



Projekt: „Organizacja struktury zarządczej i animacja Procesu Przedsiębiorczego Odkrywania w ramach wybranej inteligentnej specjalizacji Województwa Małopolskiego” na przykładzie specjalizacji Life Science

Business Technology Roadmap

(zadanie 2f)

Dla scenariusza bazowego:

Wytwarzanie tworzyw biodegradowalnych i tworzyw pochodzących z surowców odnawialnych (rozwój biotechnologii przetwarzania biomasy i technologii wspomagających wytwarzania dodatków)

Autorzy:

dr inż. Jarosław Osiadacz

dr hab. Joanna Hotub-Iwan, prof. AWL

Kraków

czerwiec-październik 2021



Spis treści

1.	Streszczenie	4
2.	Słownik pojęć (wykaz skrótów)	5
3.	Wprowadzenie metodyczne	6
4.	Cel i zakres opracowania	7
5.	Warsztaty SmartLab - przebieg i rezultaty	8
6.	Charakterystyka dziedziny „Biogospdarka”	17
6.1.	Wprowadzenie do tematyki tworzyw sztucznych	17
6.2.	Bioplastyki	18
6.2.1.	Polimeryzowane biomonomery. Kwas polimlekowy (PLA)	24
6.2.2.	Bio-PE i wyekstrahowane biopolimery bakteryjne (PHA/PHB)	24
6.2.3.	Naturalne polimery roślinne	26
6.3.	Stosowane technologie, liderzy innowacji	27
6.4.	Aplikacje przemysłowe i liderzy rynku	27
6.5.	Rynek bioplastików	30
6.5.1.	Wartość rynku i prognozy	30
6.5.2.	Trendy i kierunki rozwoju rynku	32
6.5.3.	Ryzyka związane z bioplastikami	32
6.6.	Podsumowanie	33
7.	Pozycja i potencjał dziedziny „Biogospdarka” w Małopolsce	35
7.1.	Rynki i kluczowe czynniki sukcesu	35
7.2.	Regionalny łańcuch wartości	36
7.3.	Stosowane technologie	45
7.4.	Badania i rozwój, poziom innowacyjności projektów	45
7.5.	Mocne i słabe strony dziedziny „Biogospdarka” w Małopolsce	47
7.6.	Wpływy otoczenia społeczno-ekonomicznego na dziedzinę „Biogospdarka”	49
7.7.	Powiązanie z krajowymi i regionalnymi Inteligentnymi Specjalizacjami	50
7.8.	Możliwe ścieżki rozwoju	53
8.	Proponowany program rozwoju scenariusza w Małopolsce	54
8.1.	Planowane przedsięwzięcia	54
8.2.	Zasoby i szacowane nakłady	55
8.3.	Oczekiwane efekty	57
9.	Podsumowanie	58
10.	Zestawienie źródeł	59
11.	Zestawienie tabel i rysunków	63

1. Streszczenie

Prezentowany dokument o charakterze Business Technology Roadmap powstał w oparciu o wyniki warsztatów Smart Lab, jakie w dziedzinie biogospodarki były realizowane między 29 czerwca a 21 września 2021. Cykl czterech warsztatów został zorganizowany w ramach projektu pilotażowego pt. „Organizacja struktury zarządczej i animacja Procesu Przedsiębiorczego Odkrywania w ramach wybranej inteligentnej specjalizacji Województwa Małopolskiego”. Uczestnikami warsztatów byli zaproszeni eksperci z sektora nauki, biznesu oraz otoczenia biznesu, pracujący w dziedzinie biogospodarki, specjalizujący się w zagadnieniach związanych z bioprocесami wytwarzania tworzyw sztucznych.

Zgodnie z przyjętą metodyką dokonano selekcji możliwych scenariuszy rozwoju analizowanej dziedziny, dochodząc ostatecznie do ustalenia scenariusza szczegółowego: „Przetwarzanie frakcji „bio” odpadów (np. komunalnych, z zieleni miejskiej lub przetwórstwa owocowo-warzywnego) do cukrów zateżanych lub lotnych kwasów tłuszczowych lub kwasu mlekowego, jako surowców do produkcji PHA, PHB lub PLA”.

Uczestnicy analizowali posiadane przez Małopolskę zasoby oraz elementy otoczenia, które mogłyby wpłynąć na realizację projektów w ramach scenariusza. Prace te zostały uzupełnione przez analizę desk research. Na podstawie obu strumieni danych można z dużą dozą prawdopodobieństwa uznać, że zaproponowane przez uczestników projekty mają szansę zostać zrealizowane w obecnej perspektywie finansowej 2021-2027.

Nie wszystkie wyniki diagnozy były korzystne i pozytywne. Podstawowym ograniczeniem jest problem niepełnego łańcucha wartości, co powoduje, że odpowiedzialnymi za wdrożenie technologii opracowywanych w ramach scenariusza będą musiały stać się zupełnie nowe podmioty. Zakładamy jednak, że będzie to raczej efekt konwergencji działalności podmiotów już funkcjonujących w łańcuchu wartości.

Analiza otoczenia formalno-prawnego i ekonomicznego wskazuje, że omawiane projekty wpisują się w nowe polityki Unii Europejskiej (UE), w szczególności w Zielony Ład i Zasady Gospodarki Obiegu Zamkniętego. Ten aspekt, jak i zgodność założeń scenariusza i proponowanych projektów z bieżącymi trendami technologicznymi, uzasadniają interwencję (w tym finansową) w zakresie jakim w bieżącej perspektywie dysponuje samorząd Województwa Małopolskiego.

2. Słownik pojęć (wykaz skrótów)

BTR - Business Technology Roadmap (ang. Biznesowa i Technologiczna Mapa Drogowa).

CAGR - Skumulowany roczny wskaźnik wzrostu.

Domena - opis Inteligentnej Specjalizacji na pierwszym, najbardziej ogólnym, poziomie szczegółowości (w Małopolsce wyróżnia się 7 domen). W przypadku niniejszego opracowania oznacza IS Life Science.

Dziedzina - opis Inteligentnej Specjalizacji na drugim, głębszym niż domena, poziomie szczegółowości (w Małopolsce wyróżnia się 55 dziedzin, w tym 9 w ramach domeny Nauki o życiu (Life Science). W przypadku niniejszego opracowania oznacza Biogospodarkę.

GOZ - Gospodarka Obiegu Zamkniętego.

KIS - Krajowe Inteligentne Specjalizacje.

LCA - Life Cycle Assesment (ang. Analiza Cyklu Życia).

PE - Polietylen.

PET - Poli(tereftalan etylenu).

PHA - Polihydroksyalkaniiany.

PHB - Polihydroksymaslan.

PLA- Polilaktyd.

PP - Polipropylen.

PPP - Partnerstwo Publiczno-Prywatne.

RSI 2030 - Regionalna Strategia Innowacji Województwa Małopolskiego 2030.

SL - Smart Lab.

UMWM - Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego.

3. Wprowadzenie metodyczne

Business Technology Roadmap (BTR) obejmuje analizę potencjału biznesowo-naukowego danego obszaru, ocenę głównych trendów biznesowych (produktów) i technologicznych oraz zidentyfikowanie kluczowych technologii i przyszłościowych produktów dla danego obszaru. Najczęściej obszarem, dla którego wykonuje się BTR jest wyselekcjonowana branża, sektor lub dziedzina, albo scenariusz (kierunek rozwoju) i tak będziemy definiować zakres diagnozy^{1,2}.

Metodyka przygotowania, prowadzenia warsztatów Smart Lab oraz opracowywania raportów BTR została zaprezentowana, a następnie uszczegółowiona i uzgodniona z Urzędem Marszałkowskim Województwa Małopolskiego (UMWM). Metodyka ta wpisuje się w idę realizacji Procesu Przedsiębiorczego Odkrywania, który został wskazany jako odpowiedni do działań związanych z monitorowaniem i aktualizacją Regionalnej Strategii Innowacji Województwa Małopolskiego, w tym do działań pilotażowych realizowanych w ramach przedmiotowego projektu³.

Porównując proces mapowania technologii wg. metodyki BTR do innych znanych metodyk należy uznać, że pod względem zawartości merytorycznej i szczegółowości prowadzonych analiz, jest on zbliżony do poziomu Studium Możliwości (*Pre-feasibility*)⁴.

Zaprezentowane w ramach niniejszego badania BTR będą mieć charakter Studium Możliwości dla kierunku rozwoju naukowo-gospodarczego Województwa Małopolskiego, który zostanie zdefiniowany w trakcie warsztatów Smart Lab (SL), jako najbardziej prawdopodobny i najbardziej pożądany scenariusz do realizacji w perspektywie 2021-2030. Tym samym prowadząc do rozwoju Regionalnego Systemu Innowacji i gospodarki województwa.

¹ Osiadacz, J., Kucner, A., „Business Technology Roadmaps - Poradnik metodyczny przygotowania i wdrażania studiów wykonalności inwestycji badawczo-rozwojowych i innowacyjnych”, PARP Warszawa 2017, na prawach rękopisu.

² Kucner, A., Osiadacz, J., „Metodyka prowadzenia spotkań typu Smart Lab dla wsparcia procesu przygotowania Business Technology Roadmaps. Program i scenariusz spotkania Smart Lab”. PARP Warszawa 2017, na prawach rękopisu.

³ SOPZ do zamówienia: „Organizacja struktury zarządczej i animacja Procesu Przedsiębiorczego Odkrywania w ramach wybranej inteligentnej specjalizacji Województwa Małopolskiego (pilotaż)”.

⁴ Behrens, W., Hawranek, P.M., Poradnik przygotowania przemysłowych studiów wykonalności, UNIDO, Warszawa 2000

4. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest analiza otoczenia makroekonomicznego i konkurencyjnego oraz studium możliwości dla potencjalnych szczegółowych scenariuszy rozwojowych w ramach scenariusza bazowego „Wytwarzanie tworzyw biodegradowalnych i tworzyw pochodzących z surowców odnawialnych (rozwój biotechnologii przetwarzania biomasy i technologii wspomagających wytwarzania dodatków)”. Scenariusz ten został wypracowany przez uczestników warsztatów SL, realizowanych w czerwcu i lipcu 2021 r., w ramach projektu pilotażowego pt. „Organizacja struktury zarządczej i animacja Procesu Przedsiębiorczego Odkrywania w ramach wybranej inteligentnej specjalizacji Województwa Małopolskiego”.

Zadaniem przedmiotowego opracowania jest przedstawienie współzależności pomiędzy czynnikami otoczenia oraz endogennymi czynnikami rozwojowymi województwa w specjalizacji Life Science, które mogą służyć realizacji wspólnych projektów ukierunkowanych na tworzenie i wdrażanie innowacji w obszarze określonym w scenariuszu bazowym.

Niniejszy dokument, ukierunkowany na opis potencjalnych projektów (realizujących scenariusze szczegółowe wytypowane w czasie warsztatów SL), w żadnej mierze nie ogranicza możliwości tworzenia nowych scenariuszy bazowych, a następnie szczegółowych i analizy ich wykonalności, także w obszarach i tematyce bardzo zbliżonej do badanej w niniejszym dokumencie.

5. Warsztaty SmartLab - przebieg i rezultaty

Warsztat nr 1 został zrealizowany w dniu 29 czerwca 2021 r.

Na początku sesji uczestnicy warsztatu zostali wprowadzeni w tematykę oraz w metodykę pracy podczas warsztatów SL oraz przygotowania BTR. Warsztat ten poświęcony był analizie uwarunkowań wewnętrznych i zewnętrznych dla rozwoju obszaru tematycznego (dziedziny) Biogospodarka. Dyskusja miała charakter moderowany, prowadzący nie limitował czasu wypowiedzi uczestników.

W odniesieniu do potencjału innowacyjnego uczestnicy wskazali, że w zakresie rozwoju biopolimerów i biosurfaktantów region nadal znajduje się w fazie badawczej, podane zostały przykłady bieżących projektów:

- Orlen Południe prowadzi projekty w zakresie wytwarzania kwasu mlekowego oraz polihydroksymaślanu;
- Uniwersytet Rolniczy ma kilka ciekawych technologii np. dla rynku opakowań;
- Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN posiada dwie technologie związane z biosurfaktantami (projekty Instytutu: kompozyty, nośniki leków, PHA, PLA);
- Politechnika Krakowska posiada bazę technologii gotowych do użycia, ale przedsiębiorcy decydują się dopiero wtedy sięgać po nowe technologie, kiedy znajdują się w sytuacji przymusowej, np. przymusu prawnego (nowe przepisy). Na uczelni tej przedmiotową tematyką zajmują się także materiałoznawcy (tworzący kopolimery, technologie degradowalnych/jadalnych opakowań).

Analizując wypowiedzi uczestników zauważono, że w zakresie biotechnologii medycznej istnieje jeszcze większy potencjał, ale w wielu przypadkach są to firmy dostawcy dla innych firm (bez klientów/pacjentów). Dlatego też należy rozróżnić fine-biotech od biotechnologii wielkoskalowej (biorafinerie, przetwarzanie biomasy), która wymaga zupełnie innej skali inwestycji i która ma inne, wydaje się większe problemy.

Oceniając cały obszar Biogospodarki (dziedzinę IS) wyraźnie widać, że w Małopolsce istnieje wiele ważnych uniwersytetów (baza naukowa), ale gorzej jest z sektorem przedsiębiorstw. Przykładowo, w przetwórstwie biomasy jest duży potencjał, np. w biogazowniach, ale, niestety, firmy nie działają na dużą skalę, natomiast - jak twierdzą uczestnicy - w ogóle brakuje biorafinerii (red: należy wspomnieć o biorafinerii należącej do koncernu Olen Południe S.A., zlokalizowanej w Trzebini). Te kilka stworzonych biogazowni (biometan), to jednostki, które nie podjęły pełnoskalowej pracy, a w zasadzie upadły zanim jeszcze na dobre zaczęły działać, między innymi ze względu na opór środowisk lokalnych (źle dobrane lokalizacje i niewłaściwa informacja - stąd - jak uważają uczestnicy - tak ważna jest edukacja).

Uczestnicy uważają, że zdecydowanie należy dążyć do realizacji projektów w oparciu o zapotrzebowanie rynkowe (PULL), ale nie bardzo wiadomo z kim sektor nauki ma rozmawiać. Nie ma informacji o zapotrzebowaniu ze strony przedsiębiorstw. Może - jak sugerują uczestnicy - rozwiązaniem jest model PUSH i produkty niszowe?

Ważne, aby podatki np. opłaty środowiskowe wspierały rozwój. Komercjalizacja bez dotacji jest trudna. Chyba, że alternatywnie będzie znaczące zaostrezenie przepisów. W zasadzie jednak, zdaniem uczestników, to nie pieniądze są problemem, bo programów krajowych jest wystarczająco. Może podobny mechanizm, prosty i przyjazny przedsiębiorcy, jak w przypadku bonu na innowację, byłby dobrym rozwiązaniem. Bon mógł być realizowany za pośrednictwem spółki celowej Politechniki

Krakowskiej, dzięki czemu korzystanie zeń przez przedsiębiorców mało zorientowanych w strukturze i organizacji uczelni było znacznie ułatwione.

Według uczestników, największym problemem są niewykształcone łańcuchy wartości. Nie ma współpracy, zaś łańcuchy są dziurawe. Jak zatem wypchnąć obszar poza ograniczenia i osiągnąć masę krytyczną? Nie wiadomo, gdyż po prostu często firmy nie widzą korzyści z działań programujących, a same nie potrafią zostać liderem. Wolą być naśladowcą. Jedynym wyjątkiem jest Orlen Południe, działający w oparciu o długoterminową strategię. Uczestnicy wskazali, że fakt, iż Orlen Południe jest ulokowany w Małopolsce, to w zasadzie „przypadek” (tzn., że z punktu widzenia budowy innowacyjnej gospodarki Małopolski jest to fakt, który może - przy sprzyjającej zbieżności celów Orleń z Województwem Małopolskim - wspomóc realizację celów RSI 2030, ale też cele te mogą być rozbieżne). Odnośnie całości obszaru „biogospodarki”, uczestnicy warsztatów prognozują, że już niedługo wzrastające opłaty środowiskowe oraz ceny surowców oraz energii wymuszą innowacje w całym łańcuchu wartości. IKiFP PAN nie ma problemu ze strategią PULL. Doświadczenia z przedsiębiorcami wskazują, że są nawet skłonni dać wkład, ale chcą mieć produkt bezproblemowy (w kwestii wdrożenia), czyli są zainteresowani technologiami na odpowiednio wysokim TRL. Ponadto, w programie rozwoju Małopolski trudno liczyć na krajowych gigantów, ich plany strategiczne nie mają umocowania regionalnego (patrz wcześniejszy komentarz dotyczący Orleń).

Uczestnicy warsztatu nr 1 uznali, że rozwój biogospodarki ukierunkowanej na surowce energetyczne powinien być stymulowany poprzez budowę silnych klastrów (spółdzielni energetycznych). Środki powinny być wydatkowane na pilotaże techniczne, rozeznanie etapów, odpowiednią infrastrukturę i przygotowanie społeczności lokalnych. Małopolska osiągnęła sukces w programie smogowym, dlatego podobnych mechanizmów nie zastosować do promocji tematów związanych z biomasą (biogazownie i biorafinerie) - pytali uczestnicy warsztatu (red.: ta i wcześniejsze wypowiedzi wskazują, że można podjąć wątek współpracy sektora nauki z samorządami, np. w formule PPP, czy Green Public Procurements).

Warsztat nr 2 został zrealizowany 16 lipca 2021 r.

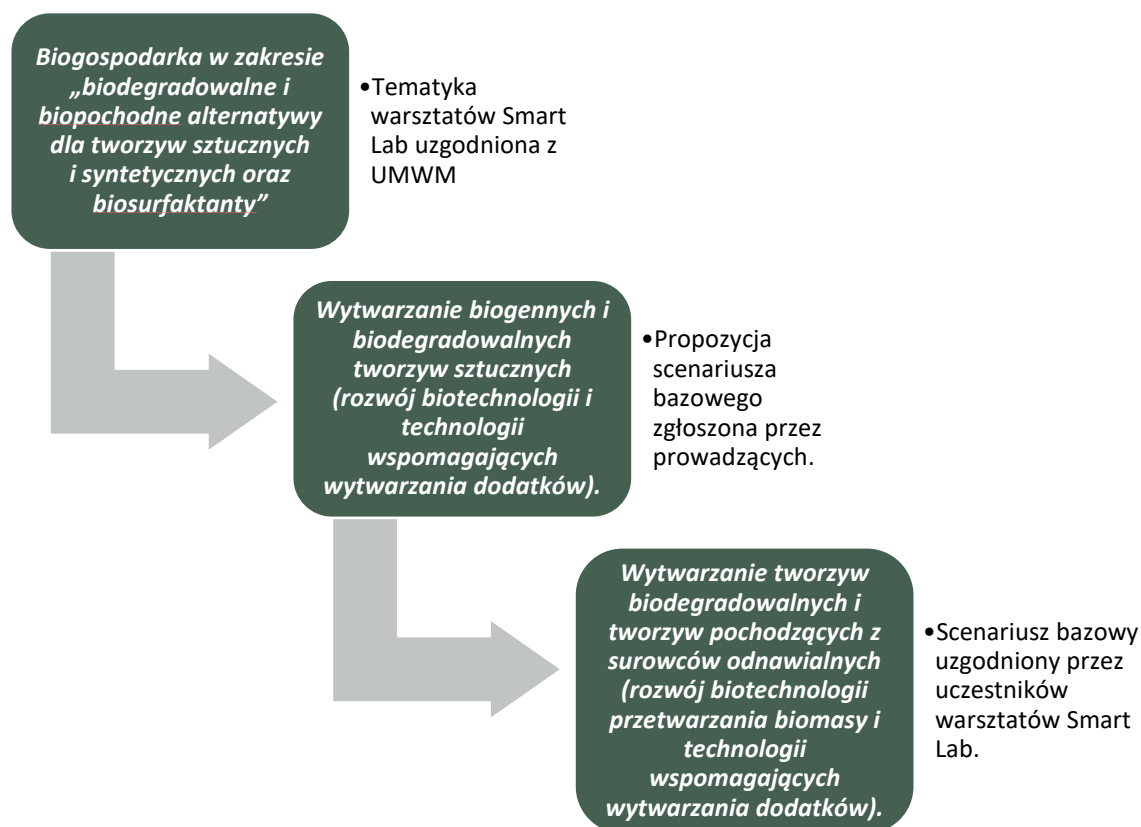
Celami warsztatu były:

- Priorytetyzacja czynników endogennych i czynników otoczenia pod kątem wpływu na branżę.
- Wybór scenariusza bazowego.
- Zbudowanie pierwszych scenariuszy szczegółowych rozwoju danej branży w kontekście prognozowanych trendów.
- Opracowanie pierwszych modeli wykorzystania obszaru technologicznego w ujęciu: nowy produkt/usługa + możliwe rynki docelowe.

Uczestnicy warsztatu, w toku dyskusji, dokonali wskazania priorytetów dla czynników endogennych i czynników otoczenia, oceniając ich potencjalny wpływ na jego realizację. Wyniki zostały przedstawione w rozdziale 7 i 8.

Na podstawie wypowiedzi uczestników podczas poprzednich warsztatów zaproponowano uszczegółowienie tematyki spotkania. W toku dyskusji uczestnicy uzgodnili scenariusz bazowy - tj. obszar w którym tworzone będą scenariusze szczegółowe, stanowiące możliwe do realizacji projekty (pakiety projektów). Przebieg uzgodnień scenariusza bazowego przedstawia rysunek 1.

Rysunek 1. Przebieg procesu wyłaniania scenariusza bazowego.



Źródło: Opracowanie własne

Następnie zrealizowano trzyetapowy proces wyłaniania i selekcji scenariuszy szczegółowych. W pierwszym etapie, polegającym na zgłaszaniu pomysłów na projekty, przedstawiono następujące propozycje:

- 1) Biorafinacja słomy na potrzeby wytwarzania cukrów wykorzystywanych do produkcji PHA, PHB.
- 2) Przetwarzanie odpadów z zieleni miejskiej do cukrów wykorzystywanych do produkcji PHA, PHB.
- 3) Przetwarzanie frakcji „bio” odpadów komunalnych do cukrów zateżanych lub lotnych kwasów tłuszczowych, kwasu mlekowego do PHA, PHB, PLA.
- 4) Wykorzystanie odpadów poprodukcyjnych z przetwarzania owoców do biotechnologicznej produkcji na potrzeby wytwarzania PHA, PHB.
- 5) Wykorzystanie olejów roślinnych (świeżych z upraw marginalnych i olejów przepracowanych) do wytwarzania materiałów termoizolacyjnych opartych o poliuretany.
- 6) Wytwarzanie ekoskóry z odpadów z przetwarzania owoców (jabłek).
- 7) Produkcja peletu PHB dla wyrobów plastikowych.
- 8) Produkcja peletu PHB do aplikacji medycznych i farmaceutycznych.
- 9) Zagospodarowanie odpadów z produkcji bio-diesla (surowa gliceryna) do wytwarzania wartościowych surowców (gliceryna oczyszczona, glikol).

- 10) Zagospodarowanie odpadów lignino-celulozowych i zużytych bioplastików do wytwarzania biomonomerów (głównie kwasy organiczne).
- 11) Hydroliza bioplastików na potrzeby wytwarzania bioplastików.
- 12) Zagospodarowanie odpadów z biorafinerii (białka, kwasy tłuszczowe, kwasy nukleinowe) do produkcji nawozów.
- 13) Wykorzystanie odpadów (osadu czynnego) ściekowych do produkcji PHB i nawozów wapniowo-fosforowych.

Następnie, w etapie drugim, dokonano wstępnej selekcji scenariuszy. Uczestnicy dokonali tego poprzez dyskusję nad scenariuszami, wykluczenie najmniej prawdopodobnych i łączenie scenariuszy zbliżonych pod względem stosowanej technologii lub skierowanych do tego samego rynku docelowego. Wyłoniono trzy scenariusze:

- 1) Przetwarzanie odpadów z zieleni miejskiej (frakcja dość czysta i jednolita, łatwiejsza do przetworzenia, można podłączyć inne frakcje jednorodne, np. słomę) do cukrów wykorzystywanych do produkcji PHA, PHB.
- 2) Przetwarzanie frakcji „bio” odpadów komunalnych (frakcja nie do przewidzenia, można ustandaryzować proces poprzez pre-processing materiału wejściowego) do cukrów zatężanych lub lotnych kwasów tłuszczowych, kwasu mlekowego do PHA, PHB, PLA.
- 3) Zagospodarowanie odpadów z produkcji biodiesla (surowa gliceryna) do wytwarzania wartościowych surowców (gliceryna oczyszczona, glikol).

W etapie 3 dokonano oceny potencjału poszczególnych scenariuszy i wybrano jeden do dalszych prac. Oceny potencjału dokonywano w oparciu o „Karty scenariusza”. Rezultaty przedstawiono poniżej.

Tabela 1. Karta scenariusza nr 1.

Roboczy tytuł scenariusza: Przetwarzanie odpadów z zieleni miejskiej do cukrów wykorzystywanych do produkcji PHA, PHB.
1. Jaką formę może przyjąć produkt/usługa? Kontenerowa biorafineria + instalacje towarzyszące (ale np. kłopotliwa hydroliza kwaśna) Sprzedaż „pofermentu” do wyspecjalizowanego podmiotu (może spółka miejska?).
2. Kto może być odbiorcą produktu/usługi? Zakłady Zieleni Miejskiej
3. Kto może być użytkownikiem końcowym produktu/usługi? PHA, PHB to polimery do zastosowania w przemyśle wykorzystującym plastiki, w tym opakowania, urządzenia elektroniczne, medyczne, uszczelniacze do białej ceramiki.
4. Jak duży jest obecny rynek dla tego produktu/usługi? Obecnie zieleń miejska pozbywa się tych odpadów (do ustalenia: jak przebiega obecnie utylizacja)

Roboczy tytuł scenariusza: Przetwarzanie odpadów z zieleni miejskiej do cukrów wykorzystywanych do produkcji PHA, PHB.

5. Jak rynek może zmienić się w przyszłości?

Rosnący (kwestie polityk UE i krajowych).

Nie są rozpoznane wszystkie zastosowania.

Nie są rozpoznane parametry brzegowe.

6. Potencjał naukowo-badawczy Małopolski w tym zakresie

Wytwarzanie biopolimerów - wysoki potencjał.

Hydroliza biomasy - kwestia uzupełnienia wiedzy (UR w Krakowie, AGH, PŁ - technologie katalityczne, Wrocław/Poznań).

7. Szanse

8. Zagrożenia, w tym bariery wejścia

Zróżnicowany surowiec (zawartość wody), wegetacja.

Bioplastik jest n razie 3-5x droższy niż syntetyk.

Lista zagadnień do wyjaśnienia:

Jaka skala?

Jaka jest wydajność procesu hydrolizy biomasy?

Jakie procesy pomocnicze?

Jaka jest skłonność Zieleni Miejskiej do zastosowania takiego rozwiązania?

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 2. Karta scenariusza nr 2.

Roboczy tytuł scenariusza: Przetwarzanie frakcji „bio” odpadów komunalnych do cukrów zatężonych lub lotnych kwasów tłuszczowych, kwasu mlekowego do PHA, PHB oraz PLA.

1. Jaką formę może przyjąć produkt/usługa?

Kontenerowa - wsad 200L - rezultat 1 kg plastiku.

Sprzedaż „pofermentu” do wyspecjalizowanego podmiotu (może spółka miejska?).

2. Kto może być odbiorcą produktu/usługi?

Zakłady oczyszczania, składowiska odpadów.

Duże zakłady spożywcze posiadające standaryzowany odpad.

3. Kto może być użytkownikiem końcowym produktu/usługi?

PHA, PHB to polimery do wykorzystania w przemyśle wykorzystującym plastiki w tym opakowania, urządzenia elektroniczne, medyczne, uszczelniacze do białej ceramiki.

PLA do folii, opakowań, nici chirurgiczne itp.

4. Jak duży jest obecny rynek dla tego produktu/usługi?

Problem zagospodarowania odpadów.

Zapotrzebowanie na PHA, PHB, PLA globalnie rośnie (pytanie: jak to wygląda w kontekście regionalnym i w zależności od jakości?).

5. Jak może on zmienić się w przyszłości?

Rosnący (kwestie polityk UE i krajowych).

6. Potencjał naukowo-badawczy Małopolski w tym zakresie

Roboczy tytuł scenariusza: Przetwarzanie frakcji „bio” odpadów komunalnych do cukrów zateżanych lub lotnych kwasów tłuszczowych, kwasu mlekowego do PHA, PHB oraz PLA.

Jak w scenariuszu 1.

7. Szanse

PLA będzie wytwarzane przez duże koncerny (poza Małopolską).

Zastosowanie do przetwarzania standaryzowanych odpadów z zakładów spożywczych.

8. Zagrożenia, w tym bariery wejścia

Lista zagadnień do wyjaśnienia:

Zastosowania PLA w różnej gradacji

+ problemy ze scenariusza 1.

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 3. Karta scenariusza nr 3.

Roboczy tytuł scenariusza: Zagospodarowanie odpadów z produkcji biodiesla (surowa gliceryna) do wytwarzania wartościowych surowców (gliceryna oczyszczona, glikol).

1. Jaką formę może przyjąć produkt/usługa?

Dla Rafinerii w Trzebini?

Dla wytwórni rolniczych?

2. Kto może być odbiorcą produktu/usługi?

Wytwórnia biodiesla (chyba nie ma innej w Małopolsce)

3. Kto może być użytkownikiem końcowym produktu/usługi?

Gliceryna oczyszczona - głównie produkt kosmetyczny, glikol- chemia (bardzo szerokie zastosowanie) i farmacja.

4. Jak duży jest obecny rynek dla tego produktu/usługi?

Problem z ilością klientów.

5. Jak może on zmienić się w przyszłości?

6. Potencjał naukowo-badawczy Małopolski w tym zakresie

7. Szanse

W przypadku niekorzystnego obrotu sytuacji na instalacji do biodiesla da się zrobić plastiki.

Konwersja gliceryny do PHB

8. Zagrożenia, w tym bariery wejścia

Trend w kierunku zakazu rejestracji samochodów spalinowych.

Luka w produkcji pierwotnej (brak dużych upraw rzepaku).

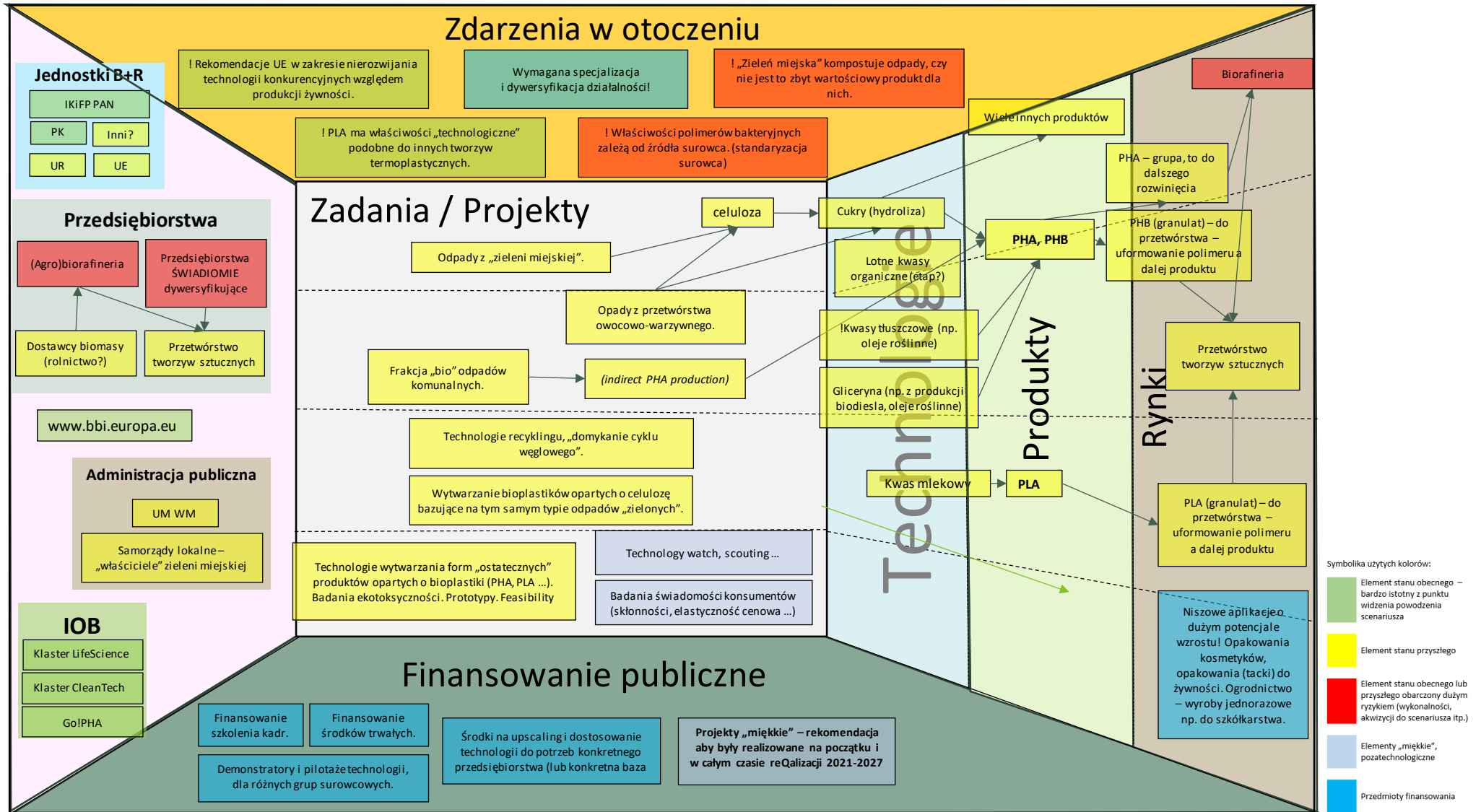
Lista zagadnień do wyjaśnienia:

Dlaczego nie rozwinęła się produkcja biodiesla w Polsce (małoskalowa)?

Źródło: Opracowanie własne

Ostatecznie, po dyskusji i głosowaniu, wybrany został scenariusz szczegółowy nr 2, uzupełniony o elementy scenariusza nr 1. Uzgodniony tytuł scenariusza brzmi: **Przetwarzanie frakcji „bio” odpadów (np. komunalnych, z zieleni miejskiej lub przetwórstwa owocowo-warzywnego) do cukrów zateżanych lub lotnych kwasów tłuszczowych lub kwasu mlekowego, jako surowców do produkcji do PHA, PHB lub PLA.**

Rysunek 2. Rezultat warsztatu nr 3. Wytwarzanie tworzyw biodegradowalnych i tworzyw pochodzących z surowców odnawialnych (rozwoj biotechnologii przetwarzania biomasy i technologii wspomagających wytwarzania dodatków).



Źródło: Opracowanie własne

Celem warsztatu nr 3, zrealizowanego 2 września 2021 r., było przełożenie scenariusza na produkty i/lub usługi. Prowadzący, kierując się zasadami dyskusji grupowej, zaprosili uczestników do opisu odbiorców i użytkowników technologii będących rezultatem danego scenariusza szczegółowego oraz spodziewanej formy produktu. Prace przebiegały w oparciu o przygotowaną autorską kanwę. Opis szczegółowy rezultatów tego warsztatu został przedstawiony i omówiony w rozdziałach 7 i 8.

Warsztat nr 4 został przeprowadzony 21 września 2021 r.

Celem warsztatu była finalizacja prac nad scenariuszem szczegółowym i wypracowanie rekomendacji. Podczas spotkania przeprowadzono następujące działania:

- Weryfikacja wykonalności scenariusza szczegółowego.
- Oszacowanie wpływu proponowanego scenariusza szczegółowego na rynek.
- Opracowanie harmonogramu dla scenariusza szczegółowego.
- Przedstawienie wniosków i rekomendacji do Regionalnej Strategii Innowacji.

Opis szczegółowy rezultatów warsztatu nr 4 został przedstawiony i poddany dyskusji w rozdziałach 7 i 8.

UWAGA 1: Wszystkie spotkania warsztatowe były nagrywane za zgodą uczestników. Dostęp do zapisów audio/wideo został przekazany Urzędowi Marszałkowskiemu Województwa Małopolskiego.

UWAGA 2: Rezultaty warsztatów Smart Lab stały się także podstawą do analizy obszaru technologicznego, co zostało zaprezentowane w rozdziale 5. Obszar technologiczny w tym wypadku odpowiada scenariuszowi bazowemu.

6. Charakterystyka dziedziny „Biogospdarka”

6.1. Wprowadzenie do tematyki tworzyw sztucznych

Tworzywa sztuczne mają szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu. Zakres zastosowań obejmuje przezroczyste, elastyczne folie spożywcze, trwałe konstrukcje i drogie materiały medyczne. Większość z tych tworzyw sztucznych (zwanymi konwencjonalnymi) i ich dodatków jest pochodzenia petrochemicznego, a zatem opiera się na zasobach nieodnawialnych, takich jak gaz ziemny, ropa naftowa i węgiel, co ma znaczący wpływ na środowisko⁵.

Według Plastics Europe, światowa produkcja tworzyw sztucznych stale rośnie i w 2018 r. osiągnęła 359 mln ton⁶. UE jest jednym z największych producentów tworzyw sztucznych, odpowiadając za 17% światowej produkcji tworzyw sztucznych. Opakowania są głównym użytkownikiem tworzyw sztucznych (głównie PE, PET i PP), generując 39-44% zapotrzebowania na całym świecie. Większość tego plastiku jest użytkowana w sposób krótkotrwały, co generuje duże ilości odpadów. Jednak wyroby z tworzyw sztucznych zazwyczaj składają się nie tylko z podstawowego polimeru, ale także z różnych, często szkodliwych dla środowiska, dodatków zawartych w tworzywie sztucznym, takich jak plastyfikatory, środki zmniejszające palność, przeciwutleniacze, pochłaniacze kwasów, stabilizatory światła i ciepła, wypełniacze, smary, pigmenty, środki antystatyczne, związki poślizgowe i stabilizatory termiczne. Dodatki te mogą czasami stanowić ponad 50% masy końcowego produktu z tworzywa sztucznego.

Obecnie stosuje się wiele różnych polimerów tworzyw sztucznych, ale niektóre z nich dominują na rynku. Wszystkie tworzywa sztuczne można podzielić na dwa szerokie podzbiory:

- Tworzywa termoplastyczne to rodzina tworzyw sztucznych, które dają się formować po podgrzaniu i twardnieją po schłodzeniu. Stanowią one ponad 90% masy produkowanych tworzyw sztucznych⁷. Najczęściej spotykane tworzywa termoplastyczne to PE, PP, polistyren (PS), polichlorek winylu (PVC), akryl, nylon i PET;
- Polimery termoutwardzalne to tworzywa, które zostały nieodwracalnie utwardzone w sposób zapobiegający stopieniu. Najpopularniejsze tworzywa termoutwardzalne stosowane są jako osnowa we włóknie szklanym, poliuretanach (PUR), wulkanizowanej gumie i piance mocznikowo-formaldehydowej.

Opakowania są głównym sposobem wykorzystania tworzyw sztucznych w Europie, odpowiadając za 39%⁸-44%⁹ zapotrzebowania na tworzywa sztuczne. Obecnie, największe zapotrzebowanie ze strony opakownictwa skierowane jest na polietylen (PE), polipropylen (PP) i politereftalan etylenu (PET),

⁵ Hahladakis, J.N., Velis, C.A., Weber, R., Iacovidou, E., and Purnell, P. (2018). An overview of chemical additives present in plastics: migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *J. Hazard. Mater.* 344, 179–199.

⁶ PlasticsEurope (2019). *Plastics – the Facts 2019: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*

⁷ CISION (2015). *Global Thermosetting Plastics Market - Segmented by Type, Industry and Geography - Trends and Forecasts (2015-2020) - Reportlinker Review*, PR Newswire, September 17, 2015.

⁸ PlasticsEurope (2019). *Plastics – the Facts 2019: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*.

⁹ PlasticsEurope (2019). *Plastics – the Facts 2019: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*

które łącznie pokrywają ponad 80% zapotrzebowania na tworzywa sztuczne w tym sektorze. Niestety, duża część odpadów z tworzyw sztucznych trafia do środowiska i przekształcając się w nanoplastiki wywiera negatywny wpływ na ekosystemy morskie¹⁰ i lądowe¹¹, a także na zdrowie ludzi¹². Jednak wiele możliwych skutków, tak co do zakresu, jak i skali, jest nadal niejasnych. Aby złagodzić skutki, rządy zareagowały wprowadzeniem podatków i/lub zakazów na plastikowe torby, słomki do napojów i inne jednorazowe wyroby, które rozprzestrzeniają się na całym świecie, począwszy od Unii Europejskiej (UE) po Chiny, Kenię, Indie i wiele innych krajów¹³.

Większość produktów konsumenckich wykonanych z konwencjonalnych tworzyw sztucznych zawiera chemikalia, które są toksyczne¹⁴. Nowe wyniki wskazują, że większość (67%) biotworzyw i produktów roślinnych także zawiera toksyczne chemikalia, przy bardzo dużej liczbie i różnorodności związków (w każdej z 80% próbek było ich ponad 1000). Badania pokazują, że materiały pochodzenia biologicznego i/lub biodegradowalne dostępne na rynku są tak samo toksyczne, jak konwencjonalne tworzywa sztuczne. Pozytywne postrzeganie „biologicznych” lub „zrównoważonych” materiałów nie obejmuje niestety rzeczywistych zagrożeń chemicznych. W celu opracowania materiałów biobazowych/biodegradowalnych, które mają rzeczywiście przewyższać konwencjonalne tworzywa sztuczne, należy zająć się aspektami bezpieczeństwa chemicznego w sposób identyczny, jak dla tworzyw konwencjonalnych¹⁵.

Szkody środowiskowe, wynikające z wysokiej trwałości niedegradowalnych odpadów z tworzyw sztucznych, zwykle opartych o surowce petrochemiczne, spowodowały negatywną zmianę w ich publicznym postrzeganiu. Aby sprostać zmieniającym się oczekiwaniom i obawom społeczeństw europejskich oraz zmniejszyć problemy środowiskowe, polityka europejska obróła na cel zmniejszenie ilości używanych i produkowanych tworzyw petrochemicznych, zwłaszcza w zastosowaniach do jednorazowego użytku^{16,17}.

6.2. Bioplastiki

Polimery pochodzenia biologicznego (bioplastiki) są opracowywane jako materiał zastępczy i uważane za potencjalne rozwiązanie problemu. Uważa się, że istnieje możliwość zachowania korzystnych właściwości materiałowych, takich jak te reprezentują tworzywa petrochemiczne, przy jednoczesnym umożliwieniu przejścia na gospodarkę o obiegu zamkniętym, zmniejszeniu wydobycia zasobów

¹⁰ Piehl, S., Leibner, A., Loeder, M.G.J., Dris, R., Bogner, C., and Laforsch, C. (2018). Identification and quantification of macro- and microplastics on an agricultural farmland. *Sci. Rep.* 8, 17950

¹¹ de Souza Machado, A.A., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S., and Rillig, M.C. (2018). Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Glob. Change Biol.* 24, 1405–1416.

¹² Smith, M., Love, D.C., Rochman, C.M., and Neff, R.A. (2018). Microplastics in seafood and the implications for human health. *Curr. Environ. Health, Rep.* 5, 375–386

¹³ Smith, M., Love, D.C., Rochman, C.M., and Neff, R.A. (2018). Microplastics in seafood and the implications for human health. *Curr. Environ. Health, Rep.* 5, 375–386

¹⁴ Zimmermann, L., Dierkes, G., Ternes, T.A., Völker, C., Wagner, M., (2019). Benchmarking the in vitro toxicity and chemical composition of plastic consumer products. *Environ. Sci. Technol.* 53 (19), 11467–11477.

¹⁵ Zimmermann, L., Dombrowski, A., Völker, C., Wagner, M., (2020) Are bioplastics and plant-based materials safer than conventional plastics? In vitro toxicity and chemical composition, *Environment International* 145 (2020) 106066

¹⁶ European Commission, (2018). A European Strategy for Plastics in a Circular Economy.

¹⁷ European Commission, (2018). Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment.

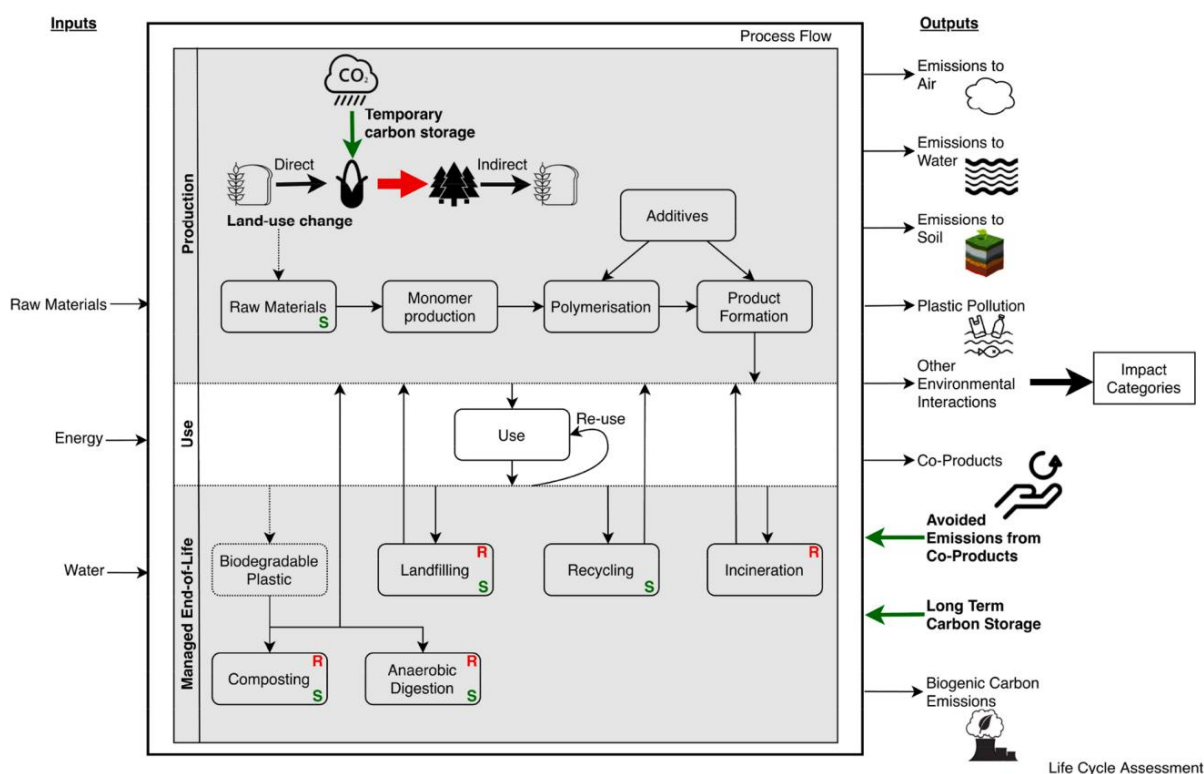
kopalnych i potencjalnie zmniejszeniu obciążeń środowiskowych powstających na końcu cyklu życia wyrobów z tworzyw¹⁸.

Typowe granice systemu dla łańcuchów wartości z tworzyw sztucznych przedstawiono na rysunku poniżej. Europejska strategia na rzecz tworzyw sztucznych w gospodarce o obiegu zamkniętym sugeruje, że innowacyjne materiały i alternatywne surowce do produkcji tworzyw sztucznych powinny być opracowywane i wykorzystywane tam, gdzie dowody wyraźnie wskazują, że są one bardziej zrównoważone niż tworzywa konwencjonalne pochodzenia petrochemicznego¹⁹.

Na schemacie zaprezentowano główne procesy, wejścia i wyjścia. Linie przerywane reprezentują przepływy charakterystyczne dla biodegradowalnych tworzyw sztucznych. Diagram pokazuje również przepływy węgla w całym systemie, gdzie S reprezentuje magazynowanie węgla (Storage - ang.), a R reprezentuje jego uwalnianie (Release - ang.).²⁰

Rysunek 3. Uproszczony schemat łańcucha wartości plastików w całym cyklu życia.

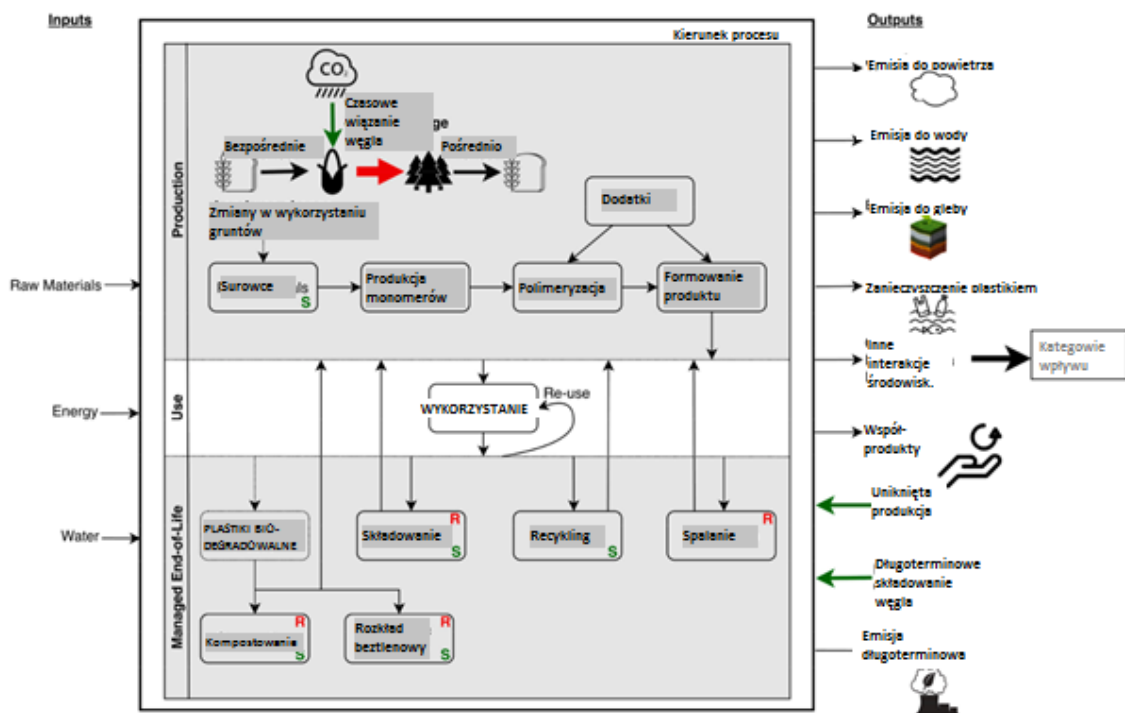
Oznaczenia: R - (release) uwalnianie węgla do środowiska; (S) - (storage) - wiązanie węgla.



¹⁸ Bishop, G., Styles, D., Lens, P.N.L., (2021) Environmental performance comparison of bioplastics and petrochemical plastics: A review of life cycle assessment (LCA) methodological decisions., Resources, Conservation & Recycling 168 (2021) 105451

¹⁹ European Commission, (2018). A European Strategy for Plastics in a Circular Economy.

²⁰ Bishop, G., Styles, D., Lens, P.N.L., (2021) Environmental performance comparison of bioplastics and petrochemical plastics: A review of life cycle assessment (LCA) methodological decisions., Resources, Conservation & Recycling 168 (2021) 105451



Źródło: Bishop, G., Styles, D., Lens, P.N.L., (2021) *Environmental performance comparison of bioplastics and petrochemical plastics: A review of life cycle assessment (LCA) methodological decisions.*, *Resources, Conservation & Recycling* 168 (2021) 105451

UE opracowała polityki^{21,22} mające na celu poprawę możliwości recyklingu tworzyw sztucznych, zwiększenie popytu na tworzywa sztuczne pochodzące z recyklingu, ograniczenie stosowania tworzyw sztucznych jednorazowego użytku i mikrodrobin (nanoplastiku) w produktach, zapewnienie władzom krajowym i przedsiębiorstwom wskazówek, w jaki sposób minimalizować odpady z tworzyw sztucznych u źródła i współpracować w celu opracowania globalnych rozwiązań i opracowania międzynarodowych standardów. Wszystkie te ograniczenia dotyczące stosowania tworzyw sztucznych opartych na paliwach kopalnych doprowadzą do zwiększonego zapotrzebowania na biotworzywa. Przejście na biomasę jest często wymieniane, jako ruch w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym w celu zminimalizowania emisji gazów cieplarnianych i zmniejszenia negatywnego wpływu na środowisko. Strategie cyrkularne²³ i biogospodarka²⁴ są opracowywane w państwach członkowskich UE, ale też w wielu innych krajach. Strategie te proponują wizję, w której alternatywne surowce są tworzone i wykorzystywane do produkcji biotworzyw w celu zastąpienia tych opartych na paliwach kopalnych. Zastąpienie jest technicznie możliwe w przypadku prawie każdego konwencjonalnego materiału i zastosowania z tworzywa sztucznego, ale obecnie koszty produkcji biotworzyw są nadal wysokie, a wymagania dotyczące gruntów dla niektórych substytutów są duże i wyznaczają granice zastępowania.

²¹ European Commission, (2018). A European Strategy for Plastics in a Circular Economy.

²² European Commission, (2018). Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment.

²³ European Commission (2018). Circular Economy Package

²⁴ European Commission (2018). Circular Economy Package.

Termin „bioplastik” zawiera w sobie kilka pojęć. Polimery z tworzyw na bazie biologicznej są produkowane z biomasy lub przez żywe organizmy i mogą, ale nie muszą ulegać biodegradacji. Możliwe jest również wytwarzanie biodegradowalnych tworzyw sztucznych pochodzenia petrochemicznego lub mieszanego. Na przykład tak zwane tworzywa typu *drop-in* są często materiałami niebiodegradowalnymi (np. bio-PE, bio-PET, bio-PTT politereftalan trimetylenu), otrzymywanymi z surowców odnawialnych, które mają identyczne właściwości techniczne jak ich odpowiedniki kopalne. Termin „biotworzywa” obejmuje również nowe polimery z tworzyw sztucznych na bazie biologicznej, np. PLA (kwas polimlekowy), PHA (polihydroksyalkaniany), PHB (polihydroksymaślan) i mieszanki skrobiowe, a także polimery mikrobiologiczne, takie jak polinukleotydy (kwasy nukleinowe), polipeptydy (białka) oraz polisacharydy (węglowodany polimeryczne). Jednak niektóre z nowych biodegradowalnych tworzyw sztucznych, np. PBS (bursztynian polibutylenu) i PBAT (tereftalan poliadypinianu butylenu), można wytwarzać z produktów petrochemicznych.

Obecnie większość bioplastików to tak zwana pierwsza generacja i pochodzi z roślin bogatych w węglowodany, takich jak kukurydza, trzcina cukrowa, roślina rycynowa, ziemniaki lub pszenica, które to surowce mogą być używane alternatywnie jako żywność lub pasza dla zwierząt. Bioplastiki drugiej generacji są produkowane z surowców nienadających się do produkcji żywności lub pasz, tj. z upraw niespożywczych (np. celuloza drzewna, w szczególności z roślin o krótkiej rotacji, takich jak topola czy wierzba) oraz materiałów odpadowych z pierwszej obróbki biomasy, np. odpady spożywcze lub trociny. Trzecia generacja odnosi się do bezpośredniej produkcji plastiku (lub monomeru) przez (mikro)organizmy. Jednak te biotworzywa są wciąż w fazie rozwojowej.

Polimery pochodzenia biologicznego można podzielić na trzy typy²⁵:

- roślinne (tj. skrobia, pochodne celulozy i kauczuki naturalne),
- polimeryzowane biomonomery (tj. PLA, poliimidy, poliuretany, poli(bursztynian butylenu) PBS),
- bio-PE itp. oraz wyekstrahowane biopolimery bakteryjne (PHA).

Pomimo różnych metod produkcji, nie wszystkie polimery pochodzenia biologicznego są biodegradowalne. Wśród polimerów pochodzenia biologicznego tylko PLA i PHA są całkowicie pochodzenia biologicznego i w pewnej formie ulegają biodegradacji. PLA jest jednak kompostowalny, ale nie ulega biodegradacji morskiej, tak jak PHA, co sprawia, że nie nadaje się do zapobiegania wyciekom odpadów z tworzyw sztucznych do środowiska. Przejście na biodegradowalne polimery na bazie biologicznej pozwala na bardziej zrównoważoną opcję, w której wyjście z procesu biodegradacji staje się wsadem do produkcji tego samego polimeru. Na przykład, pomimo tego, że PE i bio-PE są odpowiednio oparte na ropie naftowej i na bazie biologicznej, ich głównym strumieniem utylizacji jest recykling lub składowanie na wysypiskach. PHA, PLA i materiał celulozowy są pochodzenia biologicznego i ulegają biodegradacji, tworząc pełny cykl węglowy²⁶.

Biotworzywa powinny być pomyślane jako polimery spełniające dowolne z dwóch kryteriów: polimer jest pochodzenia biologicznego, polimer jest biodegradowalny. Biopochodny oznacza, że polimer jest w całości lub częściowo uzyskany z biomasy, tj. z dowolnego rodzaju odnawialnego materiału organicznego pochodzenia biologicznego, a także z odpadów organicznych. Biodegradowalny oznacza, że materiał może rozpaść się na naturalne substancje, takie jak dwutlenek węgla, woda i biomasa, w wyniku działania mikroorganizmów. Biodegradowalne tworzywo sztuczne to tworzywo sztuczne, które

²⁵ Rudin, A., Choi, P., (2013) in *The Elements of Polymer Science & Engineering*, Elsevier, pp. 521–535.

²⁶ Meereboer, K.W., Misra, M., Mohanty, A.K., (2020) Review of recent advances in the biodegradability of polyhydroxyalkanoate (PHA) bioplastics and their composites, *Green Chem.*, 2020, 22, 5519

spełnia określone oficjalne normy biodegradowalności, w przypadku których należy naukowo zaobserwować pewien stopień degradacji w określonym czasie i w określonych warunkach. Podobnie kompostowalne tworzywo sztuczne ulega biodegradacji w przemysłowych kompostowniach i musi spełniać określone normy²⁷.

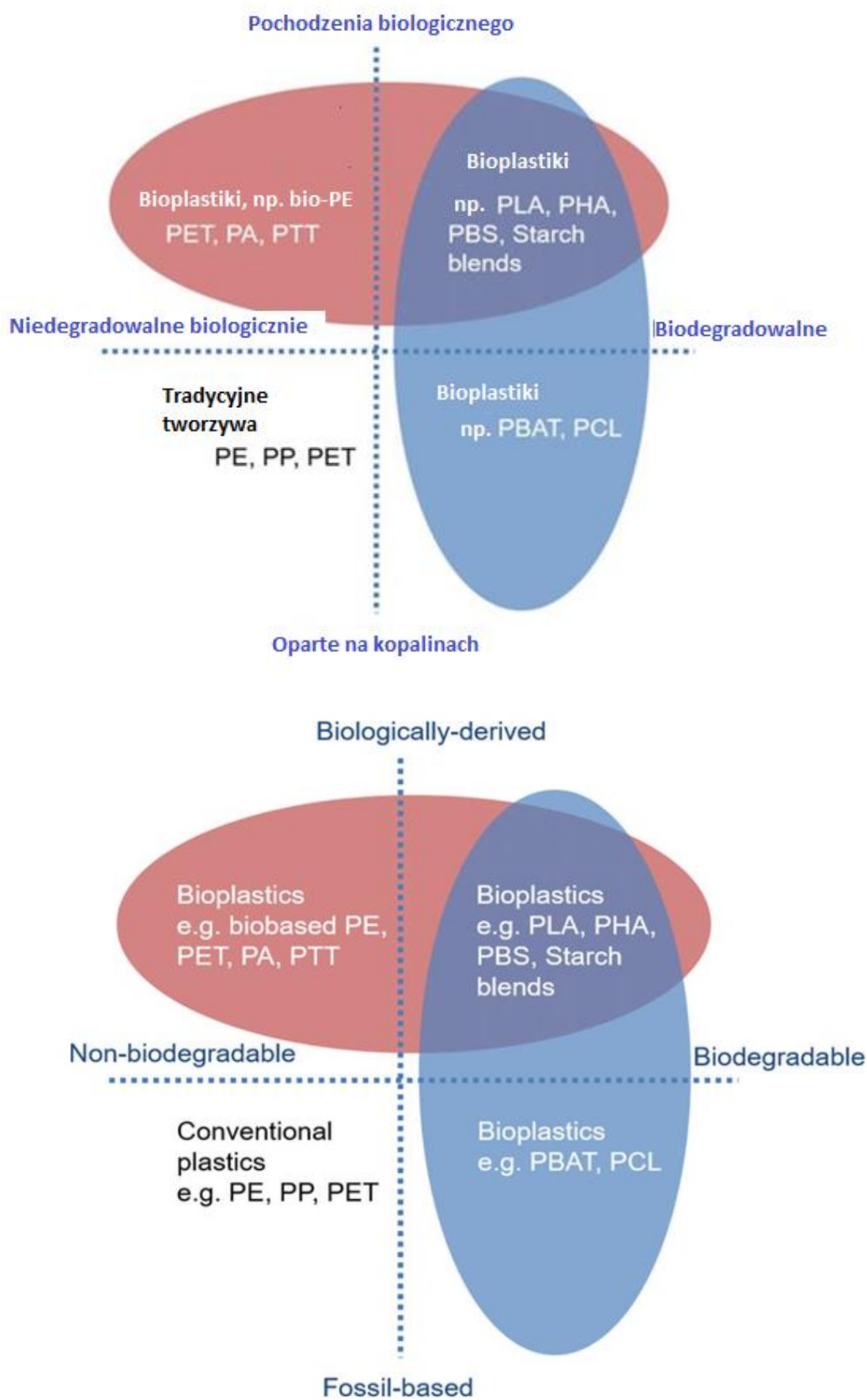
Biotworzywa tworzą trzy szerokie grupy polimerów: te, które są zarówno pochodzenia biologicznego, jak i biodegradowalne, te, które są oparte wyłącznie na biotechnologii i te, które są tylko biodegradowalne.

- Główne przykłady bioplastików, które są zarówno pochodzenia biologicznego, jak i biodegradacji, to kwas polimlekowy (PLA), polihydroksyalkaniany (PHA) i bursztynian polibutylenu pochodzenia biologicznego (bio-PBS), a także tworzywa sztuczne na bazie skrobi, celulozy, ligniny i chitozanu;
- Przykładami biotworzyw, które są pochodzenia biologicznego, ale nie ulegają biodegradacji, są poliamidy pochodzenia biologicznego (bio-PP), polietylen (bio-PE), politereftalan etylenu (bio-PET);
- Przykładami biodegradowalnych bioplastików opartych na zasobach kopalnych są PBS, polikaprolakton (PCL), polialkohol winylowy (PVA) i politereftalan adypinianu butylenu (PBAT).

Ponadto polimery takie jak bio-PE, które są pochodzenia biologicznego i chemicznie identyczne z ich odpowiednikami opartymi na paliwach kopalnych, są zwykle określane jako polimery wpuszczane.

²⁷ Di Bartolo, A.; Infurna, G.; Dintcheva, N.T. (2021) A Review of Bioplastics and Their Adoption in the Circular Economy, *Polymers* 2021, 13, 1229.

Rysunek 4. Klasyfikacja bioplastików.



Źródło: Shah, M., Rajhans, S., Pandya, H.A., Mankad, A.U., (2021) Bioplastic for future: A review then and now, World Journal of Advanced Research and Reviews, 2021, 09(02), 056-067

6.2.1. Polimeryzowane biomonomery. Kwas polimlekowy (PLA)

Obecnie kilka polimerów na bazie biologicznej wytwarza się poprzez polimeryzację monomerów uzyskanych ze źródeł naturalnych, czego podstawowym przykładem jest PLA. Kwas polimlekowy (PLA) jest termoplastycznym poliestrem alifatycznym otrzymywanym z fermentacji węglowodanów pochodzenia roślinnego, np. cukrów uzyskanych z trzciny cukrowej lub buraków cukrowych, albo skrobi otrzymywanej z kukurydzy lub ziemniaków.

W procesie fermentacji wykorzystywane są różne mikroorganizmy, zazwyczaj szczepy *Lactobacilli*, które przekształcają cukry w kwas mlekowy. Jeśli jako surowiec stosuje się skrobię, jest ona najpierw przekształcana enzymatycznie w cukry (glukozę). Najczęściej kwas mlekowy jest następnie polimeryzowany do oligomerów PLA o niskiej masie cząsteczkowej, które z kolei są depolimeryzowane z wytworzeniem laktydu, cyklicznego dimeru PLA. Polimeryzacja z otwarciem pierścienia laktydu da następnie PLA o wysokiej masie cząsteczkowej.

Ze względu na chiralny charakter monomerów L(-) i D(+), stosowanych w procesie polimeryzacji, można otrzymać trzy stereochemiczne formy PLA. W zależności od stosunku izomerów L- do D, otrzymany polimer może być amorficzny lub wykazywać różny stopień krystaliczności, co ma wpływ na degradację i właściwości mechaniczne. Przetwarzalność PLA jest porównywalna z wieloma typowymi termoplastycznymi tworzywami sztucznymi, co prowadzi do szerokiej możliwości jego wykorzystania jako materiału opakowaniowego. PLA jest również uznawany za biodegradowalny i kompostowalny, dlatego jest wykorzystywany do produkcji worków kompostowych i jednorazowych naczyń stołowych oraz do innych zastosowań, w których nie ma możliwości odzyskania zużytego produktu. Co więcej, biokompatybilność PLA uczyniła go jednym z najważniejszych polimerów w biomedycynie i inżynierii tkankowej. PLA jest wreszcie jednym z głównych materiałów wykorzystywanych do produkcji filamentów do modelowania osadzania topionego, co jest powszechnym procesem produkcyjnym druku 3D ²⁸.

6.2.2. Bio-PE i wyekstrahowane biopolimery bakteryjne (PHA/PHB)

Polietylen pochodzenia biologicznego (bio-PE) to alifatyczny termoplast syntetyzowany w wyniku polimeryzacji bioetanolu. Bioetanol uzyskuje się poprzez fermentację cukrów z ww. surowców (z trzciny cukrowej, buraków cukrowych, skrobi z kukurydzy, pszenicy lub ziemniaków), drożdży lub bakterii stosowanych jako czynniki fermentacyjne. Bioetanol jest destylowany i odwadniany w celu uzyskania etylenu, który jest następnie polimeryzowany do bio-PE. Polimer jest równoważny polietylenowi pochodzącemu z paliw kopalnych i można otrzymać te same różne typy (o małej i dużej gęstości, liniowe i rozgałęzione), w związku z czym bio-PE może być stosowany do dowolnego z wielu zastosowań PE. Należy również zauważyć, że bioetanol może być również stosowany w syntezie innych ważnych tworzyw sztucznych, takich jak polichlorek winylu, polistyren i politereftalan etylenu.

Poliestry bakteryjne są unikalnym podzbiorem polimerów biologicznych polimeryzowanych przez mikroorganizmy. Na przykład PHA mogą być syntetyzowane enzymatycznie *in vivo* przez mikroorganizmy jako prawdziwy naturalny poliester do przechowywania wewnątrzkomórkowego, podczas gdy PLA jest wytwarzany w procesie fermentacji jako kwas mlekowy i polimeryzowany chemicznie.

²⁸ Dassanayake, R.S.; Acharya, S.; Abidi, N. (2018) Biopolymer-Based Materials from Polysaccharides—Properties, Processing, Characterization and Sorption Applications. In *Advanced Sorption Process Applications*; Intech Open: London, UK, 2018.

Polihydroksyalikiniany (PHA) to alifatyczne poliestry dobrze znane ze swoich właściwości biodegradowalnych i metod produkcji opartych na bakteriach. Zarejestrowano ponad 91 różnych składników kwasu polihydroksyalkanowego, które składają się na PHA, a liczba ta stale rośnie²⁹. W oparciu o potencjalną kombinację jednostek monomerów można utworzyć niepoliczalną liczbę kopolimerów PHA. PHA ulegające biodegradacji w różnych środowiskach stanowią atrakcyjną opcję zastąpienia obecnych tworzyw sztucznych jednorazowego użytku lub tworzyw sztucznych, które nie nadają się do ponownego wprowadzenia do sektora produkcyjnego ze względu na ich niską jakość.

Główne podzbiory PHA można podzielić na kategorie według długości ich łańcucha:

- krótki łańcuch o długości 3-5 atomów węgla;
- średniej długości łańcucha 6-14 węgli;
- długi łańcuch 15+ atomów węgla.

Wśród krótko- i średniołańcuchowych PHA są unikalne typy z podwójnymi wiązaniami, wytwarzane z nienasyconych kwasów tłuszczowych. Najbardziej znane PHA to poli(3-hydroksymaślan) (PHB) i poli(3-hydroksymaślan-co-3-hydroksywalerianian) (PHBV). Oba są krótkołańcuchowymi PHA i reprezentują najbardziej podstawowe formy dostępne na rynku.

Synteza PHA jest ważna w biodegradacji, ponieważ szlaki metaboliczne są związane z biosymlacją. PHA są zwykle wytwarzane przez zrekombinowane *Escherichia coli* do użytku komercyjnego, ale mogą być wytwarzane przez wiele innych mikroorganizmów (np. *Aeromonas*, *Azotobacter*, *Cupriavidus*, *Clostridium*, *Methylobacterium*, *Ralstonia*, *Pseudomonas*, *Syntrophomonas* itp.)³⁰. Bakteryjna produkcja PHA rozpoczyna się w warunkach ograniczających wzrost, ponieważ działają one jako cząsteczka magazynująca energię dla mikroorganizmów, prowadząc do akumulacji w ścianach komórkowych bakterii i archeonów.

Do produkcji bakteryjnego PHA stosuje się kilka niekonwencjonalnych źródeł węgla, w tym mieszane źródła węgla, odpady organiczne, metan, olej arachidowy, soję, olej (w tym zużyty olej do smażenia), odpady margarynowe, glicerol itp. Pomimo tych zalet koszty związane z produkcją PHA są nadal bardzo wysokie (w porównaniu z innymi biopolimerami), a właściwości pozostawiają wiele do życzenia³¹.

Ze względu na biokompatybilność i biodegradowalność PHA są bardzo atrakcyjne do tymczasowych zastosowań *in vivo*, gdzie wysoki koszt produkcji jest mniej istotny. Wśród tych zastosowań są szwy uwalniające drobnoustroje, folie podtrzymujące do transfuzji gazów, kapsułki do długotrwałego uwalniania leku, włókna tkanki kostnej do wzrostu osteoblastów, oraz inne zastosowania jako rusztowania tkankowe, takie jak regeneracja nerwów.

Zastosowania PHA poza przemysłem biomedycznym polegają głównie na zastępowaniu jednorazowych tworzyw sztucznych, takich jak plastikowe naczynia stołowe, opakowania żywności, doniczki i zbiórka odpadów organicznych. PHA są uważane za najłatwiej biodegradowalne spośród wielu polimerów (tj. PLA, PBS, PBAT itp.) w środowiskach tlenowych (gleba, kompost i morze) i wykazują obiecujące zachowanie biodegradacji w warunkach beztlenowych (osady ściekowe, komory fermentacyjne i składowiska odpadów).

²⁹ Steinbüchel, A., Valentin, H.E., (1995) Diversity of bacterial polyhydroxyalkanoic acids. FEMS Microbiology Letters, Volume 128, Issue 3, May 1995, Pages 219–228,

³⁰ Visakh, P.M., Yu, L., (2015) Starch-based blends, composites and nanocomposites RSC Green Chem., 2015, 2015-Janua, 1–17

³¹ Meereboer, K.W., Misra, M., Mohanty, A.K., (2020) Review of recent advances in the biodegradability of polyhydroxyalkanoate (PHA) bioplastics and their composites, Green Chem., 2020, 22, 5519

6.2.3. Naturalne polimery roślinne

Biotworzywa można zdefiniować, między innymi, jako tworzywa sztuczne wykonane z naturalnego źródła, zawierającego łatwo przekształcalny surowiec, taki jak np. celulozę, skrobię, czy inne źródła węgla.

Skrobia jest polisacharydem powszechnie występującym w źródłach roślinnych i drugą co do wielkości biomasa produkowaną na ziemi. Skrobia jest białą, ziarnistą, organiczną substancją chemiczną wytwarzaną przez wszystkie rośliny zielone. Skrobia może być miękkim, białym proszkiem bez smaku, nierozpuszczalnym w zimnej wodzie, alkoholu lub innych rozpuszczalnikach. Podstawowy wzór cząsteczki skrobi to $(C_6H_{10}O_5)_n$. Skrobia jest polisacharydem składającym się z monomerów glukozy połączonych wiązaniami $\alpha 1,4$. Składa się z helikalnych struktur amylozy (fazy amorficznej i krystalicznej) oraz rozgałęzionej struktury amylopektyny (faza amorficzna). Stosunek amylozy do amylopektyny wpływa na właściwości skrobi. Skrobia i jej pochodne są pozyskiwane z szeregu surowców, takich jak kukurydza, pszenica, groch, ziemniaki, czy egzotycznych z punktu widzenia Europejczyka, takich jak skórka od bananów czy korzenie manioku. Skrobia ma szerokie zastosowanie poza przemysłem spożywczym, w sektorze produkcji papieru i tektury (do powlekania powierzchni), w sektorze farmaceutycznym jako środek wiążący, w przemyśle tekstylnym, w sektorze spoiw przemysłowych do wytwarzania klejów czy płyt kartonowo-gipsowych³². Przy wysokich stężeniach skrobi odnotowano spadek właściwości mechanicznych przy rozciąganiu. Zaobserwowano również, że przezroczystość zmniejsza się wraz ze wzrostem stężenia skrobi. Obecnie głównymi aplikacjami dla biotworzyw opartych o skrobię jest produkcja folii opakowaniowych, ale uważa się, że w przyszłości biotworzywa te będą częściej wykorzystywane w produktach o wyższej wartości, takich jak elektronika i części samochodowe³³.

Celuloza to organiczny związek chemiczny o wzorze cząsteczkowym $(C_6H_{10}O_5)_n$. Jest to polisacharyd składający się z liniowego łańcucha składającego się z kilkuset do kilkunastu tysięcy jednostek D-glukozy połączonych wiązaniami $\beta(1-4)$. Celuloza jest składnikiem strukturalnym, który znajduje się w pierwotnej ścianie komórkowej roślin zielonych i alg. Celuloza pochodzenia roślinnego znajduje się zwykle w mieszaninie ligniny, hemicelulozy, pektyny i innych substancji. Celuloza może być przetwarzana na różne materiały, w szczególności dwa główne tworzywa sztuczne na bazie celulozy to regenerowana celuloza i dioctany celulozy. W produkcji dioctanów celulozy jest ona najpierw przekształcana w trioctan celulozy w reakcji z bezwodnikiem octowym. Następnie jest częściowo hydrolizowana w celu uzyskania niższego stopnia podstawienia. Octany celulozy znajdują kilka zastosowań w przemyśle tekstylnym, jako włókna w filtrach papierosowych, filmy (np. fotografia) i membrany w technologiach separacji (np. hemodializa); produkowane jako porowate kulki mają potencjalne zastosowania w biomedycynie i biotechnologii. Dioctan celulozy jest również biodegradowalny w różnych warunkach naturalnych, przy czym proces ten jest przyspieszany przez hydrolizę. Regenerowana celuloza jest zwykle przygotowywana w wyniku procesu wiskozowego (choć istnieją inne metody przemysłowe). Materiały z regenerowanej celulozy są już stosowane lub mogą znaleźć zastosowanie w różnych dziedzinach, od tekstyliów i opakowań po biotechnologię i biomedycynę. Sztuczny jedwab i celofan, które są generycznymi znakami towarowymi odpowiednio dla włókien i folii z regenerowanej celulozy, są materiałami o dużym znaczeniu handlowym. Rayon znajduje wiele zastosowań w przemyśle włókienniczym, od produkcji odzieży po produkcję

³² Laycock, B. G., & Halley, P. J. (2014). Starch applications: State of market and new trends. In *Starch Polymers* (pp. 381-419). Elsevier.

³³ Gonzalez-Gutierrez, J., Partal, P., Garcia-Morales, M., & Gallegos, C. (2010). Development of highly-transparent protein/starch-based bioplastics. *Bioresource technology*, 101(6), 2007-2013

opatunków na rany. Celofan jest niemal wszechobecny na rynku opakowań do żywności, ale także w przemyśle kosmetycznym (obudowy, pudełka itp.) i farmaceutycznym³⁴.

6.3. Stosowane technologie, liderzy innowacji

W roku 2021 przeprowadzono i opublikowano badania bibliometryczne z zakresu biotworzyw. Zapytanie użyte w badaniu baz danych WoS i Scopus zawierało ciąg znaków ze słowem kluczowym „bioplastik”. Wzięto pod uwagę wszystkie publikacje na całym świecie. Zastosowane zapytanie zwróciło 1 346 dokumentów. Około 70% publikacji na ten temat to artykuły naukowe, 15% to artykuły konferencyjne, 10% to recenzje i rozdziały książek, a reszta to drobne doniesienia³⁵.

Krajem, w którym opublikowano więcej dokumentów, są Stany Zjednoczone, a następnie Hiszpania. Indonezja ma ogromną liczbę publikacji w formie artykułów konferencyjnych, bo aż 75% całości. Odsetek ten jest znacznie większy niż w pozostałych krajach. Drugi to Tajlandia z 15% referatów konferencyjnych. Ilość publikacji jest ważnym wskaźnikiem obrazującym trendy rozwojowe badań naukowych. Zainteresowanie bioplastikami zaczęło wzrastać w 2000 roku. Od tego czasu trend ten rośnie wykładniczo. To rosnące zainteresowanie można powiązać z obawami związanymi z uzależnieniem od paliw kopalnych i polityką dotyczącą zmian klimatycznych. Biogospodarka pojawiła się po raz pierwszy jako koncepcja polityczna w OECD na początku XXI wieku. Połączyła ona postępy w biotechnologii z innowacjami i zielonym wzrostem poprzez wykorzystanie odnawialnych zasobów biologicznych i innowacyjnych bioprocessów na skalę przemysłową. Po pierwsze w celu wytwarzania zrównoważonych produktów, miejsc pracy i dochodów, a po drugie w celu sprostania globalnym wyzwaniom, takim jak zmiany klimatyczne. Analizując instytucje, z którymi powiązani są autorzy wyszukanych dokumentów, stwierdzono, że na tym polu badawczym wniosło swój wkład 160 różnych instytucji. Liderami w tej dziedzinie są Universidad de Sevilla z Hiszpanii i Michigan State University ze Stanów Zjednoczonych. Te dwa kraje są również jedynymi, które mają więcej niż jeden ośrodek (w szczególności dwa) na liście czołowych instytucji i dwa kraje z największą liczbą publikacji. Niestety, analizy wskazują, że nie ma globalnych badań w skali światowej; każdy kraj prowadzi badania na własne tematy i we własnym zakresie. Chociaż istnieje europejskie i światowe stowarzyszenie biotworzyw, nie ma globalnych działań na poziomie kooperacji badawczej³⁶.

6.4. Aplikacje przemysłowe i liderzy rynku

Przemysł opakowaniowy to jeden z największych segmentów marketingu biotworzyw, który odpowiada za 53% rocznej produkcji. W ostatnich latach z biotworzyw korzystają producenci materiałów związanych z rolnictwem i ogrodnictwem, kosmetyków, zabawek, napojów i wielu innych. Alternatywnie bioplastiki służą do wytwarzania jednorazowych naczyń i przyborów: sztućców, kubków, talerzy itp. Różne firmy produkujące szybkozbywalne towary konsumpcyjne (FMCG), takie jak Johnson&Johnson i Procter&Gamble, zaczęły używać bio-PE do pakowania produktów kosmetycznych. Stwierdzono, że np. stosowanie PLA do pakowania żywności jest bardziej wydajne niż konwencjonalne tworzywa PET, ponieważ występują minimalne zmiany w zabarwieniu żywności.

³⁴ Gorgieva, S.; Trcek, J. (2019) Bacterial Cellulose: Production, Modification and Perspectives in Biomedical Applications. *Nanomaterials* 2019, 9

³⁵ Garrido, R., Cabeza, L.F., Falguera, V.. (2021) An Overview of Bioplastic Research on Its Relation to National Policies, *Sustainability* 2021, 13, 7848.

³⁶ Garrido, R., Cabeza, L.F., Falguera, V.. (2021) An Overview of Bioplastic Research on Its Relation to National Policies, *Sustainability* 2021, 13, 7848.

Obecnie McDonald's, Frito-lay, Mont Blanc Primeurs, McCain używają tworzyw sztucznych na bazie PLA do pakowania materiałów spożywczych³⁷.

Według szacunków na całym świecie zużywa się rocznie około pięciu milionów ton plastikowych toreb na zakupy³⁸. Wraz ze wzrostem świadomości na temat wad jednorazowych plastikowych toreb o dużej gęstości, biodegradowalne lub kompostowalne torby na zakupy okazują się lepszym substytutem przyjaznym dla środowiska. Worki te są zwykle wykonane z tworzyw składających się ze skrobi, polietylenu i metali ciężkich lub skrobi połączonej z biodegradowalnymi polimerami, takimi jak PLA. Kolejną kategorią worków są worki oksybiodegradowalne, zawierające całkowicie degradowalne dodatki do tworzyw sztucznych (TDPA). Wiadomo, że dodatki te przyspieszają proces biodegradacji poprzez utlenianie. Firmy takie jak PepsiCo, Snyder's of Hanover i Delhaize stosują teraz torby na bazie PLA zamiast konwencjonalnych³⁹.

Biodegradowalne tworzywa sztuczne zostały wykorzystane do produkcji artykułów gospodarstwa domowego jednorazowego użytku, w tym przedmiotów używanych w łazienkach, takich jak wiadra, kubki, mydelniczki, pojemniki na butelki do szamponów, środków nawilżających, odżywek, żeli pod prysznic itp., przyborów takich jak noże, widelce, łyżki, miski itp., wieszaki itp. Zabawki Fantastic Beach są wykonane z bioplastiku Mirel pochodzącego z kukurydzy produkowanej przez Zoëb Organics. Cereplast. To biodegradowalna żywica sprzedawana pod marką Nat-Ur, wytwarzana ze skrobi kukurydzianej i ziemniaczanej używana do produkcji sztućców. Przedsiębiorstwo Natur Bag sprzedaje sztucze z biotworzyw sztucznych pod nazwą handlową Natur-Ware. United Colors of Benetton zaczęło stosować w 100% biodegradowalne wieszaki nadające się do recyklingu⁴⁰.

Biotworzywa stosuje się do produkcji ściółek rolniczych, pasów siewnych i taśm. Biotworzywa były również wykorzystywane do produkcji pasów nasiennych i aktywnych kapsulek z komponentami. Obecnie dostępne są również folie i siatki na bazie biotworzyw, które stosuje się do okrywania grzybów, korzeni drzew i krzewów. Poza tym te siatki i przędze pochodzenia biologicznego były również używane do zapobiegania erozji zboczy i kopców, dopóki korzenie roślin nie będą dobrze rosły⁴¹.

Na rynku elektronicznym pojawiają się doniesienia, że SUPLA zoptymalizowała związki kwasu polimlekowego pochodzące z laktydów opracowanych przez Corbion Pura. Firma podjęła próbę opracowania pierwszego na świecie komputera z bioplastikowym ekranem dotykowym o wysokim połysku, wykonanego z wysokotemperaturowego PLA we współpracy z tajwańskim producentem oryginalnego sprzętu (OEM)/producentem oryginalnego projektu (ODM), firmą Kuender. Poza tym mieszanki PLA są również wykorzystywane do produkcji ekranów monitorów komputerowych, klawiatur komputerowych, laptopów, tabletów komputerowych itp., a także konsol do gier, telefonów komórkowych i słuchawek. Wykorzystanie biotworzyw w przemyśle elektronicznym okazało się być trafne pod względem referencji środowiskowych. Ponadto nastąpiła poprawa wielu właściwości, takich jak połysk, odporność na uderzenia i precyzyjna obróbka tych produktów elektronicznych⁴².

³⁷ Ashter, S.A. (2016) Commercial applications of bioplastics. In Introduction to Bioplastics Engineering, William Andrew Publisher. 2016;227-49.

³⁸ Sabbah, M., Porta, R.. (2017) Plastic pollution and the challenge of bioplastics. J. Appl. Biotechnol. Bioeng. 2017;2:00033

³⁹ Shah, S., Matkawala, F., Garg, S., Nighojkar, S., Nighojkar A., Kumar, A., (2020) Emerging Trend of Bio-plastics and Its Impact on Society, Biotechnology Journal International 24(4): 1-10, 2020

⁴⁰ <http://www.treehugger.com/clean-technology/compostable-cutlery-made-from-cereplast.html>; <http://www.naturbag.com/biobased-compostable-cutlery>; <http://www.ecouterre.com/benetton-gets-greener-with-biodegradable-hangers-organic-cotton-garments/>

⁴¹ Agriculture and horticulture. European Bioplastics; 2019

⁴² PLA bioplastic debuts in touch screen computer housing. Plastics Today; 2013

Biotworzywa pochodzące z PLA i PEG znalazły zastosowanie w wielu dziedzinach biomedycznych, takich jak produkcja urządzeń ortopedycznych, wypełnianie ran, dostarczanie leków, inżynieria tkankowa, produkcja porowatych i włóknistych rusztowań. Te biotworzywa okazały się lepsze dzięki lepszemu modułowi przechowywania, właściwościom bioresorbowalnym, naturze krystalicznej i temperaturze przejścia. Nietoksyczne biodegradowalne polimery są również stosowane w szwach, implantach, urządzeniach dentystycznych, śrubach, zszywkach, szpilkach, pinezkach itp. Wykazano, że te szwy na bazie bioplastiku pozostają nienaruszone aż do zakończenia gojenia tkanek, ulegają rozpuszczeniu, a także całkowicie metabolizowany w organizmie. TYRX jest biodegradowalnym poliarylanem pochodzącym z tyrozyny sprzedawanym przez TyRx Pharma, Inc. i jest stosowany w urządzeniu do naprawy przepukliny. Działa jak wchłaniałna powłoka antybakteryjna. Parietex Pro Grip™ jest pierwszą siatką biokomponentową wykorzystywaną do laparoskopowego samomocowania, co ułatwia naprawę struktur tkankowych bez naprężeń⁴³.

Według nowego raportu opublikowanego przez Allied Market Research⁴⁴, światowy rynek bioplastików został wyceniony na 4,6 miliarda dolarów w 2019 roku i ma osiągnąć 13,1 miliarda dolarów do 2027 roku, rosnąc o 13,8% (CAGR) w latach 2020-2027. Alternatywne opracowanie - opublikowane przez Market&Markets⁴⁵ - prognozuje jeszcze większy wzrost, bo aż do poziomu 29,7 mld USD do 2026 r., przy CAGR wynoszącym 22,7% w latach 2021-2026. Do wzrostu rynku biotworzyw przyczyniają się świadomość konsumentów dotycząca zrównoważonych rozwiązań z tworzyw sztucznych i wszechobecne wysiłki na rzecz wyeliminowania stosowania nie biodegradowalnych, konwencjonalnych tworzyw sztucznych. Tradycyjne tworzywa sztuczne, które na ogół są oparte na ropie naftowej, potrzebują dziesięcio- a nawet tysiącleci, aby się rozłożyć. Biodegradowalne tworzywa sztuczne rozpadają się znacznie szybciej, a produkty rozkładu są wchłaniane z powrotem do naturalnego obiegu. Tworzywa biodegradowalne rozkładają się na poziomie 60% masy i więcej w ciągu już 180 dni (lub mniej) w porównaniu z tradycyjnymi tworzywami sztucznymi, których rozkład zajmuje około 1000 lat. Rosnące składowiska i hałdy odpadów okazały się poważnym zagrożeniem dla środowiska i spowodowały liczne niekorzystne skutki dla flory i fauny ekosystemu.

Spośród różnych typów biopolimerów, segment mieszanek skrobiowych ma obecnie największe udziały w rynku i oczekuje się, że w okresie prognozy będzie nadal rósł w tempie 10,6% (CAGR). Segment nie biodegradowalnych tworzyw również rośnie, przy czym najistotniejszy PET, produkowany w największym wolumenie rośnie (paradoksalnie) jeszcze szybciej i spodziewa się jego wzrostu w tempie 15,1% (CAGR). Spośród aplikacji wykorzystujących tworzywa, najszybciej rośnie sektor opakowaniowy. Prognozowane tempo jego wzrostu może wynieść około 13,7% (CAGR) do roku 2027.⁴⁶

Głównym czynnikiem ograniczającym szybki wzrost rynków tworzyw biodegradowalnych jest wyższy koszt biotworzyw. W wielu przypadkach ten koszt jest od 20% do 100% wyższy niż w przypadku polimerów konwencjonalnych. Obecnie koszt tworzyw biodegradowalnych waha się od 2 - 6 USD/kg w porównaniu z tradycyjnymi tworzywami, czyli około 1 - 2 USD/kg. Wynika to przede wszystkim z wysokich kosztów polimeryzacji biopolimerów, ponieważ większość procesów jest wciąż na etapie rozwoju, a zatem nie osiągnięto jeszcze efektu skali. Na przykład PHA, które mają różnorodne zastosowania w spoiwach, papierach syntetycznych, urządzeniach medycznych, częściach elektronicznych, opakowaniach żywności i rolnictwie, charakteryzują się wysokimi kosztami produkcji, niską wydajnością i ograniczoną dostępnością. PLA, które mają znacznie niższy koszt produkcji w porównaniu do PHA, są nadal droższe niż PE i PP na bazie ropy naftowej. Ogólnie rzecz

⁴³ Ashter, S.A., (2016) Commercial applications of bioplastics. In Introduction to Bioplastics Engineering, William Andrew Publisher. 2016;227-49.

⁴⁴ <https://www.alliedmarketresearch.com/press-release/bioplastics-market.html>

⁴⁵ <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/biopolymers-bioplastics-market-88795240.html>

⁴⁶ <https://www.alliedmarketresearch.com/press-release/bioplastics-market.html>

biorąc, biomateriały wciąż znajdują się w fazie rozwoju i nie zostały skomercjalizowane na takim samym poziomie, jak ich odpowiedniki petrochemiczne, które rozwijają się szybko od ponad 50 lat⁴⁷.

Główni producenci odpowiedzialni za wzrost wielkości rynku biotworzyw to: BASF SE, Biotec Pvt. Ltd., Biotrem, Danimer Scientific, Dow Inc., Eastman Chemical Company, Hemp Plastic, Minima, Mitsubishi Chemical Holdings, Novamont SpA i Solanyl Biopolymers. Należy zwrócić uwagę także na rynki wschodzące i obecnych tam graczy, tak lokalnych jak i inwestujących w krajach APAC graczy globalnych. Na przykład w 2019 roku Total Corbion założył fabrykę PLA w Rayong w Tajlandii o zdolności produkcyjnej 75 000 ton rocznie. W tym samym roku Mitsubishi Chemical Holding Corporation (Japonia) i Lenovo Group Limited (Chiny) zawarły spółkę *joint venture*, aby wyprodukować korpus z bioplastiku (tylny panel w kształcie 3D) do smartfonów. Ponadto Indonezja bada alternatywy dla bioplastików, takie jak wodorosty. Ewovare, lokalny gracz, dostarcza na rynek opatentowane opakowania na bazie wodorostów⁴⁸.

6.5. Rynek bioplastików

6.5.1. Wartość rynku i prognozy

Prognozowany łączny wzrost ilości odpadów z tworzyw sztucznych produkowanych do 2050 r. przekroczy 25 miliardów ton metrycznych. Jednocześnie przewiduje się, że produkcja biopochodnych/nie biodegradowalnych i biodegradowalnych tworzyw sztucznych przewidywana na lata 2020-2023 będzie wzrastać o 13% rocznie⁴⁹. Według European Bioplastics⁵⁰ w 2019 r. światowa produkcja biotworzyw wyniosła (2,43 Mt) - poniżej 1% światowej produkcji tworzyw sztucznych. Azja miała największy udział w produkcji biotworzyw (45%). Europa była następną z 25%, ale oczekuje się, że liczba ta wzrośnie dzięki zaangażowaniu Komisji Europejskiej w przejście na gospodarkę o obiegu zamkniętym. Najpopularniejszymi zastosowaniami biotworzyw są opakowania do żywności (52% lub 1,26 mln ton całego rynku biotworzyw w 2019 r.), ale są one również wykorzystywane w innych sektorach, w tym w tekstyliach (10%), dobrach konsumpcyjnych (10%), motoryzacji (7%), rolnictwie (7%), powłokach i klejach (7%), budownictwie (4%) i innych sektorach (3%). Plastik drop-in, w tym bio-PE (polieten) i bio-PET (politereftalan etylenu), a także bio-PA (poliamidy), są najpopularniejszymi bioplastikami, stanowiącymi około 42% (0,89 Mt) światowej produkcji bioplastików i przewidywano, że już w 2021 r. będzie stanowił 75% rynku biotworzyw.

Duży wzrost przewidywany jest również dla PLA (globalna produkcja w 2019 r. wyniosła około 0,21 Mt) i PHA (0,29 Mt). Szacuje się, że ich moce produkcyjne potroją się w ciągu najbliższych 5 lat. European Bioplastics spodziewa się szybkiego rozwoju rynku PEF (polietylenofuranianu) i wejścia na rynek w 2023 roku. W 2019 r. na rynek - na skalę komercyjną z dużym potencjałem wzrostu - wszedł bio-PP, a to dzięki szerokiemu zastosowaniu w wielu sektorach. Podobnie bio-PUR jest kolejnym ważnym bioplastikiem o ogromnym potencjale produkcyjnym i oczekuje się, że będzie rósł szybciej niż konwencjonalny PUR ze względu na swoją wszechstronność.

Kolejny rysunek przedstawia wielkość i udział polimerów tworzyw sztucznych w Unii Europejskiej (A) Ilość i udział polimerów z tworzyw sztucznych w konsumpcji w Europie. (B) Ilości i udziały polimerów opakowaniowych z tworzyw sztucznych w Europie. (C) Szacunkowe ilości i udziały

⁴⁷ <https://www.alliedmarketresearch.com/press-release/bioplastics-market.html>

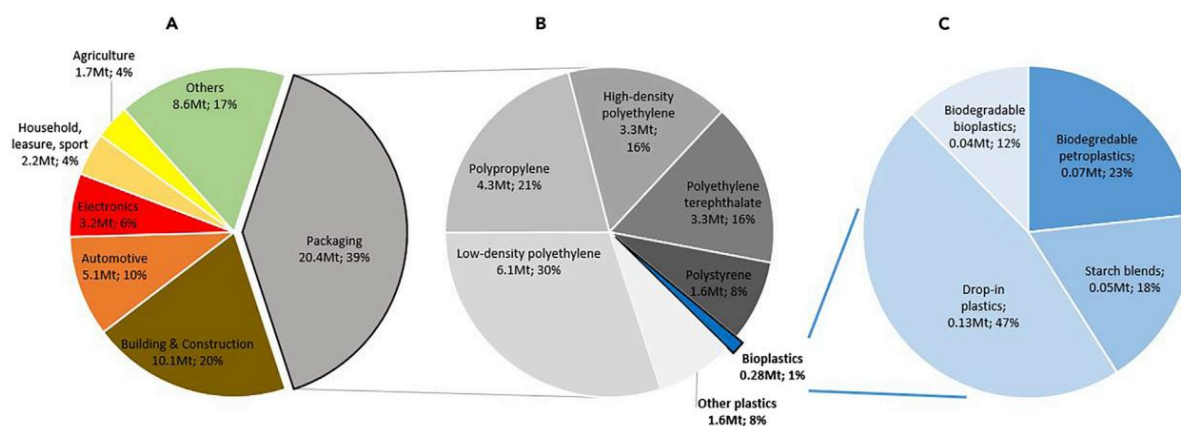
⁴⁸ <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/biopolymers-bioplastics-market-88795240.html>

⁴⁹ New Plastic Economy, The New Plastic Economy 2019 Progress Report.

⁵⁰ European Bioplastics (2019). Bioplastics Market Update 2019 (European Bioplastics).

biotworzyw w europejskich opakowaniach z tworzyw sztucznych na podstawie europejskich bioplastików. Wartości dotyczą 2018 roku, w milionach ton (Mt)

Rysunek 5. Wielkość i udział polimerów. Legenda: (A) Budownictwo -10,1Mt, 20%; Motoryzacja - 5,1Mt, 10%; Elektronika -3,2Mt, 6%, Aplikacje domowe, rekreacja i sport -2,2 Mt, 4%; Rolnictwo -1,7Mt, 4%; Inne -8,6Mt, 17% oraz Opakowania 20,4Mt, 39%. (B) LD PE -6,1Mt, 30%; PP- 4,3Mt, 21%; HDPE -3,3Mt, 16%, PET-3,3Mt, 16%, Polistyren-1,6Mt, 8%; Inne-1,6Mt, 8% oraz bioplastiki - 0,28Mt, 1%. (C) Tworzywa „drop-in”-0,13Mt, 46%; biodegradowalne bioplastiki -0,04Mt, 12%; Biodegradowalne plastiki pochodzące z kopalni - 0,07Mt, 23%; mieszanki skrobi - 0,05Mt, 18%.



Źródło: Brizga, J., Hubacek K., Feng, K., (2020) *The Unintended Side Effects of Bioplastics: Carbon, Land, and Water Footprints*, *One Earth* 3, July 24, 2020

Konkurencyjność bioplastików jest ściśle powiązana ze wsparciem politycznym i ceną ropy⁵¹. Wyższe ceny ropy korelują ze znacznym wzrostem atrakcyjności biozamienników i recyklingu⁵². Obecne koszty produkcji materiałów pochodzenia biologicznego są w dużym stopniu uzależnione od surowców. Gdy bioprodukty pochodzą z tanich źródeł (takich jak pozostałości biomasy), konkurencyjność bioproduktów w porównaniu z produktami kopalnymi prawdopodobnie zostanie osiągnięta dzięki ulepszonym biotechnologiom. Tymczasem bioetylen jest co najmniej o 30% droższy niż jego kopalny odpowiednik, a jego cena jest silnie uzależniona od ceny surowca⁵³. Cena PLA jest tylko nieznacznie wyższa niż średnia cena wszystkich polimerów, ale ceny polimerów na bazie skrobi wynoszą około 60% wyższa niż LDPE⁵⁴. Obecna rzeczywistość gospodarcza uniemożliwia zastąpienie wszystkich chemikaliów stosowanych w produkcji tworzyw sztucznych (np. chemikaliów takich jak niższe olefiny, benzen, toluen, ksyleny) komponentami z surowców biologicznych. Obecnie chemikalia te można wytwarzać znacznie taniej z zasobów petrochemicznych⁵⁵. W przyszłości sytuacja może z pewnością ulec poprawie, ponieważ bioprodukty osiągną wyższy udział w rynku, co może doprowadzić do redukcji kosztów ze względu na efekt skali, efekty krzywej uczenia się lub bodźce polityczne, takie jak podatek węglowy od paliw kopalnych⁵⁶.

⁵¹ Horvat, D., and Wydra, S. (2017). System Dynamics Modelling of the European Demand for Bio-Based Plastics.

⁵² Philp, J. (2014). OECD policies for bioplastics in the context of a bioeconomy, 2013. *Ind. Biotechnol.* 10, 19–21

⁵³ McKechnie, J., Pourbafrani, M., Saville, B.A., and MacLean, H.L. (2015). Environmental and financial implications of ethanol as a bioethylene feedstock versus as a transportation fuel. *Environ. Res. Lett.* 10, 124018.

⁵⁴ Fiorentino, G., Ripa, M., and Ulgiati, S. (2017). Chemicals from biomass: technological versus environmental feasibility. A review. *Biofuels Bioprod. Biorefin.* 11, 195–214

⁵⁵ Straathof, A.J., and Bampouli, A. (2017). Potential of commodity chemicals to become bio-based according to maximum yields and petrochemical prices. *Biofuels Bioprod. Biorefin.* 11, 798–810

⁵⁶ Spekrijse, J., Lammens, T., Parisi, C., Ronzon, T., and Vis, M. (2019). Insights into the European Market of Bio-Based Chemicals (JRC).

6.5.2. Trendy i kierunki rozwoju rynku

Biotworzywa mogą zastąpić produkty petrochemiczne bezpośrednio poprzez zastąpienie surowców chemicznych z ropy naftowej surowcami z biorafinerii oraz pośrednio poprzez zwiększone wykorzystanie materiałów pochodzenia biologicznego, jako substytutów materiałów petrochemicznych, które znajdują się w powszechnym użyciu. W ciągu ostatnich lat niektóre bioplastyki przeszły znaczący rozwój techniczny i zostały wprowadzone na rynek (np. PLA, PHA, bio-PP), co znajduje odzwierciedlenie w nowych szacunkach technicznego potencjału substytucji. Jeśli chodzi o właściwości materiałów wymaganych do pakowania, prawie całkowite zastąpienie tworzyw petrochemicznych bioplastikami (nie wszystkie są biodegradowalne) jest technicznie wykonalne.

Aby zastąpić opakowania z tworzyw sztucznych w UE bioplastikiem, potrzebne byłoby 20,4 mln ton bioplastiku, co wymagałoby 70,3 mln ton kukurydzy (lub 6% obecnej światowej produkcji) czy 3,1 mln ton drewna (około 0,1% obecnej światowej produkcji drewna okrągłego)⁵⁷. Jednak kukurydzę można również zastąpić innym surowcem, np. trzciną cukrową, burakiem cukrowym, pszenicą, ziemniakiem, z których wszystkie mają różne wydajności surowca i współczynniki wydajności. Dlatego szacuje się, że zaspokojenie tych nakładów z ziemi wymagałoby co najmniej 7,4 mln ha ziemi (co jest większe niż całkowita powierzchnia Irlandii) i co najmniej 45 mld m³ wody (co odpowiada podaży z prawie jednej piątej powierzchni UE). Wyniki dotyczące emisji gazów cieplarnianych przy porównywaniu produkcji opakowań z tworzyw sztucznych z produktów petrochemicznych i biotworzyw pokrywają się: szacuje się, że obecne emisje gazów cieplarnianych z produkcji opakowań z polimerów petrochemicznych w Europie wynoszą od 41,5 do 90,1 Mt CO₂e (przy średniej we wszystkich badaniach wynoszącej 56 Mt CO₂e), a szacunkowe emisje gazów cieplarnianych z substytucji biotworzyw wahają się od 17,5 do 80,1 Mt CO₂e (ze średnią 15 Mt CO₂e). Różnica ta zależy głównie od różnych założeń przyjętych w badaniach LCA, np. w zależności od tego, w jaki sposób uwzględniany jest biogeniczny węgiel (uniknięte emisje), jakie surowce są wykorzystywane i miks energetyczny wykorzystywany w procesach produkcyjnych. Szczegóły obliczeń opisano w procedurach eksperymentalnych. Niestety na poziomie globalnym ten obraz wygląda gorzej⁵⁸.

6.5.3. Ryzyka związane z bioplastikami

Należy też zdawać sobie sprawę z potencjalnych zagrożeń chemicznych związanych ze stosowaniem plastików, tak konwencjonalnych jak i bioplastików. Do substancji pomocniczych stosowanych w tworzywach sztucznych należą dodatki, takie jak plastyfikatory, przeciwutleniacze i stabilizatory, które poprawiają ich funkcjonalność, a także rozpuszczalniki i katalizatory umożliwiające ich produkcję. Ponadto obecne są inne celowo (np. nieprzereagowane monomery) i nieumyślnie dodane substancje (NIAS, produkty uboczne lub produkty rozpadu)⁵⁹. Chociaż poszczególne związki będą specyficzne dla materiału, zarówno konwencjonalne, jak i biodegradowalne/biopochodne tworzywa

⁵⁷ FAOSTAT (2019). Food and Agriculture Organisation of the UN (FAO) Statistics Database: Production, Trade, Supply (FAO).

⁵⁸ Brizga, J., Hubacek K., Feng, K., (2020) The Unintended Side Effects of Bioplastics: Carbon, Land, and Water Footprints, One Earth 3, July 24, 2020

⁵⁹ Muncke, J., Andersson, A.-M., Backhaus, T., Boucher, J.M., Carney Almroth, B., Castillo, Castillo, A., Chevrier, J., Demeneix, B.A., Emmanuel, J.A., Fini, J.-B., Gee, D., Geueke, B., Groh, K., Heindel, J.J., Houlihan, J., Kassotis, C.D., Kwiatkowski, C.F., Lefferts, L.Y., Maffini, M.V., Martin, O.V., Myers, J.P., Nadal, A., Nerin, C., Pelch, K.E., Fernández, S.R., Sargis, R.M., Soto, A.M., Trasande, L., Vandenberg, L.N., Wagner, M., Wu, C., Zoeller, R.T., Scheringer, M., (2020). Impacts of food contact chemicals on human health: a consensus statement, Environ. Health. 19 (1), 25

sztuczne mogą zawierać wszystkie te kategorie chemiczne. Dodatki te, są szczególnie istotne w przypadku polimerów ekstrahowanych z zasobów naturalnych, takich jak skrobia i celuloza, lub z mikroorganizmów, takich jak PLA, ze względu na ich ograniczone właściwości fizyczne, takie jak odporność termiczna i właściwości barierowe⁶⁰. Ponieważ większość tych związków nie jest kowalencyjnie związana z polimerem, mogą one być potencjalnie przenoszone do powietrza, ciał stałych (np. pakowane towary lub gleba) lub cieczy (np. napojów) w procesie zwanym migracją chemiczną. Kwestie bezpieczeństwa i bezpieczeństwa środowiskowego stosowania bioplastików są obecnie intensywnie badane, gdyż potwierdzenie podnoszonych wątpliwości i ryzyk w znacznym stopniu zahamowałyby lub opóźniły rozwój tego sektora.

6.6. Podsumowanie

Podsumowując, biodegradowalne i biogenne tworzywa sztuczne mają ogromny potencjał. Najważniejsze z zalet bioplastików:

- Zmniejszony ślad węglowy.
- Efektywność energetyczna.
- Częściowo oparte na surowcach naturalnych.
- Ekobezpieczeństwo.

Jednak przy stosowaniu bioplastików mogą pojawić się problemy. Oto niektóre z wad biotworzyw:

- Wysoki koszt.
- Kruchość.
- Niestabilność termiczna.
- Różne problemy z recyklingiem.

⁶⁰ Khan, B., Bilal Khan Niazi, M., Samin, G., Jahan, Z., (2017). Thermoplastic starch: a possible biodegradable food packaging material-a review. J. Food Process. Eng. 40 (3).

Od czasu wprowadzenia dyrektywy w sprawie składowania odpadów 1999/31/WE Europa znacznie rozwija swoją zdolność kompostowania. Mimo to należy rozważyć rozmieszczenie kompostowni na poziomie krajowym. Dlatego wraz z rosnącym wykorzystaniem biodegradowalnych tworzyw sztucznych konieczna będzie reorganizacja formalnych ram dla kompostowania i recyklingu, a także informowanie konsumentów o prawidłowym sposobie utylizacji takich produktów.

Europa ma potencjał, aby stać się jednym z największych wytwórców i konsumentów biotworzyw w najbliższych latach. Unia Europejska aktywnie rozwija i wdraża biodegradowalne tworzywa sztuczne. Co więcej, zjawisko to nabrało tempa, ponieważ duże sieci supermarketów i sklepów detalicznych zaczęły zastępować konwencjonalne tworzywa sztuczne biotworzywami. Spośród wszystkich typów oczekuje się, że PLA i mieszanki skrobi będą największymi segmentami rynkowymi w Europie⁶¹.

⁶¹ Shah, M., Rajhans, S., Pandya, H.A., Mankad, A.U., (2021) Bioplastic for future: A review then and now, World Journal of Advanced Research and Reviews, 2021, 09(02), 056–067

7. Pozycja i potencjał dziedziny „Biogospodarka” w Małopolsce

Analiza wybranych aspektów sektora biogospodarki była przedmiotem analizy na poziomie krajowym i regionalnym (Małopolska) w roku 2020.⁶² W dokumencie tym poddano dziedzinę szczegółowej analizie, choć jej (dziedziny) zakres został określony jako dużo szerszy niż przyjęty w Regionalnej Inteligentnej Specjalizacji Województwa Małopolskiego, zaliczając do niego:

- Produkcję żywności.
- Przemysł nieżywnościowy.
- Źródła bioenergii.
- Jakość i bezpieczeństwo żywnościowe.
- Środowisko i bioróżnorodność.
- Biotechnologie, technologie chemiczne, inżynieria procesowa.
- Wiedza, badania, instytucje łańcuch wartości i współpracy.

Tymczasem, według podanej typologii, dziedzina ta zgodnie z uszczegółowieniem RSI w Małopolsce obejmuje w zasadzie tylko przemysł nieżywnościowy, z pewnymi aspektami technologicznymi (biotechnologie, technologie chemiczne, inżynieria procesowa) czy kwestie związane z procesami zarządzania wiedzą i technologią (wiedza, badania, instytucje łańcuch wartości i współpracy).

Biogospodarka, w rozumieniu RSI, jest dziedziną stosunkowo młodą. Jej historia jest zbieżna z historią rozwoju biogospodarki w Polsce i datuje się na II połowę XX wieku (początek stosowania przemysłowych procesów biotechnologicznych w aplikacjach pozażywnościowych).

7.1. Rynki i kluczowe czynniki sukcesu

Obraz (charakterystyka jakościowa) regionalnych rynków w Polsce, charakterystycznych dla dziedziny IS jaką jest biogospodarka, w szczególności w zakresie bioplastików, nie odbiega od tych opisanych w rozdziałach 6.4 i 6.5.

W roku 2016 portal internetowy „Chemia i biznes” twierdził, że w Polsce nie ma zbytu na wyroby z bioplastików⁶³. Już cztery lata później okazało się, że na rynku na stałe zagościły produkty wytwarzane z bioplastików. W lutym 2021 roku portal *Plastics_online* donosił: *Dostępne na polskim rynku biotworzywa to: folie celulozowe Natureflex (producent - Futamura), polilaktyd (NatureWorks LLC) i jego mieszanki Ecovio (BASF), kompozycje polimerowo-skrobiowych Mater-Bi (Novamont), bio HD-PE i bio LD-PE (Braskem).*⁶⁴

Wielkość rynku bioplastików w Polsce (i w Małopolsce) nie są możliwe do oszacowania. Raport branżowy PKO z roku 2019 ocenił, że stanowiły one wówczas około 1% całkowitej ilości przetwarzanych tworzyw sztucznych w Polsce⁶⁵. Można spodziewać się, że po wprowadzeniu

⁶² Pink, M., Wojnarowska M., (Red.) Biogospodarka, Wybrane Aspekty. Difin 2020

⁶³ <https://www.chemiaibiznes.com.pl/artykuly/w-polsce-nie-ma-ryнку-na-produkty-z-tworzyw-biodegradowalnych>

⁶⁴ <https://eplastics.pl/wiadomosci/sp/13794-czy-biotworzywa-zastapia-plastik>

⁶⁵ Monitoring Branżowy Analizy Sektorowe. Rynek tworzyw sztucznych 2019

przepisów wykonawczych dotyczących produktów jednorazowego użytku (dyrektywa SUP)⁶⁶ tempo przyrostu wykorzystywanych bioplastików jeszcze wzrośnie (Polska ma opóźnienie we wdrażaniu dyrektywy).

Sukces bioplastików w Europie wynika zwłaszcza z ofensywy prawnej i dążenia Unii Europejskiej do wprowadzenia Zielonego Ładu oraz Gospodarki Obiegu Zamkniętego. W innych regionach świata postęp w wykorzystaniu bioplastików jest wolniejszy. Oznacza to, że nie bezpośrednie cechy użytkowe bioplastików, ale ich biodegradowalność (część bioplastików) lub wykorzystanie biomasy do ich produkcji (inna część bioplastików) decydują o ich wykorzystaniu. Oznacza to wreszcie to, że w przypadku bioplastików akcenty zostały przesunięte z oceny przydatności w konkretnej aplikacji na ocenę całego cyklu życia materiału oraz cyklu życia wytwarzanych z niego produktów (od producenta, poprzez użytkownika po utylizację lub zbiórkę i ponowne wykorzystanie).

Cechy i funkcjonalności podstawowych tworzyw sztucznych pochodzenia biologicznego lub poddających się stosunkowo łatwo biodegradacji zostały już zbadane i opisane. W wielu przypadkach są one gorsze/słabsze niż tworzyw pochodzących z syntezy chemicznej, które mają zastąpić. Jednak za stosowaniem bioplastików przemawiają odpowiedzialność za stan środowiska naturalnego i za racjonalne gospodarowanie zasobami nieodnawialnymi. Pozostałe cechy mają charakter drugorzędny. Oczywiście zakłada się, że postęp prac nad bioplastikami doprowadzi do sytuacji, kiedy i cechy czysto użytkowe będą porównywalne z tworzywami pochodzenia syntetycznego.

7.2. Regionalny łańcuch wartości

Łańcuch wartości w dziedzinie biogospodarki ukierunkowanej na wytwarzanie biopolimerów jest stosunkowo długi i skomplikowany. Co prawda, w przypadku PHA, PHB i PLA, które są podstawowymi produktami wytwarzanymi z odpadów nie mamy do czynienia z fazą wytwarzania monomeru, który następnie jest polimeryzowany in situ w przedsiębiorstwie wytwarzającym wyroby gotowe (jak to ma miejsce w przypadku żywic), czy też fazą wytwarzania monomerów popularnych tworzyw pochodzenia petrochemicznego, z których wytwarzane są polimery (najczęściej termoplastyczne) w łatwo stosowalnej postaci np. granulatów. Procesy biotechnologiczne przetwarzania materiału biologicznego (odpad celulozowy, tłuszczowy lub skrobiowy) z zieleni miejskiej, rolnictwa czy też przemysłu spożywczego prowadzą do wytworzenia polimeru, który następnie może być przetwarzany przez kolejne przedsiębiorstwo w łańcuchu wartości, np. producenta opakowań.

Łańcuch wartości dla scenariusza szczegółowego „Przetwarzanie frakcji „bio” odpadów (np. komunalnych, z zieleni miejskiej lub przetwórstwa owocowo-warzywnego) do cukrów zatężanych lub lotnych kwasów tłuszczowych lub kwasu mlekowego jako surowców do produkcji PHA, PHB lub PLA” został zaprezentowany na rysunku nr 6.

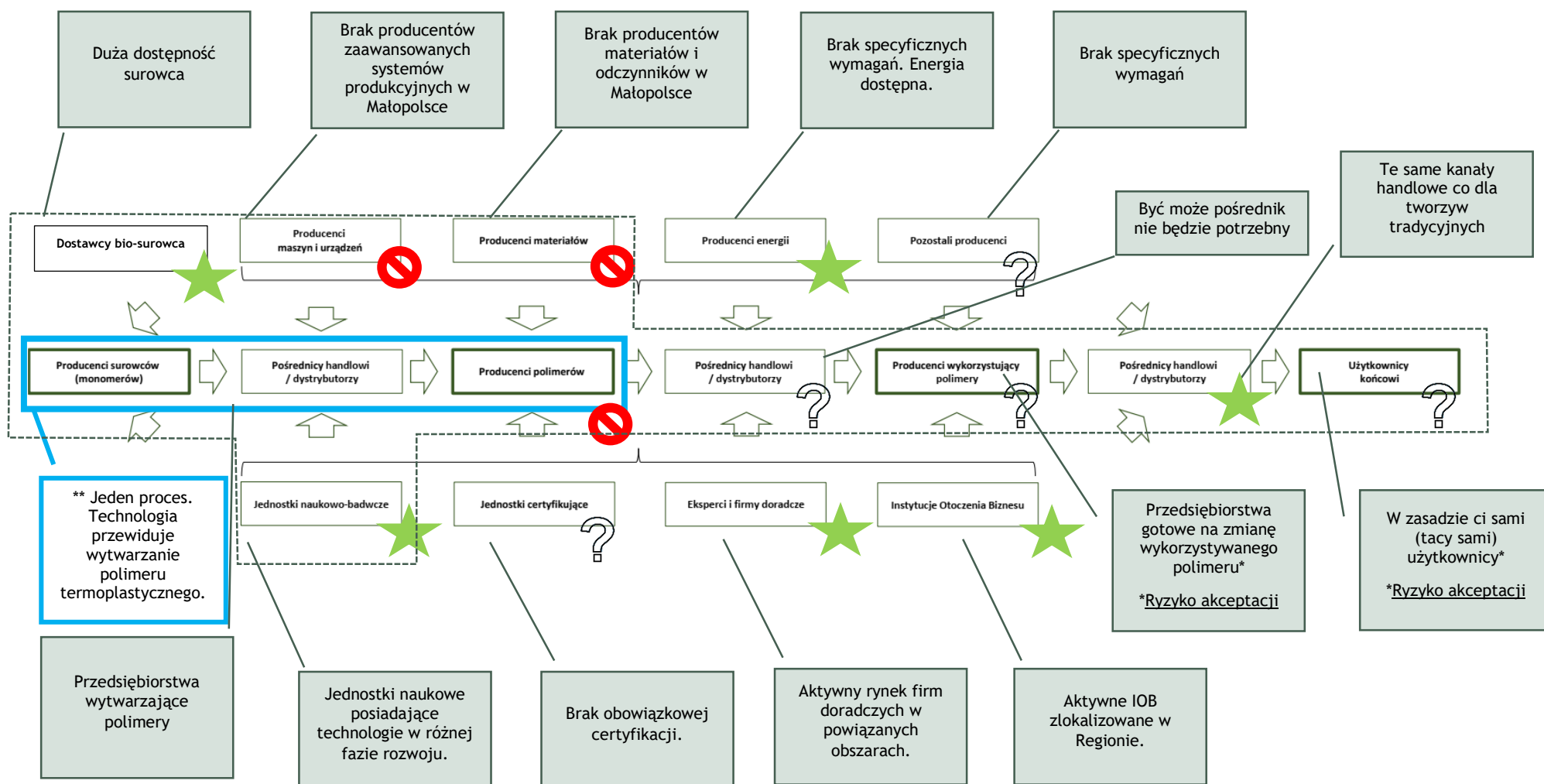
Uwaga: Gwiazdką oznaczono interesariuszy, którzy istnieją i posiadają odpowiednio silną (z punktu widzenia scenariusza) pozycję konkurencyjną. Przekreślonym kółkiem w kolorze czerwonym oznaczono widoczne luki w łańcuchu wartości, a znakiem zapytania te ogniwa, w których albo wymagania względem interesariuszy nie są krytyczne z punktu widzenia powodzenia scenariusza, albo co do których istnieje ryzyko związane z akceptacją założeń scenariusza (techniczne, rynkowe, formalno-prawne). Linia przerywaną zaznaczono najważniejszy fragment łańcucha.

Oczywiście gospodarka Małopolski nie funkcjonuje w próżni, i dla tak zaawansowanych technologicznie innowacyjnych scenariuszy trudno oczekiwać, aby w całości mogły zostać ulokowane w regionalnym łańcuchu wartości. Niemniej, jak czytamy, punktem odniesienia dla Strategii (RSI 2030)

⁶⁶ DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2019/904 z dnia 5 czerwca 2019 r. w sprawie zmniejszenia wpływu niektórych produktów z tworzyw sztucznych na środowisko (Tekst mający znaczenie dla EOG)

jest cel formułowany w SRWM 2030 w obszarze Gospodarka (Innowacyjna i konkurencyjna gospodarka). Działania podejmowane w RSI mają przyczynić się do jego osiągnięcia, a dodatkowo będą tworzyć podstawy dla wypełnienia przez Małopolskę warunków do uzyskania wsparcia w ramach nowej perspektywy UE 2021-2027 (Cel Polityki 1 - Bardziej inteligentna Europa dzięki wspieraniu innowacyjnej i inteligentnej transformacji gospodarczej).

Rysunek 6. Łańcuch wartości w dziedzinie biogospodarki - w trakcie realizacji scenariusza szczegółowego.



Źródło: Opracowanie własne

W centrum interwencji podejmowanej w ramach RSI WM 2030 są założenia strategii inteligentnych specjalizacji - RIS3. Zatem katalog kierunków działań zawarty w SRWM 2030 w odniesieniu do innowacyjności, przedsiębiorczości, konkurencyjności, cyfryzacji czy turystyki wyznacza ramy, w obrębie których RSI dokonuje niezbędnej kontekstualizacji, priorytetyzacji, uszczegółowień i uzupełnień z perspektywy RIS3. Oznacza to, że działania prowadzone w związku z realizacją RSI 2030 powinny koncentrować się na wzmacnianiu regionalnego łańcucha wartości, co przejawiać się powinno w dążeniu do takiego zarządzania programami wsparcia w ramach nowej perspektywy, aby te łańcuchy identyfikować, wzmacniać (co obejmuje także ich umiędzynarodowienie) i uzupełniać podmiotami z regionu.

Projekt realizacji scenariusza szczegółowego dość precyzyjnie określa dostawców surowca. W każdym przypadku mamy do czynienia z materiałem odpadowym jaki powstaje w trakcie procesów realizowanych w zakładach przemysłu przetwórstwa spożywczego, gospodarstwach rolnych czy wreszcie w przedsiębiorstwach, które opiekują się zielenią (trawnikami, krzewami i drzewami) w miejscowościach całej Małopolski.

W województwie Małopolskim są 182 gminy, 62 miasta, w tym 3 miasta na prawach powiatu (Kraków, Tarnów, Nowy Sącz). Nie ma dostępnych danych dotyczących sposobu zagospodarowywania odpadów, jednak można założyć, że podobnie jak w całej Polsce dominuje kompostowanie lub zagospodarowanie na cele energetyczne (spalanie, współspalanie).

Przetwórstwo spożywcze w Małopolsce to branża bardzo zróżnicowana pod względem technologicznym i pod względem potencjału (produkcyjnego czy eksportowego). Oprócz tak znanych producentów i marek jak (alfabetycznie): Grupa Maspex, FoodCare, Konspol, Koral, Krakowski Kredens, czy Wawel, w Małopolsce funkcjonują dziesiątki mniejszych przedsiębiorstw zajmujących się przetwarzaniem i produkcją żywności. Regionalna Baza Wiedzy według stanu na wrzesień br. wskazuje na obecność w Małopolsce 77 podmiotów wytwarzających żywność (co *de facto* oznacza prawdopodobieństwo powstawania odpadów).

Tabela 4. Podmioty przetwórstwa i produkcji spożywczej w Małopolsce. Źródło: Regionalna Baza Wiedzy.

Nazwa podmiotu	Kod pocztowy, Miasto	Strona www
Agro Smart Lab Sp. z o.o.	32-104 Koniusza	https://agrosmlab.com/
Ania Sp. z o.o. Sp. k.	31-589 Kraków	http://bioania.pl/
A-ti sp. z o.o.	30-301 Kraków	https://zielonysklep.com/
Bahlsen Polska sp. z o.o. Sp.k.	32-050 Skawina	http://bahlsen.pl/
Balador Polska	32-020 Wieliczka	http://www.balador.pl/
Bank Żywności w Krakowie	30-701 Kraków	http://www.krakow.bankzywnosci.pl
Batom.pl	31-209 Kraków	http://www.batom.pl/
Bezgluten Sp. z o.o.	32-104 Koniusza	http://www.bezgluten.pl/
BIO VERT Barbara Grzybek-Korgól	30-349 Kraków	http://biovert.pl
Bolarus S.A.	32-700 Bochnia	https://www.bolarus.com.pl/
Browar Klasztorny Cystersów - Szczyrzyc	34-623 Szczyrzyc	http://www.browarszczyrzyc.pl/index.php/
Browar PILSWEIZER S.A.	33-330 Grybów	http://pilsweizer.com/
Carlsberg Polska Sp. z o.o.	32-800 Brzesko	https://carlsbergpolska.pl/
Cechini - Dystrybucja Sp. z o.o.	33-370 Muszyna	http://www.cechini-muszyna.pl/
Cukiernia Broszkiewicz Włodarczyk Spółka Jawna	32-700 Bochnia	https://www.cukiernia.bochnia.pl/
Dan Cake Polonia Sp. z o.o.	32-500 Chrzanów	http://www.danecake.pl/#!/home

Nazwa podmiotu	Kod pocztowy, Miasto	Strona www
Ekobay Sp. z o.o.	32-050 Skawina	
Eurowafel sp. z o.o. sp. k.	32-640 Zator	http://eurowafel.pl/Home-2.html
FABIOS Spółka Akcyjna	34-220 Maków Podhalański	http://www.fabios.com.pl/
Firma Handlowo-Produkcyjna JANAS spółka jawna	34-400 Nowy Targ	http://www.firmajanas.pl/
FoodCare Sp. z o.o.	32-080 Zabierzów	http://foodcare.pl/
Good diet	31-221 Kraków	http://www.good-diet.pl/main.html
Intersnack Poland Sp. z o.o.	32-090 Słomniki	http://www.intersnack.pl/
Invivo Organics S.C. Joanna Jarosz Anna Blicharska-Mól	31-419 Kraków	
KABANOS Kojas Mirosław i Joanna Kojas- Kowalczyk Spółka Jawna	34-480 Jabłonka	http://www.kabanos.biz.pl/pl/index/
Konspol Holding Sp. z o.o. Zakład Przetwórstwa Kurczaka	33-300 Nowy Sącz	http://www.konspol.com.pl/
Krakowski Klaster Gastronomiczny	30-714 Kraków	http://www.krakowskiklaster.pl/
Krakowskie Zakłady Zielarskie HERBAPOL W Krakowie SA	31-464 Kraków	https://herbapol.krakow.pl
Lajkonik Snacks Sp. z o. o.	32-050 Skawina	http://lajkonik.pl/
MALU Marta Wilczek	30-327 Kraków	https://woskowijki.pl/
Maspex Sp. z o.o. sp. K	34-100 Wadowice	https://maspex.com/
Molino Sp z o.o.	32-089 Wielka Wieś	https://pl-pl.facebook.com/pg/Molinocompl/about/?ref=page_internal
Nanovital SC Rafał Koziół Marcin Frączek	33-112 Tarnowiec	
NutriCenter Centrum Edukacji i Poradnictwa Żywnościowego	31-808 Kraków	https://nutricenter.pl/
Okręgowa Spółdzielnia Mleczarska w Limanowej	34-600 Limanowa	https://osm-limanowa.pl/
Okręgowa Spółdzielnia Mleczarska w Miechowie	32-200 Miechów	http://osm.miechow.pl/
Oshee Polska Sp. z o.o.	30-062 Kraków	http://www.oshee.eu/
P.O.W. Kamionna	32-732 Kamionna	http://www.kamionna.com/
P.P.H. „ANKORP” Sp. z o.o.	30-206 Kraków	http://www.musztardykonik.pl/
P.P.H.U. „AGIFA”	33-100 Tarnów	https://www.agifa.pl/
P.P.H.U. „MARKAM”	34-734 Kasinka Mała	http://markam.pl/
P.P.U.H. Tłocznia Maurer Krzysztof Maurer	33-390 Łącko	http://www.maurer.com.pl/
Paczka Od Rolnika	33-114 Rzuchowa	http://www.paczkaodrolnika.pl/
PiK Pieczyrak, Kurek S.J.	32-305 Olkusz	http://www.visana.pl/
Piwniczanka Spółdzielnia Pracy	33-350 Piwniczna Zdrój	http://piwniczanka.pl
Planthouse 2 sp. z o.o.	33-300 Nowy Sącz	http://www.planthouse.eu
Polan Polsko-Francuska sp. z o. o. joint venture	33-240 Żabno	http://www.polan.pl/
Polindus Sp. z o.o.	31-157 Kraków	http://www.laktopol.com.pl/
Polish Adventures Sp. z o.o.	30-363 Kraków	http://polishadventures.pl/
PROFIBRA SP. Z O.O.	31-712 Kraków	http://profibra.pl/

Nazwa podmiotu	Kod pocztowy, Miasto	Strona www
Przedsiębiorstwo Produkcji Lodów Koral	33-300 Nowy Sącz	http://koral.com.pl/
Przedsiębiorstwo Przetwórstwo Rolno-Spożywcze "BASSO" Sp. z o.o.	33-388 Gotkowice Dolne	https://www.basso.pl/
REGIS Sp. z o.o.	30-633 Kraków	http://www.regisfood.com/pl/
ROBERT TYRAN Piekarnia- Cukiernia	32-607 Polanka Wielka	https://piekarnia-tyran.pl/
Roleski Sp. J.	33-113 Zgłobice	https://republikaroleski.pl
Sądecka Grupa Producentów Jaj AGRO-FERMA Sp. z o.o.	33-300 Nowy Sącz	http://www.agroferma.com.pl/pl
Sądecka Grupa Producentów Owoców i Warzyw „Owoc Łącki” Sp. z o.o.	33-390 Łącko	http://www.owoclacki.pl
Sokołów S.A. (oddział w Tarnowie)	33-100 Tarnów	https://sokolow.pl
TEEKANNE Polska Sp. z o.o.	32-002 Kokotów	http://www.teekanne.pl/
Thier s.c.	32-040 Świątniki Górne	http://www.malopolankazdroj.pl/
Tłocznia Owoców Pawłowski	33-314 Łososina Dolna	http://www.sokipawlowski.pl/
TYMBARK - MWS Sp. z o.o. Sp.K.	34-650 Tymbark	https://tymbark.com/
U Jędrusia Sp. z o.o.	32-060 LISZKI	https://u-jedrusia.pl/
Unipro Sp. z o.o.	32-015 Kłaj	http://www.uniproinfo.pl/index.html
Usługi Rolnicze "Jaguar" Robert Kowal	33-200 Dąbrowa Tarnowska	
Uzdrowisko Wysowa S.A.	38-316 Wysowa Zdrój	http://www.uzdrowisko-wysowa.pl/
Wawel SA	30-520 Kraków	https://www.wawel.com.pl
Wędzonka Sp z o.o. Sp komandytowa	32-400 Myślenice	https://wedzonka.com/
WOSANA S.A.	34-120 Andrychów	http://www.wosana.pl/pl/
Z.P.H.U. Alina Kalfas	32-064 Kochanów	-
Zakład Mięsny Robert Tyran Spółka Cywilna	32-640 Podolsze	-
Zakład Przetwórstwa Mleczarskiego Dominik Sp. z o.o.	33-311 Wielogłowy	http://www.zpm-dominik.pl/
Zakłady Mięsne SZUBRYT sp. z o.o.	33-395 Chełmiec	http://www.szubryt.pl
Zakłady Mięsne UNIMIĘS	32-500 Chrzanów	http://www.unimies.com.pl
Zakłady Mięsne Wadowice sp. z o.o.	34-100 Wadowice	http://www.zmwadowice.pl/
Zakłady Przemysłu Cukierniczego „SKAWA” S.A.	34-100 Wadowice	http://www.skawa.com.pl/pl/
ZPO Janusz Koza	33-390 Łącko	http://sokzgor.pl/

W Małopolsce, według wiedzy uczestników warsztatów Smart Lab, nie ma wyspecjalizowanych producentów maszyn, którzy mogliby zaoferować urządzenia do wytwarzania bioplastików. Regionalna Baza Wiedzy także nie indeksuje tego typu podmiotów.

Podobnie w odniesieniu do producentów materiałów - uczestnicy warsztatów SL nie znają wyspecjalizowanych producentów materiałów, które można by wykorzystać w realizacji scenariusza szczegółowego. Regionalna Baza Wiedzy także nie indeksuje tego typu podmiotów.

Projekt nie ma specyficznych wymagań zakresie energii. Zaopatrzenie w energię jest powszechne i wystarczające. Nie zidentyfikowano także innych, specyficznych wymagań.

Kraków należy do najsilniejszych ośrodków naukowych w Polsce. Potencjał w dziedzinie biogospodarki także należy uznać za znaczący. Uczestnicy warsztatów SL wymieniali kilka jednostek naukowych, które zajmują znaczące miejsce w przedmiotowym łańcuchu wartości. Są to (alfabetycznie):

- Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN.
- Politechnika Krakowska.
- Uniwersytet Jagielloński.
- Uniwersytet Rolniczy.

Nie stwierdzono konieczności wsparcia przez jednostki certyfikujące. Brak jest wymogów certyfikacji obowiązkowej podmiotów i produktów. Małopolska należy do wiodących, pod względem innowacyjności, regionów Polski. NA ten efekt składają się także aktywne firmy doradcze i konsultingowe. Regionalna Baza Wiedzy wskazuje na obecność co najmniej takich podmiotów, aktywnych w sektorach i obszarach powiązanych ze scenariuszem szczegółowym:

Tabela 5. Firmy doradcze w Małopolsce. Źródło: Regionalna Baza Wiedzy.

Nazwa podmiotu	Kod pocztowy, Miasto	Strona www	Wizytówka: slogan - misja
AEGM Adam Flaga	Skrzyszów		Pozyskiwanie środków z Unii Europejskiej
Ancla Consulting Sp. z o.o.	32-050 Skawina	http://ancla.pl	Usługi konsultingowe
Antal Sp. z o.o.	30-552 Kraków	http://www.antal.pl/	Rekrutacja
Augere Health Food Fund ASI Sp. z o.o.	30-081 Kraków	http://www.ahff.vc/	Finansowanie innowacyjnych projektów.
Bian - Biuro Informacji i Analiz Naukowych	32-061 Rybna k. Krakowa	http://www.bian.pl	Analiza
Brillance Sp. z o.o.	30-212 Kraków	http://www.brillance.pl/	Badania kliniczne
Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie (oddział w Krakowie)	31-063 Kraków	http://cdrkursy.edu.pl/cdr/index.php?lang=pl	Doradztwo
Centrum Transferu Technologii AGH	30-059 Kraków	http://www.ctt.agh.edu.pl	Transfer technologii
Fundacja Budujemy Miasta	33-300 Nowy Sącz	http://budujemymiasta.pl/	Doradztwo
Fundacja Wspierania Inicjatyw Ekologicznych	30-039 Kraków	http://www.fwie.eco.pl/fwie/index.php	Ochrona środowiska
GAEU Consulting Sp. z o.o.	31-135 Kraków	https://gaeu.com/	Farmacja
Infobrokerska.pl	30-102 Kraków	http://www.infobrokerska.pl	Analiza konkurencji
IPSO LEGAL KANCELARIA PRAWNA	31 - 528, Kraków	https://ipsolegal.pl/	IPSO LEGAL zostało utworzone po to, by

Nazwa podmiotu	Kod pocztowy, Miasto	Strona www	Wizytówka: slogan - misja
			umożliwić klientom dostęp do nowoczesnych i innowacyjnych usług prawnych i biznesowych, które znacznie różnią się od standardowej relacji między prawnikiem a klientem.
Jagiellońskie Centrum Innowacji sp. z o.o.	Kraków	http://www.jci.pl	Life science
KG LEGAL Kiełtyka Gładkowski – Spółka partnerska Kancelaria radców prawnych	31-008 Kraków	http://www.kg-legal.eu	Tłumaczenia
Klub Jagielloński	31-010 Kraków	https://klubjagiellonski.pl/	Aplikacja mobilna
Krakowski Klaster Gastronomiczny	30-714 Kraków	http://www.krakowskiklaste r.pl/	Żywność funkcjonalna
Krakowski Park Technologiczny sp. z o.o.	Kraków	http://www.kpt.krakow.pl	Wsparcie innowacji
Lokalna Grupa Działania „Dolina Raby”	32-742 Sobolów	http://dolaraby.pl	
Małopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego	32-082 Karniowice	http://www.modr.pl	Szkolenia
Małopolskie Stowarzyszenie Doradztwa Rolniczego	31-121 Kraków	http://msdr.edu.pl/	Szkolenia
Małopolskie Stowarzyszenie Rolników Ekologicznych „Natura”	32-082 Bolechowice	http://www.natura.krakow. pl/	Stowarzyszenie
Mediglobal Sp. z o.o. Sp. k.	30-236 Kraków	https://medi.global/	We translate, we care
MedInvest Scanner Sp. z o.o.	31-038 Kraków	http://medinvestscanner.com/	Due diligence
Międzynarodowa Koalicja Dla Ochrony Polskiej Wsi (ICPPC)	34-146 Stryszów	http://icppc.pl/index.php/pl /	Środowisko rolnicze
Partner Kraków	31-521 Kraków	http://www.partnerkrakow.pl/index.php	
PMR Ltd. Sp. z o.o.	31-545 Kraków	http://www.pmrmarketexp erts.com	Consulting
PNO CONSULTANTS SP. Z O.O.	Kraków	http://www.pnoconsultants. com/	Doradztwo
Polski Klub Ekologiczny "Koło" w Krynicy	33-380 Krynica-Zdrój	http://www.pke.ffp.org.pl	Ochrona środowiska
Sądecka Agencja Rozwoju Regionalnego S.A.	33-300 Nowy Sącz	https://sarr.com.pl/	Wsparcie innowacji

Nazwa podmiotu	Kod pocztowy, Miasto	Strona www	Wizytówka: slogan - misja
Sądecka Grupa Producentów Jaj AGRO-FERMA Sp. z o.o.	33-300 Nowy Sącz	http://www.agroferma.com.pl/pl	
Sądecka Grupa Producentów Owoców i Warzyw „Owoc Łącki” Sp. z o.o.	33-390 Łącko	http://www.owoclacki.pl	
ScholaGene – Ekspertki w BioScience	31-335 Kraków	http://scholagene.pl	Doradztwo
South Poland Cleantech Cluster Sp. z o.o.	31-008 Kraków	http://spcleantech.pl/biogospodarka	Wsparcie innowacji
SPIN Małopolskie Centra Transferu Wiedzy	Kraków	http://www.spin.malopolska.pl	Transfer wiedzy
Stowarzyszenie GRUPA ODROLNIKA	33-114 Rzuchowa	http://www.grupa.odrolnika.pl/	Stowarzyszenie
Targi w Krakowie Sp. z o.o.	Kraków	https://www.targi.krakow.pl	Organizacja konferencji
Traple, Konarscy Podrecki i wspólnicy sp. j.	30-212 Kraków	http://www.traple.pl/	Kancelaria

Wśród wymienionych wyżej organizacji i firm w Regionalnej Bazie Wiedzy znajdują się także podmioty należące do Instytucji Otoczenia Biznesu. Wśród najważniejszych z punktu widzenia realizacji scenariusza szczegółowego należy wymienić (alfabetycznie):

- Klaster Life Science Kraków.
- South Poland Cleantech Cluster.

Regionalna Baza Wiedzy, według stanu na wrzesień br., indeksuje także nazwiska 64 ekspertów.

Producenci biopolimeru to najpoważniejsza luka w łańcuchu wartości. Potencjalni producenci mogą pojawić się samorzutnie w odpowiedzi na działania samorządu województwa np. w postaci naboru na projekty B+R w obszarze w jakim opracowywana jest BTR. Istnieje wysokie prawdopodobieństwo, że pozycję tą mogą zająć podmioty już istniejące, dokonując konwergencji w przód (firmy z branży spożywczej, zieleni miejskiej itp.), które w ten sposób zagospodarują własne odpady lub konwergencji wstecznej (np. producenci opakowań), którzy w ten sposób zapewnią sobie źródło surowca.

Pośrednicy wprowadzający biopolimer do obrotu, przy małej skali i przy budowie łańcucha wartości w regionie, być może mogą być ogniwem pominiętym (sprzedaż bezpośrednia). W innym przypadku tą pozycję w łańcuchu wartości mogą przejąć dotychczasowi hurtownicy i handlowcy zajmujący się sprzedażą biopolimerów (najczęściej importowanych).

Producenci wykorzystujący biopolimer - zgodnie z obecnymi zastosowaniami biopolimerów będących przedmiotem BTR, największe możliwości zastosowania (także obciążone stosunkowo najmniejszym ryzykiem), biorąc jednocześnie pod uwagę dość wysoki spodziewany koszt biopolimerów. będą miały aplikacje w branży medycznej i w branży opakowaniowej. W następnej kolejności branża elektroniczna i produkcji drobnego AGD.

Panorama Firm, na dzień sporządzania raportu, wymienia 22 podmioty zajmujące się produkcją opakowań. W Regionalnej Bazie Wiedzy z kolei, jako producenci opakowań lub materiałów opakowaniowych zadeklarowały się dwa podmioty.

Pośrednicy wyrobów opartych na biopolimer to w zasadzie te same podmioty, które do tej pory pośredniczyły w obrocie wyrobami opartymi o wykorzystanie polimerów tradycyjnych. Można założyć pewne ryzyko związane z akceptacją produktów opartych o biopolimery przez pośredników.

Użytkownikami końcowymi wyrobów z biopolimerów PHA/PHB czy PLA mogą być zarówno przedsiębiorstwa (rynek B2B), które będą wykorzystywać je w swoich produktach (np. producenci żywności stosujący opakowania oparte o biopolimery, wytwórcy elektroniki zakupujący folie z biopolimerów i stosujący je w swoich produktach) czy wreszcie te przedsiębiorstwa, szpitale, jednostki służby zdrowia, które wykorzystują urządzenia zbudowane z biopolimeru. Oczywiście część tych wyrobów trafi na rynek konsumencki (B2C), podobnie jak np. torby na zakupy, które mogą być z powodzeniem wykonywane z biopolimerów. Podobnie jak wcześniej, można założyć pewne ryzyko związane z akceptacją produktów opartych o biopolimery przez pośredników.

7.3. Stosowane technologie

Obecnie żadna z technologii - należących do opisanych w rozdziale 6 - nie znalazła zastosowania w praktyce w przedsiębiorstwach z Małopolski. Przedstawiona mapa drogowa ma charakter innowacyjny i prekursorski.

Istnieją doniesienia o stosowaniu biopolimerów (w szczególności PLA) do produkcji opakowań, które są też wprowadzane do obrotu na terenie Małopolski przez różne podmioty. Brak jest jednak danych o wytwórcach opakowań z terenu Małopolski, którzy wprowadzili by tego typu opakowania na stałe do swojej oferty. Istnieją podejrzenia, że próby prowadzone są na surowcach pochodzących od producentów z globalnego łańcucha dostaw (prawdopodobnie z Dalekiego Wschodu).

7.4. Badania i rozwój, poziom innowacyjności projektów

Badania w obszarze biopolimerów (PHA/PHB i PLA) prowadzi kilka zespołów w jednostkach naukowych ulokowanych w Małopolsce. Najbardziej zaawansowane i najszerszej zakrojone prace w tym obszarze prowadzi Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera Polskiej Akademii Nauk, który realizuje min. następujące projekty w tematyce powiązanej z analizowanym obszarem⁶⁷:

- Program LIDER:
 - LIDER/27/0090/l-7/15/NCBR/2016 [2017-2019] Nowe sfunkcjonalizowane biopolimery do zastosowań medycznych - dr M. Guzik
- Program TechMatStrateg:
 - TECHMATSTRATEG2/407507/1/NCBR/2019 [2019-2021] Technologia biorafinacji olejów roślinnych do wytwarzania zaawansowanych materiałów kompozytowych - dr M. Guzik
- OPUS:
 - 2017/27/B/ST5/01834 [2018-2021] Biopolimery jako templaty do otrzymywania nanostrukturalnych materiałów hydrotalkitopodobnych i ich kalcynowanych pochodnych do zastosowań katalitycznych - prof. E. Serwicka-Bahranowska

⁶⁷ <http://www.ik-pan.krakow.pl/Projekty-badawcze.54.0.html>, dostęp 4-10-2021 r.

-
- 2018/31/B/ST8/03277 [2019-2022] Nowe biomateriały zawierające polisacharydy jako efektywna platforma do adsorpcji i uwalniania czynników wzrostu fibroblastów: zastosowania w diagnostyce i w leczeniu chorób cywilizacyjnych - dr hab. A. Michna.

Brak danych o projektach wdrożeniowych realizowanych w przedmiotowym zakresie w przedsiębiorstwach z Małopolski. W Regionalnej Bazie Wiedzy zidentyfikowano tylko dwa projekty realizowane przez Synthos S.A. w zakresie zbliżonym do obszaru biopolimerów:

- „Synteza biobutadienu na drodze bezpośredniej fermentacji cukrów”. Projekt jest realizowany we współpracy z francuską firmą biotechnologiczną Global Bioenergies (GBE), która jest odpowiedzialna za rozwój szczepów bakterii zdolnych do konwersji cukrów do butadienu. W październiku 2012 GBE przedstawiła „proof of concept”. W chwili obecnej trwa modyfikacja szczepów bakterii celem podniesienia konwersji i selektywności procesu.
- „Eko-pianki poliuretanowe otrzymywane z udziałem surowców pochodzenia naturalnego”. Projekt jest realizowany w ramach konsorcjum, którego liderem jest Politechnika Krakowska.

Raport dotyczący Biogospodarki⁶⁸ indeksuje najważniejsze projekty powiązane z dziedziną (przy zastrzeżeniu szerszego ujęcia terminu *Biogospodarka* niż prezentuje RSI), jakie zostały sfinansowane w Małopolsce w latach ubiegłych. Należy zwrócić uwagę na postępujące zmiany w zakresie rozumienia roli biogospodarki w gospodarce narodowej/regionalnej w ogólności i w gospodarce obiegu zamkniętego (GOZ) w szczególności. Dokument wymienia np. projekt zrealizowany w latach 2008-2015 w Krakowie, który przewidywał budowę ekospalarni do spalania odpadów komunalnych, podobnie projekt kogeneracji energii (poprzez procesy spalania) realizowane w latach 2017-2020 w oczyszczalni ścieków. Tymczasem proponowany w przedmiotowym BTR scenariusz zagospodarowania odpadów przemysłowych (przemysł rolno-spożywczy) oraz z zieleni miejskiej pozwala na zupełnie inne zastosowanie biomasy - do wytwarzania produktów o wysokiej wartości dodanej; bioplastików.

Baza BBI JU (Bio-based Industries Joint Undertaking)⁶⁹ na 17 projektów realizowanych przez jednostki z Polski (przedsiębiorstwa, jednostki badawcze) nie indeksuje żadnego, który byłby realizowany przez podmiot z Małopolski.

⁶⁸ Pink, M., Wojnarowska M., (Red.) Biogospodarka, Wybrane Aspekty. Difin 2020

⁶⁹ <https://www.bbi.europa.eu/about/about-bbi>, dostęp 4-10-2021 r.

7.5. Mocne i słabe strony dziedziny „Biogospodarka” w Małopolsce

Analiza była przeprowadzona w trakcie warsztatów Smart Lab. Czynniki wpływające na stan dziedziny i możliwości jej rozwoju w przyszłości, w ujęciu regionalnym, były przedmiotem kilkietapowej dyskusji.

W pierwszej iteracji analizy, zidentyfikowano i zdiagnozowano jako poważne, następujące bariery związane z realizacją ambitnych projektów innowacyjnych, a wynikających z problemów na styku nauki i biznesu:

- Czas realizacji projektów.
- Problemy organizacyjne na uczelniach (jednostkach naukowych).
- Edukacja niepraktyczna przyszłych pracowników działów B+R i produkcji.
- Niechęć części naukowców do „trywialnych” projektów przemysłowych.
- Brak długoterminowych wizji i planów w przedsiębiorstwach skutkujący późnym (w stosunku do szansy rynkowej) startem projektów innowacyjnych.

Za główne czynniki determinujące rozwój dziedziny uczestnicy warsztatów SL uznali następujące czynniki:

- Dużą i wysokiej jakości podaż technologii z zakresu materiałów pomocniczych - plastyfikatorów, inicjatorów i innych „przypraw” - wskazując jako główne źródło Politechnikę Krakowską.
- Wysokiej klasy eksperci, rzecznicy patentowi, eksperci od rynku, dostawcy wiedzy, materiałoznawcy, którzy są dostępni regionalnie, co może pozytywnie wpłynąć na wykonalność projektów.
- Istniejący i aktywni dostawcy technologii komplementarnych.
- Dostępność finansowania (NCN, NCBR, region - np. bony na innowacje, ale raczej dla projektów o niskim lub umiarkowanym poziomie gotowości (TRL).

W dwóch następnych iteracjach uczestnicy warsztatów Smart Lab dokonali podziału czynników na zewnętrzne (szanse i zagrożenia) oraz wewnętrzne z punktu widzenia dziedziny (silne i słabe strony). Rezultaty przedstawiają tabele poniżej. Topowa pozycja na liście wskazuje na najwyższy priorytet - największy szacowany wpływ na wykonalność scenariusza.

Tabela 6. Silne strony dziedziny Biogospodarka w Małopolsce

Priorytet	Czynnik
1	Dobrze wykształcone kadry (chemicy, biotechnolodzy) o zróżnicowanych profilach.
2	Aktywne jednostki naukowe w dziedzinie biogospodarki: Uniwersytet Rolniczy, Politechnika Krakowska, Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN, Uniwersytet Ekonomiczny.
3	Dostępne technologie z przedmiotowego obszaru na odpowiednio wysokim TRL, szczególnie w zakresie substancji pomocniczych, plastyfikatorów, inicjatorów, wypełniaczy (dostępne jest doradztwo na miejscu).
4	Dobrze wykształcony rynek profesjonalnego doradztwa i Instytucji Otoczenia Biznesu (kanały TT).
5	Przemysł o szerokim profilu produktowym i technologicznym powiązany ze scenariuszem bazowym (w tym scenariusze GOZ).

Priorytet	Czynnik
6	Region ma doświadczenia z programu „smogowego” (w zakresie szeroko zakrojonych programów technicznych o znaczeniu dla środowiska) - wypracowane know-how i konsensus regionalny.

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 7. Słabe strony dziedziny Biogospodarka w Małopolsce

Priorytet	Czynnik
1	Niewykształcony łańcuch wartości (luki na całej długości).
2	Pomijanie perspektywy konsumenta w projektowaniu nowych wyrobów/technologii (postrzegane są jako produkty zbyt drogie, brak zaufania do jednostek certyfikujących).
3	Przedsiębiorstwa wykazujące nikłe zainteresowanie wdrożeniami (także brak zaufania).
4	Przedsiębiorstwa (głównie MSP) bez długo- i średnioterminowych strategii (brak komunikacji).
5	Uzależnienie procesów innowacyjnych w MSP od pieniędzy publicznych.
6	Źle funkcjonujące CTT (są oczywiście wyjątki) - naukowcy są zostawiani sami sobie.
7	Brak finansowania klastrów.
8	Uczelnie i jednostki naukowe w permanentnym stanie problemów organizacyjnych utrudniających komercjalizację (te same od lat).
9	Naukowcy nie wykazujący zainteresowania trywialnymi projektami innowacyjnymi (w szczególności wdrożeniowymi).
10	Brak lokalnych agro-biorafinerii (jest biorafineria Orlen - pracująca na bazie nasion rzepaku).

Źródło: Opracowanie własne

W ocenie uczestników warsztatów Smart Lab najsilniejszą stroną Małopolski w analizowanym scenariuszu jest liczność i jakość środowiska naukowego, które mogłoby wesprzeć realizację scenariusza. W wielu przypadkach (np. cukry, tłuszcze) dostępne są już technologie w fazie demonstracyjnej lub bliskie osiągnięcia tej fazy. Nieco gorzej wygląda (pod względem poziomu gotowości technologicznej TRL) kwestia wykorzystania innych materiałów pochodzenia biologicznego, jednak należy domniemywać, że wszystkie projekty, jakie zostały wskazane w scenariuszu szczegółowym mają szansę na osiągnięcie fazy demonstracyjnej (a niektóre nawet pełnego wdrożenia) w bieżącej perspektywie finansowej 2021-2027.

Najpoważniejszym ograniczeniem wewnętrznym może być niewykształcony regionalny łańcuch wartości. Zwłaszcza brak kluczowego interesariusza, jakim jest producent bioplastiku. Nie można jednak wykluczyć, że w wypadku uruchomienia systemu i środków wspierających realizację scenariusza szczegółowego takie podmioty pojawią się i będzie to wynikiem konwergencji wzdłuż łańcucha wartości już istniejących podmiotów. Dostawców biosurowca w przód lub użytkowników bioplastiku wstecz. Oczywiście pod pojęciem „regionalnego łańcucha wartości” nie rozumie się systemu zamkniętego (co już wspomniano wcześniej), czy też zawieszono w próżni. Natomiast pożądanym byłoby, aby te pozycje w proponowanych łańcuchach, które w największym stopniu budują wartość dodaną, były zajmowane przez podmioty z Małopolski (Rysunek nr 7. - podmioty w ramce zaznaczonej linią przerywaną, bez użytkowników końcowych).

7.6. Wpływy otoczenia społeczno-ekonomicznego na dziedzinę „Biogospodarka”

W wyniku analizy czynników zewnętrznych, które mogą wpłynąć na wykonalność projektów w ramach scenariusza szczegółowego, wskazano na następujące szanse. Podobnie, jak w poprzednich zestawieniach najwyższa pozycja na liście wskazuje na najwyższy priorytet - czyli na największy szacowany wpływ na wykonalność scenariusza.

Tabela 8. Szanse dla rozwoju dziedziny Biogospodarka w Małopolsce

Priorytet	Czynnik
1	Zmiany nawyków konsumentów (w kierunku pro-eko).
2	Prawodawstwo krajowe i UE (w kierunku redukcji wykorzystania surowców kopalnych na rzecz biokomponentów oraz w kierunku łatwiejszego recyklingu lub bio-utylicacji (unieszkodliwianie) GREEN DEAL.
3	Biogospodarka uznana jako jeden z czterech obszarów kluczowych we wdrażaniu mapy drogowej w zakresie GOZ.
4	Reindustrializacja Europy i Polski (skrócenie łańcuchów logistycznych i umiejscowienie nowych produkcji w Europie/Polsce).
5	Rosnące ceny surowców „tradycyjnych” (pozyskiwane z kopalni).
6	Dofinansowanie (w tym granty) na rzecz opracowania i zmiany technologii/innowacji produktowych.
7	Duże przedsiębiorstwa z branży chemicznej działające w regionie (potencjalnie główni gracze) - możliwa do uzyskania zbieżność strategii.

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 9. Zagrożenia dla rozwoju dziedziny Biogospodarka w Małopolsce

Priorytet	Czynnik
1	Zmiany paradygmatów i zasad gry wskutek zmian polityki (Brak stabilności otoczenia polityczno-prawnego).
2	Długie terminy realizacji projektów B+R+I w obecnych warunkach formalno-technicznych.
3	Chaotyczne i niezrozumiałe komunikaty co do tego co jest ekologiczne, a co nie jest. Brak wyraźnie zakomunikowanych priorytetów w politykach krajowych i europejskich (np. rozwiązanie niszowego problemu słomek do napojów).
4	Brak kampanii informacyjnych (promocyjnych) GOZ.
5	Niepraktyczna edukacja specjalistów (brak wymiaru praktycznego, staży, itp.) - problem systemowy w Polsce.
6	Opór społeczny przed lokalizacją zakładów przetwarzających biomasę.
7	Niska świadomość (kontrapunkt dla szansy w postaci rosnącej świadomości EKO) - "zielone mydlenie oczu" (<i>Green washing</i>).
8	Bariery administracyjne związane z podejmowaniem nowej aktywności (np. zmiana pozwolenia zintegrowanego w przypadku przejścia na technologie korzystne z punktu widzenia środowiska) - takie zmiany powinny dostawać "zielone światło" realizowane w uproszczonej procedurze.

Źródło: Opracowanie własne

Jak wskazują też dokumenty analityczne przygotowywane na poziomie światowym i europejskim, za potencjalnym sukcesem bioplastików będą stać zmiany nawyków i wrażliwości „środowiskowej” konsumentów oczekujących na produkty wytwarzane z tworzyw pochodzenia biologicznego i, co pożądanego, biodegradowalnych. Równoległe do tych zmian podążają zmiany w prawodawstwie, co szczególnie jest widoczne w przypadku Unii Europejskiej.

Uczestnicy warsztatów Smart Lab wskazują na podobne źródła zagrożeń dla realizacji scenariusza szczegółowego. Mogą nimi być labilność i do pewnego stopnia nieprzewidywalność działań ustawodawczych UE. Czyni to inwestycje w projekty wytwarzania bioplastików (zwłaszcza tych

o pochodzeniu biogenym, ale nie wykazujących specjalnej podatności na biodegradację) ryzykownymi. Również oczekiwania i upodobania konsumentów ewoluują i trudno dzisiaj powiedzieć, czy rezultatem wdrożenia dyrektywy SUP nie będzie zniechęcenie do bioplastików. Niestety, klienci obecnie podlegają bardzo silnemu wpływowi mediów, za pośrednictwem których wpływ na ich zachowania konsumenckie wywierają tzw. influencerzy reprezentujący interesy, nie zawsze pożądane z punktu widzenia realizacji scenariusza. Dlatego wskazywane braki w rzetelnej, opartej o naukową wiedzę, promocji idei Zielonego Ładu czy Gospodarki Obiegu Zamkniętego mogą potencjalnie zakłócić proces wdrażania scenariusza poprzez odwrócenie się opinii klientów i konsumentów od wcielanej w życie idei.

7.7. Powiązanie z krajowymi i regionalnymi Inteligentnymi Specjalizacjami

Dziedzina biogospodarki jest częścią Inteligentnej Specjalizacji Małopolski od roku 2015. Dziedzina ta została zdiagnozowana i zaliczona do regionalnych IS w dokumencie „Inteligentne Specjalizacje Województwa Małopolskiego, Uszczegółowienie Obszarów Wskazanych w Regionalnej Strategii Innowacji Województwa Małopolskiego 2014-2020”⁷⁰

Dziedzina biogospodarki jest jedną z dziewięciu dziedzin które składają się na inteligentną Specjalizację Life Science. W opisie dziedziny Biogospodarka czytamy:

Rozwój technologii, procesów i narzędzi, których celem jest:

- wykreowanie nowych łańcuchów wartości opartych na produktach pochodzenia naturalnego (biomasie, produkcji przez organizmy żywe),
- zachowanie i wykorzystanie użyteczności produktów, materiałów na wszystkich etapach cyklu życia,
- poszukiwanie równowagi pomiędzy ekologią i ekonomią,
- wodoszczędność na poziomie LCA produktu i ograniczenie zagrożenia akwenów przez zrzut wód zużytych w istniejących i rozwijanych sektorach przemysłu i gospodarki komunalnej (podnoszenie efektywności wskaźnika „blue water footprint”, czyli wzrost wysokiej jakości „ślądu wodnego” i ograniczenie ilościowe ślądu wód zużytych w cyklu życia produktu).

Specjalizacja zakłada rozwój technologii, które charakteryzują się jak najmniejszym „ślądem węglowym” ze względu na wykorzystanie odnawialnych, naturalnych surowców (np. biomasy) oraz niskoenergetycznych i wysoce wydajnych procesów (katalitycznych w tym w szczególności biokatalitycznych). Specjalizacja wspiera działania dla rozwoju biogospodarki oraz zastosowanie koncepcji Gospodarki Obiegu Zamkniętego (GOZ).

1.9.1 Biorafinerie i energia - uzyskiwanie bio-energii w oparciu o płynne i gazowe biopaliwa nowej generacji, przetwarzanie biomasy, termicznej konwersji biomasy, magazynowania ciepła.

1.9.2 Zrównoważone wykorzystanie zasobów i zagospodarowanie odpadów, w tym również pochodzenia roślinnego i zwierzęcego.

1.9.3 Pozyskiwanie i przetwarzanie surowców z materiału roślinnego (w tym biomasy odpadowej) oraz zwierzęcego, z przeznaczeniem dla przemysłu.

⁷⁰ Załącznik nr 1 do Uchwały nr 1262/15 Zarządu Województwa Małopolskiego z dnia 22 września 2015 r.

1.9.4 Technologie syntezy organicznej oparte o nowe metody, w tym zastosowanie katalizatorów homogenicznych, heterogenicznych i biokatalizatorów opartych o natywne i rekombinowane białka lub mikroorganizmy, w tym również mikroorganizmy genetycznie modyfikowane (GMM).

1.9.5 Biomateriały i technologie - w tym w szczególności technologie oparte na fizykochemicznych właściwościach cząsteczek organicznych.

Jak widać, dziedzina biogospodarki, scenariusz bazowy oraz scenariusz szczegółowy pozostają w pełnej zgodności z celem, dla którego ustanowiono Inteligentną Specjalizację, mieszcząc się w opisie podobszarów: 1.9.2., 1.9.3., 1.9.4.

Obecnie obowiązująca Regionalna Strategia Innowacji Województwa Małopolskiego 2030⁷¹ nie zawiera jeszcze uszczegółowienia w zakresie Inteligentnych Specjalizacji (min. przedmiotowy projekt pilotażowy ma takie rekomendacje wypracować dla IS Life Science). Zgodnie z przyjętą RSI 2030, domena Life Science jest jedną z siedmiu Inteligentnych Specjalizacji, a Biogospodarka pozostaje jedną z 9 domen wyróżnionych w ramach IS. Dziedzina Biogospodarki została w RSI 2030 uznana za dziedzinę bardzo szeroką, dla której rekomendowano zastosowanie ujęcia horyzontalnego (wymagającego szerokiej, interdyscyplinarnej dyskusji i uwzględnienia różnych, nieraz ścierających się punktów widzenia, co z kolei wymaga odpowiednich narzędzi animacji i konsultacji). Analiza wykonana na potrzeby RSI 2030 wskazuje, że dziedzina ta wyróżnia się na tle innych także bardzo niską liczbą realizowanych projektów przy jednocześnie bardzo wysokim wskaźniku sukcesu w pozyskiwaniu środków na badania i rozwój.

Brak bezpośredniego odniesienia do scenariuszy, jakie wypracowano w ramach warsztatów Smart Lab w obowiązującej RSI 2030 wynika wyłącznie z przyjętej agendy dokonywania uszczegółowienia opisu domen (IS). Scenariusz bazowy i szczegółowy wskazują na konieczność zastosowania podejścia międzysektorowego do zarządzania przyszłymi projektami, co odpowiada zaprezentowanemu w dokumencie RSI 2030 rekomendowanemu podejściu (ujęciu) horyzontalnemu.

Obecnie obowiązującą wersją opisu Krajowych Inteligentnych Specjalizacji jest dokument z 1 stycznia 2021 r.⁷². Scenariusze bazowy i szczegółowy (należące do dziedziny biogospodarki, która jak zauważono w RSI 2030 należy do dziedzin bardzo szerokich) wpisują się w szereg różnych KIS, co prezentuje tabela nr 10.

Tabela 10. Krajowe Inteligentne Specjalizacje powiązane ze scenariuszem bazowym i szczegółowym dziedziny Biogospodarka

KIS	Obszar	Podobszar
KIS 2. INNOWACYJNE TECHNOLOGIE, PROCESY I PRODUKTY SEKTORA ROLNO-SPOŻYWCZEGO I LEŚNO-DRZEWNEGO	I. ELEMENTY WSPÓLNE DLA INNOWACJI SEKTORA ROLNO-SPOŻYWCZEGO I LEŚNO-DRZEWNEGO	Pozyskiwanie i przetwarzanie związków bioaktywnych i innych surowców z materiału roślinnego (w tym biomasy odpadowej) oraz zwierzęcego, pochodzącego z sektora rolno-spożywczego i leśnodrzewnego z przeznaczeniem dla różnych gałęzi przemysłu.
	XI. INNOWACYJNE PRODUKTY DRZEWNE I DREWNOPOCHODNE	1. Wykorzystywanie drewna i biomasy leśnej do produkcji materiałów zastępujących inne nieodnawialne surowce.
KIS 3. BIOTECHNOLOGICZNE I CHEMICZNE PROCESY, BIOPRODUKTY I	I. ROZWÓJ PROCESÓW (BIO)TECHNOLOGICZNYCH DO WYTWARZANIA	4. Rozwój bioprocessów opartych o wykorzystanie biomasy i odpadów przemysłu rolno-spożywczego, leśno-drzewnego i zielarskiego, w celu

⁷¹ Załącznik nr 1 do Uchwały Nr 181/21 Zarządu Województwa Małopolskiego z dnia 25 lutego 2021 r.

⁷² https://smart.gov.pl/images/Opisy_KIS_werja_7_FINAL_2021_do_publicacji.pdf

KIS	Obszar	Podobszar
PRODUKTY CHEMII SPECJALISTYCZNEJ ORAZ INŻYNIERII ŚRODOWISKA	INNOWACYJNYCH (BIO)PRODUKTÓW	uzyskania substratów dla potrzeb różnych gałęzi przemysłu, w tym chemicznego, kosmetycznego, farmaceutycznego, rolnego, włókienniczego, opakowaniowego, celulozowo-papierniczego oraz wytwarzania innych produktów
		7. Biotechnologiczne metody otrzymywania substratów do produkcji polimerów i produktów chemii specjalistycznej oraz procesy ich oczyszczania i przetwarzania.
		12. Procesy syntezy i modyfikacji biodegradowalnych polimerów z surowców odnawialnych, petrochemicznych i odpadowych (w tym przemysłowych, rolniczych i komunalnych)
	II. ZAAWANSOWANE PRZETWARZANIE BIOMASY DO SPECJALISTYCZNYCH PRODUKTÓW CHEMICZNYCH	4. Wykorzystanie surowców odnawialnych w syntezie polimerów i tworzyw z wykorzystaniem tych polimerów.
III. BIOPRODUKTY I PRODUKTY CHEMII SPECJALISTYCZNEJ	Innowacyjne (bio)polimery i (bio)tworzywa (w tym polimery biodegradowalne z surowców odnawialnych i surowców petrochemicznych, polimery otrzymywane drogą syntezy mikrobiologicznej, polimery syntezowane przy udziale biokatalizatorów, polimery naturalne o właściwościach termoplastycznych, polimery o właściwościach bioaktywnych i biomedycznych, kompozycje polimerowe naturalno-syntetyczne, polimery biosensoryczne).	
IV. NOWOCZESNE BIOTECHNOLOGIE W OCHRONIE ŚRODOWISKA	2. Nowoczesne procesy fermentacyjne do przetwarzania odpadów przemysłu rolno-spożywczego oraz odpadów komunalnych	

Źródło: Opracowanie własne

Scenariusz bazowy „Wytwarzanie tworzyw biodegradowalnych i tworzyw pochodzących z surowców odnawialnych (rozwój biotechnologii przetwarzania biomasy i technologii wspomagających wytwarzania dodatków)” i scenariusz szczegółowy „Przetwarzanie frakcji „bio” odpadów (np. komunalnych, z zieleni miejskiej lub przetwórstwa owocowo-warzywnego) do cukrów zateżanych lub lotnych kwasów tłuszczowych lub kwasu mlekowego jako surowców do produkcji do PHA, PHB lub PLA” wykazują powiązanie z trzema Krajowymi Inteligentnymi Specjalizacjami w kilku obszarach i podobszarach. Potwierdza to innowacyjny i międzysektorowy charakter planowanych działań.

7.8. Możliwe ścieżki rozwoju

Jak już wspomniano w rozdziale 5, po dyskusji i głosowaniu w trakcie warsztatu Smart Lab, wybrany został scenariusz szczegółowy nr 2, uzupełniony o elementy scenariusza nr 1. Uzgodniony tytuł scenariusza brzmi: **Przetwarzanie frakcji „bio” odpadów (np. komunalnych, z zieleni miejskiej lub przetwórstwa owocowo-warzywnego) do cukrów zatężanych lub lotnych kwasów tłuszczowych lub kwasu mlekowego jako surowców do produkcji do PHA, PHB lub PLA.**

Pozostałe scenariusze dla dziedziny biogospodarki, które nie zostały wytypowane do opracowania mapy BTR, są wymienione w rozdziale 5. Opis scenariusza i możliwe ścieżki rozwoju w jego ramach znajdują się w rozdziale następnym.

8. Proponowany program rozwoju scenariusza w Małopolsce

Dla scenariusza szczegółowego: „Przetwarzanie frakcji „bio” odpadów (np. komunalnych, z zieleni miejskiej lub przetwórstwa owocowo-warzywnego) do cukrów zateżanych lub lotnych kwasów tłuszczowych lub kwasu mlekowego jako surowców do produkcji do PHA, PHB lub PLA”, w trakcie 4-tego warsztatu Smart Lab opracowano mapę graficzną BTR (patrz poniżej).

8.1. Planowane przedsięwzięcia

Zaplanowano szereg przedsięwzięć „technicznych” czyli o charakterze naukowo-badawczo-wdrożeniowym, w oparciu o które może zostać zbudowany potencjał gospodarczy Małopolski w obszarze wytwarzania i przetwarzania bioplastików. Działaniom tym też powinny towarzyszyć przedsięwzięcia o charakterze analiz społeczno-ekonomicznych, a także pakiet projektów „miękkich”, które powinny polepszyć możliwości adaptacji rezultatów projektów „technicznych”.

Uczestnicy warsztatów wskazali, jako krytyczny element wykonalności projektów, sporządzenie bilansu dostępnej biomasy, która mogłaby potencjalnie zostać przetworzona na bioplastik (PHA/PHB, PLA). Należy pamiętać, że obecnie coraz więcej branż i stosowanych przez nie technologii konkuruje o dostęp do biomasy, której podaż (zwłaszcza na cele nieżywnościowe) jest w naturalny sposób ograniczona. Proponowane *studium feasibility*, powinno rozwiązać wszelkie wątpliwości i potwierdzić, bądź nie, wykonalność całego scenariusza.

Dopiero po pozytywnym wyniku tego studium można będzie przystąpić do realizacji projektów „technicznych” (w następującej kolejności):

- 1) Opracowanie technologii wytwarzania bioplastików opartych o tłuszcze - czas trwania ok. 2 lata (start z TRL=7/8). Projekty przekształcania tłuszczu (cukrów prostych) w surowiec do bioproduktów wytwarzania PHA/PHB, PLA (Uwaga! brakuje kadr technicznych).
- 2) Opracowanie technologii wytwarzania bioplastików opartych o celulozę bazujących na pewnym typie. Czas trwania min. 3 lata. Start z TRL=1/2 odpadów „zielonych”. Projekty mogą obejmować także technologie wytwarzania cukrów prostych.
- 3) Opracowanie technologii recyklingu biopolimerów, „domykanie cyklu węglowego”.
- 4) Opracowanie technologii "alternatywnych" - dla sytuacji gdy będzie mała podaż biomasy (co może wynikać ze studium feasibility).
- 5) Opracowanie technologii wytwarzania form „ostatecznych” produktów opartych o bioplastiki (PHA, PLA ...). Ok. 2 lata na przeciętne produkty (opakowania mogą być zrealizowane szybciej i w pierwszej kolejności - istnieją już światowe doświadczenia).
- 6) Opracowanie technologii recyklingu wyrobów zawierających biopolimer.

Równolegle do wymienionych projektów „technicznych” rekomenduje się inicjację dalszych projektów społeczno-ekonomicznych. Należą do nich:

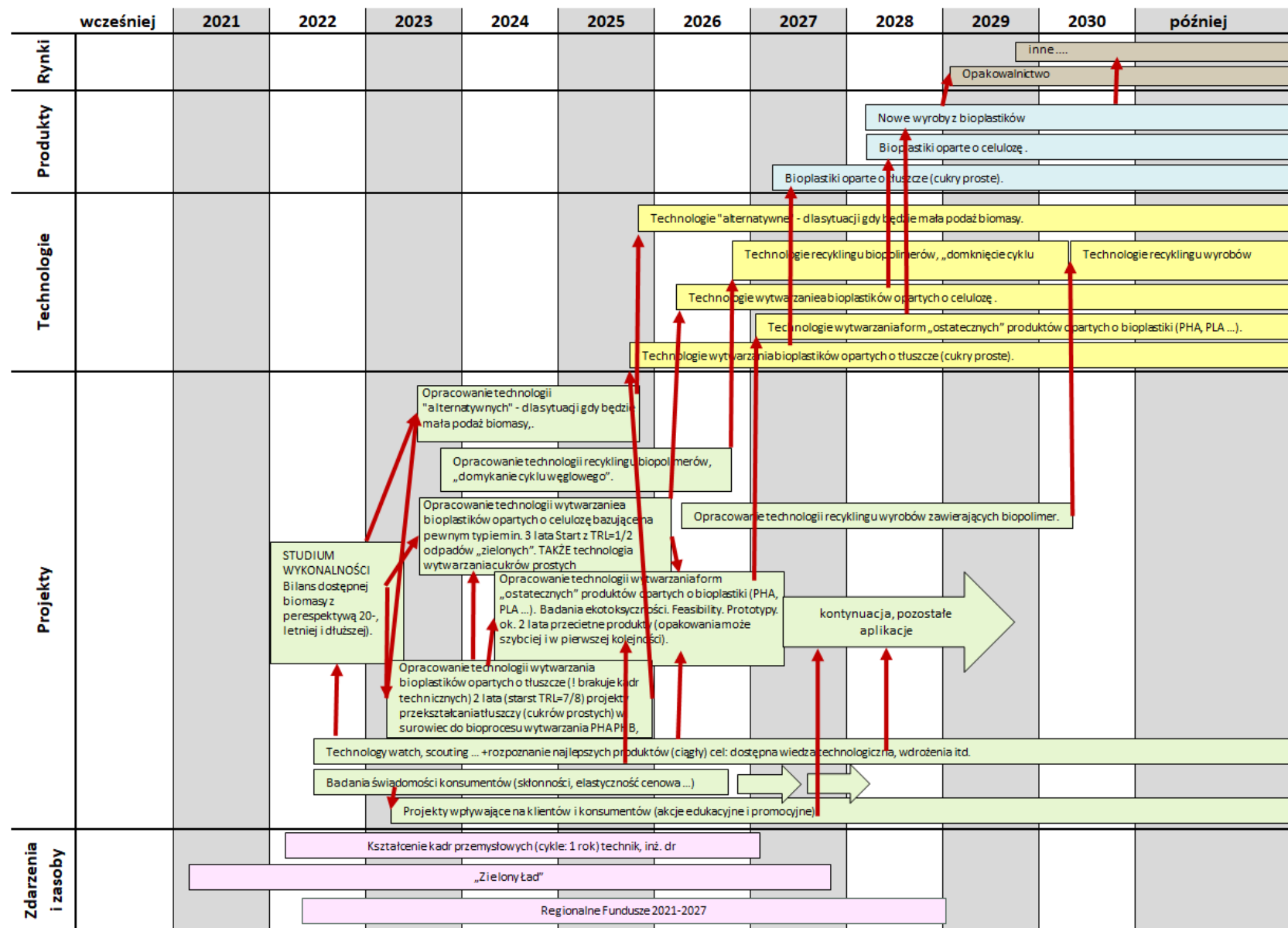
- 1) Stałe obserwatorium technologiczne (*technology watch, technolog scouting*), służące pomocą nie tylko wytwórcom biopolimerów, ale także przedsiębiorcom, którzy biopolimery wykorzystują w swojej działalności. Projekty dostarczać powinny wiedzy o dostępnych technologiach komplementarnych (względem technologii rozwijanych w regionie) oraz dostarczać informacji o aplikacjach i rynkach.
- 2) Projekty badania upodobań i oczekiwań klientów, także względem samych bioplastików (technologii wytwarzania), ale przede wszystkim względem aplikacji konsumenckich.
- 3) Skuteczność realizacji całego scenariusza może zależeć od postawy producentów, która będzie pochodną postawy klientów i konsumentów. Wskazywany brak rzetelnej informacji można kompensować poprzez odpowiednie projekty „miękkie”, które dostarczając klientom i konsumentom odpowiedniej wiedzy powinny pozytywnie wpłynąć na wielkość i tempo wzrostu rynku.

8.2. Zasoby i szacowane nakłady

Skuteczna realizacja projektów w ramach scenariusza zależna będzie od zainteresowania podmiotów - interesariuszy zajmujących kluczowe pozycje w łańcuchu wartości, tj.:

- 1) Jednostki naukowe - jak wykazano, region dysponuje odpowiednimi zasobami wiedzy niezbędnymi do zainicjowania i realizacji projektów w ramach scenariusza.
- 2) Producenci bioplastików - luka w łańcuchu wartości, która zgodnie z oczekiwaniami może zostać uzupełniona przez przedstawicieli dwóch następnych grup, którzy potencjalnie mogą dokonać konwergencji wzdłuż łańcucha wartości.
- 3) Producenci/dostawcy biomasy - liczne przedsiębiorstwa branży spożywczej, komunalne zakłady zieleni miejskiej, a nawet rolnicy czy leśnicy.
- 4) Przedsiębiorstwa potencjalnie wykorzystujące bioplastiki, np. z branży opakowaniowej, branży medycznej itp. Branże te nie są bardzo licznie reprezentowane w Małopolsce.

Rysunek 7. Mapa BTR dla scenariusza szczegółowego „Przetwarzanie frakcji „bio” odpadów (np. komunalnych, z „zieleni miejskiej” lub przetwórstwa owocowo-warzywnego) do cukrów zateżanych lub lotnych kwasów tłuszczowych lub kwasu mlekowego jako surowców do produkcji do PHA, PHB lub PLA”



Źródło: Opracowanie własne

Na realizację projektu wpływ będą mieć także uwarunkowania zewnętrzne. Przede wszystkim nowy paradygmat obowiązujący w UE związany z realizacją Zielonego Ładu oraz wdrażania zasad Gospodarki Obiegu Zamkniętego.

Uwarunkowania te mogą pozytywnie wpłynąć na możliwość dofinansowania projektów w ramach regionalnych środków dystrybuowanych w obecnej perspektywie finansowej 2021-2027. Wielkość niezbędnych nakładów nie była przedmiotem szacunków.

8.3. Oczekiwane efekty

Zgodnie z opisem i chronologią proponowanych projektów pojawiać się powinny rezultaty w postaci gotowych do wdrożenia technologii wytwarzania bioplastików oraz produktów - samych bioplastików, które będą mogły znaleźć zastosowanie w poszczególnych aplikacjach. Projekty powinny osiągnąć gotowość na poziomie TRL=9. Zakładamy, że wdrożenie (pełnofunkcyjny pilotaż) będzie oczekiwanym rezultatem projektów realizowanych przez przedsiębiorstwa, choć oczywiście w partnerstwach przemysłowo-naukowych.

Rezultaty (w postaci ukończonych projektów technologicznych) powinny pojawić się w następującej kolejności:

- 1) Technologie wytwarzania bioplastików opartych o tłuszcze (lub cukry proste) - pierwsze ukończone technologie około roku 2025.
- 2) Analogiczne technologie "alternatywne" - dla sytuacji gdy będzie mała podaż biomasy około roku 2025.
- 3) Technologie wytwarzania bioplastików opartych o celulozę - pierwsze ukończone technologie około roku 2026.
- 4) Technologie wytwarzania form „ostatecznych” produktów opartych o bioplastiki (PHA/PHB, PLA) około roku 2026.
- 5) Technologie recyklingu biopolimerów, „domknięcie cyklu węglowego”(po roku 2027) i w ostatniej kolejności.
- 6) Technologie recyklingu wyrobów zawierających biopolimer (także nie szybciej niż po roku 2027).

Oczywiście same produkty pojawią się z pewnym opóźnieniem względem zaproponowanego kalendarza, co wynikać będzie z konieczności przeskalowania technologii. Opóźnienie to szacujemy na przeciętnie 1 rok.

9. Podsumowanie

Opracowana mapa BTR oparta została o rezultaty warsztatów Smart Lab, które stanowiły praktyczną implementację Procesu Przedsiębiorczego Odkrywania, rekomendowany jako modelowy proces zarządzania Inteligentnymi Specjalizacjami Małopolski.

W toku procesu (warsztatów) uczestnicy dokonali oceny dziedziny Biogospodarki, która stanowi część domeny (Inteligentnej Specjalizacji) Life Science. Drogą kolejnych przybliżeń opracowany został scenariusz bazowy, będący uszczegółowieniem dla analizowanej dziedziny, a następnie w jego ramach opracowany został scenariusz szczegółowy „Przetwarzanie frakcji „bio” odpadów (np. komunalnych, z zieleni miejskiej lub przetwórstwa owocowo-warzywnego) do cukrów zatężanych lub lotnych kwasów tłuszczowych lub kwasu mlekowego jako surowców do produkcji do PHA, PHB lub PLA”.

Uczestnicy warsztatów wielokrotnie dokonywali oceny wykonalności potencjalnych projektów (zarówno na poziomie scenariusza bazowego, jak i potem - na poziomie scenariusza szczegółowego), analizując zarówno uwarunkowania i czynniki endogenne małopolskiej Biogospodarki, jak i czynniki zewnętrzne, tworzące potencjalne szanse i zagrożenia dla projektu. W przypadku analizy czynników wewnętrznych kluczowa była identyfikacja interesariuszy w łańcuchu wartości (obecnym i przyszłym). Intencją bowiem realizacji i wsparcia środkami będącymi w gestii województwa jest to, aby jak największa część łańcucha wartości w danej dziedzinie była obsadzona przez małopolskie podmioty.

W ramach scenariusza szczegółowego wyszczególniono sześć potencjalnych projektów technicznych (naukowo-badawczo-wdrożeniowych) które mają doprowadzić do powstania technologii wytwarzania biopolimerów, w szczególności PHA/PHB oraz PLA. Przedmiotowe technologie powinny wykorzystywać odpady powstające lokalnie, w szczególności z przetwórstwa rolno-spożywczego, a także z komunalnych zakładów zieleni miejskiej czy wreszcie z rolnictwa lub leśnictwa. Wytwarzane biopolimery mogą znaleźć szerokie zastosowanie, przy czym dane rynkowe wskazują, że (także ze względu na obecną cenę biopolimerów) pierwszymi aplikacjami będą aplikacje medyczne lub związane z branżą opakowaniową.

Analiza dziedziny wykazuje, że wysoki poziom zaawansowania i rozwoju technologicznego, co jest zasługą jednostek naukowych działających w Małopolsce, może pomóc zrealizować zamierzone projekty w stosunkowo krótkim czasie. Zwłaszcza te, w których biosynteza PHA/PHB opierać się będzie na cukrach prostych lub tłuszczach (zaawansowanie tych projektów w Małopolsce szacowane jest obecnie na TRL=7 - 8).

Skuteczna w wymiarze rynkowym realizacja projektów wymaga zbadania oczekiwań klientów i konsumentów i zapewnienia odpowiedniego poziomu zainteresowania nowymi bioplastikami. Dlatego też uczestnicy wskazali na konieczność realizacji projektów badawczych w obszarze społeczno-ekonomicznym, w tym *studium feasibility* dotyczące podaży biomasy w regionie, które powinny zostać sfinansowane w pierwszej kolejności, niezależnie od projektów „technicznych”, rekomendowanych w trybie konkursowym.

Opracowany scenariusz szczegółowy ma wszelkie znamiona wykonalności. Jego realizacja może pozytywnie wpłynąć na gospodarkę Małopolski, podnosząc jej innowacyjność, czyniąc z niej region wiodący we wdrażaniu technologii kluczowych z punktu widzenia europejskiego Zielonego Ładu oraz Gospodarki Obiegu Zamkniętego.

10. Zestawienie źródeł

- 1) Agriculture and horticulture. European Bioplastics; 2019
- 2) Ashter, S.A. (2016) Commercial applications of bioplastics. In Introduction to Bioplastics Engineering, William Andrew Publisher. 2016;227-49.
- 3) Behrens, W., Hawranek, P.M., Poradnik przygotowania przemysłowych studiów wykonalności, UNIDO, Warszawa 2000
- 4) Bishop, G., Styles, D., Lens, P.N.L., (2021) Environmental performance comparison of bioplastics and petrochemical plastics: A review of life cycle assessment (LCA) methodological decisions., Resources, Conservation & Recycling 168 (2021) 105451
- 5) Brizga, J., Hubacek K., Feng, K., (2020) The Unintended Side Effects of Bioplastics: Carbon, Land, and Water Footprints, One Earth 3, July 24, 2020
- 6) CISION (2015). Global Thermosetting Plastics Market - Segmented by Type, Industry and Geography - Trends and Forecasts (2015-2020) - Reportlinker Review, PR Newswire, September 17, 2015.
- 7) Dassanayake, R.S.; Acharya, S.; Abidi, N. (2018) Biopolymer-Based Materials from Polysaccharides— Properties, Processing, Characterization and Sorption Applications. In Advanced Sorption Process Applications; Intech Open: London, UK, 2018.
- 8) de Souza Machado, A.A., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S., and Rillig, M.C. (2018). Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. Glob. Change Biol. 24, 1405–1416.
- 9) Di Bartolo, A.; Infurna, G.; Dintcheva, N.T. (2021) A Review of Bioplastics and Their Adoption in the Circular Economy, Polymers 2021, 13, 1229.
- 10) DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2019/904 z dnia 5 czerwca 2019 r. w sprawie zmniejszenia wpływu niektórych produktów z tworzyw sztucznych na środowisko (Tekst mający znaczenie dla EOG)
- 11) European Bioplastics (2019). Bioplastics Market Update 2019 (European Bioplastics).
- 12) European Commission (2018). Circular Economy Package
- 13) European Commission, (2018). Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment.
- 14) FAOSTAT (2019). Food and Agriculture Organisation of the UN (FAO) Statistics Database: Production, Trade, Supply (FAO).
- 15) Fiorentino, G., Ripa, M., and Ulgiati, S. (2017). Chemicals from biomass: technological versus environmental feasibility. A review. Biofuels Bioprod. Biorefin. 11, 195–214
- 16) Garrido, R., Cabeza, L.F., Falguera, V.. (2021) An Overview of Bioplastic Research on Its Relation to National Policies, Sustainability 2021, 13, 7848.
- 17) Gonzalez-Gutierrez, J., Partal, P., Garcia-Morales, M., & Gallegos, C. (2010). Development of highly-transparent protein/starch-based bioplastics. Bioresource technology, 101(6), 2007-2013
- 18) Gorgieva, S.; Trcek, J. (2019) Bacterial Cellulose: Production, Modification and Perspectives in Biomedical Applications. Nanomaterials 2019, 9

- 19) Hahladakis, J.N., Velis, C.A., Weber, R., Iacovidou, E., and Purnell, P. (2018). An overview of chemical additives present in plastics: migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *J. Hazard. Mater.* 344, 179–199.
- 20) Horvat, D., and Wydra, S. (2017). System Dynamics Modelling of the European Demand for Bio-Based Plastics.
- 21) <https://www.alliedmarketresearch.com/press-release/bioplastics-market.html>
- 22) <https://www.bbi.europa.eu/about/about-bbi>, dostęp 4-10-2021 r.
- 23) <https://www.chemiaibiznes.com.pl/artykuly/w-polsce-nie-ma-ryнку-na-produkty-z-tworzyw-biodegradowalnych>
- 24) <http://www.ecouterre.com/benetton-gets-greener-withbiodegradablehangers-organic-cotton-garments/>
- 25) <https://eplastics.pl/wiadomosci/sp/13794-czy-biotworzywa-zastapia-plastik>
- 26) <http://www.ik-pan.krakow.pl/Projekty-badawcze.54.0.html>, dostęp 4-10-2021 r.
- 27) <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/biopolymers-bioplastics-market-88795240.html>
- 28) <http://www.naturbag.com/biobased-compostable-cutlery;>
- 29) https://smart.gov.pl/images/Opisy_KIS__werja_7_FINAL_2021_do_publicacji.pdf
- 30) <http://www.treehugger.com/clean-technology/compostable-cutlery-made-from-cereplast.html>;
- 31) Khan, B., Bilal Khan Niazi, M., Samin, G., Jahan, Z., (2017). Thermoplastic starch: a possible biodegradable food packaging material-a review. *J. Food Process. Eng.* 40 (3).
- 32) Kucner, A., Osiańczak, J., „Metodyka prowadzenia spotkań typu Smart Lab dla wsparcia procesu przygotowania Business Technology Roadmaps. Program i scenariusz spotkań Smart Lab”. PARP Warszawa 2017, na prawach rękopisu.
- 33) Laycock, B. G., & Halley, P. J. (2014). Starch applications: State of market and new trends. In *Starch Polymers* (pp. 381-419). Elsevier.
- 34) McKechnie, J., Pourbafrani, M., Saville, B.A., and MacLean, H.L. (2015). Environmental and financial implications of ethanol as a bioethylene feedstock versus as a transportation fuel. *Environ. Res. Lett.* 10, 124018.
- 35) Meereboer, K.W., Misra, M., Mohanty, A.K., (2020) Review of recent advances in the biodegradability of polyhydroxyalkanoate (PHA) bioplastics and their composites, *Green Chem.*, 2020, 22, 5519
- 36) Monitoring Branżowy Analizy Sektorowe. Rynek tworzyw sztucznych 2019
- 37) Muncke, J., Andersson, A.-M., Backhaus, T., Boucher, J.M., Carney Almroth, B., Castillo, Castillo, A., Chevrier, J., Demeneix, B.A., Emmanuel, J.A., Fini, J.-B., Gee, D., Geueke, B., Groh, K., Heindel, J.J., Houlihan, J., Kassotis, C.D., Kwiatkowski, C.F., Lefferts, L.Y., Maffini, M.V., Martin, O.V., Myers, J.P., Nadal, A., Nerin, C., Pelch, K.E., Fernández, S.R., Sargis, R.M., Soto, A.M., Trasande, L., Vandenberg, L.N., Wagner, M., Wu, C., Zoeller, R.T., Scheringer, M., (2020). Impacts of food contact chemicals on human health: a consensus statement, *Environ. Health.* 19 (1), 25
- 38) New Plastic Economy, The New Plastic Economy 2019 Progress Report.

- 39) Osiadacz, J., Kucner, A., „Business Technology Roadmaps - Poradnik metodyczny przygotowania i wdrażania studiów wykonalności inwestycji badawczo-rozwojowych i innowacyjnych”, PARP Warszawa 2017, na prawach rękopisu.
- 40) Philp, J. (2014). OECD policies for bioplastics in the context of a bioeconomy, 2013. *Ind. Biotechnol.* 10, 19–21
- 41) Piehl, S., Leibner, A., Lo`der, M.G.J., Dris, R., Bogner, C., and Laforsch, C. (2018). Identification and quantification of macro- and microplastics on an agricultural farmland. *Sci. Rep.* 8, 17950
- 42) Pink, M., Wojnarowska M., (Red.) *Biogospodarka, Wybrane Aspekty.* Difin 2020
- 43) PLA bioplastic debuts in touch screen computer housing. *Plastics Today*; 2013
- 44) PlasticsEurope (2019). *Plastics – the Facts 2019: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*
- 45) Regionalna Strategia Innowacji Małopolska 2030. Załącznik nr 1 do Uchwały Nr 181/21 Zarządu Województwa Małopolskiego z dnia 25 lutego 2021 r.
- 46) Rudin, A., Choi, P., (2013) in *The Elements of Polymer Science & Engineering*, Elsevier, pp. 521–535.
- 47) Sabbah, M., Porta, R.. (2017) Plastic pollution and the challenge of bioplastics. *J. Appl. Biotechnol. Bioeng.* 2017;2:00033
- 48) Shah, M., Rajhans, S., Pandya, H.A., Mankad, A.U., (2021) Bioplastic for future: A review then and now, *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 2021, 09(02), 056–067
- 49) Shah, S., Matkawala, F., Garg, S., Nighojkar, S., Nighojkar A., Kumar, A., (2020) Emerging Trend of Bioplastics and Its Impact on Society, *Biotechnology Journal International* 24(4): 1-10, 2020
- 50) Smith, M., Love, D.C., Rochman, C.M., and Neff, R.A. (2018). Microplastics in seafood and the implications for human health. *Curr. Environ. Health, Rep.* 5, 375–386
- 51) SOPZ do zamówienia: „Organizacja struktury zarządczej i animacja Procesu Przedsiębiorczego Odkrywania w ramach wybranej inteligentnej specjalizacji Województwa Małopolskiego (pilotaż)”.
52) Spekrijse, J., Lammens, T., Parisi, C., Ronzon, T., and Vis, M. (2019). Insights into the European Market of Bio-Based Chemicals (JRC).
- 53) Steinbüchel, A., Valentin, H.E., (1995) Diversity of bacterial polyhydroxyalkanoic acids. *FEMS Microbiology Letters*, Volume 128, Issue 3, May 1995, Pages 219–228,
- 54) Straathof, A.J., and Bampouli, A. (2017). Potential of commodity chemicals to become bio-based according to maximum yields and petrochemical prices. *Biofuels Bioprod. Biorefin.* 11, 798–810
- 55) Uszczegółowienie Opisu Inteligentnych Specjalizacji. Załącznik nr 1 do Uchwały nr 1262/15 Zarządu Województwa Małopolskiego z dnia 22 września 2015 r.
- 56) Visakh, P.M., Yu, L., (2015) Starch-based blends, composites and nanocomposites *RSC Green Chem.*, 2015, 2015-Janua, 1–17
- 57) Zimmermann, L., Dierkes, G., Ternes, T.A., Völker, C., Wagner, M., (2019). Benchmarking the in vitro toxicity and chemical composition of plastic consumer products. *Environ. Sci. Technol.* 53 (19), 11467–11477.

- 58) Zimmermann, L., Dombrowski, A., Völker, C., Wagner, M., (2020) Are bioplastics and plant-based materials safer than conventional plastics? In vitro toxicity and chemical composition, *Environment International* 145 (2020) 106066

11. Zestawienie table i rysunków

Tabela 1. Karta scenariusza nr 1.....	11
Tabela 2. Karta scenariusza nr 2.....	12
Tabela 3. Karta scenariusza nr 3.....	13
Tabela 4. Podmioty przetwórstwa i produkcji spożywczej w Małopolsce. Źródło: Regionalna Baza Wiedzy.....	39
Tabela 5. Firmy doradcze w Małopolsce. Źródło: Regionalna Baza Wiedzy.....	42
Tabela 6. Silne strony dziedziny Biogospodarka w Małopolsce	47
Tabela 7. Słabe strony dziedziny Biogospodarka w Małopolsce	48
Tabela 8. Szanse dla rozwoju dziedziny Biogospodarka w Małopolsce	49
Tabela 9. Zagrożenia dla rozwoju dziedziny Biogospodarka w Małopolsce.....	49
Tabela 10. Krajowe Inteligentne Specjalizacje powiązane ze scenariuszem bazowym i szczegółowym dziedziny Biogospodarka	51
Rysunek 1. Przebieg procesu wyłaniania scenariusza bazowego.	10
Rysunek 3. Rezultat warsztatu nr 3.	15
Rysunek 4. Uproszczony schemat łańcucha wartości plastików w całym cyklu życia.....	19
Rysunek 5. Klasyfikacja bioplastików.	23
Rysunek 6. Wielkość i udział polimerów	31
Rysunek 7. Łańcuch wartości w dziedzinie biogospodarki - w trakcie realizacji scenariusza szczegółowego.	38
Rysunek 8. Mapa BTR dla scenariusza szczegółowego „Przetwarzanie frakcji „bio” odpadów (np. komunalnych, z „zieleni miejskiej” lub przetwórstwa owocowo-warzywnego) do cukrów zateżanych lub lotnych kwasów tłuszczowych lub kwasu mlekowego jako surowców do produkcji do PHA, PHB lub PLA.”	56