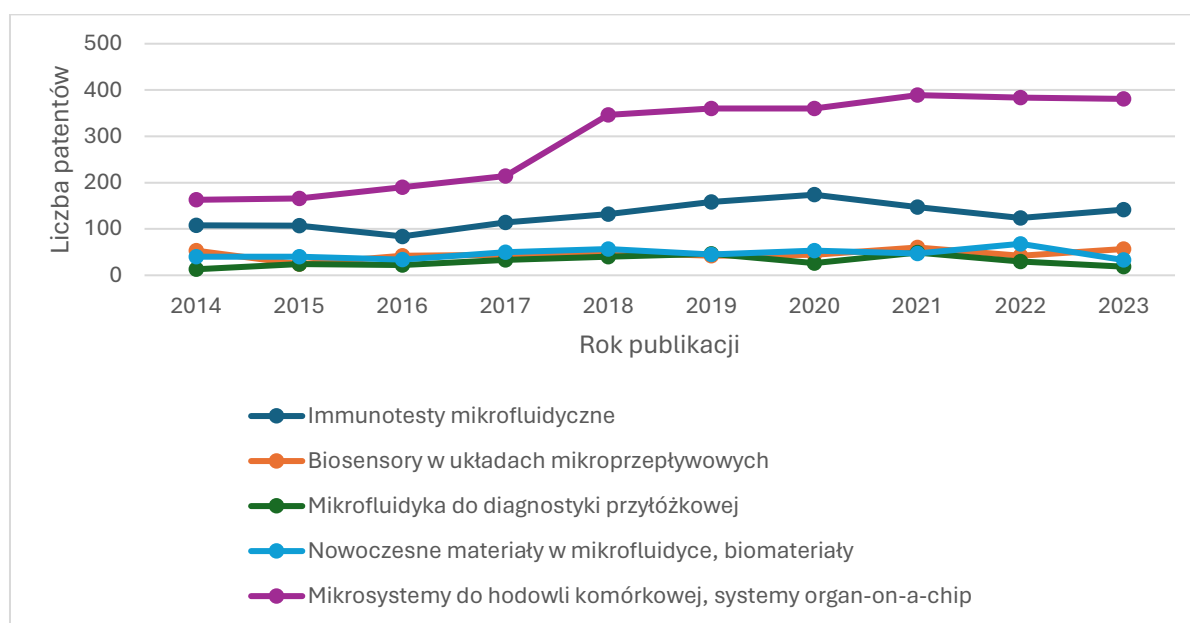
¹¹ Treść zapytania: ctxt = "microfluidic" AND ctxt = "system" AND (ctxt = "biosensors" OR ctxt = "biosensor").

¹² Treść zapytania: (ctxt = "microfluidics" OR ctxt = "microfluidic") AND ctxt = "point-of-care" AND (ctxt = "diagnostics" OR ctxt = "diagnostic").

¹³ Treść zapytania: ctxt = "novel" AND (ctxt = "material" OR ctxt = "materials" OR ctxt = "biomaterial" OR ctxt = "biomaterials") AND (ctxt = "microfluidics" OR ctxt = "microfluidic")

¹⁴ Treść zapytania: ((ctxt = "microfluidic" OR ctxt = "microfluidics") AND (ctxt = "cell culture" OR ctxt = "cell cultures")) OR ctxt = "organ-on-a-chip".

Wykres 5. Liczba patentów w poszczególnych obszarach badawczych mikrofluidyki na świecie w latach 2014-2023



Opracowanie własne na podstawie wyników wyszukiwani w bazie Espacenet

Rozkład danych na powyższym wykresie jasno pokazuje, że patenty w zakresie mikrofluidyki do diagnostyki przyłóżkowej, biosensorów w układach mikroprzepływowych oraz nowoczesnych materiałów w mikrofluidyce, systemach organ-on-a-chip prezentują zbliżoną dynamikę. Liczba patentów z tych obszarach w latach 2014-2023 zazwyczaj oscyluje wokół 20-60 patentów rocznie nie wykazując wyraźnych różnic w tym okresie. Jeśli chodzi zatem o patentowanie w zakresie immunotestów mikrofluidycznych, widać że liczba patentów w latach 2014 i 2015 była stała, wynosząca nieco ponad 100 rocznie. W 2016 r. z kolei liczba patentów wyraźnie spadła, o około 20. Następnie od 2016 r. do 2020 r. liczba patentów rosła średniorocznie o około 15,68%. W latach 2021 i 2022 liczba patentów spadła do 147 i 124 rocznie. W 2023 r. wartość ta nieco wzrosła do 142 r. Największą dynamikę patentowania prezentuje obszar mikrosystemów do hodowli komórkowej, systemów organ-on-a-chip. Liczba patentów w latach 2014-2017 rosła stopniowo o około 7% średnioeocznie. Od tego czasu, liczba patentów w 2018 wzrosła o 27,15%, aby do 2020 r. utrzymywać poziom liczby patentów w granicach 340-360. W 2021 r. zanotowano kolejny wzrost liczby patentów do poziomu 389 i od tego czasu liczba patentów oscyluje wokół 381-384 rocznie.

Jeśli chodzi o podział terytorialny, krajem najczęściej patentującym były Stany Zjednoczone w każdym z wyróżnionych obszarów badawczych mikrofluidyki. Następnie plasuje się Kanada oraz kraje azjatyckie – Chiny i Korea Południowa. Na dalszych miejscach plasują się zazwyczaj kraje Europy Zachodniej. Polskie patenty (10) zidentyfikowano wyłącznie z obszaru mikrosystemów do hodowli komórkowej oraz systemów organ-on-a-chip.

Tabela 4. Liczba patentów uzyskanych w poszczególnych obszarach diagnostyki molekularnej i terapii onkologicznej w podziale na obszary badawcze na wg krajów w latach 2014-2023 w skali od **najmniejszej** do **największej** liczby

Immunotesty mikrofluidyczne		Biosensory w układach mikroprzepływowych		Mikrofluidyka do diagnostyki przyłóżkowej	
Stany Zjednoczone	404	Stany Zjednoczone	138	Stany Zjednoczone	192
Chiny	52	Kanada	24	Kanada	7
Niemcy	32	Korea Pd.	18	Szwajcaria	7
Szwajcaria	30	Tajwan	18	Wielka Brytania	7

Wielka Brytania	18	Chiny	13	Irlandia	7
Korea Pd	17	Wielka Brytania	13	Korea Pd	7
Kanada	16	Francja	8	Australia	6
Finlandia	13	Hiszpania	7	Chiny	5
Australia	12	Irlandia	6	Izrael	4
Holandia	10	Dania	5	Kajmany	4
Nowoczesne materiały w mikrofluidyce, biomateriały		Mikrosystemy do hodowli komórkowej, systemu organ-on-a-chip			
Stany Zjednoczone	99	Stany Zjednoczone	877		
Kanada	12	Korea Pd.	234		
Chiny	8	Holandia	76		
Francja	8	Kanada	62		
Finlandia	6	Szwajcaria	62		
Hiszpania	5	Niemcy	62		
Indonezja	5	Chiny	51		
Wielka Brytania	4	Francja	47		
Zjednoczone Emiraty Arabskie	3	Wielka Brytania	35		
Belgia	3	Polska	10		

Opracowanie własne na podstawie wyników wyszukiwań w bazie Espacenet

3. ANALIZA BENCHMARKINGOWA BRANŻOWYCH PODMIOTÓW BADAWCZYCH NA RYNKU POLSKIM

W celu doboru podmiotów do analizy benchmarkowej przeanalizowano instytucje według następującego klucza: jednostki Polskiej Akademii Nauk, centra i zespoły badawcze uczelni o statusie Uczelni Badawczych, instytucje o statusie Centrum Badawczo-Rozwojowego oraz Państwowe Instytuty Badawcze. W tabeli uwzględniono podmioty, których działalność najbardziej wpisuje się w zakres będący przedmiotem niniejszego Raportu.

Tabela 5. Zestawienie istotnych podmiotów specjalizujących się w mikrofluidyce

Podmiot ¹⁵	Zakres specjalizacji	Wyróżnione projekty	Zasoby	Powiązania z innymi podmiotami
Instytut Chemii Fizycznej PAN ¹⁶	Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk jest liderem w polskim sektorze badań naukowych. Posiada najwyższą kategorię naukową (A+), przyznaną przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, a także certyfikat „HR Excellence in Research”, co świadczy o wysokich standardach w rekrutacji i rozwoju kariery naukowej oraz społecznym zaangażowaniu pracowników. Zespoły badawcze w Instytucie skupiają się na interdyscyplinarnych projektach na styku chemii, fizyki i biologii, prowadząc zarówno badania podstawowe, jak i aplikacyjne. Efektem tych prac są liczne spin-offy oraz innowacje.	• Horyzont doskonałości w zastosowaniach matrycowego RNA w immunoOnkologii; • Polish Academy of Sciences' Individual Fellowships: Innovation & Creativity; • Dioscuri Centre for Physics and Chemistry of Bacteria; • Platforma wsparcia eksperckiego dla przemysłu - Tworzenie i rozbudowa platformy ofert do intensyfikacji współpracy nauki z przemysłem w praktycznych zastosowaniach nauk biologicznych i chemicznych; • Różnorodność fenotypowa komórek rakowych poddanych chemoterapii;	Do zasobów IChF PAN zaliczyć należy 11 laboratoriów. Dzięki nim realizowane są m. in. badania na zlecenie, projekty badawcze i doradcze dla sektora biznesowego oraz przemysłowego. Na życzenie podmiotów komercyjnych IChF PAN prowadzi projekty naukowe, które obejmują analizę właściwości produktów, prace mające na celu istotne udoskonalenie lub optymalizację istniejących produktów, a także wspiera proces opracowywania nowych produktów. Ponadto, realizuje zlecenia związane z produkcją substancji chemicznych. Wstępne analizy przeprowadzane są bez ponoszenia żadnych kosztów, gdyż celem jest budowanie trwałych relacji opartych na wzajemnej wiedzy i zaufaniu. Do zasobów Instytutu zaliczyć należy także spółki spin-off działające w obszarze diagnostyki medycznej: • InCellVu • Scope Fluidics • Curiosity Diagnostics • BacterOMIC • SERSitive • SILIQUAN • Cell-IN	IChF współpracował z podmiotami takimi jak: • Samsung • Unilever • Mitsui Chemicals • General Electric • Polfarma • Polfa Tarchomin • Termo Fisher Scientific • Lasy Państwowe

¹⁵ Z zestawienia wykluczono

¹⁶ <https://ichf.edu.pl/> (dostęp 26.04.2024 r.) <https://ichf.edu.pl/>

Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN ¹⁷	Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych w Łodzi specjalizuje się w prowadzeniu badań podstawowych z zakresu chemii organicznej, chemii bioorganicznej oraz chemii i fizyki polimerów, z naciskiem na rozwój zaawansowanych materiałów o małej i dużej masie cząsteczkowej. Prace badawcze obejmują rozwijanie nowych metod stereoselektywnej syntezy skomplikowanych związków organicznych, które zawierają heteroatomy takie jak fosfor, siarka czy krzem; innowacyjne techniki stereokontrolowanej syntezy modyfikowanych oligonukleotydów i ich zastosowanie w bioinżynierii białek; a także opracowywanie nowych metod syntezy polimerów i ich aplikacje w biomateriałach, elektronice oraz materiałach konstrukcyjnych.	Centrum ma na koncie zrealizowanych kilkadziesiąt projektów badawczych w zakresie badań podstawowych, Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, RPO Województwa Łódzkiego. Wśród zrealizowanych projektów można wyróżnić: • Chemia typu „klik” w kanałach mikroprzepływowych jako narzędzie do budowy nanomateriałów przeciwko drobnoustrojom lekoopornym; • Uczenie maszynowe i zaawansowana krystalografia NMR – komplementarne narzędzia do optymalizacji dróg syntezy, przewidywania i rozwiązywania struktur złożonych układów ko-krystalicznych oraz ich amorficznych analogów; • Biżele o kontrolowanym uwalnianiu hydrofilowych i hydrofobowych związków terapeutycznych jako potencjalnych opatrunków w leczeniu owrzodzeń stopy cukrzycowej;	W centrum działa 5 jednostek badawczych, w obrębie których zorganizowano pracownie i zespoły badawcze. Dysponują one łącznie około 160 urządzeniami, dzięki którym realizowane są także usługi w zakresie mikroanalizy, analizy związków organicznych i polimerów, analizy mas cząsteczkowych, badania przesiewowe.	Zespoły badawcze z Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych w Łodzi angażują się w liczne projekty i programy współpracy z grupami naukowymi z różnych uniwersytetów oraz instytutów, zarówno z Polski, jak i z zagranicy: • Max-Planck-Institut für Experimentelle Medizin; • Université Pierre et Marie Curie; • Università di Firenze; • University of Leuven • University of Cambridge; • University of Southern California. Ta międzynarodowa współpraca rozwinęła się poprzez uczestnictwo w oficjalnych projektach badawczych oraz dzięki bezpośrednim, dwustronnym umowom pomiędzy poszczególnymi zespołami ¹⁸ .
Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN	Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN to jeden z największych instytutów PAN, którego celem jest współpraca nauki i gospodarki. W IPPT PAN działa 8 zakładów z obszarów nauk ścisłych, przede wszystkim biosystemów, informatyki, mechaniki, ultradźwięków itp. Zakładem powiązany z mikrofluidyką jest Zakład Biosystemów i Miękkiej Materii, gdzie operuje Laboratorium Bio- i Mikro-Przepływów, Pracownia	IPPT PAN prowadzi wysokiej jakości teoretyczne i eksperymentalne badania naukowe o charakterze zarówno podstawowym jak i stosowanym w obszarach znajdujących się w centrum światowej nauki oraz technologii. Celem konsorcjów IPPT PAN jest inicjowanie, rozwijanie i wdrażanie nowych technologii lub usług. Aktywny udział Instytutu w krajowych programach, takich jak konkursy Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz programy Unii Europejskiej (np. Horyzont), umożliwia pozyskanie dodatkowych funduszy dla uczestników konsorcjów na realizację tych	IPPT PAN posiada spersonalizowaną ofertę dla medycyny, transportu, elektrotechniki i energetyki oraz budownictwa. Usługi te mogą być realizowane przez ponad 150 różnych urządzeń laboratoryjnych. Instytut Prowadzi Doktoraty Wdrożeniowe oraz Centrum Komercjalizacji i Rozwoju Technologii. Instytut prowadzi również doktoraty wdrożeniowe w Szkole Doktorskiej IPPT PAN, które umożliwiają zdobycie stopnia naukowego doktora poprzez prace nad	IPPT PAN uczestniczy w następujących konsorcjach: • Biocentrum Ochota • KMM-VIN AISBL • CePT • EuMaT • CEZAMAT • Piezo INSTITUTE • AERONET - Dolina Lotnicza • Klaster MedSilesia • SPACE PL

¹⁷ <https://www.cbmm.lodz.pl/> (dostęp 29.04.2024 r.)

¹⁸ Pełna lista partnerów: <https://www.cbmm.lodz.pl/dzialalnosc-naukowa/wspolpraca-zagraniczna/> (dostęp 26.04.2024 r.)

	Fizyki Płynów Złożonych oraz Pracownia Modelowania w Biologii i Medycynie¹⁹.	celów. Obecnie działalność IPPT PAN koncentruje się głównie na obszarach takich jak: medycyna, transport, elektrotechnika, energetyka oraz budownictwo. Instytut podejmuje również badania przemysłowe oraz prace rozwojowe o charakterze niekomercyjnym, skupiając się na kwestiach związanych np. z ochroną środowiska, zdrowiem czy zapewnieniem bezpieczeństwa: Biocentrum Ochota - infrastruktura informatyczna dla rozwoju strategicznych kierunków biologii i medycyny; • Zastosowanie elektroprzewodzących nanowłókien jako opatrunków aktywnych w zapobieganiu pourazowym zmianom w tkance mózgowej; • Natryskiwane, wielofunkcyjne hydrożele z nanowłóknami do politerapii w zabiegach gojenia ran; • Zaprojektowanie, budowa oraz optymalizacja zintegrowanego Mikroskopu Sił Atomowych i Pęsety Optycznej, służącego do badań cząsteczek i nanomateriałów.	konkretnymi technologiami istotnymi dla partnerów przemysłowych. Centrum Komerccjalizacji i Rozwoju Technologii w IPPT PAN zostało utworzone w celu optymalnego wykorzystania potencjału intelektualnego i technicznego instytutu oraz transferu osiągnięć do gospodarki. Centrum koordynuje proces rozwoju i komercjalizacji technologii, włącznie z identyfikacją obiecujących technologii, nawiązywaniem partnerstw biznesowych oraz licencjonowaniem sukcesów technologicznych. Do zadań Centrum należy: • Zainteresowanie przemysłu prowadzonymi w IPPT PAN pracami o praktycznym znaczeniu dla gospodarki. • Współpraca z podmiotami zewnętrznymi w inicjowaniu i realizacji wspólnych działań w obszarze wysokich technologii. • Współpraca z przedsiębiorcami w komercjalizacji wyników prac badawczych, w tym negocjacje i nadzór nad wykonaniem umów. • Zarządzanie własnością intelektualną IPPT PAN oraz koordynacja procesu tworzenia i ochrony praw własności przemysłowej. • Doradztwo, szkolenia i promocja w zakresie ochrony własności intelektualnej i	Współpracuje lub współpracował np. z: • Princeton Unoversity; • The University of Kansas; • Texas Tech University; • University of California; • University of Derby
--	--	---	---	---

¹⁹ Pełny wykaz prowadzonych badań: <https://www.ippt.pan.pl/jednostki-badawcze/zbimm#badania> (dostęp 29.03.2024 r.)

			komercjalizacji wyników prac badawczych. • Kreowanie kompetencji przedsiębiorczych pracowników naukowych oraz wspieranie ich przedsiębiorczości poprzez doradztwo biznesowe i pomoc w tworzeniu innowacyjnych spółek. Ostatnio, IPPT PAN odniosło sukcesy w komercjalizacji wyników prac badawczych, włączając: • Inteligentne technologie dla lotnictwa i kosmonautyki. • Zaawansowane metody i systemy absorpcji udaru i tłumienia drgań. • Nowoczesne technologie wytwarzania biomateriałów i nanowłókien medycznych. • Zaawansowane metody ultrasonograficzne do diagnostyki medycznej. • Innowacyjne materiały, takie jak nowoczesne kompozyty i spoiwa cementowe.	
Centrum Badań Przedklinicznych WUM ²⁰	Centrum Badań Przedklinicznych Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego to interdyscyplinarna platforma, która otwiera możliwości dla nowych pomysłów i rozwiązań, kształcąc i rozwijając wykwalifikowaną kadrę młodych naukowców. Głównym celem	Na koncie centrum znajduje się kilkadziesiąt projektów krajowych i międzynarodowych²¹: • Novel therapeutic strategies to target tumor • Lymphangiogenesis; kreślenie nowych funkcjonalnych wariantów w obrębie genów kodujących białka powierzchniowe płytek krwi oraz	Do zasobów należy włączyć laboratoria²², dzięki którym Centrum obsługuje badania komercyjne dla: • Branży medycznej; • Branży farmaceutycznej; • Branży laboratoryjnej; • Branży bio-technologicznej; • Branży chemicznej;	b.d.

²⁰ <https://cbp.wum.edu.pl/o-centrum> (dostęp 29.04.2024 r.)

²¹ Pełna lista projektów <https://cbp.wum.edu.pl/nauka> (dostęp 29.04.2024 r.)

²² Pełne zestawienie aparatury <https://cept.wum.edu.pl/dla-biznesu/aparatura-badawcza/> (dostęp 29.04.2024 r.)

	Centrum jest wspieranie rozwoju badań przedklinicznych i przenoszenie ich osiągnięć do praktyki medycznej. Skupia się przede wszystkim na najważniejszych chorobach cywilizacyjnych, takich jak choroby układu krążenia, neurodegeneracyjne, metaboliczne i nowotworowe. Badania prowadzone w Centrum skupiają się na: • Mechanizmach wpływających na ekspresję genów i białek, strukturze molekularnej, przebudowie komórek i narządów. • Zaburzeniach regulacji procesów fizjologicznych. • Przyczynach nieprawidłowej reakcji na leki w stanach patologicznych, uwzględniając oddziaływania środowiskowe. • Interakcjach między lekami, farmakogenomice i uwarunkowaniach farmakogenetycznych. W strukturze Centrum istnieje 14 laboratoriów, zaprojektowanych do interdyscyplinarnych badań naukowych z obszarów medycyny, farmacji, biologii, chemii i fizyki.	ocena ich wpływu na ryzyko wystąpienia udaru niedokrwinnego mózgu w populacji polskiej; • Self-navigated integrin receptors seeking “thermally-smart” multifunctional few-layer grapheneencapsulated magnetic nanoparticles for molecular MRI-guided anticancer treatments in “real time” personalized nanomedicine – GEMNS; • Projekt polsko-belgijski w ramach porozumienia PAN-FWO „Biomimetyczne trójfazowe biomateriały dla regeneracji zmineralizowanych i niezmineralizowanych tkanek”; • Opracowanie technologii poszukiwania oraz metody otrzymywania całkowicie ludzkich przeciwciał; • Opracowanie polskiego komplementarnego systemu molekularnej nawigacji chirurgicznej dla potrzeb leczenia nowotworów;	• Przemysłu rolnospożywczego; • Sektora publicznego.	
Laboratorium Mikrofluidyki i Biologii Pojedynczych	Laboratorium oferuje wysokiej jakości badania komórek zwierzęcych, roślinnych oraz drobnoustrojów, wykorzystując	b.d.	Zasoby laboratorium umożliwiają: • Sortowanie populacji komórek;	b.d.

Komórek na Wydziale Biologii UW²³	technologię wieloparametrowej cytofluorometrii przepływowej. Nasza jednostka umożliwia ocenę do 9 parametrów jednocześnie oraz szybki pomiar dużej liczby pojedynczych komórek lub "cząstek" biologicznych. Dodatkowo, nasze badania pozwalają na wykrywanie bardzo rzadkich populacji komórek, umożliwiając jednoczesną ocenę ilościową i jakościową. Oferujemy także sortowanie komórek do 4 populacji naraz dla dalszych analiz, immunofenotypowanie oraz analizę stanu funkcjonalnego komórek.		• Analizy wieloparametrowe (Immunofenotypowanie, Apoptoza/żywności, Cykl komórkowy i proliferacja komórek, Oznaczanie białek wewnątrzkomórkowych, Cytokiny (z wykorzystaniem Cytometric Bead Array (CBA) lub przeciwciał); • Test cytotoksyczności; • Ocena transfektantów; • Analizy mikrobiologiczne (bakterie, glony, pierwotniaki, drożdże), Identyfikacja przez autofluorescencję lub barwienie DNA, Ocena żywotność i ilość; • Szkolenia indywidualne, Wykonanie oznaczenia wybranego z oferty, Wykonanie oznaczenia według indywidualnego zamówienia; • Analizy danych cytometrycznych plików .fcs w programach BD FACSDiva TM; BD FACSiute TM ; FCAP Array, CytoExpert , Kaluza; • Konsultacje, Wsparcie w planowaniu eksperymentów z wykorzystaniem cytometrii przepływowej, Projektowanie paneli wielokolorowych (dobór fluorochromów, wyznaczenie kontroli oznaczania, projektowanie miareczkowania przeciwciał).	
---	---	--	--	--

²³ <https://www.biol.uw.edu.pl/jednostki-uslugowe/laboratorium-aparaturowe-cytometrii-przeplywowej/> (dostęp 29.04.2024 r.)

Centrum Biotechnologii Politechniki Śląskiej ²⁴	W strukturach Centrum działa 6 grup badawczych: Tunneling Group – biologia molekularna i chemia obliczeniowa; Biofabrication and bio-instructive materials - biomimetyczne implanty i modele tkankowe, stosując głównie techniki biofabrykacji 3D; Zakład Inżynierii Genetycznej – praca nad produkcją genetycznie modyfikowanych mikroorganizmów zaliczanych do I i II kategorii zagrożenia biologicznego; Sekcja Bioinformatyki i Biologii Obliczeniowej - zapewnia przechowywanie, przeszukiwanie i przetwarzanie danych biomedycznych w krótkim czasie; prowadzenie projektów z zakresu biologii obliczeniowej i bioinformatyki oraz badań obejmujących cały proces obrazowania mikroskopowych preparatów biomedycznych oraz dokumentacji wyników elektroforezy począwszy od ich akwizycji po analizę i wizualizację, pracę z danymi z oligonukleotydowych mikromacierzy DNA o wysokiej gęstości (podlegają one m.in. procesom korekcji tła, normalizacji oraz sumaryzacji); danymi z głębokiego sekwencjonowania; danymi proteomicznymi; oraz danymi obrazowymi pochodzenia medycznego (tomografia	Poszczególne sekcje Centru realizują następujące projekty: • Teaching Lytic Polysaccharide Monoxygenases to do Cytochrome P450 Catalysis; • Combining specialists from chemistry, biology, microbiology, biotechnology, entomology and ecology to search for safe and selective pesticides; • The bacterial peptides with antimicrobial activity, called bacteriocins can be used as an environment-friendly and what is the most important efficient alternative to antibiotics; • How to inhibit the main protease of the SARS-CoV2 virus? We are using combination of the molecules tracking and local distribution approach to help answer that question; • 3D printed hybrid scaffolds for interface tissue engineering; • Novel Blood-Brain-Barrier in vitro models; • Zabezpieczenie medyczne Sił Zbrojnych RP w przeciwdziałaniu zakażeniom SARS-CoV-2 oraz ocena wpływu COVID-19 na ich gotowość operacyjną"/"Medical support of the Polish Armed Forces in preventing SARS-CoV-2 infections and assessing the impact of COVID-19 on their operational readiness; • Pyrolysis process of selected precursor plants under different conditions and subsequent surface modification, their effects on the	b.d.	b.d.
--	---	--	------	------

²⁴ <https://www.polsl.pl/rjo11-cb/> (dostęp 29.04.2024 r.)

	komputerowa, rezonans magnetyczny, SPECT, PET).	mechanical and biological properties of biomorphic materials - experimental and computational modelling research;		
--	---	---	--	--

Źródło: Opracowanie własne na podstawie stron internetowych przedstawianych podmiotów.

W powyższym zestawieniu wyróżniają się przede wszystkim jednostki PAN, które oprócz prowadzenia badań naukowych na wysokim poziomie z powodzeniem realizują prace komercyjne wykazując się przy tym licznymi projektami oraz partnerstwami naukowymi jak i biznesowymi. Jest to poziom podmiotów o charakterystyce zbliżonej do CEZAMAT PW, wśród których ma potencjał znaleźć się Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii Politechniki Warszawskiej.

4. ANALIZA WYNIKÓW EKSPERCKIEJ METODY DELFICKIEJ

Metoda delficka jest jedną z metod heurystycznych, w ramach których wykorzystuje się wiedzę, doświadczenie oraz opinie ekspertów z danej dziedziny do wspólnej identyfikacji tezy lub tez. Badanie zostało podzielone na dwa etapy, które obejmowały po cztery ankiety dla każdego zagadnienia:

- Nowoczesne materiały w mikrofluidyce;
- Mikrosystemy do hodowli komórkowej, Modele komórkowej w systemach Organ-on-a-chip;
- Mikrofluidyka do diagnostyki przyłóżkowej, Immunotesty mikrofluidyczne, Biosensory w układach mikroprzepływowych;
- Biomateriały w mikrofluidyce.

I etap badania zakładał wskazanie nisz rynkowych, perspektyw rozwoju, określenia celów zrównoważonego rozwoju oraz potencjału kadrowego i infrastrukturalnego CEZAMAT PW w dziedzinie mikrofluidyki. Najbardziej perspektywiczne nisze rynkowe przedstawiono poniżej w podziale na obszary badawcze:

Najbardziej perspektywiczne nisze rynkowe w obszarze nowoczesnych materiałów w mikrofluidyce:

1. Tanie materiały do wytwarzania jednorazowych, wysokoczułych czujników;
2. Integracja biokompatybilnych materiałów sensorowych na platformach mikrofluidycznych;
3. Materiały do wytwarzania biokompatybilnych platform mikrofluidycznych w skali masowej;
4. Materiały do wytwarzania elektrod, możliwych do integracji z urządzeniami mikrofluidycznymi, których zastosowanie umożliwia nieinwazyjne i wysokoprzepustowe analizy próbek biologicznych;
5. Nanomateriały, np. nanocząstki o specyficznych właściwościach fizyko-chemicznych (wykorzystywane m.in. w urządzeniach do separacji komórek, białek);
6. Materiały polimerowe takiej jak żywice światło- i termoutwardzalne o właściwościach biokompatybilnych i hemozgodnych jako substraty do wytwarzania urządzeń mikrofluidycznych.
7. Chipy diagnostyczne;
8. Chipy analizy wody;
9. Chipy analizy żywności;
10. Mikrofluidyczne chipy diagnostyczne zdolne do szybkiego wykrywania patogenów w próbkach biologicznych na miejscu, bez potrzeby wysyłania próbek do laboratorium.
11. Nowe, nanoszone warstwy receptorowe (na powierzchni mikrosystemów) zdolne do wykrywania związków takich jak np. markery różnych chorób;
12. Platformy mikrofluidyczne dla wysokoprzepustowego przesiewania bibliotek związków chemicznych i biologicznych i ich oceny jako kandydatów na leki przeciwnowotworowe.

Najbardziej perspektywiczne nisze rynkowe w obszarze mikrosystemów do hodowli komórkowej, modeli komórkowych oraz w systemach organ-on-a-chip:

1. Mikrosystemy umożliwiające hodowlę, wzrost oraz efektywne i szybkie różnicowanie komórek macierzystych pobranych od dawcy w kierunku danego organu (organoidy);
2. Mikrosystemy umożliwiające hodowlę i analizę modeli nowotworowych na różnych stadiach zaawansowania choroby;

3. Unaczynnione modele multi-organ-on-chip.
4. Integracja biosensorów w organ on chip;
5. Tworzenie rzetelnych modeli badawczych 3D w oparciu o komórki pochodzące z tkanek pacjentów lub komórek macierzystych;
6. Integracja metod proteomicznych, AI w analizie danych pochodzących z hodowli mikroprzepływowych.
7. Tumor-on-a-chip - platformy do modelowania chorób nowotworowych we wczesnym i zaawansowanym stadium do przeciwnowotworowej terapii personalizowanej i skriningu leków;
8. Organoidy na chipie - hodowle z różnicowanych komórek macierzystych do zastosowań w medycynie regeneracyjnej;
9. Naśladowanie stanów chorobowych z wykorzystaniem technologii Organ-on-a-chip i optymalizacja strategii terapeutycznych (np. dysfunkcje układu krążenia i choroby serca jako problem cywilizacyjny);
10. Liver-on-Chip.

Najbardziej perspektywiczne nisze rynkowe w obszarze mikrofluidyki do diagnostyki przyłóżkowej, immunotestów mikrofluidycznych, biosensorach w układach mikroprzepływowych:

1. Szybka, łatwo dostępną i niezawodną identyfikację patogenów wirusowych, bakteryjnych;
2. Opieka zdalną i diagnostykę telemedyczną;
3. Monitorowanie zdrowia przewlekłe chorych pacjentów w warunkach domowych/przyłóżkowych.
4. Chipy mikrofluidyczne do diagnostyki chorób neurodegeneracyjnych lub ryzyka ich wystąpienia na podstawie analizy próbki krwi;
5. Chipy na analizę potu - (e-skin);
6. Chipy na analizę krwi - (Paper-on-Chip);
7. Chipy do szybkiej analizy wirusów.
8. Diagnostyczne systemy mikroprzepływowe do identyfikacji markerów nowotworowych oraz separacji CTC jako markerów przerzutowania;
9. Biosensory do szybkiej identyfikacji zakażeń wirusowych; mikrosystemy do analizy złożonych próbek krwi pod względem wykrywania biomarkerów chorób rzadkich lub chorób nowotworowych;
10. Mikrofluidyczne urządzenie do sekwencjonowania DNA.

Najbardziej perspektywiczne nisze rynkowe w obszarze biomateriałów w mikrofluidyce:

1. Hydrożele naturalne imitujące macierz zewnątrzkomórkową w mikrosystemach typu Organ-on-a-chip;
2. Nanowłókna (maty nanowłókniste) do kierunkowania wzrostu komórek w systemach mikrofluidycznych;
3. Membrany imitujące błony podstawne jako rusztowania w złożonych hodowlach trójwymiarowych typu Multi-organ-on-a-chip;
4. Biomateriały umożliwiające lokalne dostarczanie wysokospecyficznych dawek chemioterapeutyków bezpośrednio do guza;
5. Biokompatybilne materiały konstrukcyjne do tworzenia mikrosystemów przepływowych np. nietoksyczne żywice światłoutwardzalne, folie, polimery;

6. Organ-on-Chip;
7. Analiza potu;
8. Analiza krwi;
9. Nowe materiały biokompatybilne do wytwarzania platform przepływowych na skale masową;
10. Biomateriały/hydrożele o właściwych parametrach biomechanicznych do tworzenia hodowli 3D;
11. Nowe materiały do druku 3D, enkapsulacji, rusztowań itp.

Eksperti wskazali kilkadziesiąt nisz rynkowych we wszystkich obszarach mikrofluidyki. Pokazuje to potrzeby rynku oraz obszary, w których CEZAMAT PW może mieć znaczący wkład.

Jednym z pytań skierowanych do ekspertów CEZAMAT PW była próba określenia perspektyw rozwojowych i trendów w najbliższej przyszłości dla każdego z obszarów badawczych. Metodologię oparto o Mapę Trendów opracowaną przez Infuture Institute²⁵. Eksperti wskazywali zazwyczaj, że poszczególne obszary badawcze stanowią aktualnie wiodące trendy w skali światowej (new normal). Perspektywa średnioterminowa (reactive zone) w przypadku skali europejskiej stanowiła zazwyczaj 50% odpowiedzi niezależnie od obszaru badawczego. Wyróżnione obszary badawcze w skali krajowej wiodącymi trendami (innovation zone) staną się aktualne w perspektywie 5-20 lat.

Tabela 6. Perspektywy rozwoju obszarów badawczo-rozwojowych w mikrofluidyce zdaniem ekspertów CEZAMAT PW

	Nowoczesne materiały w mikrofluidyce			Mikrosystemy do hodowli komórkowej, Modele komórkowej w systemach Organ-on-a-chip			Mikrofluidyka do diagnostyki przyłożkowej, Immunotesty mikrofluidyczne, Biosensory w układach mikroprzepływowych			Biomateriały w mikrofluidyce		
	Świat	Europa	Polska	Świat	Europa	Polska	Świat	Europa	Polska	Świat	Europa	Polska
"New normal" - aktualnie wiodące trendy	75%	50%		75%	50%		50%	25%		50%		
"Reactive zone" - perspektywa krótkoterminowa, dziedzina potrzebuje 1-5 lat, aby stać się trendem wiodącym	25%	50%	50%	25%	50%	50%	50%	75%	50%	50%	100%	50%
"Innovation zone" - perspektywa średnioterminowa, dziedzina potrzebuje 5-20 lat, aby stać się trendem wiodącym			50%			50%			50%			50%

Opracowanie własne na podstawie wyników badania delfickiego przeprowadzonego wśród specjalistów CEZAMAT PW

²⁵ <https://infuture.institute/mapa-trendow/#choose> (dostęp 16.04.2024).

Eksperci CEZAMAT PW zostali także poproszeni o wskazanie poziomu, w jakim rozwój obszarów w mikrofluidyce przyczyni się do osiągnięcia następujących celów zrównoważonego rozwoju, zbieżnych z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu:

- Ambitne cele klimatyczne
- Czysta, bezpieczna i tania energia
- Efektywny energetycznie sektor budowlany
- Gospodarka Obiegu Zamkniętego
- Eliminowanie zanieczyszczeń
- Zrównoważony i inteligentny transport
- Ochrona ekosystemów i bioróżnorodności
- Zrównoważone rolnictwo i system żywnościowy
- Inne np. (edukacja, zdrowie, dostępność i in.)²⁶.

Zdaniem specjalistów CEZAMAT PW wszystkie obszary mikrofluidyki mogą przyczynić się do poprawy zdrowia. Warto również zwrócić uwagę, na fakt że mikrofluidyka może odnaleźć także swoją niszę w przypadku ochrony ekosystemów i bioróżnorodności oraz eliminacji zanieczyszczeń. W najmniejszym stopniu rozwiązania mikrofluidyczne przyczynić się mogą do realizacji ambitnych celów klimatycznych i czystej, bezpiecznej i taniej energii.

Tabela 7. Stopień, w jakim rozwój obszarów w mikrofluidyce przyczyni się do osiągnięcia następujących celów zrównoważonego rozwoju zdaniem ekspertów CEZAMAT PW

	Nowoczesne materiały w mikrofluidyce	Mikrosystemy do hodowli komórkowej, Modele komórkowej w systemach Organ-on-a-chip	Mikrofluidyka do diagnostyki przyłózkowej, Immunotesty mikrofluidyczne, Biosensory w układach mikroprzepływowych	Biomateriały w mikrofluidyce
Ambitne cele klimatyczne				11%
Czysta, bezpieczna i tania energia	12,5%			11%
Efektywny energetycznie sektor budowlany				
Gospodarka Obiegu Zamkniętego				
Eliminowanie zanieczyszczeń	12,5%	25%		11%
Zrównoważony i inteligentny transport				
Ochrona ekosystemów i bioróżnorodności	25%	25%		22%
Zrównoważone rolnictwo i system żywnościowy	12,5%			
Inne np. (edukacja, zdrowie, dostępność i in.)	37,5%	50%	100%	44%

Opracowanie własne na podstawie wyników badania delfickiego przeprowadzonego wśród specjalistów CEZAMAT PW

Eksperci CEZAMAT PW dokonali także samooceny pod względem zasobów kadrowych jak i infrastrukturalnych w skali od 1 (nisko) do 5 (wysoko) w kontekście dostarczania produktów/usług B+R w obrębie poszczególnych obszarów badawczych. Najwyższa ocena (5) pojawiała się najrzadziej wśród

²⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN> (dostęp 16.04.2024 r.)

odpowiedzi do każdego obszaru badawczego. Najczęściej zasoby kadrowe i infrastrukturalne oceniano na 3 i 4.

Tabela 8. Samoocena potencjału kadrowego i infrastrukturalnego CEZAMAT PW, aby świadczyć usługi / dostarczać produkty B+R w poszczególnych obszarach

Obszar badawczy	Skala oceny				
	1	2	3	4	5
Nowoczesne materiały w mikrofluidyce			75%		25%
Mikrosystemy do hodowli komórkowej, Modele komórkowej w systemach Organ-on-a-chip			25%	50%	25%
Mikrofluidyka do diagnostyki przyłożkowej, Immunotesty mikrofluidyczne, Biosensory w układach mikroprzepływowych			50%	25%	25%
Biomateriały w mikrofluidyce			25%	50%	25%

Opracowanie własne na podstawie wyników badania delfickiego przeprowadzonego wśród specjalistów CEZAMAT PW

II etap badania miał na celu pogłębienie wyników uzyskanych w I etapie, ograniczając się do argumentacji doboru nisz rynkowych w mikrofluidyce.

Tabela 9. Wyniki II etapu badania delfickiego – odpowiedzi ekspertów.

Obszar badawczy	Wskazane nisze w I etapie badania	Przewagi nad rozwiązaniami dostępnymi na rynku oraz perspektywiczność rozwiązań	Możliwość zastosowania	Perspektywa czasowa wejścia w niszę rynkową przez CEZAMAT PW
Etap II. Nowoczesne materiały w mikrofluidyce	- Tanie materiały do wytwarzania jednorazowych, wysokoczułych czujników; - Integracja biokompatybilnych materiałów sensorowych na platformach mikrofluidycznych; - Materiały do wytwarzania biokompatybilnych platform mikrofluidycznych w skali masowej; - Materiały do wytwarzania elektrod, możliwych do integracji z urządzeniami mikrofluidycznymi, których zastosowanie umożliwia nieinwazyjne i wysokoprzepustowe analizy próbek biologicznych; - Nanomateriały, np. nanocząstki o specyficznych właściwościach fizykochemicznych (wykorzystywane m.in. w urządzeniach do separacji komórek, białek); - Materiały polimerowe takiej jak żywice światło- i termoutwardzalne o właściwościach biokompatybilnych i hemozgodnych jako substraty do wytwarzania urządzeń mikrofluidycznych.	„Przede wszystkim przewaga wynika z ceny tych materiałów oraz ich dostępności. W wielu przypadkach tego typu materiały charakteryzują się gorszymi właściwościami niż materiały standardowo stosowane, jednak właściwości te są aż nadto wystarczające przy produkcji urządzeń mikrofluidycznych.”	„Zastosowanie nowoczesnych materiałów w mikrofluidyce na pewno przyczyni się do ochrony ekosystemów i bioróżnorodności. Dostępność i łatwość wykonania tego typu analiz przyczyni się do szybkiego wykrywania czynników dewastujących te ekosystemy. Obecnie, dewastację ekosystemów obserwuje się dopiero gdy zaczyna się wymieranie gatunku bądź gatunków zamieszkujących ten ekosystem. Niestety, w takim przypadku jest już za późno na powstrzymanie czynnika dewastującego ten ekosystem.”	„W wielu przypadkach zagadnienia związane z tymi niszami już są rozwijane w CEZAMAT PW. W większości prace te mają charakter przygotowawczy bądź koncepcyjny. Jednak pełne i kompleksowe podjęcie tych nisz będzie możliwe w perspektywie 5-20 lat.”
	- Chipy diagnostyczne; - Chipy analizy wody; - Chipy analizy żywności; - Mikrofluidyczne chipy diagnostyczne zdolne do szybkiego wykrywania patogenów w próbkach biologicznych na miejscu, bez potrzeby wysyłania próbek do laboratorium.	„Perspektywiczność tych rozwiązań wynika ze zwiększania świadomości społeczeństwa. Lepsze wykształcenie, zwiększenie aktywności fizycznej i moda na zdrowy tryb życia przekładają się na większą potrzebę analizy wody, żywności czy detekcję patogenów. Ze względu na niskie koszty, łatwość obsługi i dostępność chipy mikrofluidyczne mogą wyjść naprzeciw tym zapotrzebowaniom”		
	- Nowe, nanoszone warstwy receptorowe (na powierzchnie mikrosystemów) zdolne do wykrywania związków takich jak np. markery różnych chorób; - Platformy mikrofluidyczne dla wysokoprzepustowego przesiewania bibliotek związków chemicznych i biologicznych i ich oceny jako kandydatów na leki przeciwnowotworowe.	„Perspektywiczność tych rozwiązań wynika z jakości, a właściwie stosunku jakości do ceny. Oferują one wysoką jakość przy jednoczesnych kosztach dużo niższych niż w przypadku standardowych rozwiązań.”		
Etap II. Mikrosystemy do hodowli komórkowej, Modele komórkowej w	Mikrosystemy umożliwiające hodowlę, wzrost oraz efektywne i szybkie różnicowanie komórek macierzystych pobranych od dawcy w kierunku danego organu (organoidy);	„Przewagi tych rozwiązań wynikają przede wszystkim z jakości oraz wydajności. Do tej pory testy nowych leków lub nowych terapii prowadzono w	„Urządzenia tego typu potrzebują do budowy dużo mniejszych nakładów materiałów	„W dużym stopniu badania te są już prowadzone w CEZAMAT PW, jednak rozwinięcie

systemach Organ-on-a-chip	- Mikrosystemy umożliwiające hodowlę i analizę modeli nowotworowych na różnych stadiach zaawansowania choroby; - Unaczynnione modele multi-organ-on-chip.	schemacie - badania na liniach komórkowych, a po pozytywnych wynikach badania na zwierzętach - w pierwszej kolejności myszy/szczury, a następnie naczelne. Takie rozwiązanie ma dwa zasadnicze problemy - organizmy te, mimo, że złożone, nie odwzorowują w 100% ludzkiego organizmu. Druga wada to koszty hodowli i czas wzrostu zwierząt zanim zaczną być prowadzone na nich badania. W przypadku np. modeli organ-on-chip tych problemów nie ma. W pełni odwzorowują ludzkie organy, a oprócz tego czas ich wzrostu jest nieporównywalnie krótszy w porównaniu z pełnym organizmem. To przekłada się ostatecznie na korzystny bilans cenowy takiego rozwiązania."	oraz znacznie mniejszych nakładów energii, co prowadzi do znacznej eliminacji zanieczyszczeń pochodzących z procesu produkcyjnego."	ich do poziomu, w którym mogłyby wejść na rynek komercyjny będzie możliwe w perspektywie nie krótszej niż 5-20 lat."
	- Integracja biosensorów w organ on chip; - Tworzenie rzetelnych modeli badawczych 3D w oparciu o komórki pochodzące z tkanek pacjentów lub komórek macierzystych; - Integracja metod proteomicznych, AI w analizie danych pochodzących z hodowli mikroprzepływowych.	Jw.		
	- Tumor-on-a-chip - platformy do modelowania chorób nowotworowych we wczesnym i zaawansowanym stadium do przeciwnowotworowej terapii personalizowanej i skринingu leków; - Organoidy na chipie - hodowle z różnicowanych komórek macierzystych do zastosowań w medycynie regeneracyjnej; - Naśladowanie stanów chorobowych z wykorzystaniem technologii Organ-on-a-chip i optymalizacja strategii terapeutycznych (np. dysfunkcje układu krążenia i choroby serca jako problem cywilizacyjny); - Liver-on-Chip.	„Perspektywiczność tych zagadnień wynika przede wszystkim z rozwoju cywilizacyjnego, zmiany nawyków życiowych, które prowadzą z jednej strony do wzrostu zachorowań na różnego rodzaju nowotwory, większego różnicowania tych nowotworów, a także pojawiania się nowych terapii celowanych i personalizowanych. Niestety, terapie te są bardzo drogie i nadal mało dostępne. Wynika to z faktu, że terapia taka musi powstać na podstawie szczegółowych badań konkretnego pacjenta. Badania takie są kosztowne i długotrwałe. Sytuacja		

		wyglądałaby zupełnie inaczej gdyby firmy opracowujące terapie spersonalizowane miały nieograniczony dostęp do wiarygodnego modelu danego nowotworu. Z tego względu rozwiązania te prowadzą do większej dostępności modeli nowotworowych, wyższej jakości oraz dużo niższej ceny."		
Etap II. Mikrofluidyka do diagnostyki przyłóżkowej, Immunotesty mikrofluidyczne, Biosensory w układach mikroprzepływowych	- Szybka, łatwo dostępną i niezawodną identyfikacja patogenów wirusowych, bakteryjnych; - Opieka zdalną i diagnostyka telemedyczna; - Monitorowanie zdrowia przewlekle chorych pacjentów w warunkach domowych/przyłóżkowych.	„Cena jest ogromną przewagą mikrofluidyki w diagnostyce przyłóżkowej. Przy czym jest to cena opracowania i wyprodukowania całego systemu, który jest co najmniej 10 razy tańszy w opracowaniu i produkcji niż rozwiązania standardowe. Także koszt pojedynczej analizy jest dużo niższy ze względu brak wymogu przeprowadzenia analizy w specjalistycznym laboratorium i bez udziału wysoko wykwalifikowanego personelu. Zastosowanie takiego typu diagnostyki w połączeniu diagnostyką telemedyczną znacznie przyspiesza postawienie właściwej diagnozy, a w efekcie przekłada się na możliwość szybkiego wprowadzenia właściwego leczenia. Dodatkowo diagnostyka taka w znacznym stopniu poprawia komfort pacjenta, szczególnie przewlekle chorego. Wszystko to składa się na większą efektywność leczenia.”	„Cena, dostępność i łatwość analiz przy pomocy takich rozwiązań przekłada się na możliwość wczesnego, wykrywania groźnych chorób. W przypadku wielu chorób (a szczególnie nowotworowych i wieńcowych) wczesna diagnoza prowadzi do większego prawdopodobieństwa wyleczenia. Także mikrochipy do monitorowania podstawowych parametrów krwi bądź potu może przełożyć się na wprowadzaniu w życie dobrych nawyków żywieniowych lub prowadzeniu aktywnego trybu życia. Łatwiej jest zignorować zachwiania pojedynczych parametrów z badań	„Wiele z tych nisz już jest rozwijanych w CEZAMAT PW, jeżeli nie w sposób kompleksowy to w wielu przypadkach w sposób cząstkowy. Jednak dużo większym problemem jest "wyprowadzenie" opracowanych rozwiązań poza mury laboratorium, a szczególnie wdrożenie ich do produkcji. W tym przypadku nawet perspektywa 5-20 lat wydaje się mało prawdopodobną perspektywą. I nie wynika to tylko i wyłącznie z czynników zewnętrznych. Po prostu wielu takich rozwiązań nie da się wyprodukować w ramach polskiej gospodarki, a szukanie partnerów za granicą jest dużo trudniejsze.”
	- Chipy mikrofluidyczne do diagnostyki chorób neurodegeneracyjnych lub ryzyka ich wystąpienia na podstawie analizy próbki krwi; - Chipy na analizę potu - (e-skin); - Chipy na analizę krwi - (Paper-on-Chip); - Chipy do szybkiej analizy wirusów.	„Największą przewagą tych rozwiązań jest cena ich opracowania, możliwość przeprowadzenia analizy bez wysoko wykwalifikowanego personelu, co przekłada się na ich dużą dostępność.”	w życiu dobrych nawyków żywieniowych lub prowadzeniu aktywnego trybu życia. Łatwiej jest zignorować zachwiania pojedynczych parametrów z badań	
	Diagnostyczne systemy mikroprzepływowe do identyfikacji markerów nowotworowych oraz separacji CTC jako markerów przerzutowania;	„Koszt opracowania, koszt produkcji oraz pojedynczej analizy jest ogromną przewagą. Także dostępność tych rozwiązań. Dodatkowo, ze względu na		

	- Biosensory do szybkiej identyfikacji zakażeń wirusowych; mikrosystemy do analizy złożonych próbek krwi pod względem wykrywania biomarkerów chorób rzadkich lub chorób nowotworowych; - Mikrofluidyczne urządzenie do sekwencjonowania DNA.	łatwość wykonania tego typu analiz, przekłada się to na ich dużą dostępność. Barierą tych rozwiązań na pewno jest to, że nadal w większości wypadków jest to diagnostyka wstępna, która i tak będzie wymagała potwierdzenia lub uszczegółowienia przy pomocy standardowych metod.”	np. krwi przeprowadzanych sporadycznie podczas np. badań okresowych niż te same odstępstwa, które widzi się co dzień w wyniku zastosowania mikrochipów przepływowych.”	
Etap II. Biomateriały w mikrofluidyce	- Nowe materiały biokompatybilne do wytwarzania platform przepływowych na skale masową; - Biomateriały/hydrożele o właściwych parametrach biomechanicznych do tworzenia hodowli 3D; - Nowe materiały do druku 3D, enkapsulacji, rusztowań itp.; - Biomateriały umożliwiające lokalne dostarczanie wysokospecyficzných dawek chemioterapeutyków bezpośrednio do guza; - Biokompatybilne materiały konstrukcyjne do tworzenia mikrosystemów przepływowych np. nietoksyczne żywice światłoutwardzalne, folie, polimery.	„Perspektywiczność tych materiałów wynika z ich jakości oraz wydajności. Ilość materiałów konstrukcyjnych zużywanych w mikrofluidyce jest bardzo mała przy jednoczesnej wysokiej jakości, co przekłada się na wysoką wydajność zastosowania tych materiałów. Cena tych materiałów, zwłaszcza ze względu na małą ilość przekłada się na niski koszt produkcji mikrouządzeń oraz niski koszt ich użytkowania.”	„Główna eliminacja zanieczyszczeń wynika z małej ilości tych materiałów stosowanych do wytwarzania mikrouządzeń przepływowych. Także zapotrzebowanie energetyczne w procesie produkcyjnym oraz na późniejszym etapie użytkowania tych urządzeń jest bardzo małe, a to wprost przekłada się na cele klimatyczne i ochrony środowiska.”	„CEZAMAT PW w dużej mierze już prowadzi badania z zastosowaniem tego typu materiałów, jednak ich rozwój do poziomu, w którym mogłyby być zastosowane komercyjnie zajmie jeszcze 5-20 lat.”
	- Hydrożele naturalne imitujące macierz zewnątrzkomórkową w mikrosystemach typu Organ-on-a-chip; - Organ-on-Chip; - Analiza potu; - Analiza krwi; - Nanowłókna (maty nanowłókniste) do kierunkowania wzrostu komórek w systemach mikrofluidycznych; - Membrany imitujące błony podstawne jako rusztowania w złożonych hodowlach trójwymiarowych typu Multi-organ-on-a-chip.	„Rozwój i zastosowanie tych materiałów prowadzi do rozwoju modeli komórkowych i tkankowych idealnie odwzorowujących warunki fizjologiczne. Z tego względu perspektywiczność tych materiałów wynika z ich jakości oraz wydajności. A konstrukcja całych modeli prowadzi do znacznej redukcji kosztów w porównaniu ze standardowymi technologiami.”		

Opracowanie własne na podstawie wyników badania delfickiego przeprowadzonego wśród specjalistów CEZAMAT PW

Eksperti CEZAMAT PW w zakresie mikrofluidyki przedstawili bogate zestawienie nisz rynkowych, zastosowań wyników badań oraz korzyści i perspektywy realizacji poszczególnych rozwiązań o dużym potencjale wdrożeniowym. Specjaliści przewidują w niemal każdym aspekcie oszczędność, zwiększenie wydajności badań oraz diagnoz oraz niepodważalny wpływ na życie i zdrowie człowieka oraz środowisko, w którym żyje. Wyniki II etapu badania mogą z pewnością posłużyć do identyfikacji potencjalnych obszarów inwestycji i badań oraz przewidywania przyszłego popytu na technologie mikrofluidyczne i planowania strategii biznesowych.

5. ANALIZA WYNIKÓW EKSPERCKIEJ IDENTYFIKACJI OBSZARÓW PERSPEKTYWICZNYCH

W celu pogłębienia wiedzy na temat trendów i perspektyw rozwojowych w zakresie magazynowania i konwersji energii przeprowadzono wywiady z dwoma ekspertami w tym obszarze, wyróżnionymi przez pracowników CEZAMAT PW. Na początku ekspert został poproszony o samodzielne wskazanie obecnych trendów i omówienie możliwych czynników wpływających na ich kontynuację w przyszłości. Następnie przedstawiono ekspertowi słowa kluczowe dotyczące kierunków wskazanych przez pracowników CEZAMAT PW i poproszono o wyrażenie opinii na temat ich perspektywiczności oraz ocenienie potencjału komercjalizacyjnego wyników badań w tych obszarach.

Eksperci zgodzili się, że obecnie wiodące są następujące trendy: mikrofluidyka w diagnostyce medycznej, mikrofluidyka w produkcji wyrobów farmaceutycznych, mikrofluidyka w analizie pojedynczych komórek. Jeden z ekspertów wskazał także technologie organ-on-a-chip jako obecnie wiodący trend badawczy, drugi nie zgadza się z tym – uważa, że mimo wielkich nadziei pokładanych w te technologie potrzebują one **więcej niż 5 lat** na rozwinięcie się.

Pierwszy ekspert wskazał duże zainteresowanie dziedziną ze strony przemysłu jako czynnik wspierający rozwój, zaś jako czynnik hamulcowy – trudności w standaryzacji protokołów do produkcji niektórych wyrobów między zespołami, które obecnie je rozwijają. Według drugiego eksperta pozytywny wpływ na osiągnięcia z zakresu mikrofluidyki ma rozwój innych technologii wysokoprzepustowych, między innymi fotoniki czy sztucznej inteligencji. Badacz uważa także, że czynnikiem zagrażającym rozwojowi dziedziny jest duża konkurencja i ograniczenia związane z tym, że dużo kluczowej wiedzy w tym obszarze jest własnością intelektualną przedsiębiorstw farmaceutycznych (tzw. „background IP”).

Według pierwszego eksperta wszystkie wskazane przez pracowników CEZAMAT PW zagadnienia badawcze są wysoce perspektywiczne i posiadają wielki potencjał komercjalizacyjny. Technologie będące przedmiotem zainteresowania w krótkiej perspektywie czasowej mają nabrać na znaczeniu i być wdrażane do użytku w sektorze medycznym. Ekspert uważa także, że Polska nie odbiega od reszty Europy w kwestii potencjału rozwojowego w dziedzinie mikrofluidyki. Badacz zwraca także uwagę, że obecnie modelem komercjalizacji nowoczesnych technologii mikroprzepływowych w farmaceutyce jest rozwijanie ich przez start-upy, które następnie są przejmowane przez wielkie firmy.

Według drugiego eksperta w średniej perspektywie czasowej na znaczeniu mogą nabrać technologie diagnostyczne ze szczególnym uwzględnieniem diagnostyki point-of-care. Modele i mikrosystemy do hodowli komórkowej potrzebują jeszcze więcej czasu, aby stać się trendem wiodącym. Ekspert odmówił komentarza na temat biomateriałów i innych nowoczesnych materiałów w mikrofluidyce ze względu na brak wystarczającej wiedzy w tym zakresie. Ekspert nie uważa, żeby w obu omawianych obszarach polskie instytucje badawcze miały szansę na pomyślną komercjalizację swoich osiągnięć, choć wymienia firmę Scope Fluidics (spółka spin-off Instytutu Chemii Fizycznej PAN) jako przykład wielkiego sukcesu. Za czynniki ograniczające polski potencjał badawczo-rozwojowe ekspert przyjmuje następujące kwestie: niedofinansowanie publicznej służby zdrowia, która mogłaby być odbiorcą zaawansowanych systemów diagnostycznych opartych na mikroprzepływach; stan polskiej branży farmaceutycznej, która według eksperta nie rozwija się i prowadzi prymitywne badania oraz jest rozbity na mnóstwo małych firm bez budżetu na innowacje, w związku z czym nie będzie partnerem do

prowadzenia badań wspólnych ze środowiskiem akademickim; zbyt małe nakłady na badania podstawowe, które mogłyby stanowić know-how dla przyszłych przedsiębiorstw. Ekspert uważa, że aby rozwijać takie technologie instytucje badawcze potrzebują informacji zwrotnej od rzeczywistych użytkowników takich rozwiązań, tj. ochrona zdrowia, przemysł farmaceutyczny, jednak nie przewiduje pojawienia się takiej możliwości.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Analiza danych dotyczących mikrofluidyki – systemów mikroprzepływowych na lata 2014-2023 rzuca światło na dynamiczne zmiany i trend rosnącego zainteresowania w tym obszarze. Z przeprowadzonego badania wynika, że znaczący wzrost zastosowań mikrofluidyki obserwujemy zarówno w obszarach medycyny diagnostycznej, jak i w rozwoju nowych materiałów i technologii mikroprzepływowych. Rynek mikrofluidyki rozwija się dynamicznie, co potwierdzają dane rynkowe wskazujące na roczny wzrost wartości rynku. Równocześnie analiza patentów wskazuje na stałe zainteresowanie innowacjami w tej dziedzinie, mimo że dynamika patentowania w niektórych obszarach wykazuje stabilizację. Wynika to z dojrzewania rynku i technologii, co otwiera nowe możliwości dla komercjalizacji i zastosowań praktycznych. Wnioski z analizy współpracy nauki z biznesem w obszarze mikrofluidyki pokazują, że intensywna współpraca między instytutami badawczymi a przemysłem przyczynia się do skutecznej komercjalizacji wyników badań. Polskie instytuty, takie jak CEZAMAT, odgrywają kluczową rolę w tej synergii, przekładając badania podstawowe na innowacje produktowe. Badanie metodą delficką oraz identyfikacja obszarów perspektywicznych przez ekspertów ujawniły kluczowe nisze rynkowe, które mogą zapewnić Polsce przewagę konkurencyjną. Szczególnie obiecujące wydają się być technologie diagnostyczne i systemy organ-on-a-chip, które mogą rewolucjonizować medycynę regeneracyjną oraz personalizowaną.

Rekomendacje:

- Promowanie i wspieranie współpracy między uczelniami, instytutami badawczymi i przemysłem, aby ułatwić wymianę wiedzy i komercjalizację technologii.
- Zwiększenie międzynarodowej współpracy w badaniach nad mikrofluidyką, co pozwoli na globalne dzielenie się wiedzą i wspólne rozwiązywanie problemów.
- Wprowadzenie specjalistycznych programów edukacyjnych i szkoleniowych w dziedzinie mikrofluidyki, aby przygotować wysoko wykwalifikowanych specjalistów zdolnych do pracy w tej dynamicznie rozwijającej się dziedzinie.
- Przeprowadzanie analiz rynkowych, aby monitorować i identyfikować nowe trendy i potencjalne aplikacje mikrofluidyki, co umożliwi szybką adaptację do zmieniających się warunków rynkowych.
- Wzmacnianie zespołu CEZAMAT PW z różnych dziedzin, w tym sztucznej inteligencji oraz zarządzania projektami. Dzięki różnorodności ekspertów CEZAMAT będzie bardziej wszechstronny i bardziej konkurencyjny na rynku.
- Opracowanie długoterminowych planów badawczych i finansowych, uwzględniających różnorodne źródła finansowania, takie jak fundusze europejskie, programy rządowe oraz potencjalne partnerstwa z sektorem prywatnym.
- W kontekście komercjalizacji badań ważne jest również rozwijanie współpracy z sektorem prywatnym, szczególnie z firmami biotechnologicznymi i farmaceutycznymi. Partnerstwo z tego

typu przedsiębiorstwami może umożliwić CEZAMAT PW dostęp do nowoczesnych technologii i narzędzi diagnostycznych oraz zapewnić finansowanie na rozwój i wdrożenie badań. Współpraca z sektorem prywatnym może także ułatwić komercjalizację wyników badań poprzez transfer technologii oraz licencjonowanie wynalazków.

- Promocja własnych działań i osiągnięć w celu podnoszenia pozycji CEZAMAT PW na rynku co pomoże przyciągnąć zainteresowanie potencjalnych inwestorów i partnerów biznesowych.

ANEKS – DANE TRANSAKCYJNE DOTYCZĄCE KOMERCJALIZACJI POWIĄZANYCH TECHNOLOGII

Lp.	Typ	Opis branży	Licencjodawca	Działalność licencjodawcy	Licencjobiorca	Działalność licencjobiorcy	Opis przedmiotu licencji	Data wejścia w życie umowy	Data końca trwania umowy	Wyłącznieść	Ograniczenia dotyczące użytkowania, eksploatacji, reprodukcji, dalszego przekazywania i dalszego rozwoju	Zakres i czas trwania ochrony prawnej	Stawka licencyjna	Podstawa	Inne płatności	Szczegóły dotyczące wynagrodzenia	Nr patentu/wzoru towarowego
	Know-how, Licencja, Technologia, Patent	Medycyna, Farmacja, Przed objawowe wykrywanie raka jajnika, Wykrywanie z wykorzystaniem mikromacierzy na powierzchniach płaskich, Biosensor, Bio-marker, Diagnostyka	Wayne State University		Arrayit Diagnostics, Inc.	Licencjobiorca jest twórcą, producentem i sprzedawcą nowej generacji narzędzi do nauk przyrodniczych i zintegrowanych systemów do analizy zmienności genetycznej, funkcji biologicznych i diagnostyki na dużą skalę.	Licencja na podstawie patentu, technologii, know-how i niektórych materiałów biologicznych na wytwarzanie, używanie, opracowywanie, produkcję, dystrybucję, import i sprzedaż metod, procesów, produktów lub usług do przed objawowego wykrywania raka jajnika z wykorzystaniem mikromacierzy na powierzchniach planarnych; Jedną ze stron umowy jest	07/12/2009	nieokreślony	Tak	Licencjobiorca ma prawo do udzielania sublicencji; Licencjobiorca będzie zasadniczo wytwarzać licencjonowane produkty w Stanach Zjednoczonych, gdy takie produkty będą sprzedawane w Stanach Zjednoczonych; Żadna ze stron nie może przenieść licencji, z wyjątkiem cesji związanej z zakupem zasadniczo całej strony cedującej.	Licencja obejmuje 1 przekształcony patent USA, 1 przekształcony patent PCT i 1 oczekujący patent USA; Licencjodawca będzie zarządzał i kontrolował przygotowanie, zgłoszenie, ściganie i utrzymanie licencjonowanych patentów i praw do licencjonowanych materiałów biologicznych, pod warunkiem, że wszystkie związane z tym wydatki po dacie	5,00 % 3,50 %	Przychody netto	Licencjobiorca zapłaci licencjodawcy opłatę licencyjną w wysokości 20.000 USD, 34.787 USD. Licencjobiorca zapłaci licencjodawcy minimalną roczną opłatę licencyjną w wysokości 50.000 USD za lata 2011-2012, 150.000 USD za lata 2013-2014 i 300.000 USD za rok 2015 i lata następne; Licencjobiorca zapłaci licencjodawcy 25% wynagrodzenia otrzymanego przez licencjobiorcę od sublicencjobiorców w odniesieniu do licencjonowanych	Licencjobiorca zapłaci licencjodawcy opłaty licencyjne w wysokości 5% przychodów netto licencjobiorcy (i jego podmiotów stowarzyszonych lub sublicencjobiorców) w odniesieniu do licencjonowanych produktów objętych licencjonowanymi patentami oraz 3,5% przychodów netto licencjobiorcy (i jego podmiotów stowarzyszonych lub sublicencjobiorców) w odniesieniu do produktów objętych licencjonowaną technologią lub	US11060862, PCT/US0605830, US11816471

							podmiot non-profit.					wejścia w życie będą ponoszone przez licencjobiorcę.			h produktów, technologii, patentów i materiałów biologicznych (z wyłączeniem opłat licencyjnych i opłat za badania prowadzone przez licencjobiorcę).	materiałami biologicznymi nieobjętymi licencjonowanymi patentami; Opłaty licencyjne będą należne przez okres nie dłuższy niż 10 lat od pierwszej komercyjnej sprzedaży licencjonowanego produktu.	
2.	Licencja, technologia, patent	MNAzyme, Diagnostyka molekularna, Test, In vitro, Medycyna, Laboratorium	SpeedX Pty Ltd	Licencjodawca koncentruje się na rozwoju enzymów katalitycznych kwasów nukleinowych do diagnostyki medycznej i innych zastosowań.	Universal Biosensors, Inc.	Licencjobiorca koncentruje się na urządzeniach do diagnostyki in vitro do użytku konsumenckiego i profesjonalnego w punktach opieki.	Licencja w ramach praw patentowych na wykorzystanie technologii MNAzyme w dziedzinie diagnostyki molekularnej.	09/2011	nieokreślony				5,00 % - 15,00 %	Sprzedaż; Przychody z licencji	Licencjobiorca dokona na rzecz Licencjodawcy płatności za kamienie milowe w łącznej wysokości 500.000 USD.	Licencjobiorca będzie uiszczał na rzecz licencjodawcy opłaty licencyjne w wysokości od 5% do 15% tej części przychodów licencjobiorcy ze sprzedaży i licencjonowania, która wynika z licencjonowanej technologii.	
3.	Licencja, technologia, znak towarowy, patent, know-how, tajemnica handlowa	Koronawirus, Covid-19, SARS-CoV-2, Płyn ustrojowy, Immunoglobulina, Test, Diagnostyczny, Ślina, Biosensor, Pasek, Przeciwciało, Medyczny, Czujnik	Life Science Biosensor Diagnostics Pty Ltd.		GBS Inc.	Licencjobiorca jest firmą zajmującą się technologią diagnostyki biosensorycznej, działającą na całym świecie.	Licencja na podstawie know-how, patentu, technologii i tajemnicy handlowej na promowanie, wprowadzanie do obrotu, import, produkcję, oferowanie, sprzedaż, dostarczanie i świadczenie usług związanych z paskiem biosensorycznym dla przeciwciał przeciwko	23/06/2020	nieokreślony	Tak	Licencjobiorca ma prawo do udzielania sublicencji; Licencjobiorca nie może przenieść niniejszej umowy ani scedować jakichkolwiek praw lub przekazać jakiegokolwiek odpowiedzialności lub obowiązku licencjobiorcy wynikającego z niniejszej umowy bez uprzedniej zgody licencjodawcy; Licencjodawca może przenieść	Licencja obejmuje 5 wniosków patentowych.	13,00 % 3,00 % 13,00 %	Sprzedaż netto	Licencjobiorca zapłaci licencjodawcy opłaty licencyjne w wysokości 13% w oparciu o sprzedaż netto jednostek handlowych przed ostatnią datą wygaśnięcia patentów objętych licencją i 3% w oparciu o sprzedaż netto jednostek handlowych po tej dacie oraz 13% w oparciu o sprzedaż netto opcjonalnego dedykowanego	PCT/AU2013000207, CN201380022882, US1438297, PCT/AU2016050555	

							SARS-CoV-2, zastrzeżoną aplikacją na smartfony do odczytu, przechowywania, analizowania i dostarczania programów wsparcia dla pacjentów dla co najmniej jednego wskaźnika w celu pomiaru ilości lub stężenia immunoglobulin (IgG, IgM, IgA) specyficznych dla koronawirusa zespołu ostrej niewydolności oddechowej 2 (SARS-CoV-2), (IgG, IgM, IgA) specyficznych dla koronawirusa zespołu ostrej niewydolności oddechowej 2 (SARS-CoV-2) i/lub dedykowane urządzenie do odczytu pasków sensorowych dla co najmniej jednego ze Wskaźników w celu pomiaru ilości lub stężenia immunoglobulin (IgG, IgM, IgA)				niniejszą umowę oraz scedować jakiegokolwiek prawa i przekazać jakąkolwiek odpowiedzialność lub obowiązek licencjodawcy w dowolnym momencie bez zgody lub powiadomienia licencjobiorcy.					urządzenia do odczytu.	
--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------	--

							specyficznych dla koronawirusa zespołu ostrej niewydolności oddechowej 2 (SARS-CoV-2), opatrzone znakiem towarowym "COV-2 Biosensor"; Umowa została zawarta pomiędzy podmiotami powiązanymi.										
4.	Know-how, licencja, znak towarowy, prawo autorskie, technologia, patent, inne wartości niematerialne i prawne związane z produkcją	VAST, Wszelstrosenny montaż na stabilnych szablonech, Lek, Pyranoza, Odkrywanie leków, Farmaceutyczny, Labaratoryczny, Medyczny, Technologia, Biotechnologia, Zdrowie, Opieka zdrowotna, Molekuła, Biologia, Biofarmaceutyczny	Alchemia Limited		Audeo Discovery Pty Ltd	Licencjobiorca jest firmą biofarmaceutyczną na późnym etapie rozwoju, koncentrującą się głównie na wykorzystaniu technologii chemotransportu kwasu hialuronowego (HyACT) do kierowania leków przeciwnowotworowych preferencyjnie do komórek nowotworowych w celu zwiększenia aktywności leku.	Licencja na podstawie znaków towarowych VAST i Chemoform licencjodawcy, know-how, patentów, praw autorskich, projektu, układu obwodu do korzystania z technologii odkrywania małych cząsteczek leków VAST, która zapewnia innowacyjne związki piranozy do odkrywania leków; Umowa została zawarta między podmiotami powiązanymi.	22/08/2012	nieokreślony	Tak	Licencjobiorca ma prawo do udzielania sublicencji; Licencjobiorca nie ma prawa do przenoszenia licencji.	Licencjobiorca jest zobowiązany do odnawiania i utrzymywania znaków towarowych na własny koszt; Licencjobiorca jest zobowiązany do składania, ścigania i utrzymywania patentów na własny koszt; W przypadku, gdy licencjobiorca zdecyduje się zrezygnować z patentu, licencjodawca będzie utrzymywał i ścigał taki patent na	5,00 %	Przychody netto		Licencjobiorca zapłaci licencjodawcy opłatę licencyjną w wysokości 5% przychodów netto z licencjonowanego produktu.	

												własny koszt; Licencja obejmuje znak towarowy VAST zarejestrowany w Australii, USA i znak towarowy Chemoform zarejestrowany w Australii, Szwajcarii, Japonii, Korei, USA, Europie, Chinach; Licencja obejmuje patenty i wnioski patentowe Australii, Kanady, Chin, USA, Europy, Japonii i Indii.					
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--