

# OPRACOWANIE I WDROŻENIE ZRÓWNOWAŻONYCH ROZWIĄZAŃ W PRODUKCJI I STOSOWANIU BIOPLASTIKU W CELU OCHRONY ŚRODOWISKA LĄDOWEGO I MORSKIEGO W EUROPIE

Radostaw Ślęzak, Liliana Krzystek, Ewa Liwarska-Bizukojc



**Developing and Implementing Sustainability-Based Solutions for Bio-Based Plastic  
Production and Use to Preserve Land and Sea Environmental Quality in Europe**

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement  
No 860407. BIOPLASTICS EUROPE



# PROJEKT

Lider projektu: Hamburg University of Applied Sciences, Niemcy



Czas trwania projektu: 1.10.2019 – 30.09.2023

Koszt projektu: 8,5 mln. Euro

Finansowanie: EU Horyzont 2020

Strona projektu: <https://bioplasticseurope.eu/>



**BIO PLASTICS EUROPE**

Navigation: About | **Project** | News & Events | Networks | Downloads | Partners

**Project Information**

**Our Vision**  
Sustainable bio-based plastics for circular economy: transferring knowledge into practice through technical, policy and business model innovations

**Developing and implementing sustainability based solutions for bio-based plastic production and use to preserve land and sea environmental quality in Europe.**

The project will deliver sustainable strategies and solutions for bio-based plastics to support the EU-Plastic Strategy and a circular economy. It needs to be viewed not only as a research project but also as an intervention which takes into account the complex and dynamic processes of societal transformation triggered by a new awareness on the use of bio-based plastic, using the opportunity which emerges for a grounded and participatory research and innovation process.

**Coordination** HAW Hamburg  
**Duration** October 2019 – September 2023  
**Budget** 8.5 M €  
**Funding** EU HORIZON 2020  
**Partners** 22

**Explore our diverse partner institutes and organisations:**  
Partners

**The project is divided into three phases:**  
Phase 1: Month 1 to 6 (Introduction and Analysis Phase)

**Feedstock** → **Production of Material**

<https://bioplasticseurope.eu/>

# PARTNERZY PROJEKTU

22 PARTNERÓW  
Z 13 KRAJÓW



# BIO PLASTICS EUROPE

- 1 Hamburg University of Applied Sciences (**Coordinator**), HAW Germany
- 2 Fraunhofer Institute for Structural Durability and System Reliability LBF Fraunhofer LBF Germany
- 3 Kaunas University of Technology KUT Lithuania
- 4 Manchester Metropolitan University MMU United Kingdom
- 5 Swedish Environmental Research Institute IVL Sweden
- 6 Technical University of Tallinn TalTech Estonia
- 7 University of Bologna UNIBO Italy
- 8 Lodz University of Technology TUL Poland
- 9 Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research AWI Germany
- 10 National Research Council CNR Italy
- 11 Turku University of Applied Sciences TUAS Finland
- 12 The Hamburg University of Technology TUHH Germany
- 13 Hamburg Institute of International Economics HWWI Germany
- 14 The Austrian Centre of Industrial Biotechnology ACIB Austria
- 15 Universidad Politecnica de Madrid UPM Spain
- 16 Tecnologie Innovative per il Controllo Ambientale e lo Sviluppo Sostenibile scrl TICASS Italy
- 17 Heng Hiap Industries HHI Malaysia
- 18 Nature Plast NP France
- 19 Arctic Biomaterials ABM Finland
- 20 Prospex Institute PI Belgium
- 21 Assobioplastiche Servizi ASSO-BIO Italy
- 22 Ecoembalajes España ECOEMBES Spain

# IDENTYFIKACJA PROBLEMU

- negatywny stosunek odbiorców do wyrobów z plastiku,
- rosnąca globalna produkcja tworzyw sztucznych,
- ograniczone możliwości systemów gospodarki odpadami,
- odpady z tworzyw sztucznych spotykane są w całym środowisku przyrodniczym, od atmosfery po ocean.

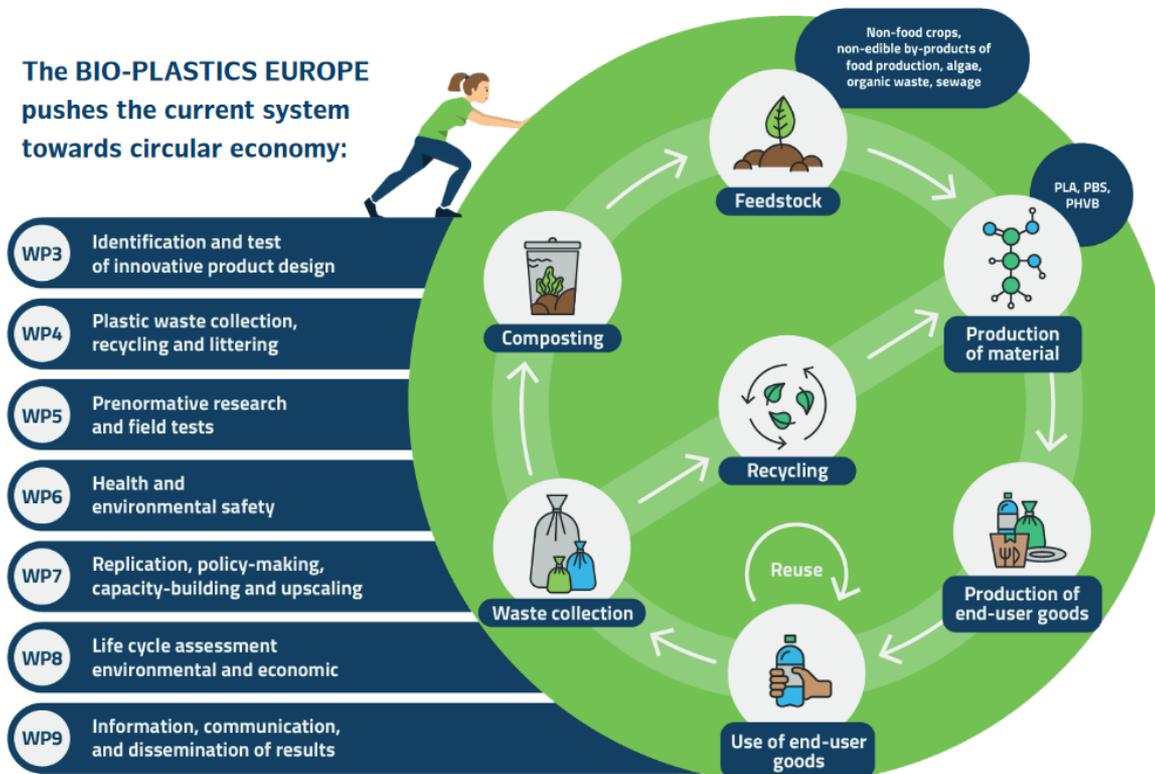
# CEL PROJEKTU

**Opracowanie i wdrożenie zrównoważonych rozwiązań w produkcji i stosowaniu bioplastiku poprzez:**

- uwzględnienie innowacyjnych projektów produktów i modeli biznesowych ułatwiających efektywne strategie ponownego wykorzystania i recyklingu,
- zapewnienie bezpieczeństwa materiałów pochodzących z recyklingu (zabawki, opakowania artykułów spożywczych),
- opracowanie sposobu podejścia skupiającego się na innowacyjnej gospodarce o obiegu zamkniętym wykorzystującej biopolimery ulegające biodegradacji.

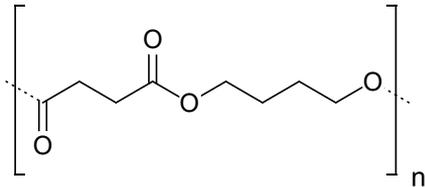
# GOSPODARKA O OBIEGU ZAMKNIĘTYM

The BIO-PLASTICS EUROPE pushes the current system towards circular economy:

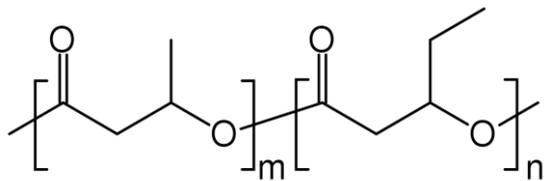


# BIOPOLIMERY

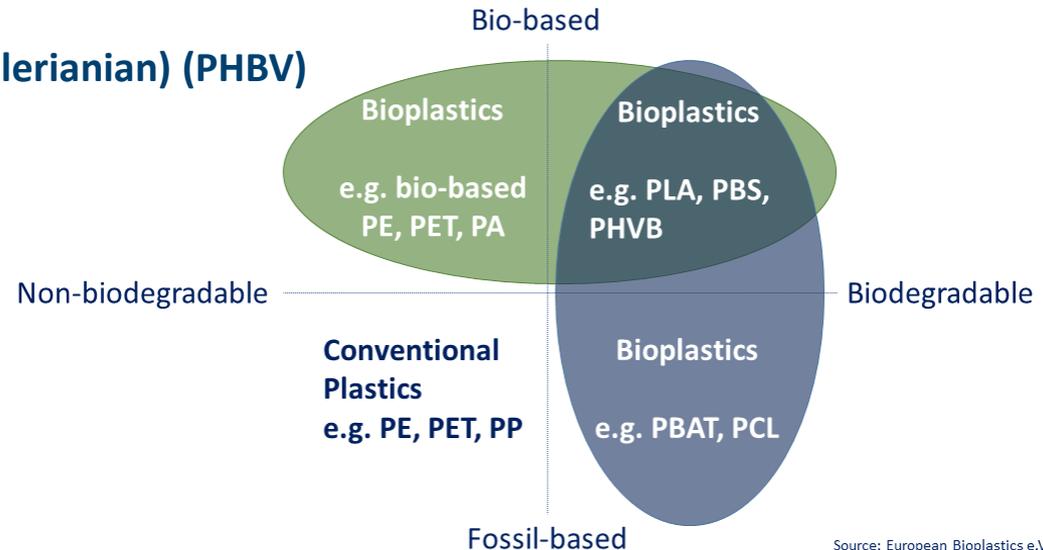
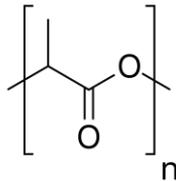
## ▪ bursztynian butylenu (PBS)



## ▪ poli (3-hydroksymaślan-co-3-hydroksywalerianian) (PHBV)



## ▪ polilaktyd (PLA)



Source: European Bioplastics e.V.

# PRODUKTY

- folia ściółkowa



- opakowania (miękkie i twarde)



- sztućce



- zabawki



# OCZEKIWANE REZULTATY PROJEKTU

## ▪ INNOWACYJNE MATERIAŁY

wspieranie i zachęcanie do stosowania innowacyjnych biodegradowalnych biopolimerów

## ▪ ZAANGAŻOWANIE ODBIORCÓW

zwiększenie przepływu informacji oraz zaangażowania producentów, polityków oraz konsumentów

## ▪ MODELE BIZNESOWE

opracowanie modeli biznesowych uwzględniających obieg zamknięty gospodarki oraz zrównoważony rozwój w celu zwiększenia wartości materiałów w całym cyklu ich życia

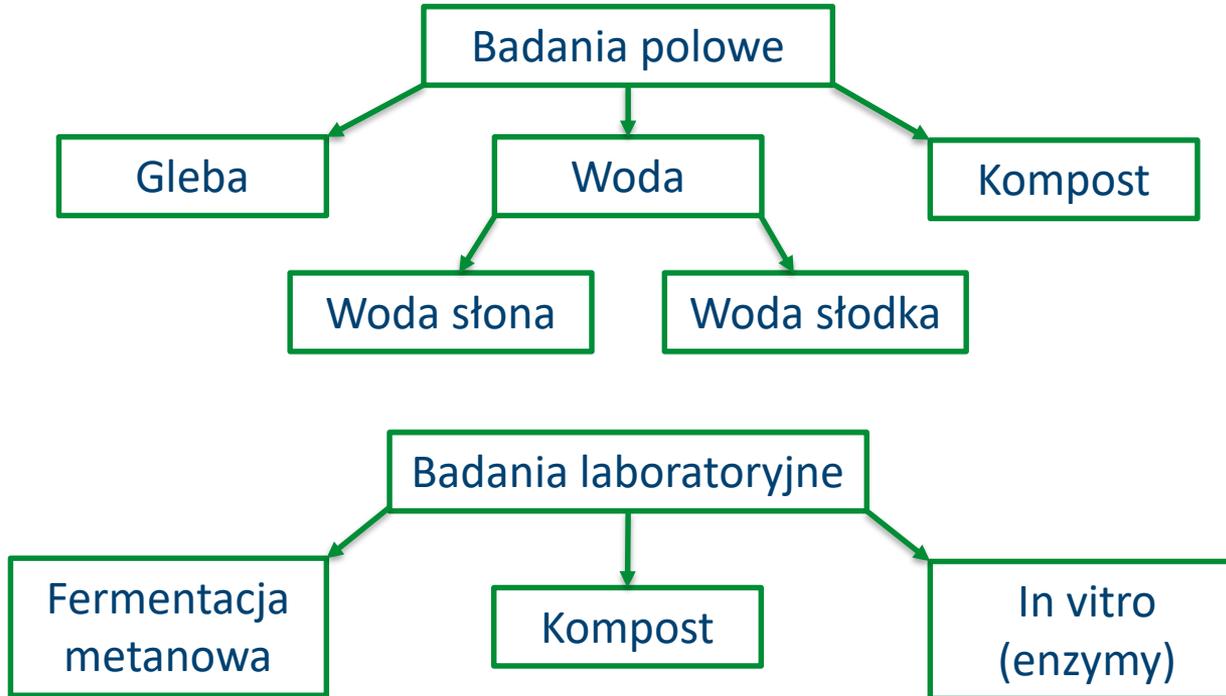
## ▪ PROTOKOŁY BEZPIECZEŃSTWA

zapewnienie bezpiecznego użytkowania i recyklingu bioproduktów

# BADANIA DOŚWIADCZALNE INNOWACYJNYCH MATERIAŁÓW

- **DEGRADACJA:** badania procesów i kinetyki degradacji bioplastików oraz identyfikacja produktów rozkładu,
- **TOKSYCZNOŚĆ:** badania możliwego niekorzystnego wpływu bioplastików lub produktów ich degradacji na faunę i florę,
- **STRUKTURA:** badania struktury bioplastików w celu zebrania większej ilości informacji o ich zachowaniu,
- **STABILNOŚĆ:** badania stabilności bioplastików w różnych warunkach.

# BADANIA DOŚWIADCZALNE INNOWACYJNYCH MATERIAŁÓW



# DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!



<https://www.facebook.com/Bioplastics-Europe-104251307904134/>



[https://twitter.com/bioplastics\\_eu](https://twitter.com/bioplastics_eu)



[https://www.instagram.com/bioplastics\\_eu/](https://www.instagram.com/bioplastics_eu/)



<https://www.linkedin.com/groups/8848234/>







# **BIODEGRADOWALNE WYROBY WŁÓKNISTE**

**Numer umowy: UDA-POIG.01.03.01-00-007/08-00.**

**Realizowany w ramach  
osi priorytetowej 1. PO IG  
Badania i rozwój nowoczesnych technologii  
Działanie 1.3: Wsparcie projektów B+R na rzecz  
przedsiębiorców realizowanych przez jednostki naukowe  
Podziałanie 1.3.1. Projekty rozwojowe**



**Celem głównym projektu było opracowanie innowacyjnych rozwiązań technologicznych, niezbędnych dla poszerzenia oferty wyrobów włóknistych produkowanych z użyciem polimerów biodegradowalnych w większości pozyskiwanych z surowców odnawialnych, kierowanych nie tylko do sektora włókienniczego, ale również dla rolnictwa i medycyny.**

**Projekt obejmował prace badawczo-rozwojowe nad technologiami włóknistych wyrobów medycznych, higienicznych, filtracyjnych oraz rolniczych zdolnych do bioresorpcji lub recyklingu organicznego. Wykorzystanie w tych obszarach produkcji polimerów biodegradowalnych sprzyja ograniczeniu kosztów związanych z utylizacją lub składowaniem odpadów, co stanowi odpowiedź na światowe trendy w produkcji wyrobów jednorazowego użytku. Ograniczenie zużycia polipropylenu do produkcji szerokiego asortymentu wyrobów włókninowych będzie miało istotny wkład w ochronę środowiska naturalnego.**

# BIOGRATEX

## Beneficjentem projektu jest Polska Platforma Technologiczna Przemysłu Tekstylnego.

Trzon konsorcjum tworzą trzy jednostki:

- ✓ Politechnika Łódzka, Katedra Materiałoznawstwa, Towaroznawstwa i Metrologii Włókienniczej – Koordynator projektu,
- ✓ Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych, Łódź
- ✓ Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN, Łódź.



# BIOGRATEX

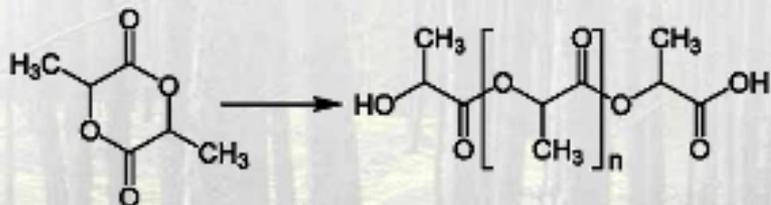
Współrealizatorami projektu są:

- ✓ Akademia Techniczno – Humanistyczna, Bielsko – Biała,
- ✓ Uniwersytet Medyczny, Wrocław,
- ✓ Centralny Ośrodek Badawczo – Rozwojowy Maszyn Włókienniczych POLMATEX – CENARO, Łódź,
- ✓ Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN, Zabrze,
- ✓ Instytut Włókiennictwa, Łódź,
- ✓ Uniwersytet Rolniczy, Kraków.



# BIOGRATEX

## Surowiec POLILAKTYD zakupiono w Nature Works



Synteza: polimeryzacja z otwarciem pierścienia laktydu

**SEMIKRYSTALICZNY PLA 4032D  
(1.5% - D-LAKTYDU)**



**SEMIKRYSTALICZNY PLA  
2002D  
(2.5% - D-LAKTYDU)**

**AMORFICZNY PLA 4060D  
(12% - D LAKTYDU)**

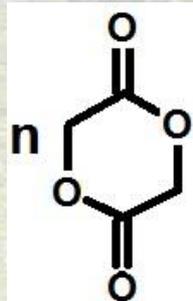
# BIOGRATEX

## Surowiec -ALIFATYCZNY KOPOLIESTER (PGLA)



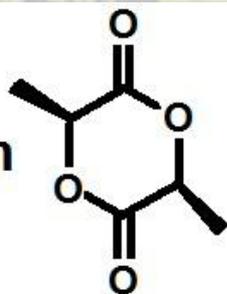
**Acetylacetonian  
cyrkonu (IV)**

Nietoksyczny,  
eliminuje typowe  
toksyczne  
inicjatory cynowe

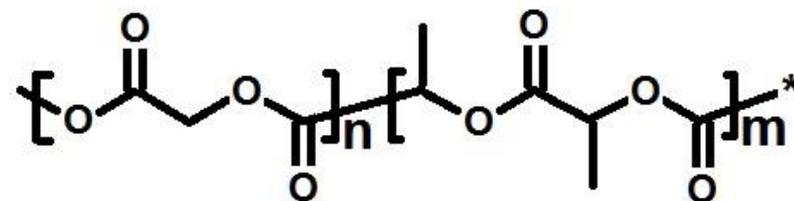


glikolid

+



L-laktyd



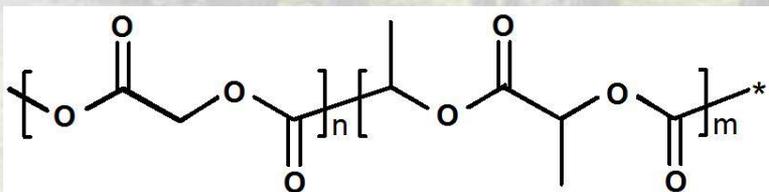
PGLA

reakcja prowadzona w stopie, 110 – 120°C, praktycznie bezodpadowa

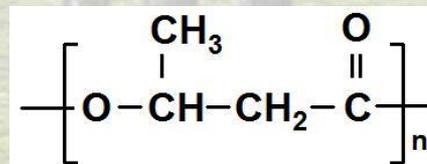
# BIOGRATEX

Kopolimer laktydu i glikolidu (PGLA) został połączony z poli(hydroksy maślanem) (PHB) tworząc termoplastyczne mieszaniny włóknotwórcze .

Opracowana w ramach projektu technologia syntezy następujących polimerów została skomercjalizowana na podstawie wyłącznych licencji uzyskanych od CMPW PAN przez spółkę BIOMATPOL ([www.biomatpol.pl](http://www.biomatpol.pl)). Obecnie dostępne są polimery o nazwach handlowych BIOCOP, BIOMIXED



+



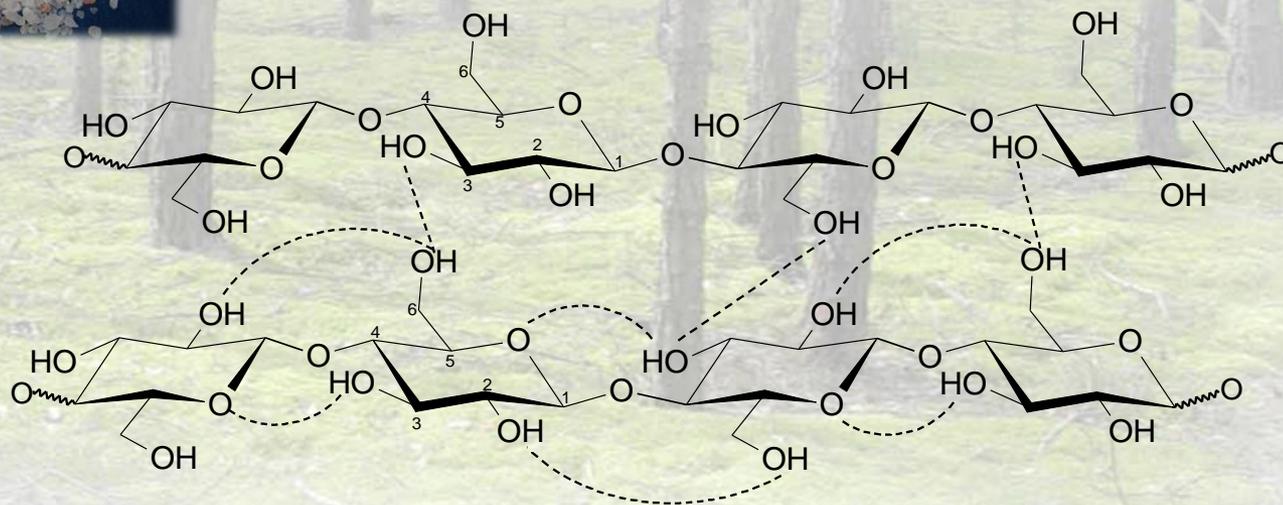




# Surowiec – CELULOZA TERMOPLASTYCZNA- synteza opracowana przez ATH na skalę laboratoryjną



Zgłoszenie patentowe nr P 394689, Sposób wytwarzania prekursorów do tworzenia mieszanek termoplastycznych z udziałem celulozy natywnej, 2011r.





## 1. Włókna modyfikowane z PLA

Zakres ochrony patentowej:

Know – how

Poziom zaawansowania technologii:

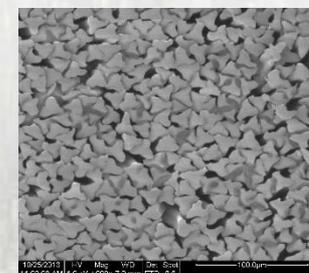
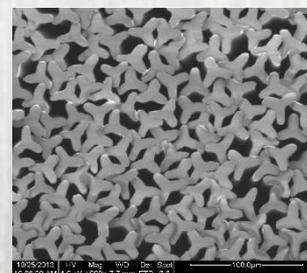
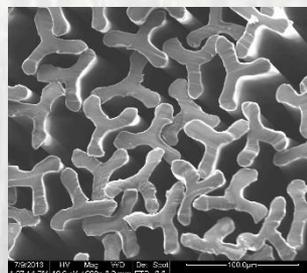
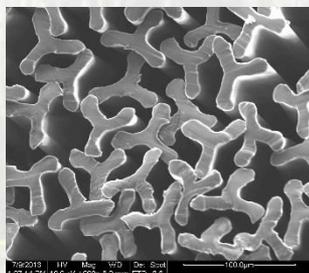
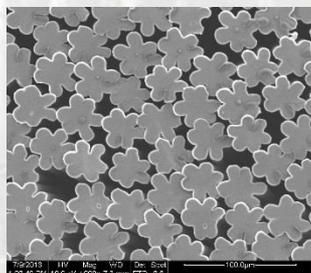
Prototyp gotowy do demonstracji, technologia gotowa do wdrożenia

Udział instytucji w opracowaniu technologii:

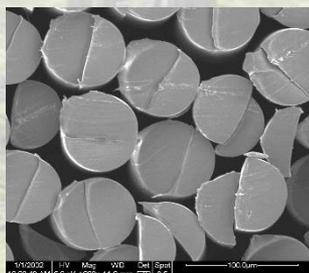
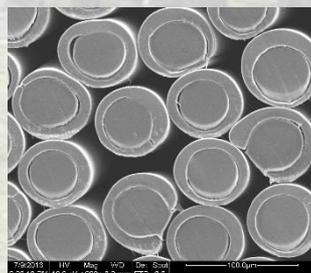
Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych



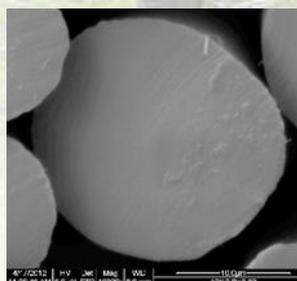
## Włókna modyfikowane z PLA



**Włókna profilowane z PLA 6201D: wytrzymałość właściwa 26,9 -40,1 cN/tex, wydłużenie powyżej 30%, masa liniowa 1,6 – 11,2 dtex, w zależności od profilowania**



**Włókna dwuskładnikowe typu skórka – rdzeń i bok do boku, PLA 6201D/PP: wytrzymałość właściwa 24,9 - 34,6 cN/tex, wydłużenie powyżej 30%, masa liniowa 5,2 – 10 dtex**



**Fotografie SEM mieszanin PLA 6201D/Eastar Bio lub PLA 6201D/ Bionolle 3001, udział Eastar BIO 5 i 10%, Udział Bionolle 1, 2, 5, i 10%: wytrzymałość właściwa 24,6 - 34,5 cN/tex, wydłużenie powyżej 27%**



## Włókna modyfikowane z PLA

Próba  
wyjściowa

1 tydzień  
degradacji

4 tygodnie  
degradacji

8 tygodni  
degradacji

12 tygodni  
degradacji

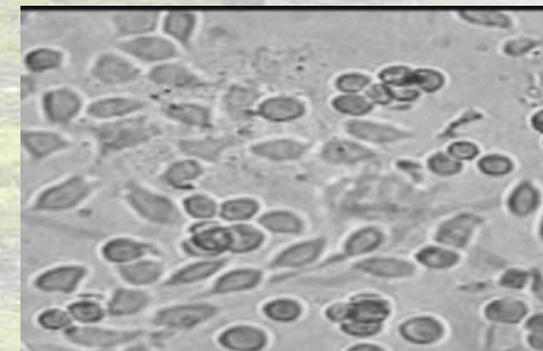
Włókna ciągłe  
(60/09/3.1)



Włókna ciągłe  
(72/09/2)



Przeprowadzony dobór apretury, w zależności od zastosowania.  
Włókna do celów higienicznych i medycznych ocenione pod kątem cytotoksyczności.



Stopień cytotoksyczności 0



## 2. Sposób wytwarzania włókien o rozmiarach mikrometrycznych i podwyższonych właściwościach wytrzymałościowych z poli (laktydu-co-glikolidu) metodą z roztworu na mokro

### Zakres ochrony patentowej:

Zgłoszenie patentowe P 399819, Sposób wytwarzania włókien o rozmiarach mikrometrycznych i podwyższonych właściwościach wytrzymałościowych z poli(kwasu mlekowego) oraz jego kopolimerów metodą z roztworu na mokro, 2012.07.05

### Poziom zaawansowania technologii:

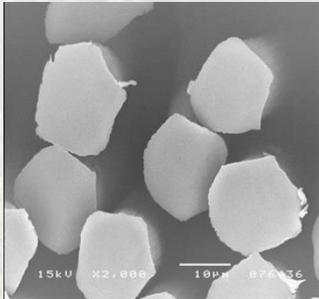
Prototyp gotowy do demonstracji, technologia gotowa do wdrożenia

### Udział instytucji w opracowaniu technologii:

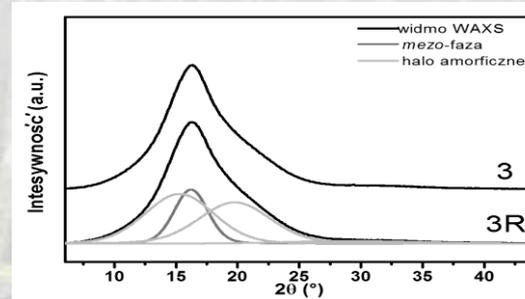
Politechnika Łódzka, Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN, Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych



## Sposób wytwarzania włókien o rozmiarach mikrometrycznych i podwyższonych właściwościach wytrzymałościowych z poli(laktydu-co-glikolidu) metodą z roztworu na mokro



Widok przekroju poprzecznego włókien PGLA



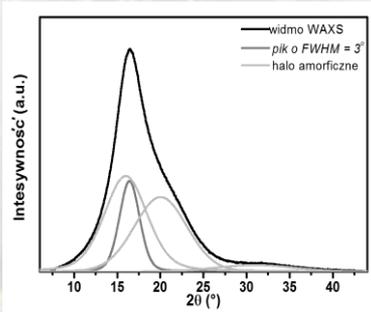
Widma WAXS dla włókien PGLA

### Właściwości wytrzymałościowe włókien PGLA po trzyetapowym procesie rozciągu

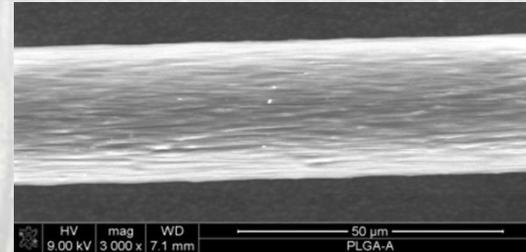
Symbol próbki	Wyciąg filierowy, %	Rozciąg całkowity, %	Masa liniowa, tex	Wytrzymałość właściwa cN/tex	Wydłużenie przy zerwaniu, %
PGLA 1R	-40	631	220	21,32±0,89	21,54±1,09
PGLA 2R	-40	565	222	24,91±0,51	20,47±0,52
PGLA 3R	-20	565	184	27,72±1,08	22,01±0,50
PGLA 4R	+20	411	85	24,80±0,46	15,46±0,50

# BIOGRATEX

## Sposób wytwarzania włókien o rozmiarach mikrometrycznych i podwyższonych właściwościach wytrzymałościowych z poli(laktydu-co-glikolidu) metodą z roztworu na mokro



Widmo WAXS



Obraz SEM powierzchni włókien PGLA z nanocząstkami srebra

### Właściwości wytrzymałościowe włókien PGLA zawierających w tworzywie włókien środek antybakteryjny lub nanosrebro

Symbol próbki	Rozciąg całkowity, [%]	Masa liniowa, wiązki włókien, [tex]	Wytrzymałość właściwa, [cN/tex]	Wydłużenie przy zerwaniu, [%]
PGLA+Sanitized II etapowy rozciąg	350	221	22,02±0,78	24,95±0,76
PGLA+Sanitized III etapowy rozciąg	530	180	26,09±0,72	14,95±0,51
PGLA+Ag II etapowy rozciąg	350	209	15,56±1,23	16,72±0,99
PGLA+Ag III etapowy rozciąg	530	182	19,55±1,20	11,48±1,04



### 3. Wytwarzanie włóknin „spod filiiery” z PLA dla celów rolniczych i technicznych

#### Zakres ochrony patentowej:

Know - how

#### Poziom zaawansowania technologii:

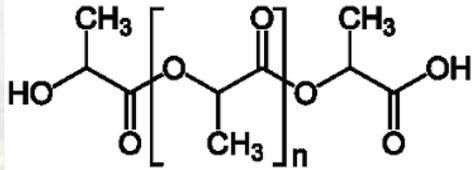
Prototyp gotowy do demonstracji, technologia gotowa do wdrożenia

#### Udział instytucji w opracowaniu technologii:

Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych, Politechnika Łódzka



## Wytwarzanie włóknin „spod filiiery” z PLA dla celów rolniczych i technicznych



Włókniny formowano z PLA 6252D



Próba wyjściowa



Próba po 1 tygodniu biodegradacji



Próba po 4 tygodniu biodegradacji



Stanowisko laboratoryjne do wytwarzania włóknin techniką „spod filiiery”



## **4. Sposób wytwarzania biodegradowalnych doniczek do rozsad z włóknin „spod filery” z Bionolle [poli(alkileno bursztynianu)]**

### **Zakres ochrony patentowej:**

**Know - how**

### **Poziom zaawansowania technologii:**

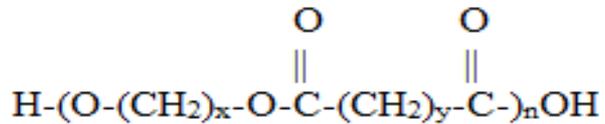
**Prototyp gotowy do demonstracji, technologia gotowa do wdrożenia**

### **Udział instytucji w opracowaniu technologii:**

**Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych, Politechnika Łódzka**

# BIOGRATEX

## Sposób wytwarzania biodegradowalnych doniczek do rozsad z włóknin „spod filery” z Bionolle [poli(alkileno bursztynianu)]



**Bionolle® - poli(alkileno bursztynian)**

**Włóknina spod filery**

**Modyfikacje proekologicznymi środkami bioaktywnymi**



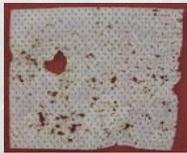
**Zastosowano środki działające na zasadzie antagonistycznych grzybów chroniących korzenie roślin przed patogenami, preparat pochodzenia roślinnego, a także fungicyd chemiczny jako kontrola.**



## Sposób wytwarzania biodegradowalnych doniczek do rozsad z włóknin „spod filery” z Bionolle [poli(alkileno bursztynianu)]



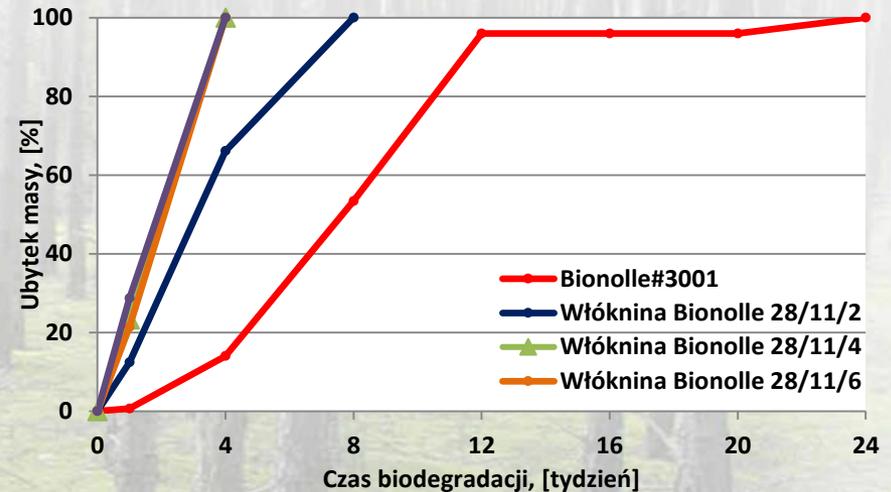
Próba wyjściowa



Próba po 1 tygodniu biodegradacji



Próba po 4 tygodniu biodegradacji



Rodzaj włókniny	Średnio w latach 2012-2013	
	Plon szt. m <sup>-2</sup>	Plon kg m <sup>-2</sup>
PLA 6/12/1	28	1,69
Bionolle® 2/12/2	53	3,07
Bionolle® 3/12/5	43	2,42
Kontrola	42	2,47



Zależność ubytku masy od czasu biodegradacji dla polimeru Bionolle®#3001 i wytworzonych z niego włóknin w środowisku kompostowym

Badania polowe doniczek do hodowli ogórka - plony



## **5. Technologia wytwarzania biodegradowalnych folii z przeznaczeniem na sznurki do zastosowań rolniczych**

**Zakres ochrony patentowej:**

**Know - how**

**Poziom zaawansowania technologii:**

**Prototyp gotowy do demonstracji, technologia gotowa do wdrożenia**

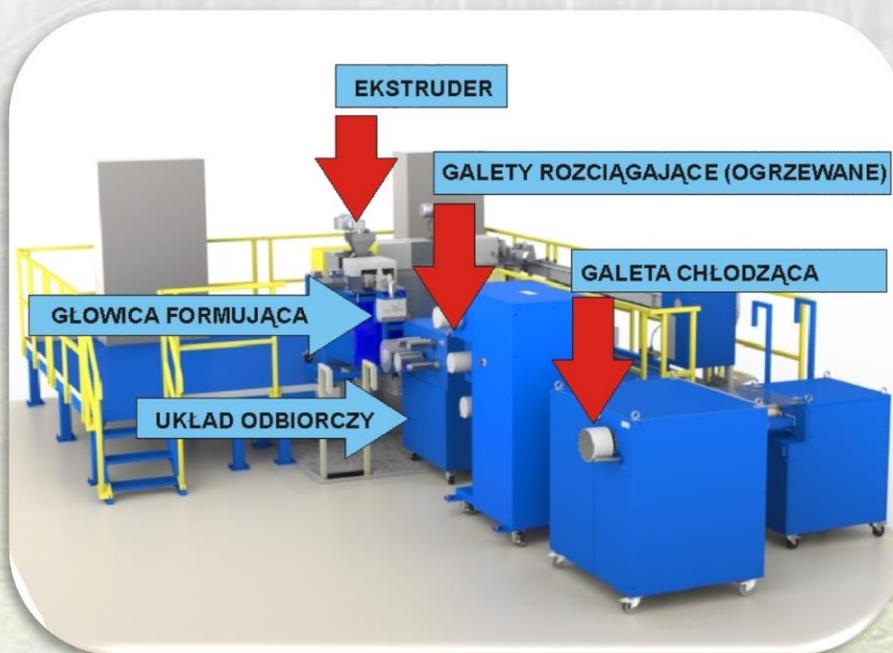
**Udział instytucji w opracowaniu technologii:**

**Politechnika Łódzka**

# BIOGRATEX

## Technologia wytwarzania biodegradowalnych sznurków do zastosowań rolniczych

### Wytwarzanie sznurków z folii fibrylizowanej z PLA/PBS:



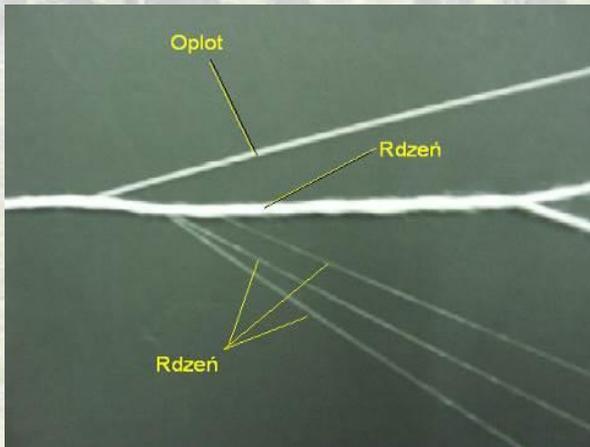
### Podstawowe właściwości sznurka:

**Siła zrywająca > 200 N,  
Wydłużenie >50%**

# BIOGRATEX

## Technologia wytwarzania biodegradowalnych sznurków do zastosowań rolniczych

### Wytwarzanie sznurków z włókien PLA



**Właściwości:**  
Siła zrywająca > 80 N,  
Wydłużenie >30%



**Formowanie sznurków techniką oplatania. Właściwości:**  
Siła zrywająca > 100 N,  
Wydłużenie >20%

**Badania polowe – zastosowanie sznurków w uprawie ogórka**

**Sznurek z włókien odcinkowych po upływie 24 miesięcy**



## 6. Biodegradowalne półmaski do ochrony dróg oddechowych i filtry do odpylania przemysłowego z PLA

### Zakres ochrony patentowej:

Zgłoszenie patentowe P-401751, Sposób wytwarzania materiału kompozytowego o właściwościach antybakteryjnych, 26.11.2012

### Poziom zaawansowania technologii:

Prototyp gotowy do demonstracji, technologia gotowa do wdrożenia

### Udział instytucji w opracowaniu technologii:

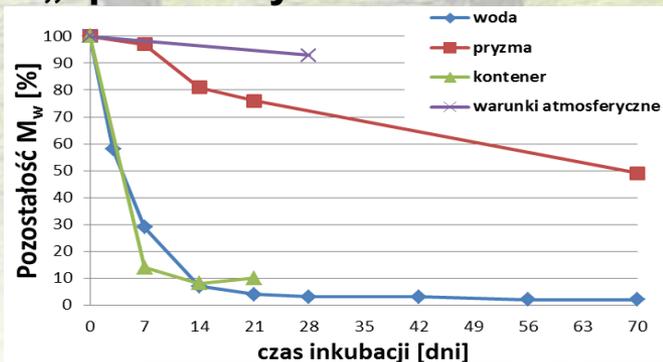
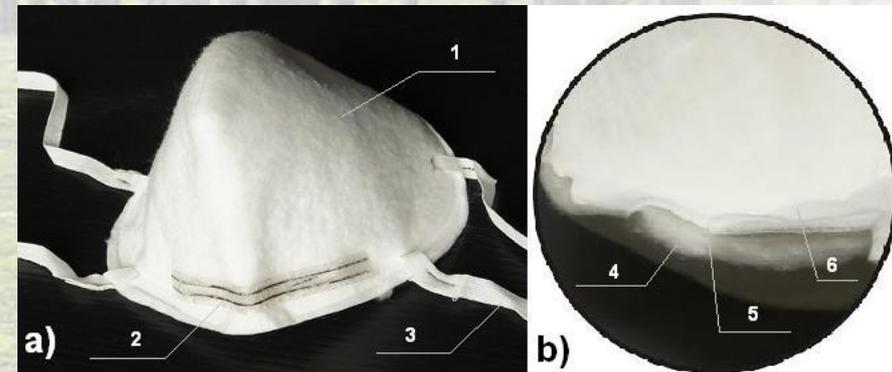
Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych,  
Centralny Instytut Ochrony Pracy, Politechnika Łódzka



## Biodegradowalne półmaski do ochrony dróg oddechowych i filtry do odpylania przemysłowego

Do konstrukcji biodegradowalnej półmaski filtrującej zastosowano włókniny „spod filiiery”, jako warstwę osłonową, igłowane do filtracji wstępnej, pneumatyczne do filtracji właściwej, oraz taśmy nagłowia i zacisk nosowy. Półmaski spełniają wymagania normy EN149:2001 i mogą być wprowadzone na rynek UE zgodnie z wymaganiami dyrektywy dla wyrobów klasy FFP1 i FFP2.

Biodegradowalna półmaska filtrująca: a) widok ogólny: 1-czasza maski, 2-zacisk nosowy, 3-taśmy nagłowia, b) 4-włóknina igłowana, 5-pneumatyczna, 6-włóknina typu „spod filiiery”



Średnio wagowa masa molowa pozostałości, wyrażonej w %  $M_w$  próbki wyjściowej, po różnych czasach degradacji Maski w różnych środowiskach



## Biodegradowalne półmaski do ochrony dróg oddechowych i filtry do odpylania przemysłowego

Biodegradowalne włókniny z PLA do odpylania przemysłowego, charakteryzują się skutecznością filtracji sięgającą 99%. Włókniny te mogą znaleźć zastosowanie do odpylania pyłów nietoksycznych (np. przemysł spożywczy) w temperaturze do 40 °C, w obojętnym lub niezbyt agresywnym środowisku chemicznym. Wartością dodaną zaprojektowanych wyrobów filtracyjnych jest sposób antybakteryjnej modyfikacji przy użyciu PDAMA.

### Właściwości włóknin przeznaczonych do wytwarzania filtrów do odpylania przemysłowego

Symbol próbki	Masa powierzchniowa, g/m <sup>2</sup>	Grubość, mm	Gęstość pozorna, kg/m <sup>3</sup>	Porowatość	Przepuszczalność powietrza, mm/s; przy $\Delta P = 200$ Pa
W/fo-5	444,8	4,4	101,8	0,917	607
W/fo-5/k4a	416,5	2,9	143,2	0,884	606
W/fo-5a	517,1	4,7	109,3	0,912	558
W/fo-5a/k4a	589,6	3,9	151,5	0,878	421



## 7. Biodegradowalny materiał przeznaczony na cele opatrunkowe i higieniczne

### Zakres ochrony patentowej – zgłoszenia patentowe:

PCT/2013/000020, P-398139, Materiał medyczny i sposób jego wytwarzania oraz zastosowanie materiału medycznego (pianki), 2013.02.13, 2012.02.16,

P-404419, Sposób nadawania włókninom z polilaktydu właściwości zmniejszonej podatności do sorpcji cieczy przy użyciu techniki plazmowej, 24.06.2013,

P-404422, Sposób nadawania folii i włókninom z polilaktydu właściwości hydrofilowych oraz sorpcyjnych przy użyciu techniki plazmowej, 24.06.2013,

P-400936 Sposób wytwarzania biodegradowalnego kompozytu polimerowo-włóknistego o powierzchni o charakterze hydrofilowym, 27.09.2012

### Poziom zaawansowania technologii:

Prototypy gotowe do demonstracji, technologie gotowe do wdrożenia

### Udział instytucji w opracowaniu technologii:

Politechnika Łódzka, Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych



## Biodegradowalny materiał przeznaczony na cele opatrunkowe i higieniczne Pościel szpitalna

Prototypowa pościel szpitalna została zaprojektowana jako układ jednowarstwowy (w przypadku powleczeń kołder i poduszek) oraz układ dwuwarstwowy (w przypadku prześcieradła). Warstwę zasadniczą w obu materiałach stanowi włóknina „spod filii” wytworzona z polilaktydu. Wyróżnikiem projektu jest sposób wykończenia z zastosowaniem antybakteryjnych barwników dopuszczonych do zastosowań medycznych.



**Właściwości antybakteryjne:**

**Redukcja bakterii *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 – 99,99%**

**Redukcja bakterii *Escherichia coli* ATCC 10536 – 99,99%**

**Pościel spełnia wymagania w zakresie czystości chemicznej**



## Biodegradowalny materiał przeznaczony na cele opatrunkowe i higieniczne Podkład szpitalny

Wytworzony prototypowy podkład szpitalny o właściwościach biobójczych, spełnia wymagania normy PN-EN 13795+A1:2013-06E. Wyrób był tak projektowany, aby spełniał standardowe wymagania dla powierzchni niekrytycznej wg wymienionej normy. Wymagania te obejmują:

- ✓ odporność na przenikanie cieczy powyżej 10 cm H<sub>2</sub>O,
- ✓ wytrzymałość na wypychanie na sucho powyżej 40 kPa,
- ✓ wytrzymałość na rozciąganie na sucho powyżej 15 N.



Wykończenie Microbiocide N750, wybarwienie barwnikiem Foron Blue RD-E.

### Właściwości antybakteryjne:

Redukcja bakterii *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 – 99,99%

Redukcja bakterii *Escherichia coli* ATCC 10536 – 99,99%

Podkład spełnia wymagania w zakresie czystości chemicznej



## Biodegradowalny materiał przeznaczony na cele opatrunkowe i higieniczne Prototyp opatrunku włókninowo- foliowego

Wyrób ma spełniać rolę plastra konsumenckiego, który po zużyciu jest odpadem trafiającym na wysypisko śmieci. Materiał opatrunkowy jest klasyfikowany jako wyrób klasy I, zgodnie z Dyrektywą Rady UE 93/42 EWG z dnia 14 czerwca 1993 r.

Masa pow.	Grubość	Przep. pow.	Chłonność cieczy A	Chłonność wody	Sorpcja maks.	Prędkość sorpcji	Czas początk.	Pojemność sorpcyjna	Transmisja pary, MVTR
g/m <sup>2</sup>	mm	l/m <sup>2</sup> *s	g/g	g/g	μl/cm <sup>2</sup>	μl/cm <sup>2</sup> /s	s	g/g	g*m <sup>-2</sup> *24h <sup>-1</sup>
153,21	1,2	9,55	11,189	11,519	167	6,7	0,3	10,98	836,52



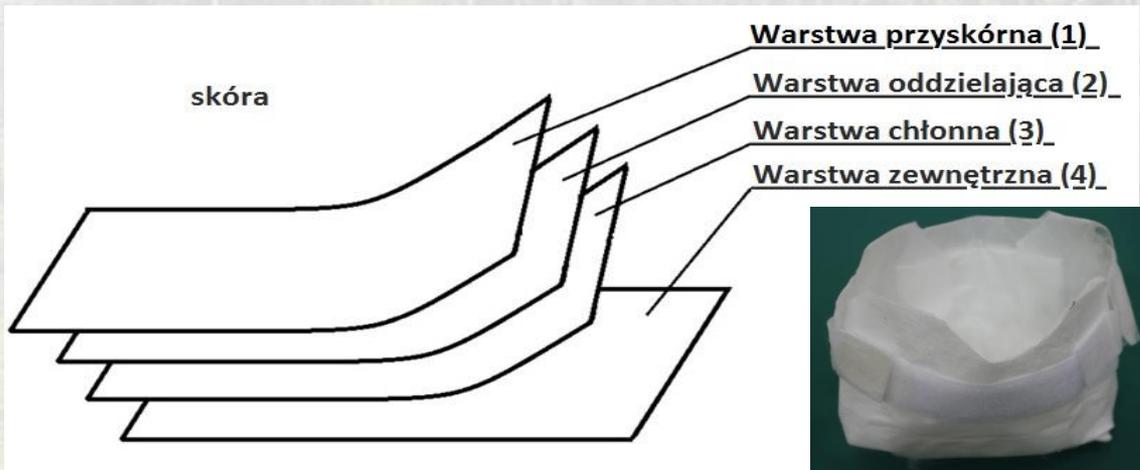
Materiały opatrunkowe spełniają wymagania w zakresie czystości chemicznej,  
Stopień cytotoksyczności 0  
Klasa hemolityczna: brak hemolizy  
Brak działania drażniącego i alergennego





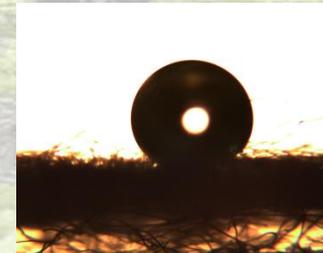
## Biodegradowalny materiał przeznaczony na cele opatrunkowe i higieniczne Prototyp wyrobu dla osób z inkontynencją

Konstrukcja wyrobu składa się z 4 warstw, wytwarzanych różnymi technikami, z zastosowaniem różnego typu modyfikacji.



Produkt spełnia wymagania w zakresie czystości chemicznej,  
Czas biodegradacji: ok. 24 tyg.

Modyfikacje:  
hydrofobizacja powierzchni,  
hydrofilizacja powierzchni,  
kontrola pH,  
antybakteryjność

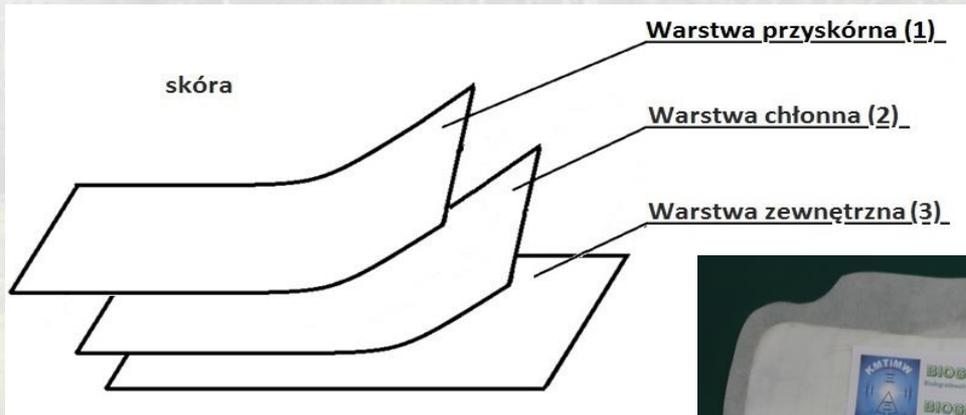


Włóknina modyfikowana w plazmie perfluoroheksanu

# BIOGRATEX

## Biodegradowalny materiał przeznaczony na cele opatrunkowe i higieniczne Prototyp wkładki higienicznej

Konstrukcja wyrobu składa się z 3 warstw, wytwarzanych różnymi technikami, z zastosowaniem różnego typu modyfikacji.



Wkład chłonny w postaci włókniny z celulozy termoplastycznej.  
Pozostałe elementy wytworzone z polilaktydu



Produkt spełnia wymagania w zakresie czystości chemicznej,

Biodegradacja: 70% ubytek materiału po 24 tyg.

**Modyfikacje:**  
kontrola pH – kwas alginowy  
antybakteryjność, usuwanie zapachu - chitozan

## 8. Wielowarstwowe opatrunki medyczne z dzianin



### Charakterystyka:

- ✓ **struktura:** z warstwą adsorpcyjną i/lub warstwą paroprzepuszczalną
- ✓ **wymiary maksymalne:** 17 cm x 10 cm
- ✓ **wyrób jałowy:** sterylizacja radiacyjna
- ✓ **surowiec PLA**

### Zalety:

- ❖ **Odczucie chłodu w kontakcie ze skórą**
- ❖ **Komfort użytkowania**
  - *jedwabisty chwyt*
  - *dobra przepuszczalność powietrza*
- ❖ **Ochrona przed przesiąkaniem**

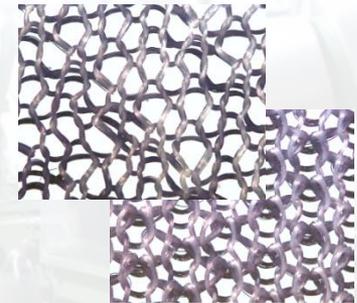


## Dzianinowe opaski opatrunkowe



### Charakterystyka:

- ✓ struktura: dwuwarstwowa
- ✓ wysokość: 10 ÷ 17 cm
- ✓ obwód: zróżnicowane rozmiary
- ✓ surowiec PLA



### Zalety:

- ❖ właściwości elastyczne
- ❖ komfort higieniczny
- ❖ niska masa jednostkowa wyrobu
- ❖ wygodne w aplikacji na opatrunek
- ❖ wygodne w użytkowaniu





## 9. Biodegradowalne materiały włókniste z PGLA i PGLA/PHB oraz sposób ich wytwarzania

### Zakres ochrony patentowej:

**PCT/2012/000069 Biodegradowalne materiały włókniste i sposób ich wytwarzania, 2012**

### Poziom zaawansowania technologii:

**Prototyp gotowy do demonstracji, technologia gotowa do wdrożenia**

### Udział instytucji w opracowaniu technologii:

**Politechnika Łódzka, Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych, Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN**



## Biodegradowalne materiały włókniste z PGLA i PGLA/PHB oraz sposób ich wytwarzania

### INNOWACYJNE MATERIAŁY MEDYCZNE NA BAZIE UNIKALNYCH POLIMERÓW

Polimer – nietoksyczny, biokompatybilny.  
Kopolimer laktydu i glikolidu  
Mieszanina kopolimeru laktydu i glikolidu  
z poli(hydroksy maślanem)

Włókna



Multifilamenty



Włókniny



Siatki  
dziewiarskie



Nici  
chirurgiczne





## **10. Wielowarstwowy materiał medyczny przeznaczony na implant do wypełnień kości**

### **Zakres ochrony patentowej:**

**P 401954, Wielowarstwowy materiał medyczny przeznaczony na implant do wypełnień kości, 2012.12.10**

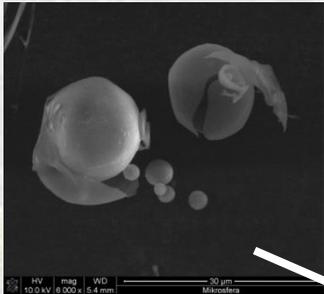
### **Poziom zaawansowania technologii:**

**Prototyp gotowy do demonstracji, technologia gotowa do wdrożenia**

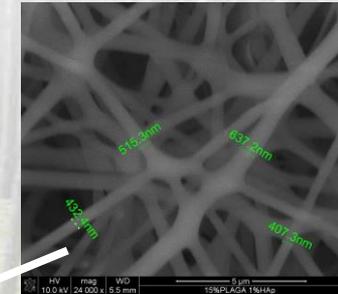
### **Udział instytucji w opracowaniu technologii:**

**Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych, Politechnika Łódzka,  
Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych**

## Wielowarstwowy materiał medyczny przeznaczony na implant do wypełnień kości



Surowiec: PGLA i PLGA/PHB,  
produkcja CMPIW PAN



Mikrosfery  
zawierające IGF 1  
poprawa  
prolifracji  
komórek



Mikroporowata warstwa z  
włókien formowanych  
techniką  
elektroprzędzenia z  
wprowadzonym HAp  
wspomaga procesy  
remineralizacji tkanki.

Porowata struktura implantu sprzyja procesom  
namnażania komórek i odtwarzania tkanki

# BIOGRATEX

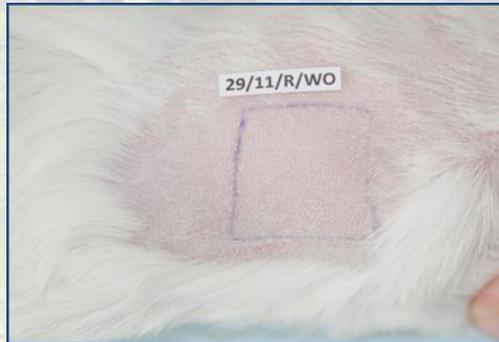
## Wielowarstwowy materiał medyczny przeznaczony na implant do wypełnień kości



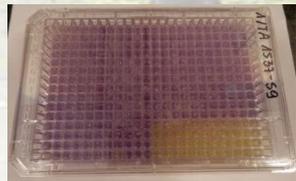
Stopień  
cytotoksyczności 0



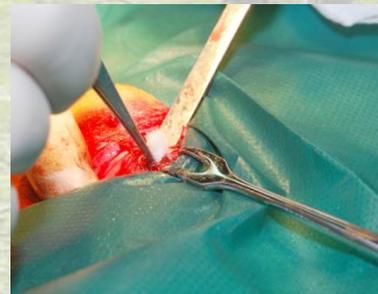
Brak toksyczności ogólnoustrojowej



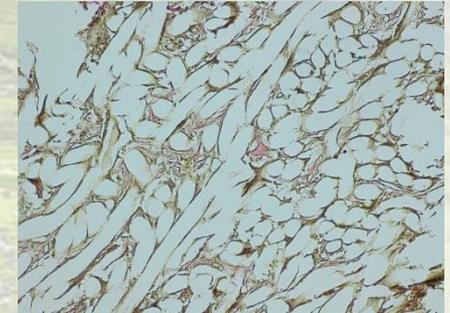
Brak działania alergennego



Brak genotoksyczności



Brak lokalnego efektu  
przyspieszenie procesu  
kostnych tworzenia beleczek





## 11. Technologia protez naczyń krwionośnych formowanych metodą ze stopu polimeru

### Zakres ochrony patentowej:

**398860, PCT /PL2013/000052, Materiał medyczny do rekonstrukcji naczyń krwionośnych, sposób wytwarzania materiału medycznego i zastosowanie materiału medycznego do rekonstrukcji naczyń krwionośnych, 17.04.2012, 17.04.2013**

### Poziom zaawansowania technologii:

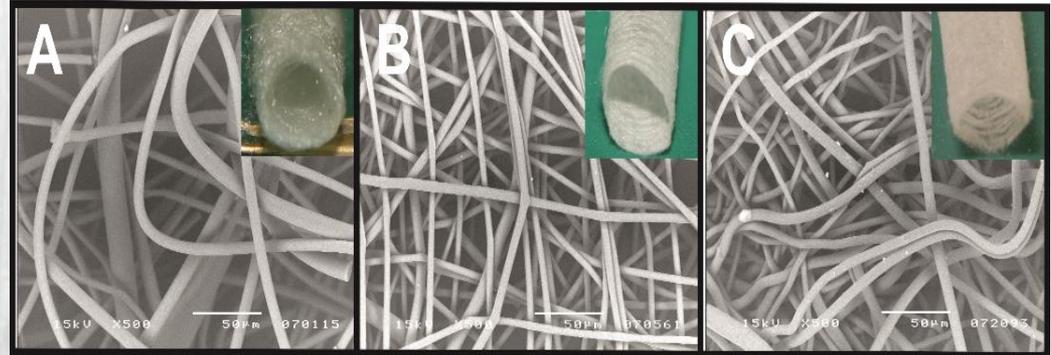
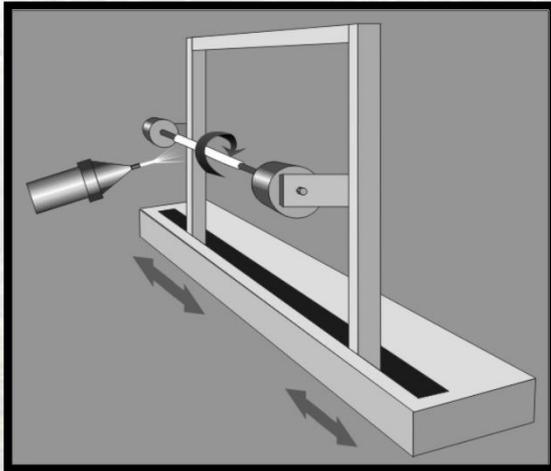
**Prototyp gotowy do demonstracji, technologia gotowa do wdrożenia, produkt wymaga badań na zwierzętach**

### Udział instytucji w opracowaniu technologii:

**Politechnika Łódzka**

# BIOGRATEX

## Technologia protez naczyń krwionośnych formowanych metodą ze stopu



Zmiana morfologii resorbowalnych protez z PLGA:  
A. Struktura wyjściowa, B po procesie stabilizacji termicznej, C. po sterylizacji radiacyjnej

masa powierzchniowa, g/m <sup>2</sup>	74,03
grubość ścianki, mm	1,15
gęstość pozorną, g/cm <sup>3</sup>	0,06
porowatość, %	95,05
siła zrywająca (N)	0,15
naprężenie (MPa)	0,02
wydłużenie (%)	10,38
moduł Younga (MPa)	0,95



## 12. Plecionkarskie nici chirurgiczne z przędz biodegradowalnych

### Charakterystyka:

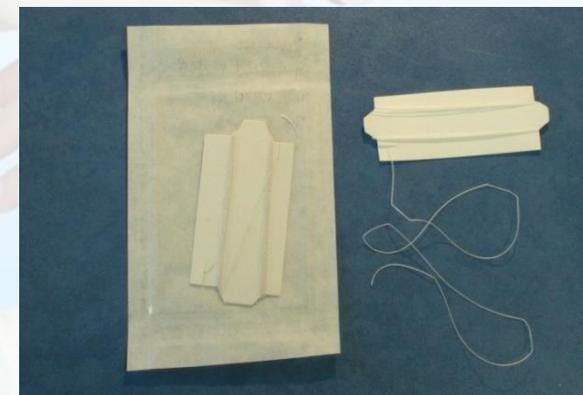
- ✓ PGLA – laktyd/ glikolid
- ✓ masa liniowa: od 33 tex
- ✓ grubość: 0,22 mm
- ✓ wytrzymałość na zerwanie w pętli: min 1 064 cN
- ✓ Biodegradacja hydrolytyczna : 60 dni
- ✓ wyrób jałowy – sterylizacja radiacyjna

### Zalety:

- ❖ Niski współczynnik tarcia – śliskie
- ❖ Struktura wielowłókienkowa - plecionka



**CMPW  
PAN**





## Ocena wyrobów do zastosowania medycznego

- ✓ **badania miejscowej reakcji po implantacji 14 ÷ 360 dni - nici chirurgiczne**
- ✓ **badania cytotoksyczności**
- ✓ **badania toksyczności subchronicznej**
- ✓ **badania działania alergennego**



- ✓ **badania czystości chemicznej**

**pH i zmętnienie wyciągu wodnego  
zawartość jonów: chlorkowych i siarczanowych  
obecność związków pianotwórczych i optycznie białących**

INSTYTUT BIOPOLIMERÓW I WŁÓKIEŃ CHEMICZNYCH



## LABORATORIUM BIODEGRADACJI



ul. M. Świdzińskiej-Curie 19/27, 90-570 Łódź  
tel.: 42 6 57 62 44, fax: 42 657 62 14  
www.ibwch.lodz.pl, e-mail: ibwch@ibwch.lodz.pl

Laboratorium ma wdrożony system zarządzania wg PN-EN ISO/IEC 17025:2005 +A9 1:2007 i posiada certyfikat akredytacji AB 388 (od 16 czerwca 2010 roku). Aktualny zakres akredytacji laboratorium dostępny jest na stronie internetowej Polskiego Centrum Akredytacji ([www.pca.gov.pl](http://www.pca.gov.pl)).

### ZAKRES BADAŃ:

- 1) ocena biodegradowalności materiałów polimerowych i wyrobów włókienniczych w środowisku wodnym, kompostowym i glebowym
- 2) badania biodegradacyjne materiałów biernowocnych w środowisku wodnym
- 3) opracowywanie nowych metod badawczych w zakresie oceny biodegradacji

Laboratorium Biodegradacji prowadzi badania w zakresie oceny podatności materiałów polimerowych i wyrobów włókienniczych oraz biomasy na rozkład biologiczny wywołany przez mikroorganizmy terenie występujące w środowisku naturalnym. Prace badawcze prowadzone są w symulowanych warunkach laboratoryjnych z zastosowaniem trzech środowisk katalizujących: wodnego, kompostowego i glebowego. Do prac badawczych wykorzystywane są innowacyjne metody, m.in.: testy respirometryczne polegające na ciągłym pomiarze ilości wydzielanego CO<sub>2</sub>, z zastosowaniem nowocześniejszej aparatury badawczo-pomiarowej MICRO-OXYMAX RESPIROMETER.



Skonwertowań biofilmy respiracyjnych w środowiskach wodnych

KONTAKT: dr inż. Agnieszka Gutowska, Kierownik Laboratorium Biodegradacji  
tel.: (42) 6 380 331, e-mail: lab@ibwch.lodz.pl

## Procedury badawcze wdrożone w zakres prac badawczych prowadzonych w Laboratorium Biodegradacji

### Procedura badawcza Nr 1

#### **Badania w środowisku wodnym**

**„Oznaczanie całkowitej biodegradacji tlenowej materiałów polimerowych i wyrobów włókienniczych w środowisku wodnym. Metoda oznaczania wydzielonego ditlenku węgla”:**

**PN-EN ISO 14852:2007**

**PN-EN ISO 8192:2007**

### Procedura badawcza Nr 2

#### **Badania w środowisku kompostowym**

**„Oznaczanie stopnia rozpadu tworzyw sztucznych i wyrobów włókienniczych w symulowanych w warunkach kompostowania w skali laboratoryjnej. Wyznaczanie ubytku masy”:**

**PN-EN ISO 20200:2007**

**PN-EN ISO 14045:2005**

**PN-EN ISO 14806:2010.**

### Procedura badawcza Nr 3

#### **Badania w środowisku glebowym**

**„Oznaczanie stopnia rozpadu tworzyw sztucznych i wyrobów włókienniczych w symulowanych warunkach glebowania w skali laboratoryjnej. Wyznaczanie ubytku masy”:**

**PN-EN ISO 11266:1997**

**PN-EN ISO 11721-1:2002**

**PN-EN ISO 11721-2:2005**

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



# BIOGRATEX

## Zapraszamy do lektury projektowych newsletterów [www.biogratex.pl](http://www.biogratex.pl)

Komercjalizacja będzie realizowana przy współudziale specjalistów z Działu Transferu Technologii PŁ oraz specjalnie utworzonej spółki celowej



Szczegóły  
<http://www.p.lodz.pl/transfer1,menu1935,index.htm>  
oraz <http://ctt-lodz.pl>



# DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ





Politechnika Łódzka

# WPLÝW (BIO)PLASTIKÓW NA ŚRODOWISKO GLEBOWE

**Ewa Liwarska-Bizukojć**

**Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych**

[ewa.liwarska-bizukojc@p.lodz.pl](mailto:ewa.liwarska-bizukojc@p.lodz.pl)

Webinarium 8 grudnia 2020, Łódź



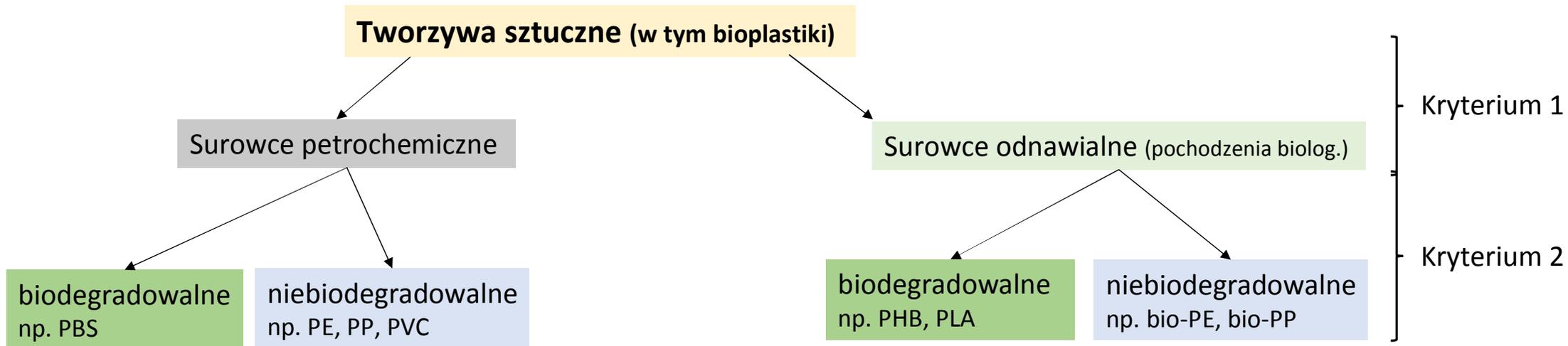
Projekt finansowany ze środków UE w ramach programu Horyzont 2020  
Umowa nr 860407. BIOPLASTICS EUROPE  
Strona internetowa projektu: [www.bioplasticseurope.eu](http://www.bioplasticseurope.eu)

Dlaczego warto badać (bio)plastiki?

Jak mogą oddziaływać (bio)plastiki na środowisko glebowe?



# Dlaczego warto badać (bio)plastiki?



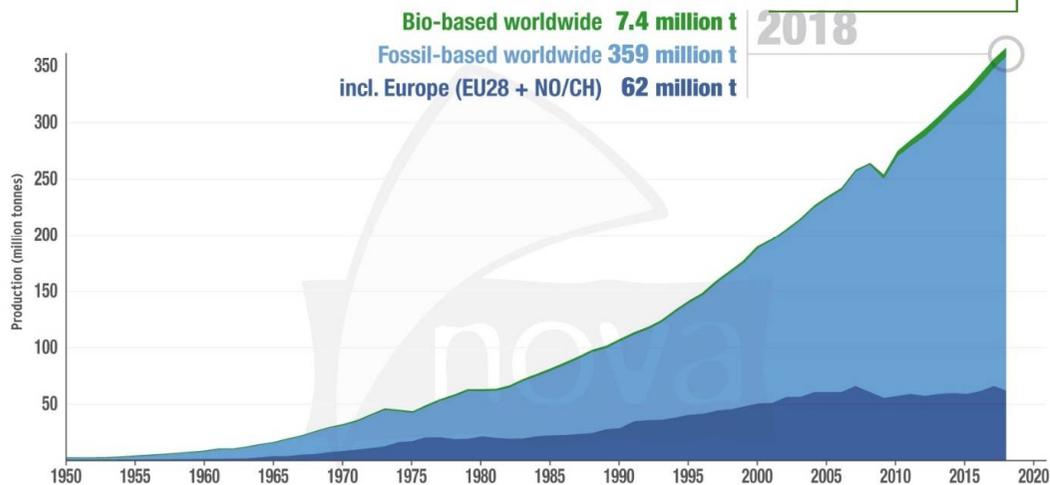
Bioplastiki to materiały syntezowane z surowców odnawialnych albo biodegradowalne albo posiadające obydwie te cechy.

European Bioplastics. <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/> Listopad 2020.



# Dlaczego warto badać (bio)plastiki?

## Produkcja tworzyw sztucznych od 1950 do 2018



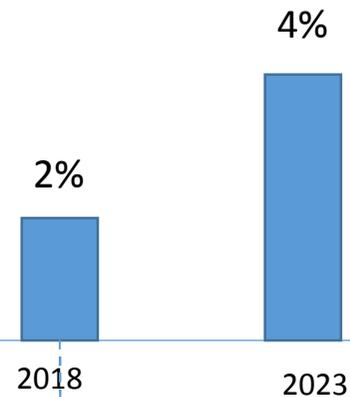
All figures available at [www.bio-based.eu/graphics](http://www.bio-based.eu/graphics)

Includes thermoplastics, polyurethanes, thermosets, elastomers, adhesives, coatings and sealants and PP-fibres. Not included PET-, PA-, and polyacryl-fibres.

Data sources: PlasticsEurope, Consultic and nova-Institute

© nova-Institute.eu | 2019

Udział bioplastiku w rynku światowym plastiku (%)



16.4% - biodegradowalne  
83.5% - niebiodegradowalne

(PlasticsEurope, Consultic and nova-Institute, 2019)

# Dlaczego warto badać (bio)plastiki?



Po użyciu



Odpady z tworzyw sztucznych

Składowanie  
43%

Recykling  
28.5%

Odzysk energii  
28.5%

Zebrałe prawidłowo odpady  
70%

Niewłaściwie usuwane (porzucone)  
30%



Global Plastics Flow 2018, 2020

## Dlaczego warto badać (bio)plastiki?

Niezebrane odpady z tworzyw sztucznych



Projekty dotyczące (bio)plastików  
(Horyzont 2020)

Bio4self project  
REMADYL  
Decoat

**Bio-plastics Europe**

Zapobiegać i zmniejszyć wpływ pewnych produktów plastikowych na środowisko, w szczególności na środowisko wodne i na zdrowie człowieka

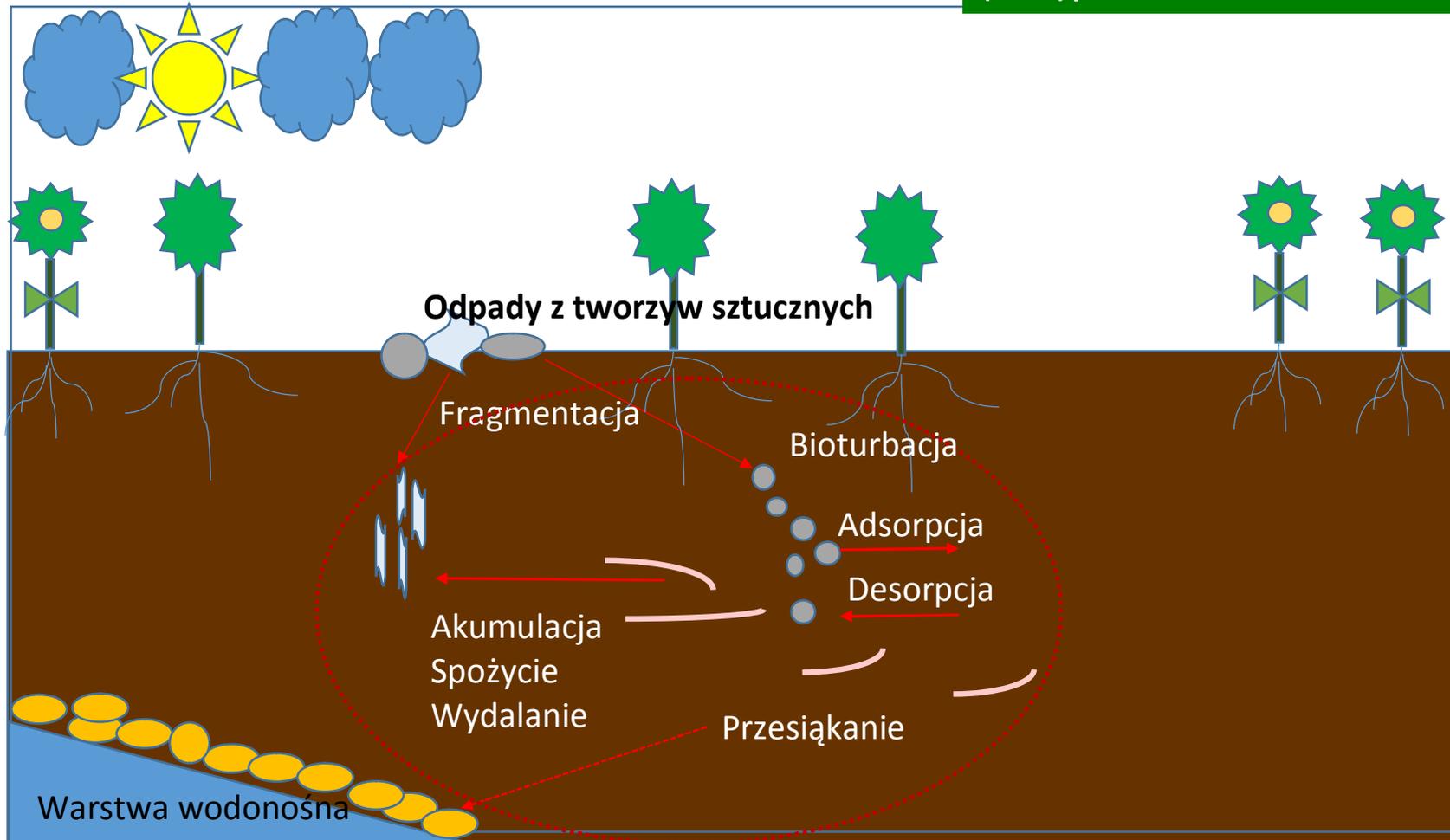


*Dyrektywa Parlamentu i Rady UE 2019/904 z dn. 5.06.2019 ws.  
zmniejszenia wpływu niektórych produktów z tworzyw sztucznych na  
środowisko*

**(Bio)plastiki a środowisko glebowe, a w szczególności ich wpływ na organizmy glebowe.**

**Pojęcie (bio)plastiki obejmuje zarówno plastik, jak i bioplastik.**

## (Bio)plastiki a środowisko glebowe



Przykładowe stężenia mikroplastików w glebie

Stężenie

Lokalizacja

Źródło danych

Maksymalne: 55.5 mg kg<sup>-1</sup> (średnio 5 mg kg<sup>-1</sup>)

Szwajcaria, tereny zalewowe

Scheurer i Bigalke (2018)

Zakres: 300 - 67 500 mg kg<sup>-1</sup>

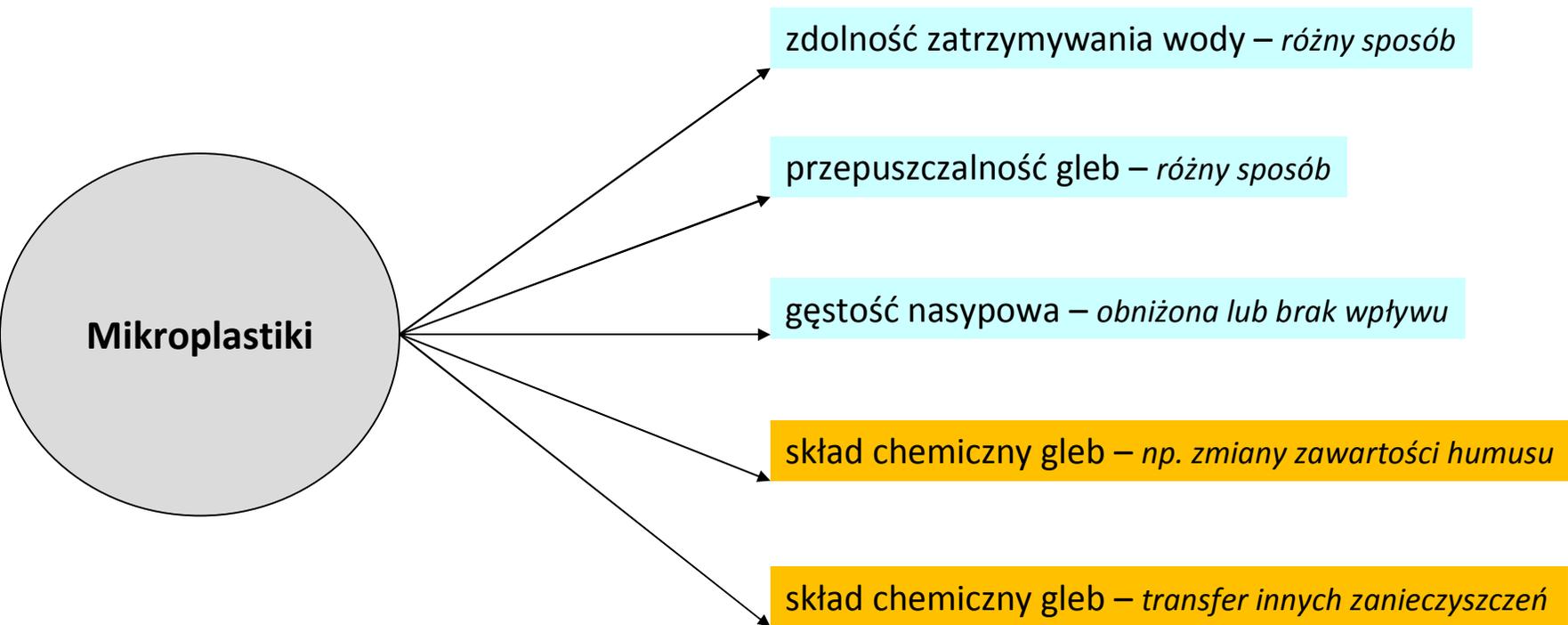
Australia, tereny przemysłowe

Fuller i Gautam (2016)

Zakres: 0.57 – 12.7 mg kg<sup>-1</sup>

Chile, tereny rolnicze

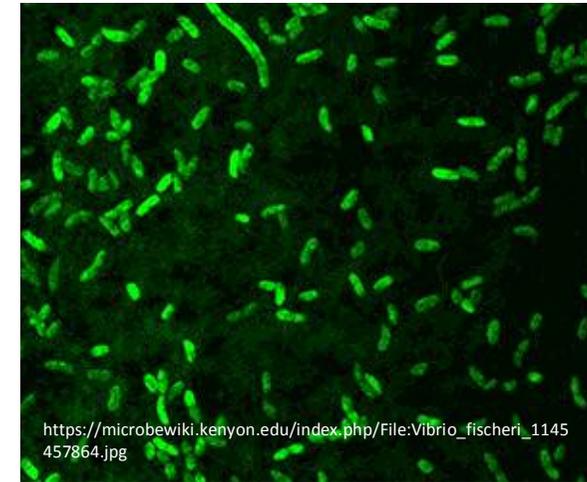
Corradini i in. (2019)



# Badania nad toksycznością wobec (Bio)plastiki a środowisko glebowe organizmów glebowych

Rośliny

Bakterie



*Sorghum saccharatum*

*Sinapis alba*

*Vibrio fischeri*

Skoczogonki



Dżdżownice

*Eisenia fetida*

[https://en.wikipedia.org/wiki/Folsomia\\_candida#/media/File:Folsomia\\_candida\\_\(8416640195\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Folsomia_candida#/media/File:Folsomia_candida_(8416640195).jpg)



Dominujące organizmy testowe



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eisenia\\_foetida\\_R.H.\\_\(5\).JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eisenia_foetida_R.H._(5).JPG)

*Eisenia fetida*

*Eisenia andrei*

*Lumbricus terrestris*

Chae and An (2018)



Wpływ bezpośredni samego materiału

Wpływ odcieków

## (Bio)plastiki a środowisko glebowe

Polietylen  
(PE)

*Lumbricus terrestris*

Dżdżownice transportują PE budując korytarze, konsumując, przez przyczepianie do powierzchni ciała. Brak efektu ekol.

Rillig et al. 2017

Polietylen  
(PE)

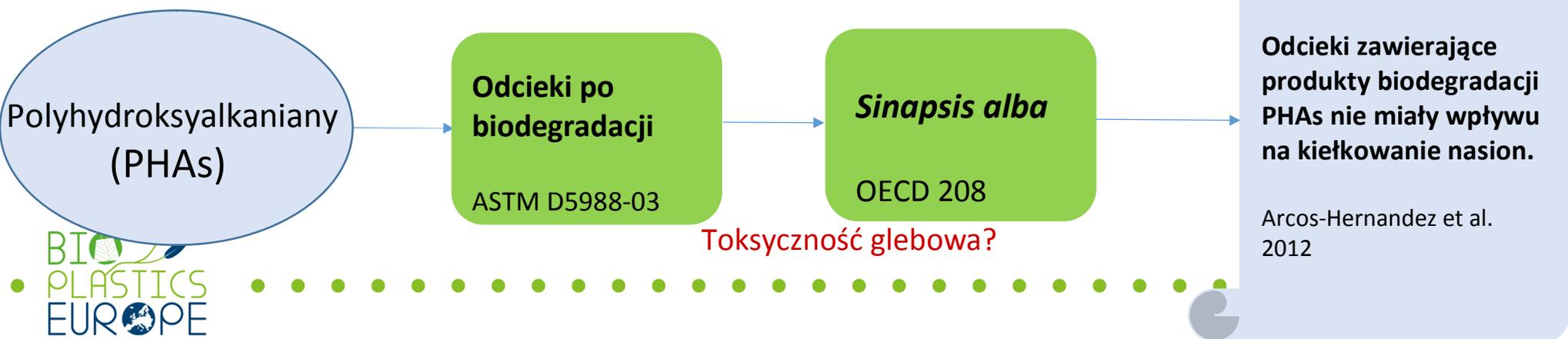
*Eisenia andrei*

OECD 222

Brak wpływu na przeżywalność, liczbę młodych osobników, masę dorosłych dżdżownic; zniszczenia w jelicie i w systemie odpornościowym.

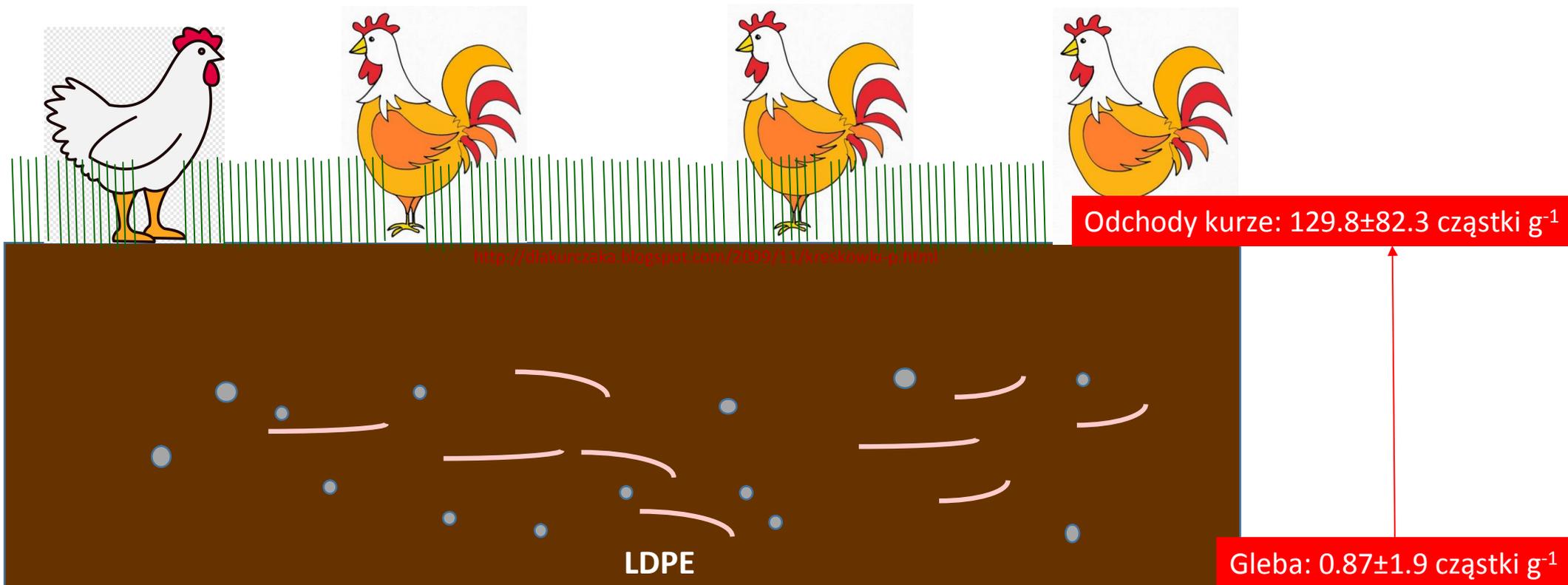
Rodriguez-Seijo et al. 2017

# (Bio)plastiki a środowisko glebowe



# (Bio)plastiki a środowisko glebowe

## Transfer mikro- i makroplastiku w łańcuchu pokarmowym



- ✓ Zdolności zatrzymywania wody
- ✓ Przepuszczalność gleb
- ✓ Gęstość nasypowa
- ✓ Skład chemiczny

**Wpływ (bio)plastików na organizmy glebowe**

- ✓ Brak potwierdzonego wpływu na kiełkowanie roślin, ale wysoce prawdopodobny wpływ na wzrost korzeni
- ✓ Brak potwierdzonego wpływu na aktywność biochemiczną bakterii
- ✓ Brak potwierdzonego wpływu na przeżywalność dżdżownic (stężenia <math>1 \text{ g kg}^{-1}</math>), ale niszczące oddziaływanie na jelito
- ✓ Transfer w łańcuchu pokarmowym i akumulacja

# Jak segregować opakowania kompostowalne?

Możliwości przetwarzania biotworzyw kompostowalnych – wyzwania systemowe. Jak wygląda proces rozkładu bioopakowań?

Andrzej Sobolak



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Pkt 35 Preambuły Dyrektywy PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylającej niektóre dyrektywy

Z punktu widzenia hierarchii postępowania z odpadami i w celu zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych pochodzących ze składowania odpadów na składowiskach, **ważne jest stwarzanie korzystnych warunków dla zbierania selektywnego i właściwego przetwarzania bioodpadów na potrzeby produkcji bezpiecznego dla środowiska kompostu i innych materiałów opartych na bioodpadach. ...**



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Pkt 20 Preambuły

Wywiązanie się z obowiązku **utworzenia systemów selektywnej zbiórki** papieru, metalu, tworzyw sztucznych i szkła ma **zasadnicze znaczenie dla** zwiększenia współczynników **przygotowania do ponownego użycia i recyklingu** w państwach członkowskich.

**Ponadto bioodpady powinny być zbierane oddzielnie**, aby umożliwić zwiększenie współczynników przygotowania do ponownego użycia i recyklingu oraz zapobiegać zanieczyszczeniu suchych materiałów nadających się do recyklingu.



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Art. 22 Dyrektywy

Państwa członkowskie podejmują środki, w odpowiednich przypadkach i zgodnie z art. 4 i 13, zachęcające do:

- a) **selektywnego zbierania bioodpadów** w celu ich kompostowania i uzyskiwania z nich sfermentowanej biomasy;
- b) **przetwarzania bioodpadów** w sposób, który zapewnia wysoki poziom ochrony środowiska;
- c) stosowania bezpiecznych dla środowiska materiałów wyprodukowanych z bioodpadów.



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów



# Ustawa o odpadach z 14.12.2012 ze zm. - definicje

- **odpady ulegające biodegradacji** - ulegają rozkładowi tlenowemu lub beztlenowemu przy udziale mikroorganizmów;
- **bioodpady** - ulegające biodegradacji odpady z ogrodów i parków, odpady spożywcze i kuchenne z gospodarstw domowych, gastronomii, zakładów zbiorowego żywienia, jednostek handlu detalicznego, a także porównywalne odpady z zakładów produkujących lub wprowadzających do obrotu żywność;
- **odpady zielone** - odpady komunalne stanowiące części roślin pochodzących z pielęgnacji terenów zielonych, ogrodów, parków i cmentarzy, a także z targowisk, z wyłączeniem odpadów z czyszczenia ulic i placów



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Zależność pomiędzy grupami odpadów



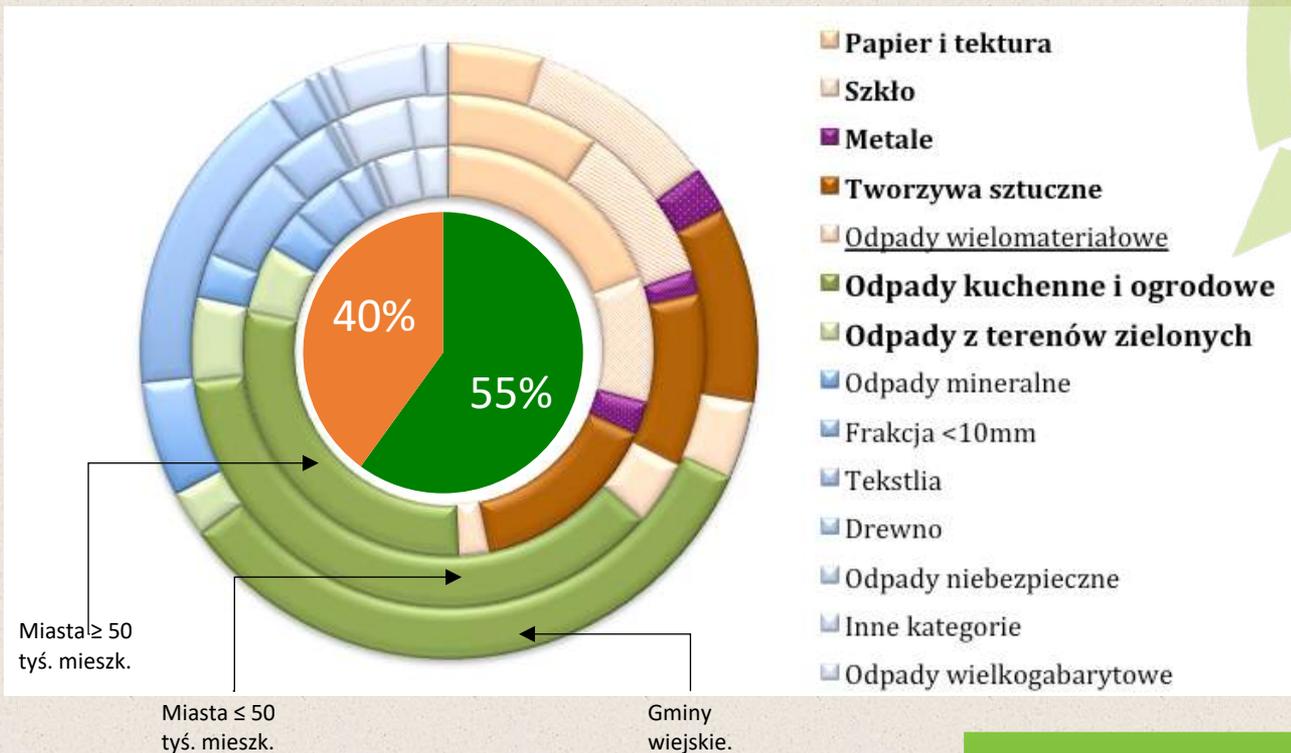
Biodegradowalne

Biodopady:  
Ogrodowe  
Kuchenne

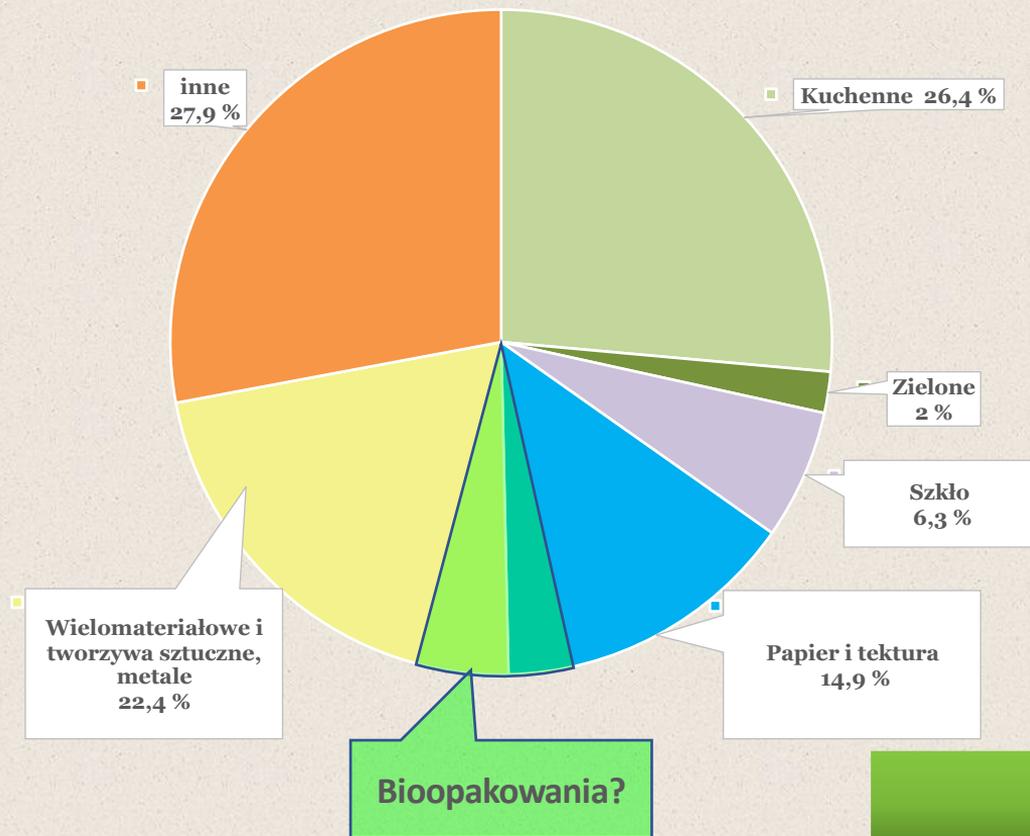
Odpady  
zielone



# Morfologia odpadów wg. KPGO



## Średni skład wytwarzanych odpadów komunalnych w zabudowie zamieszkałej



# Bioopakowanie $\neq$ Opakowanie kompostowalne

Opakowania kompostowalne definiuje m.in. norma **EN 13432**, która wymaga by opakowanie spełniało:

- Dezintegracja – po okresie 12 tygodni kompostowania, nie więcej niż 10% fragmentów materiału może mieć więcej niż 2 mm.
- Biodegradowalność - miara rzeczywistej przemiany w wodę, dwutlenek węgla i nową biomasę. Po 6 miesiącach redukcja ilość wydzielanego dwutlenku węgla jest nie mniejsza niż 90%.
- Brak negatywnego wpływu na proces kompostowania.
- Niski poziom metali ciężkich.(Norma podaje maksima)
- Kompostowany materiał opakowaniowy nie może mieć negatywnego wpływu na gęstość nasypową, pH, zasolenie (przewodnictwo elektryczne), lotne substancje stałe, azot całkowity, fosfor całkowity, magnez całkowity, potas i azot amonowy w kompoście.



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Zastosowania opakowań i tworzyw kompostowalnych



Worki na bioodpady



Torby na zakupy



Folie rolnicze



Opakowania miękkie



Opakowania twarde



Powłoki na papierze

Rozwiązania na podstawie aplikacji ecovio® firmy BASF



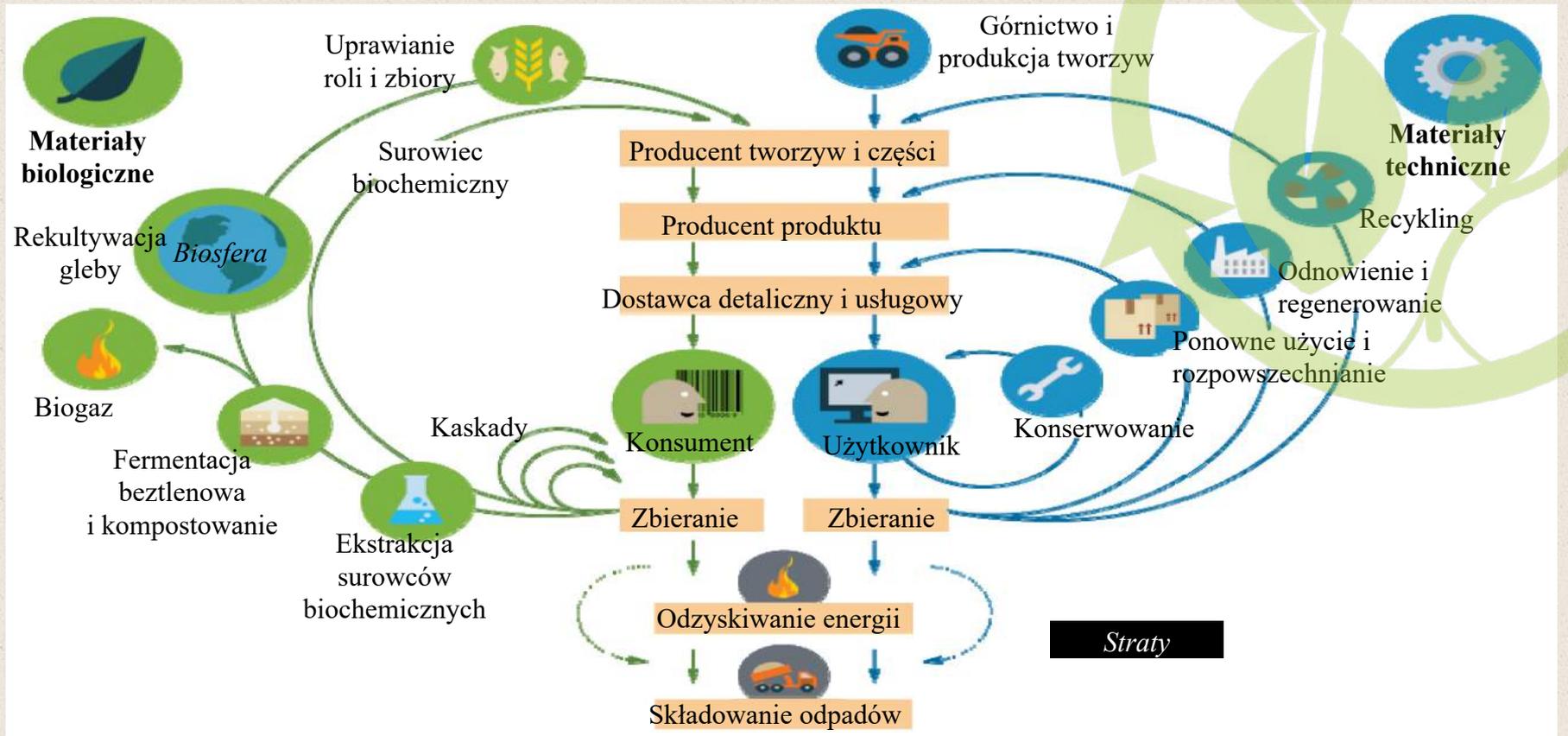
**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Możliwe zastosowania opakowań miękkich z certyfikowanych materiałów kompostowalnych



# Dwa cykle GOZ: biologiczny i techniczny



Źródło: Ellen MacArthur Foundation, 2017.

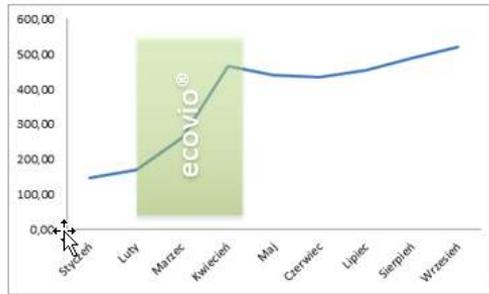
# Najlepsze praktyki – Dolny Śląsk



- 02.2014 – 04.2014
- 2 gminy **Czernica, miasto Brzeg**
- **45 665** mieszkańców
- **40 tys.** worków



- Testy na rozkład worków w ZGO „Gać”
- Ankieta wśród mieszkańców



Rys. 5. Wzrost selektywnej zbiórki [Mg] w roku 2014 dla dolnośląskiego Regionu Wschodniego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z ZGO GAĆ.

- **97 %** pozytywnie oceniło worki ecovio
- Rozkład w zakładzie w ciągu 21 dni w reaktorze fermentacyjnym
- **Brak** negatywnego wpływu na jakość kompostu



## BIORECYKLING

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

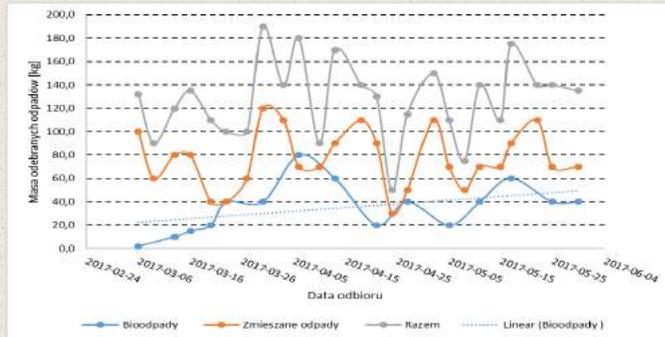
# Najlepsze praktyki – Piła



- 03.2017 – 05.2017
- 25 gospodarstw domowych
- 58 mieszkańców



- Zestawy do zbierania bioodpadów
- Ulotki informacyjne



- 572 kg odpadów biodegradowalnych, średnio ok 9 kg na mieszkańca
- Odpady biodegradowalne stanowiły drugą frakcję co do wielkości odbieraną frakcję po odpadach zmieszanych



## BIORECYKLING

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Najlepsze praktyki – Kościan i Komorniki



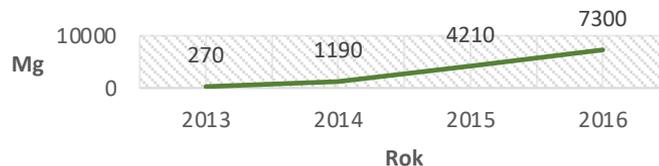
- Gmina **Kościan i Komorniki**, woj. Wielkopolskie
- **I kw.2017**



- Stosowanie kompostowanych 120 L worków na bioodpady zgodnych z norma **EN 13432**
- Aplikacja na smartphone
- **Edukacja** mieszkańców



## Zbiórka bio-odpadów: Kościan i Komorniki



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Najlepsze praktyki – Związek Gmin Karkonoskich



- **Nie znaleziono** śladów worków ecovio w kompostowanych odpadach



- **05-11.2016**
- Badanie możliwości rozkładu worków w kompostowni kontenerowej oraz tunelach foliowych
- Rozkład worków **w ciągu 30 dni**



Badanie w kontenerze 23 czerwca 2016 – 14 listopada 2016				
Nie znaleziono śladów ecovio w kompostowanych odpadach				
Badanie w tunelu kompostowym 13 maja 2016 – 8 czerwca 2016				
Nie znaleziono śladów ecovio w kompostowanych odpadach				
Badanie w tunelu kompostowym 21 czerwca 2016 – 18 lipca 2016				
Nie znaleziono śladów ecovio w kompostowanych odpadach				

Tab. 2. Dok. Foto badań kompostowalności w ZUK – Związku Gmin Karkonoskich



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# How does the disintegration look like in field tests?

- Under industrial composting conditions– high temperature, defined water, oxygen and nutrient supply – the degradation takes only a few weeks



Degradation of a compostable film in the first week...    ... in the second week...    ... in the fourth week

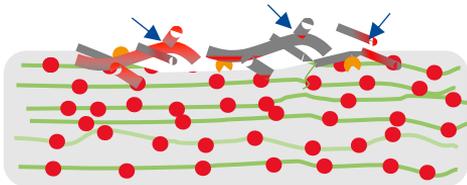
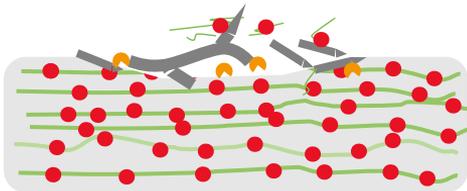
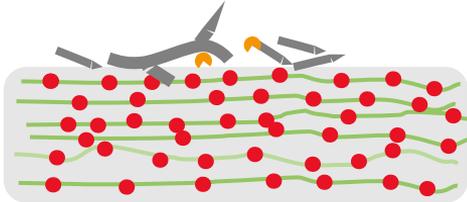
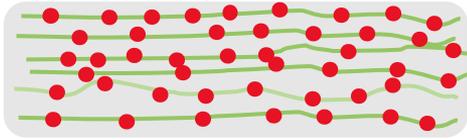


Quelle: Müll & Abfall, 2013/05, Georg Kosak

Independent certification according to EN13432 secures full industrial compostability!

# Microbial metabolism

## How to show the biomass formation?



1. Microbes colonize the surface and excrete enzymes (e.g. cutinases)

2. + 3. Enzymes break down the polymer and release of water-soluble fragments

4. Microbes digest the fragments and grow  
→ **Formation of biomass from labelled carbon**

● Labelled carbon



Polymer with labelled carbon



Fungal hypha and bacteria



Water soluble fragment with labelled carbon



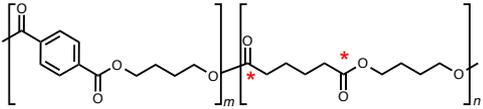
Enzyme



Fungal hypha and bacteria with labelled biomass

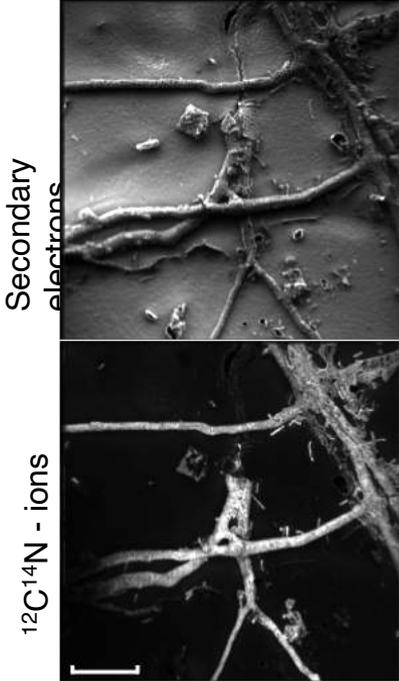
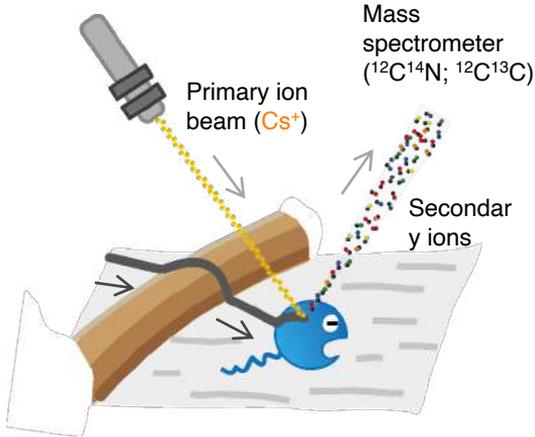
# Microbial metabolism

## Conversion into microbial biomass

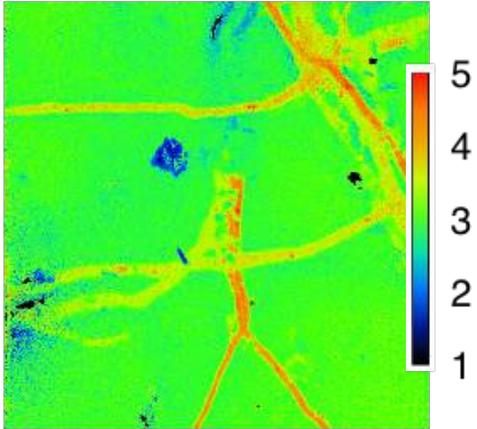


poly(butylene adipate-co-terephthalate)  
PBAT: labeled in adipate

Nanoscale secondary ion mass spectrometry (NanoSIMS)



$^{13}\text{C}$  atom percent  
 $^{13}\text{C} / (^{12}\text{C} + ^{13}\text{C}) (\%)$



Zumstein et al., Science Advances, **Biodegradation of synthetic polymers in soils: Tracking carbon into  $\text{CO}_2$  and microbial biomass**, 2018

# Kompostowanie – przykłady technologii

foto: A. Krzyśków



*Technologia pryzmowa w hali Nova-Komp, Słajcino (1), dynamiczna BIOFIX, Radom (2), M-U-T, Myślenice (2)*



*Technologia ECS, WCI Natcol, Sobuczyna (2), Strabag, Tychy (2), Entsorga, Inowrocław (3)*

# Kompostowanie – przykłady technologii

foto: A. Krzyśków



*Technologia Nova-Komp, Rudna Wielka (3), Hantsch, Domaszkowice (4, dach dwuwarstwowy), Compost-Systems, Gać (4)*



*Technologia Kneer, Bolesławiec (5), Biodegma, Olszowa (6), przykrycie GORE, Elbląg (7)*

## Technologie suchej ciągłej fermentacji



**VINCI Environnement (KOMPOGAS)** - Saint Lo (Francja), **STRABAG** - Brześć (Białoruś),



**EISENMANN** - Utzenstorf (Szwajcaria), **OWS** – Hille (Niemcy), **VALORGA** – Hanover (Niemcy),

foto: proGEO

# Technologie mokrej fermentacji



**STRABAG** - KCA Pinto k. Madrytu (Hiszpania), **ROS ROCA** - Barcelona Ecoparc III (Hiszpania)



**SCHMACK** - Fulda (Niemcy)



**SCHMACK (EUCCO)** - Allendorf (Niemcy)

foto: proGEO

## Technologie fermentacji suchej okresowej (garażowej)



**BIOFERM Viessmann** - Stausebach i Allendorf (Niemcy)



**EGGERSMANN Kompoferm** - Guetersloh i Bad Oyenhausen (Niemcy)



# Badania laboratoryjne kompostowalności opakowań

## PODSUMOWANIE

Wyniki badań folii sztywnych i prototypowych wyrobów wykonanych z polilaktydu (PLA) i jego kompozycji (PLA/PHA) wykazały, że ulegają one (bio)degradacji w warunkach kompostowania przemysłowego. Stwierdzono, że postęp degradacji w dużej mierze zależy od warunków panujących w środowisku podczas inkubacji badanych próbek. Nie zaobserwowano istotnego wpływu sposobu przetwarzania materiału polimerowego na szybkość procesu biodegradacji gotowego wyrobu. Potwierdzono, że obecność PHA jako składnika mieszaniny polimerowej, ze względu na jego dużą podatność na atak mikroorganizmów obecnych w kompostie, znacznie przyspiesza degradację i dezintegrację wyrobów wykonanych z kompozycji PLA/PHA. We

818

POLIMERY 2019, 64, nr 11–12

## Kompostowanie przemysłowe jako metoda zagospodarowania odpadów z materiałów poliestrowych otrzymanych z surowców odnawialnych

Wanda Sikorska<sup>1)</sup>, Marta Musioł<sup>1)</sup>, Joanna Rydz<sup>2)</sup>, Marek Kowalczyk<sup>3)</sup>, Grażyna Adamus<sup>1), 4)</sup>

DOI: [dx.doi.org/10.14314/polimery.2019.11.11](https://dx.doi.org/10.14314/polimery.2019.11.11)

**Streszczenie:** Przedstawiono metodologię badań procesu biodegradacji prototypowych wyrobów wytworzonych z polilaktydu i jego kompozycji polimerowych z polihydroksyalkanianami w warunkach kompostowania przemysłowego. Próbkę inkubowano w przyłnie kompostowej, systemie kontenerowym KNEER oraz systemie BIODEGMA na terenie Stacji Segregacji i Kompostowni w Zabrze. Opracowana metodologia pozwala ocenić czy testowane materiały i wytworzone z nich produkty końcowe o odpowiednich właściwościach użytkowych, po spełnieniu swojej funkcji, kwalifikują się do recyklingu organicznego.

**Słowa kluczowe:** recykling organiczny, polimery (bio)degradowalne, PLA, PHA, poliestry, zagospodarowanie odpadów.

**Industrial composting as a waste management method of polyester materials obtained from renewable sources**



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Klasyfikacja opakowań kompostowalnych

- **odpady ulegające biodegradacji** - ulegają rozkładowi tlenowemu lub beztlenowemu przy udziale mikroorganizmów;
- **bioodpady** - ulegające biodegradacji odpady z ogrodów i parków, odpady spożywcze i kuchenne z gospodarstw domowych, gastronomii, zakładów zbiorowego żywienia, jednostek handlu detalicznego, a także porównywalne odpady z zakładów produkujących lub wprowadzających do obrotu żywność;



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Selektywne zbieranie opakowań kompostowalnych

UCHWAŁA NR XXV/672/20 RADY MIEJSKIEJ WROCŁAWIA z dnia 23 lipca 2020 r.

w sprawie regulaminu utrzymania czystości i porządku na terenie Wrocławia

...

## Rozdział 2

### Warunki uznania, że odpady zbierane są w sposób selektywny

§ 5. Uznaje się, że odpady komunalne, o których mowa w § 2, nie są zbierane selektywnie, jeżeli:

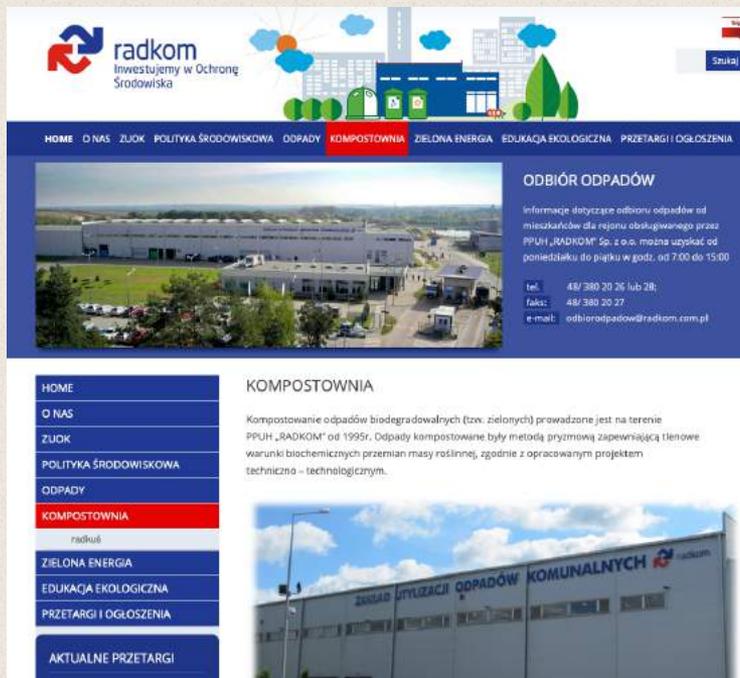
- 1) są zbierane z naruszeniem § 3 lub § 4 pkt 2, 3 i 4, lub
- 2) w pojemnikach lub workach przeznaczonych do selektywnego zbierania odpadów komunalnych, na jakie przeznaczony jest pojemnik lub worek, znajduje się więcej niż 30 % zanieczyszczeń, lub
- 3) obliczony przy uwzględnieniu pojemności worków i pojemników z odbieranymi odpadami komunalnymi udział niesegregowanych (zmieszanych) odpadów komunalnych odebranych z nieruchomości w łącznej objętości wszystkich odpadów odebranych z nieruchomości przekracza 45 %.



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Przykładowy proces kompostowania



The screenshot shows the website for radkom, which focuses on environmental protection. The main navigation bar includes links for HOME, O NAS, ZJOK, POLITYKA ŚRODOWISKOWA, ODPADY, KOMPOSTOWNIA (highlighted in red), ZIELONA ENERGIA, EDUKACJA EKOLOGICZNA, and PRZETARGI I OGŁOSZENIA. The main content area features a large image of a composting facility and a section titled "ODBIÓR ODPADÓW" (Waste Collection) with contact information: tel: 48/380 20 26 lub 28; faks: 48/380 20 27; e-mail: odbiorodpadow@radkom.com.pl. A sidebar on the left contains a menu with the same navigation items, and a section titled "KOMPOSTOWNIA" with a brief description of the composting process. At the bottom, there is a photo of the facility's exterior with the text "ZBIORNIK UTYLIZACJI ODPADÓW KOMUNALNYCH" and the radkom logo.

Odpady organiczne z selektywnej zbiórki odpadów zielonych i biodegradowalnych poddawane są procesowi kompostowania w tunelach przez okres **ok. 54 dni**. Materiał jest przetrucany średnio co 6 dni. Jednocześnie podczas przetrucania materiał zostaje rozluźniony, napowietrzony oraz dostarczana jest odpowiednia ilość wody w celu zapewnienia optymalnych warunków procesu kompostowania. Po **8 – 10 tygodniach** materiał jest wyładowany z tuneli kompostujących, przez przetrucarkę BIOFIX i transportowany na zewnątrz hali, przesiewany na sicie o prześwicie oczek o wielkości do 20 mm, a następnie transportowany do zadanego magazynu.



## BIORECYKLING

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Przykładowy proces kompostowania



foto: RADKOM



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Przykładowy proces kompostowania



foto: RADKOM



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Przykładowy proces kompostowania



foto: RADKOM

Środek poprawiający właściwości gleby pn. „radkuś” posiada  
Decyzję Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi nr G – 447/14  
z dnia 16 lipca 2014r. zezwalającą na wprowadzanie w/w środka do obrotu



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Opakowania kompostowalne

- Klasyfikowane jako biodegradowalne
- Czas rozpadu ok. 12 tygodni
- Czas rozkładu ok 6 miesięcy
- Kompostowanie w instalacji ok. 8-10 tygodni
- Wyższa cena
- Brak zwolnienia z opłaty produktowej ROP

**Konieczne zmiany prawne na poziomie EU**



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów

# Dziękuję za uwagę

**Andrzej Sobolak**

Prezes Stowarzyszenia BIORECYKLING

Wiceprezes Ekosystem we Wrocławiu



**BIORECYKLING**

Stowarzyszenie na rzecz recyklingu bioodpadów