

**NO**  
limits

#2(4)/2021



UNIWERSYTET ŚLĄSKI  
W KATOWICACH



ISSN  
2719-2830

Temat numeru:  
**Planeta do odzysku**



Fot. Chaiyapruek2520 – Freepik.com

28

22

**4**

**PRZYRODA NIE STWARZA RZECZY  
NIEPOTRZEBNYCH**

**8**

**ŚWIAT Z DOMIESZKĄ MIKROPLASTIKU**

**12**

**CO ZAWIERAJĄ ŻÓLTE KONTENERY  
NA ŚMIECI?**

**14**

**PET – PROBLEM NA SKALĘ GLOBALNĄ**



02  
(04)/2021

**Wydawca**

Uniwersytet Śląski w Katowicach

**Redaktor naczelny**

dr Agnieszka Sikora

**Sekretarz redakcji**

Tomasz Płosa

**Współpraca**

Martyna Fołta

**Autorzy tekstów**

dr Małgorzata Kłoskiewicz, Agnieszka Niewdana, Tomasz Płosa, dr Agnieszka Sikora, Katarzyna Stołpiec, Maria Sztuka

**Korekta polskojęzyczna**

dr hab. Katarzyna Wyrwas, prof. UŚ

**Tłumaczenie wersji anglojęzycznej**

dr Mikołaj Iwanicki

**Korekta wersji anglojęzycznej**

Tomasz Grząślewicz

**Projekt graficzny, przygotowanie do druku**

Patrycja Warzeszka

**Rada naukowo-programowa**

dr hab. Damian Absalon, prof. UŚ (nauki przyrodnicze, nauki o Ziemi);  
dr hab. Kinga Czerwińska, prof. UŚ (nauki humanistyczne, etnologia i antropologia kulturowa);

prof. dr hab. Jerzy Dajka (nauki ścisłe, fizyka);

dr Agata Daszkowska-Golec, prof. UŚ (nauki przyrodnicze, biologia);

dr hab. Tomasz Nawrocki, prof. UŚ (nauki społeczne);

dr hab. Agnieszka Nowak-Brzezińska, prof. UŚ (nauki techniczne, informatyka);

prof. dr hab. Jerzy Sperka (nauki humanistyczne, historia);

Emilie Sz wajnoch (przewodnicząca Uczelnianej Rady Samorządu Doktorantów UŚ);

dr hab. Andrzej Woźnica, prof. UŚ (nauki przyrodnicze, biologia);

prof. dr hab. Michał Zatoń (nauki przyrodnicze, nauki o Ziemi)

18 ROŚLINY, KTÓRYM METALE  
NIESTRASZNE

22 GRZYBY W PROCESIE REWITALIZACJI  
OBSZARÓW POPRZEMYSŁOWYCH

24 ROŚLINY I BAKTERIE RATUNKIEM  
DLA SKAŻONEJ GLEBY

28 PROBLEMY UTYLITARNE POD KONTROLĄ  
SZTUCZNEJ INTELIGENCJI

30 ENERGIA MECHANICZNA  
W SŁUŻBIE EKOLOGII



# PRZYRODA

nie stwarza  
rzeczy  
niepotrzebnych

*Zero waste* to idea nawołująca do zmiany sposobu naszego myślenia i funkcjonowania w środowisku. Zwraca uwagę, że aktywność człowieka powinna wiązać się z odpowiedzialnością za to, jak żyje i jakie konsekwencje dla planety ma jego działalność. Założeniem *zero waste* jest minimalizacja ilości odpadów oraz ich ponowne wykorzystanie, a także niemarnowanie kupowanych produktów. Ze względu na to, iż korzystamy z zasobów środowiska, warto pamiętać, że wszystko, co kupujemy, a następnie zużywamy, staje się odpadem. Stąd tak ważny jest nacisk na zmianę naszych przyzwyczajeń i stylu życia, ale przede wszystkim ograniczenie nadmiernego konsumpcjonizmu.



tekst: dr Agnieszka Sikora



prof. dr hab. Piotr Skubała  
Instytut Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska  
Wydział Nauk Przyrodniczych  
Uniwersytet Śląski  
piotr.skubala@us.edu.pl







Barry Commoner, amerykański biolog, w książce z 1971 roku pt. *The Closing Circle: Nature, Man, and Technology* (tłumaczenie polskie: *Zamykający się krąg*, 1974) sformułował cztery prawa natury. Drugie prawo natury mówi: „Każda rzecz musi się gdzieś podziąć”. Tak funkcjonuje nasza planeta – każda rzecz, która powstaje, jest źródłem energii i materii dla innej istoty. Na przykład dwutlenek węgla uwalniany przez zwierzęta jest niezbędny dla roślin, tlen uwalniany przez rośliny jest zaś niezbędny dla życia zwierząt. Przyroda nie stwarza rzeczy niepotrzebnych i nic nie marnuje się w przyrodzie.

– Gatunek ludzki swoją mądrość często wykorzystuje w zły sposób. Nauczyliśmy się stwarzać rzeczy niepotrzebne – mówi prof. dr hab. Piotr Skubała, biolog z Uniwersytetu Śląskiego, ekolog, etyk środowiskowy, popularyzator nauki, edukator ekologiczny, działacz na rzecz ochrony przyrody i aktywista klimatyczny.

Niepokojącym sygnałem dotyczącym naszego stosunku do odpadów jest ich ciągły wzrost. Ilość odpadów komunalnych w Polsce rośnie. Obecnie wyrzucamy 332 kg odpadów rocznie na osobę. Średnia ilość odpadów komunalnych w Europie w 2018 roku wyniosła blisko 500 kg/mieszkańca. Przeciętny Duńczyk „produkuje” aż 800 kg śmieci, Norweg i Szwajcar po około 700 kg. Również zagospodarowanie śmieci w skali kraju nie przedstawia się najlepiej. Recyklingowi podlega 25% odpadów, kompostowaniu i fermentacji 9%, spalamy 23%, a składujemy 43%.

Segregowanie śmieci usypia nasze sumienie. Badania pokazują, że ludzie czują się źle, jeżeli tworzą niepotrzebne śmieci, gdy jednak mamy możliwość recyklingu, nasze samopoczucie się poprawia. Powoli staje się ono tak dobre, że zaczynamy kupować coraz więcej produktów i wyrzucać coraz więcej śmieci. Dowodzi tego eksperyment przeprowadzony na grupie studentów bostońskiej uczelni. Zaproponowano im degustację czterech różnych soków. Mieli samodzielnie nalewać je sobie do jednorazowych kubków. Przy jednej grupie postawiono obok zwykły kosz na śmieci, przy drugiej kosz do recyklingu plastiku. Studenci, którzy mieli możliwość segregacji, zu-

żywali średnio 3,5 kubka, pozostali tylko 2,7 kubka. Zużywamy zatem więcej, jeśli wiemy, że zużyte zasoby będą ponownie przetworzone. Zapominamy, że w procesie recyklingu też zużywa się zasoby środowiska i energię. Należałoby przede wszystkim podkreślać dość wysoki koszt samego recyklingu i konieczność redukcji zużycia zasobów, minimalizacji ilości rzeczy, które każdy z nas kupuje i wyrzuca.

## PLASTIKOWA PLANETA

Klasycznym przykładem odpadów wyprodukowanych przez człowieka jest oczywiście plastik. To produkt, który dosłownie zalewa naszą planetę, przyroda natomiast nie ma narzędzi do jego usunięcia.

Rok 2020 z pewnością zostanie zapamiętany na świecie jako rok pandemii, ale powinniśmy go również zapamiętać z jeszcze innego powodu, który jest również ważny. To rok, w którym ilość masy antropogenicznej, tzw. antropomasy (głównie beton, kruszywa, np. żwir, a ponadto cegły, asfalt, metale, odpady, szkło, plastik) zrównała się z ilością biomasy na Ziemi.

Jeszcze na początku XX wieku masa antropogeniczna stanowiła ledwie 3% globalnej biomasy. Około 120 lat później masa antropogeniczna zaczęła dominować nad masą żywych organizmów. Od lat 70. XX wieku obserwujemy jej wykładniczy wzrost i podwajanie co 20 lat. Masa plastików (8 Gt) jest obecnie dwukrotnie wyższa niż masa zwierząt. Masa budynków i infrastruktury (1100 Gt) jest już wyższa niż biomasa drzew i krzewów na planecie (900 Gt). Na 1 metr kwadratowy planety, łącznie z oceanami, przypada 1 km betonu. Niestety przewidywania co do dalszego wzrostu masy antropogenicznej nie są optymistyczne. Jeżeli działanie *bussines as usual* pozostanie z nami po pandemii, w 2040 roku masa ta (łącznie z odpadami) będzie trzykrotnie większa niż biomasa na Ziemi.

Idea *zero waste* nawołuje także do ograniczenia konsumpcjonizmu. Szczególnie wysoki poziom konsumpcjonizmu jest oczywiście w krajach czy społeczeństwach bogatych. To nie oznacza

jednak, że w krajach uboższych nie ma problemów z odpadami – wręcz przeciwnie. Na czym polega paradoks? W bogatszych krajach pewna część odpadów jest poddawana recyklingowi, podczas gdy w krajach uboższych, głównie azjatyckich i afrykańskich, nie ma prawie żadnej kontroli nad odpadami oraz stosuje się minimalny recykling. Większość plastików, które trafiają do oceanów (bo tam właśnie trafiają plastiki), pochodzi z krajów, takich jak Chiny czy Indie. Sytuacja na świecie obecnie wygląda tak, że 9% plastiku, który wyprodukowaliśmy, poddaliśmy już recyklingowi, co oznacza, że z ok. 90% plastiku nic nie zrobiliśmy i prawdopodobnie znajduje się gdzieś w oceanach. W Polsce i Unii Europejskiej sytuacja przedstawia się nieco lepiej, bo ok. 30% plastiku poddajemy recyklingowi, ale to też nie jest dużo.

## OPRÓCZ PLASTIKU SĄ INNE ŚMIECI

Skupiamy uwagę na indywidualnym podejściu do odpadów i recyklingu, a to w małym stopniu rozwiązuje problem odpadów w skali globalnej. Jak się okazuje, odpady przemysłowe stanowią około 91% odpadów, jakie powstają w naszym kraju. Najwięcej produkują ich górnictwo (56%), przemysł przetwórczy (24%), energetyka (12%), gospodarka ściekami i odpadami (5%) i budownictwo (3%). Aż 45% odpadów przemysłowych pozostaje na wysypiskach. To różnego rodzaju substancje chemiczne, w tym toksyczne, które powstają jako produkt uboczny procesów produkcyjnych.

Dlatego radykalnej transformacji musi ulec gospodarka. Niestety obecnie dominuje gospodarka linearna opierająca się na zasadzie „weź – wyprodukuj – zużyj – wyrzuć”. Powinniśmy dążyć do tego, aby przekształcić ją w gospodarkę o obiegu zamkniętym. To koncepcja, która głosi, że produkty, materiały oraz surowce należy pozostawiać w gospodarce tak długo, jak jest to możliwe, a wytwarzanie odpadów winno być ograniczone do minimum. W gospodarce o obiegu zamkniętym istotne jest, żeby odpady, jeżeli już powstały, były traktowane jak surowce wtórne.



## APOKALIPSA

Prognoz naukowców, że zbliża się apokalipsa, jest wiele. Jedną z wizji stworzyli chilijscy informatycy, którzy zajmują się symulacjami matematycznymi. Wzięli pod uwagę jeden z czynników – deforestację, czyli wylesianie – i policzyli, że przy takim tempie deforestacji, jaki następuje obecnie, za 20–40 lat nastąpi unicestwienie cywilizacji ludzkiej. Algorytmy policzyły również, jaką mamy szansę, że gatunek ludzki przetrwa tę apokalipsę. Okazało się, że mamy zaledwie 10%.

Żyjemy w okresie wielkiego wymierania gatunków. W jednym z artykułów, który ukazał się w 2016 roku w czasopiśmie „Nature”, naukowcy wyróżnili 10

czynników ludzkiej działalności, które się do tego przyczyniają [Maxwell S.L., Fuller L.A., Brooks T.M., Watson J.E.M. 2016. *The ravages of guns, nets and bulldozers*. Nature 536, 2016]. Jednym z czynników są właśnie odpady – znalazły się na 5. miejscu listy tzw. *big killers*. Na pierwszym wyróżniono eksploatację zasobów środowiska, wycinanie lasów, polowanie, rybołówstwo, zbieractwo; na drugim – rolnictwo, produkcję przemysłową, rolniczą, przemysłową hodowlę zwierząt; na trzecim – urbanizację i infrastrukturę, czyli beton i cement. Kolejne miejsca zajęły gatunki inwazyjne i choroby, zanieczyszczenie środowiska (m.in. odpady komunalne, przemysłowe), zmiany w ekosystemach, zmiany klimatu, bezpośrednie ludzkie działania (rekreacja, praca, wojna), transport i produkcja energii.

– Jesteśmy cywilizacją, która stwarza rzeczy sztuczne i wypiera to, co wartościowe, czyli życie – zauważa prof. Piotr Skubała. – Dlatego idea *zero waste* obok kryzysu klimatycznego staje się obecnie sprawą kluczową. Przed nami do wykonania duża praca, żeby uświadomić społeczeństwu, jak ważna jest walka z odpadami. Trzeba jednak podkreślić, że nasze indywidualne zachowania, aczkolwiek ważne, są niewystarczające. Potrzebne są przede wszystkim działania systemowe.

**W skali globu wyprodukowaliśmy 8,3 mld ton różnego rodzaju plastików, z czego 6,3 mld ton są to obecnie plastikowe odpady. Każdego roku wrzucamy do mórz i oceanów 8 mln ton plastikowych odpadów. To tak, jakbyśmy na każdym metrze kwadratowym wybrzeża układali rokrocznie 15 wypełnionych plastikami siatek na zakupy. Obecnie na powierzchni oceanów znajduje się 6 wielkich wysp utworzonych z plastikowych odpadów. Największa z nich – Wielka Pacyficzna Wyspa Śmieci – ma powierzchnię 1,6 mln km<sup>2</sup>. To obszar pięciokrotnie większy niż powierzchnia Polski.**





# ŚWIAT Z DOMIESZKĄ MIKROPLASTIKU

Plastik to dziś najpopularniejszy produkt syntetyczny. Choć jego historia jest dosyć krótka – pierwsze tworzywo sztuczne powstało w połowie XIX wieku – to jego uniwersalność spowodowała ogromną produkcję na całym świecie. Utylizacja odpadów plastikopochodnych nie nadąża z ich przemiałem, stąd przyrost syntetycznych śmieci nieustannie rośnie. Ekolodzy mają nadzieje swoimi interwencjami poruszyć sumienia konsumentów, którzy nabywając żywność w plastikowych opakowaniach, kierują się bardziej własną wygodą niż troską o środowisko. Ilu z nich tak naprawdę wie, jak niebezpieczny potrafi być plastik, który nabywają?



tekst: Katarzyna Stołpiec



dr Bożena Nowak  
dr hab. Agnieszka Babczyńska, prof. UŚ  
Instytut Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska  
Wydział Nauk Przyrodniczych  
Uniwersytet Śląski  
bozena.d.nowak@us.edu.pl  
agnieszka.babczynska@us.edu.pl







Alexander Parkes, brytyjski chemik i metalurg, w I połowie XIX wieku pracował nad zwiększeniem wytrzymałości stopów metalu. Wprowadziwszy do ich składu fosfor, otrzymał oczekiwany rezultat. W tamtym czasie do przemysłu przetwórczego była również wprowadzana guma. Wbrew pozorom nie należała do najnowszych odkryć, znana była już bowiem prekolumbijskim ludom Majów i Azteków (do Europy trafiła w XV wieku za przyczyną Krzysztofa Kolumba). Wraz z rozwojem przemysłu przetwórczego w XIX wieku guma zaczęła wzbudzać coraz większe zainteresowanie. Parkes poddał ją obróbce chemicznej w nadziei, że posłuży mu do dalszych innowacyjnych patentów metalurgicznych. W 1846 roku wynalazca zdołał uformować z niej cienki przedmiot – było to pierwsze tworzywo sztuczne, co uczyniło 1855 rok wyjątkowym. Prawdziwy przełom nastąpił jednak 52 lata później, kiedy Leo Baekeland opracował bakelit – pierwsze masowo stosowane tworzywo sztuczne. Od tego momentu wiele produktów codziennego użytku miało właściwości tworzywa sztucznego. Dziś niemal we wszystkim są nawet nikiel domieszki mikroplastikowych cząstek.

Materiały syntetyczne, nazywane powszechnie plastikami, uznawane są za jedną grupę odpadów, które, wedle powszechnie krążących informacji, rozkładają się aż tysiąc lat. Choć temat recyklingu, segregacji śmieci i czasu rozkładu tworzyw sztucznych wydaje się znany, obrósł jednak wieloma mitami i nieścisłościami.

Istnieje kilka grup tworzyw syntetycznych, począwszy od tych, które są bardzo dobrze biodegradowalne, aż po najtwardsze, których proces rozkładu sięga setek lat. Te drugie sprawiają najwięcej problemu, bo jak zdegradować coś, co degradacji praktycznie nie podlega?

– Za degradowalność tworzyw syntetycznych odpowiada kilka czynników – mówi dr Bożena Nowak z Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego. – Pierwszym z nich są same polimery, czyli substancje o bardzo dużej masie cząsteczkowej wynikającej z wielokrotnie powtórzonych jednostek zwanych merami. To, czy tworzywo ulegnie rozkładowi, zależy między innymi od masy cząsteczkowej

polimeru, rodzaju merów wchodzących w jego skład i wiązań chemicznych. Drugim najważniejszym czynnikiem odpowiedzialnym za rozkład plastiku jest środowisko, do którego trafi. Woda morska, do której spływa wiele syntetycznych odpadów, często nie jest w stanie doprowadzić do ich całkowitego rozkładu. Hydroлиза, czyli rozkład z udziałem cząstek wody, którą dysponuje środowisko wodne, fotodegradacja związana z działaniem promieniowania słonecznego i tlenu, kiedy odpady pływają na powierzchni wód, czy mechaniczny rozpad na skutek uderzeń fal są w większości niewystarczające, zwłaszcza przy niskich temperaturach tych środowisk, dlatego morza i oceany są dziś zbiornikami tak bardzo zanieczyszczonymi.

Środowisko lądowe odznacza się bardziej sprzyjającymi warunkami: dysponuje swobodnym dostępem do tlenu koniecznego do rozkładu, do wody zawartej w glebie i opadach atmosferycznych, cechuje je większa zmienność temperatur, a także występuje w nim o wiele większa różnorodność mikroorganizmów, stąd rozkład w glebie jest znacznie szybszy. Zdecydowanie najlepszym środowiskiem sprzyjającym degradacji jest kompost. W przydomowym kompoście tworzywa sztuczne powinny degradować do roku w skali 90%, a w kompoście przemysłowym ten proces powinien trwać najwyżej 6 miesięcy. W kompoście przemysłowym panują wszystkie najbardziej sprzyjające warunki, jakie tylko mogą posłużyć rozkładowi odpadów: woda, tlen i różnorodne mikroorganizmy, temperatura przypadająca na początkową fazę powyżej 55 stopni Celsjusza, nieosiągalna w pozostałych środowiskach. Czy to oznacza, że w kompoście przemysłowym możemy degradować dowolne tworzywa? Absolutnie nie. Tylko tworzywa opatrzone symbolem certyfikatu degradowalności w danym środowisku mogą się w nim rozłożyć. Trzeba także pamiętać, że inne wymagania musi spełnić tworzywo podatne na rozkład w wodzie słodkiej, słonej, glebie czy kompoście.

Problem odpadów w środowisku morskim jest bardzo poważny. Zagrożenie dla ryb i innych organizmów bywa niekiedy śmiertelne. Międzynarodowa Unia Ochrony Przyrody (IUCN) podaje,

że najczęstszymi źródłami uwalniania pierwotnego mikroplastiku do oceanów są syntetyczne tekstylia prane w pralkach, zaraz za nimi mikroplastik ścierny z ogumienia opon podczas jazdy samochodem i pozostałe pyły oraz zanieczyszczenia miejskie. Mikroplastik wtórny z kolei powstaje z rozpadu większych kawałków plastiku na mniejsze. Stanowi on 69–81% mikroplastiku pływającego w morzach i oceanach. Uzyskane wówczas mikrocząstki polimerowe mieszczą się w przedziale od 50 µm do 5 mm dziś wchodzi w skład np. morskiego i przybrzeżnego piasku.

Dr hab. Agnieszka Babczyńska z Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego, specjalistka od ekofizjologii zwierząt w środowiskach zanieczyszczonych, przedstawia zagrożenia, do których może dojść podczas połknięcia przez ryby cząstek lub mikrocząstek plastiku wraz z pokarmem.

– Plastik nie ulega strawieniu. Bez symbiontów bakteryjnych, które umożliwiają trawienie różnych cząstek, w tym także celulozy, organizmy kręgowców i bezkręgowców nie potrafią go strawić. Jednak nawet mikroorganizmy jelitowe w bardzo niewielkim zakresie mogą przyczynić się do degradacji plastiku. Ten, przechodząc przez ich przewód pokarmowy, uszkadza aktywne mikroskoki, ścierając je na zasadzie szczołki albo też powodując atrofię, czyli zanik nabłonka przewodu pokarmowego, lub jego całkowite odwarstwienie. W konsekwencji trawienie i wchłanianie są zaburzone, a flora bakteryjna zmienia się, przez co zwierzęta są niedożywione, słabsze i pozbawione zdolności do wydawania tak liczного potomstwa, jak działoby się to u zdrowych osobników. Po latach populacja gatunków słabnie, a w konsekwencji zanika.

Na tym problemy niestety się nie kończą. Przemysłowy mikroplastik stosowany jako składnik dodający elastyczności czy zabarwienia zawiera plastyfikatory, z których przy rozkładzie uwalniają się substancje imitujące hormony żeńskie (hormonomimetyczne). Zwierzęta, połykając takie substancje wraz z pokarmem, są narażone na działanie związków, które z racji swoich właściwości działają głównie na rozrodczym etapie organizmów.

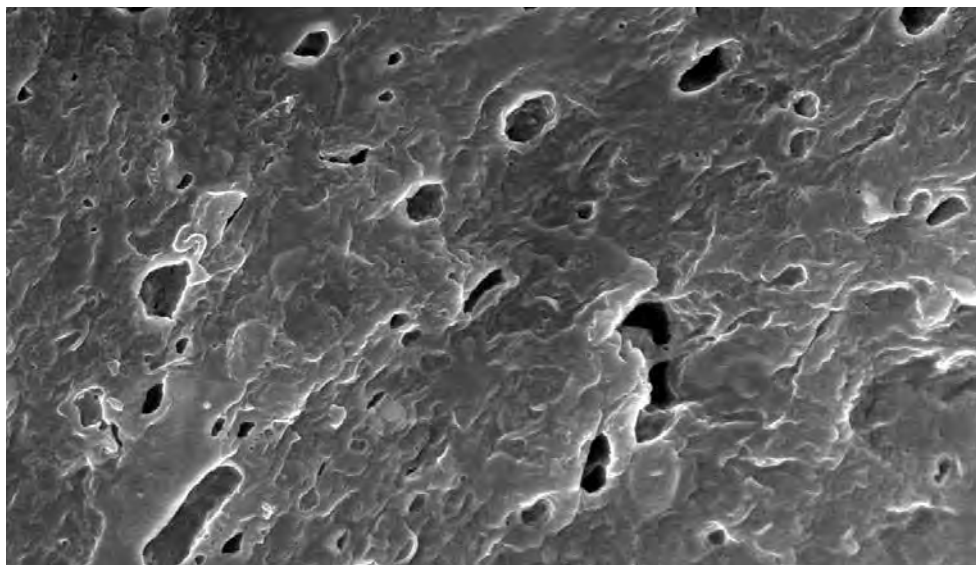


Wówczas komórki jajowe są nierozwinięte, plemniki słabsze, a same zwierzęta obciążone nietypowymi dla nich zachowaniami na skutek przyjętej „kuracji” hormonalnej. Organizmy takich osobników są wówczas nosicielami toksycznych związków chemicznych i patogenów. Z morza wyławiane są rozmaite ryby i tzw. owoce morza, a następnie serwowane przez restauratorów jako zdrowe i wykwintne dania, lecz wraz z ich spożywaniem w organizmie człowieka rośnie poziom szkodliwych substancji. Przeswajane mogą prowadzić do poważnych powikłań zdrowotnych, jak zmiany chorobowe przewodu pokarmowego, problemy z wątrobą, nowotwory czy zaburzenia endokrynologiczne.

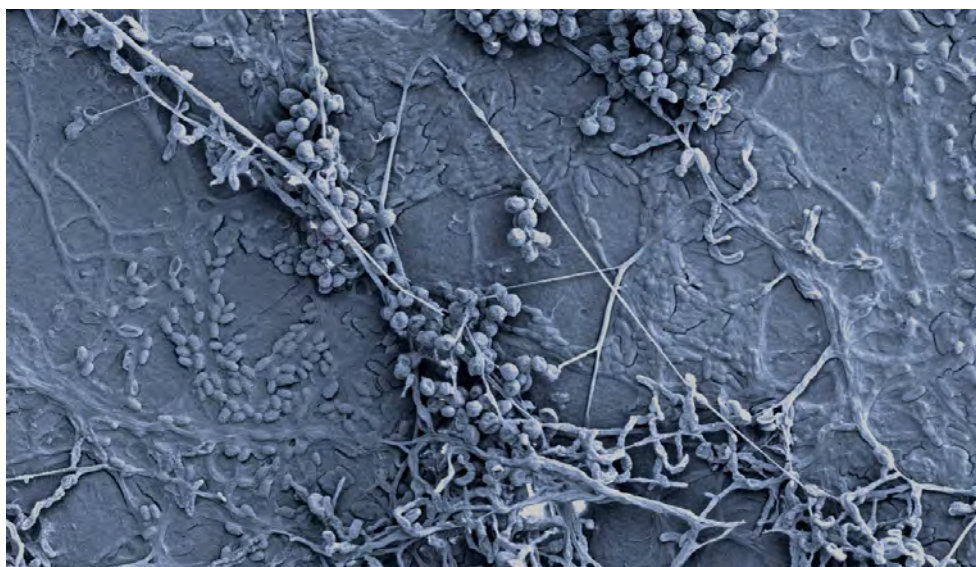
Szacuje się, że od 2 do 5% wszystkich produkowanych tworzyw sztucznych trafia do morza. Co zatem zrobić, by powstrzymać nieustannie rosnącą falę gromadzonego plastiku? Dr Bożena Nowak stwierdza, że najskuteczniejszym sposobem na pozbycie się nadmiaru zużytego plastiku jest jego natychmiastowy recykling lub ograniczenie samego użycia.

– Nie ma innego sposobu na opanowanie nadmiernego gromadzenia się odpadów tworzyw syntetycznych – mówi badaczka. – Istnieje wiele mylnych kampanii, które zamiast rozjaśniać temat, wprowadzają ludzi w błąd. Plastik, który nazywają się tak samo, nie są takie same. Producenci często nie oznaczają opakowań lub też oznakowują je jako biodegradowalne lub eko- bez żadnego dowodu, przez co przeciętny użytkownik nie jest w stanie samodzielnie stwierdzić, czy dany odpad podlega degradacji czy nie.

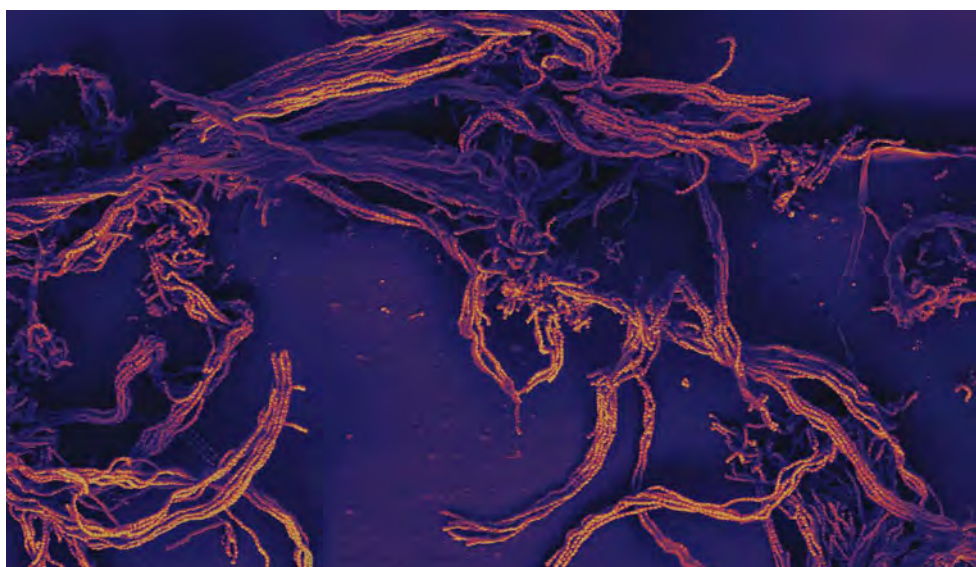
Niebezpieczeństwo wynikające z nieświadomego gospodarowania odpadami syntetycznymi oraz powszechnej ignorancji człowieka zagraża już nie tylko wąskiej grupie społecznej czy gatunkowej zwierząt, ale jest realnym problemem wszystkich mieszkańców planety. Choć przyroda stara się nadążyć za postępem człowieka, często nie jest w stanie samodzielnie zmierzyć się ze wszystkimi trudnościami. Warto zatem przyjąć, że to człowiek jest opiekunem Ziemi, któremu w udziale przypada troska o stan i kondycję otaczającego świata, nie zaś jedynie ogniwem ciągu ewolucyjnego, którego omija obowiązek odpowiedzialności.



Biodegradacja powierzchni tworzywa przez grzyba o budowie strzępkowej *Lichtheimia corymbifera*, pow. 10000× / fot. Jagna Karcz



Zasiedlenie powierzchni tworzywa przez mikroorganizmy (w tym bakterie, grzyby strzępkowe), pow. 2000× / fot. i koloryzacja Jagna Karcz



Zasiedlenie powierzchni tworzywa przez grzyby mikroskopijne, pow. 250× / fot. Jagna Karcz, koloryzacja Bartosz Baran



# CO ZAWIERAJĄ ŻÓŁTE KONTENERY NA ŚMIECI?



tekst: dr Małgorzata Kłoskowicz



prof. dr hab. Michał Daszykowski  
Instytut Chemii  
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych  
Uniwersytet Śląski  
[michal.daszykowski@us.edu.pl](mailto:michal.daszykowski@us.edu.pl)





Nie wiemy, czy recykling uratuje nas przed katastrofą ekologiczną. Wierzymy jednak, że segregacja śmieci ma sens. Nasze dzieci już od najmłodszych lat uczą się łączyć kolory pojemników z poszczególnymi odpadami. Foliowe torebki, plastikowe butelki (naukowcy zwracają uwagę na potoczność słowa *plastik*, właściwym określeniem są *tworzywa sztuczne*), metalowe zakrętki, aluminiowe puszki czy kartony po mleku trafiają codziennie do żółtych kontenerów i worków. Zaledwie kilka wymienionych przykładów pokazuje jednak różnorodność tych materiałów. Istnieje aż siedem kodów do oznaczenia samych tylko tworzyw sztucznych, zgodnie z wprowadzonym w 1988 roku systemem RIC (ang. *Resin Identification Code*). Segregowane przez nas odpady muszą zatem zostać poddane raz jeszcze procesowi sortowania, aby można było myśleć o mądrym recyklingu. Jak to zrobić? Okazuje się, że wystarczy odpowiednio zaprojektowana kamera.

Kupujemy papierowe słomki do napojów, sztucze z pestek awokado, talerzyki z otrębów. Możemy już nabyć ubrania z recyklingu, nasze ciało przyzwyczało się do materiałów zawierających sztuczne dodatki, takie jak poliester, akryl czy nylon. Filtrujące butelki i syfony są świetną alternatywą dla miliardów ton wody zamkniętych w butelkach PET. Życie eko stało się modne, podobnie jak promowanie idei *less*, a nawet *zero waste*. Warto również wspomnieć o tym, że kraje Unii Europejskiej będą zobowiązane do osiągnięcia 65% poziomu recyklingu i kompostowania odpadów komunalnych do 2035 roku. To oznacza, że ponad połowa gromadzonych śmieci będzie musiała dostać drugie, trzecie, a nawet czwarte życie. Mimo tak wielu zmian prognozy związane z nadchodzącą katastrofą ekologiczną wcale nie są optymistyczne. Produkcja tworzyw sztucznych na świecie rośnie. Miliardy ton odpadów polimerowych trafiają do oceanów, a naukowcy zastanawiają się, w jakim stopniu przenikający do ciała mikroplastik stanowi zagrożenie dla naszego zdrowia i jakości życia.

Z raportu *Plastic Waste Makers* dostępnego na stronie fundacji *The Mindergoo* ([www.minderoo.org](http://www.minderoo.org)) wynika m.in., że zaledwie kilkanaście korporacji odpowiada za ponad połowę ilości polimerów produkowanych rocznie na naszej planecie. W tym wyścigu zdecydowanie przodują dwie potęgi – Chiny oraz Stany Zjednoczone. Odpowiedzialność za tonący w morzu śmieci świat ponosi także każdy z nas. Konsekwentnie segre-

gujemy odpady, to prawda, ale to dzięki naszym konsumenckim wyborom żółte pojemniki każdego dnia wypełniają się po brzegi kolorowym plastikiem.

Głos należy więc oddać naukowcom, którzy z jednej strony uwzględniają znaczenie recyklingu już na etapie projektowania nowych materiałów, z drugiej – proponują coraz bardziej skuteczne metody radzenia sobie z zalewającymi nas miliardami ton odpadów. Zadanie nie jest proste. Polimery, głównie ze względu na swoje bardzo ciekawe właściwości, nadal są masowo wykorzystywane do produkcji większości otaczających nas przedmiotów – znajdują się w ubraniach, samochodach, smartfonach, sprawdzają się w każdym przemyśle. Co więcej, nie poddają się łatwo recyklingowi. Ich lista jest otwarta, wciąż powstają nowe kombinacje związków chemicznych, a w procesie odzyskiwania tych materiałów kluczowe znaczenie ma identyfikacja poszczególnych elementów, z których zostały zbudowane. W praktyce oznacza to, że zawartość żółtego kontenera musi ponownie zostać poddana segregacji.

Interesujące rozwiązanie zaproponowali naukowcy z Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach – prof. dr hab. Michał Daszykowski oraz doktorant mgr Łukasz Pieszczyk. Mowa o zastosowaniu metody obrazowania hiperspektralnego, która, jak pokazują badania, pozwala efektywnie i szybko identyfikować pewne grupy tworzyw sztucznych.

– Tym, co różni poszczególne rodzaje polimerów, jest właściwe im i unikalne

widmo elektromagnetyczne. Moglibyśmy je porównać do linii papilarnych jednoznacznie identyfikujących człowieka – mówi prof. Michał Daszykowski. Wyobraźmy sobie zatem, że znajdujemy się w sortowni odpadów. Na taśmie przesuwają się kolejne tony produktów gromadzonych codziennie w żółtych pojemnikach. Wystarczy zamontować specjalną kamerę, która będzie rejestrować obraz hiperspektralny każdego punktu danego obiektu. Dzięki temu wiemy nie tylko, czy mamy do czynienia z polietylenem, akrylem, szkłem akrylowym, polipropylenem itd., lecz otrzymujemy również informację na temat ewentualnych zanieczyszczeń. Opisana metoda pozwala w automatyczny sposób segregować tworzywa sztuczne, co z kolei może znacząco przyspieszyć i ułatwić proces recyklingu oraz przyczynić się do bardziej racjonalnej gospodarki odpadami.

– Rzeczywistość pokazuje, że każdego roku będzie przybywać produktów wykonanych z tworzyw sztucznych. Musimy się jednak nauczyć je mądrze odzyskiwać i ponownie wykorzystywać – przekonuje prof. Michał Daszykowski.

Naukowcy z Uniwersytetu Śląskiego pracują obecnie nad ulepszeniem narzędzia identyfikującego poszczególne grupy polimerów oraz sprawdzają jego skuteczność w warunkach laboratoryjnych. Są również gotowi nawiązać współpracę z podmiotami odpowiedzialnymi za gospodarkę odpadami i zainteresowanymi wprowadzeniem oraz testowaniem nowej technologii w praktyce.



# PET

- problem  
na skalę globalną



tekst: Agnieszka Niewdana



dr Maciej Kapkowski  
Instytut Chemii  
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych  
Uniwersytet Śląski  
[maciej.kapkowski@us.edu.pl](mailto:maciej.kapkowski@us.edu.pl)







Z tworzywami sztucznymi mamy do czynienia codziennie. Wynika to z szerokiej możliwości ich zastosowania. Otaczamy się nimi w domach czy miejscach pracy; stosowane są w wielu gałęziach przemysłu, ale i w życiu codziennym. Uniwersalność i łatwość w użyciu – to ich cechy charakterystyczne. Obecnie wyzwaniem jest możliwość wielokrotnego wykorzystania materiałów przekazanych do utylizacji – czyli poddawania ich recyklicacji. Naukowcy z Instytutu Chemii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach badają te możliwości w ramach projektu *Uciąglenie procesu syntezy 1,3-dioksolanów wraz z poszerzeniem zakresu stosowalności docelowych produktów w branży chemicznej*, którego kierownikiem jest dr Maciej Kapkowski.

Skrót PET można uznać za rozpoznawalny, niewiele jednak osób wie, co kryje się za tym akronimem oraz pojęciem. PET jest popularnym na skalę globalną polimerem wykorzystywanym do produkcji opakowań z tworzyw sztucznych, przede wszystkim kojarzącym się z butelkami wykorzystywanymi do wszelkiego rodzaju napojów. Poli(tereftalan etylenu), bo o nim mowa, to termoplastyczny polimer o wysokiej wytrzymałości mechanicznej, należący do grupy poliestrów. Wykazuje on właściwości izolacyjne oraz posiada dobrą odporność chemiczną na słabe kwasy, oleje, tłuszcze i roztwory zasad. Ponadto podlega dość łatwej obróbce termicznej. Ma wysoką odporność na ścieranie, a przede wszystkim można poddać go procesowi recyklingu. Odpady z poli(tereftalanu etylenu) mają najwyższy wskaźnik recyklingu wśród wszystkich tworzyw sztucznych, a mimo to znaczna ich część kumuluje się w ekosystemach, co stanowi istotny problem dla środowiska i tym samym dla jego ochrony – zauważa dr inż. Mateusz Korzec.

Dlaczego tak się dzieje? Źródłem dużej ilości odpadów są opakowania wykonane z PET przeznaczone do przechowywania i transportu żywności. Opakowania te są szybko „zużywalne”, tzn. czas ich przydatności mija w momencie konsumpcji pożywienia, w którym było ono przechowywane lub zabezpieczone. Tak się dzieje np. po wypiciu wody – butelka stanowi odpad przeznaczony do recyklingu. Niestety, większość PET-u otrzymanego z recyklingu (rPET) nie jest dopuszczona do ponownego kontaktu z żywnością. Związane jest to z możliwością występowania w nich plastyfikatorów, utwardzaczy lub innych związków chemicznych pochodzących z etapów recyklingu. Kontakt tych zanieczyszczeń z żywnością może stanowić zagrożenie dla zdrowia. Stąd też do tematu ponownego wykorzystania rPET-u w opakowaniach do żywności podchodzi się z dużą ostrożnością. Firmy zajmujące się recyklingiem PET przeznaczonego do ponownego kontaktu z żywnością muszą spełnić rygorystyczne wymagania, przejść odpowiednie procedury oraz udowodnić, że zastosowana metoda recyklingu PET pozwala na otrzymanie surowca o najwyższym standardzie bezpieczeństwa. Europejska Agencja Bezpieczeństwa Żywności (European Food Safety Agency) zajmująca się kontrolą jakości uzyskiwanego rPET-u jest instytucją opiniującą możliwość dopuszczenia danej metody recyklingu z przeznaczeniem do produkcji opakowań mających kontakt z żywnością na terenie Europy. Obecnie opracowane są technologie uzyskania rPET-u z przeznaczeniem do produkcji butelek do wody mineralnej w ilości nieprzekraczającej 70% recyklingowanego PET-u. Prace w zakresie uzyskania odpowiedniej jakości rPET-u z przeznaczeniem do kontaktu z żywnością nadal trwają, dlatego w niedalekiej przyszłości opakowania z recyklingowanego PET-u będą stosowane w szerszym zakresie. Odpady z PET-u generowane są w sposób ciągły i w bardzo krótkim czasie, a możliwości jego ponownego zastosowania są nadal niewystarczające dla całkowitego zagospodarowania rPET-u. Stanowi to problem na skalę globalną. W związku z tym prowadzone są badania nad opracowaniem efektywnych, ekologicznych, a zarazem ekonomicznie uzasadnionych metod recyklingu PET-u. Za-







sadniczym celem jest otrzymanie materiału o wysokiej czystości oraz zwiększenie jego ilości w recyklingu. Obecnie trwają również prace nad nowymi sposobami dla zastosowania dostępnego rPET-u w innych dziedzinach. Należy ponadto pamiętać, że kilkukrotny recykling tego samego tworzywa może nieść ze sobą ryzyko otrzymywania materiałów o coraz gorszych parametrach jakościowych.

Procesem recyklingu zajmują się wyspecjalizowane firmy, które pierwotny odpad PET-u najczęściej pozyskują od przedsiębiorstw zajmujących się gospodarowaniem odpadami przemysłowymi i komunalnymi. Istotna jest również segregacja śmieci. Odpadami zajmują się sortownie, gdzie w pewnym zakresie odzyskuje się surowce przeznaczone do recyklingu. Wyspecjalizowane firmy poddają materiały wykonane z PET-u złożonemu procesowi obróbki i przetwarzania, stając się głównym dostawcą szerokiej gamy recyklingów poliestrowych w postaci granulatu, proszku, wiórów lub płatków. Następnie surowce wtórne (recyklingi poliestrowe) mogą zostać wykorzystane do wytwarzania przykładowo włókien poliestrowych, nowych opakowań (głównie do chemikaliów), żywic poliestrowych. Recyklingowany PET można również wykorzystać w projektach inżynierii lądowej, np. przy budowie dróg, do modyfikacji asfaltu, cementu lub betonu, czyli w produkcji szeroko rozumianych materiałów budowlanych. Dodatek polimeru pozwala na poprawę ich wybranych parametrów fizykochemicznych, a zarazem na ograniczenie produkcji innych tworzyw (stosowanych jako dodatki). Pod względem ekonomicznym oraz ochrony środowiska jest to w pełni uzasadnione. Innym wykorzystaniem rPET-u może być produkcja filamentu do drukowania materiałów z tworzyw sztucznych (w celu zastąpienia filamentu wykonanego z poliwęglanu-ABS). Zainteresowanie materiałami pochodzącymi z recyklingu, czyli rPET-em, jest relatywnie duże, co związane jest dostępnością tego materiału we wręcz „nieograniczonych” ilościach oraz koniecznością ochrony środowiska z uwagi na jego niską biodegradowalność.

Co jeszcze można zrobić?

– Główne trzy kierunki związane z recyklingiem PET-u to prowadzenie badań w zakresie rozwoju efektywnych metod recyklingu, zwiększenie ilości światowego recyklingu PET, jak również badania nad nowymi sposobami wykorzystania recyklingów poliestrowych – odpowiada dr inż. Sonia Kotowicz. – Kierunki te są ważne z punktu widzenia ekonomicznego, ekologicznego oraz racjonalnego zagospodarowania surowca. Brak możliwości zrezygnowania z tego tworzywa, jak również narastający problem z jego ilością, powoduje, że konieczne są zmiany w zakresie ponownego i szerszego zastosowania rPET-u również do opakowań przeznaczonych do kontaktu z żywnością.

W ramach grantu LIDER, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, na Uniwersytecie Śląskim prowadzone są badania nad możliwością zastosowania rPET-u w organicznej elektronice oraz w innych dziedzinach. Badania koncentrują się w obszarze, w którym „czas jego wykorzystania” będzie stosunkowo długi, co przyczyni się z pewnością do częściowego rozwiązania problemu jego ponownego wykorzystania z korzyścią dla zdrowia ludzi oraz środowiska. Badanym rozwiązaniem jest zastosowanie rPET-u w fotowoltaice. Główny ciężar badań spoczywa na dr. inż. Mateuszu Korcu, który jest specjalistą w dziedzinie recyklingu surowców wtórnych oraz syntezy organicznej i wytwarzania warstw aktywnych na potrzeby paneli fotowoltaicznych. Dr inż. Sonia Kotowicz zajmuje się badaniem i charakterystyką warstw aktywnych w panelach fotowoltaicznych, natomiast dr Karina Kocot – finalizacją działań, czyli analizą jakościową i ilościową nanomateriałów oraz analizą instrumentalnej czystości produktów reakcji. Działania młodych naukowców mogą przynieść znaczący podstęp w częściowym rozwiązaniu problemu rPET-u, jednocześnie otwierając możliwości w kolejnych obszarach badawczych.

Butelki PET poddawane są procesowi rozdrabiania i oczyszczania, co pozwala otrzymać płatki PET, które następnie można przetworzyć do tzw. foli, otrzymując podłoża z rPET (czyli recyklingowanego PET) / fot. Sonia Kotowicz



# ROŚLINY, KTÓRYM METALE NIESTRASZNE

Śląsk, który jeszcze przed kilkunastu laty był najpotężniejszym ośrodkiem przemysłowym w Polsce, mimo zmniejszenia liczby zakładów trucieli i wprowadzeniu obowiązku stosowania odpowiednich filtrów wprawdzie ograniczył emisję szkodliwych substancji do środowiska, nadal jednak boryka się z pozostałościami metali ciężkich, które wciąż zalegają w glebie, wodzie, na górniczych hałdach, w powietrzu. Metale same nie znikną, przyswajane są przez rośliny, którymi żywią się zwierzęta, a te przekazują sobie wzajemnie „nieproszonych lokatorów”; metale nie oszczędzają także ludzi. Gołe składowiska poeksploatacyjne i poprodukcyjne, wokół których wznoszą się osiedla, „obdarzają” ich mieszkańców toksycznymi pyłami. Okazuje się jednak, że istnieją gatunki roślin, które przywiązują się do terenów zanieczyszczonych i występują tylko tam, gdzie stężenie metali ciężkich jest wysokie.



tekst: Maria Sztuka



dr Monika Jędrzejczyk-Korycińska  
Instytut Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska  
Wydział Nauk Przyrodniczych  
Uniwersytet Śląski  
[monika.jedrzejczyk-korycinska@us.edu.pl](mailto:monika.jedrzejczyk-korycinska@us.edu.pl)



fot.: dr Monika Jędrzejczyk-Korycińska









Metalofty „polubiły” m.in. cynk, ołów, nikiel i w wyniku procesów adaptacyjnych i ewolucyjnych znakomicie dostosowały się do życia wśród toksyn. Wykorzystanie tych właściwości to wyzwanie dla naukowców różnych dziedzin. Jedną z technik zyskujących coraz więcej zwolenników jest fitoremediacja (gr. *phytón* – roślina, łac. *remedium* – środek zaradczy), czyli technologia wykorzystująca rośliny w procesie oczyszczania środowiska: gleby, wód gruntowych i powierzchniowych, osadów ściekowych, a także powietrza. Metoda ta wykorzystuje fizjologiczną zdolność niektórych roślin do wykluczania bądź akumulacji zanieczyszczeń obecnych w środowisku. Poligonem badawczym dla botaników, anatomów roślin, embriologów, specjalistów zajmujących się fizjologią roślin i wszystkich, którzy koncentrują swoje badania na ochronie środowiska, są murawy galmanowe (galman to górnicze określenie utlenionych rud cynku). Badacze żartobliwie określają się jako grupa „heavymetalowców”.

W Europie murawy galmanowe objęte są szczególną ochroną, w Polsce zostało ich już niewiele – na Dolnym Śląsku (pozostałości m. in. arsenu) oraz na terenie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej (srebro, ołów, cynk). Stare wyrobiska, hałdy, składowiska odpadów pozostałych po eksploatacji różnego typu złóż czy resztki po wytopie metali (kiedyś na terenie województwa katowickiego funkcjonowało ponad 100 hut) pokryte trawami, porostami i roślinami kwiatowymi, którym metale nie przeszkadzają – dla badaczy są skarbnicą wiedzy.

## ŚLĄSCY „HEAVYMETALOWCY”

Dr Monika Jędrzejczyk-Korycińska z Instytutu Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska Wydziału Nauk Przyrodniczych na Uniwersytecie Śląskim od 2018 roku koordynuje projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej *Dobre praktyki dla wzmacniania bioróżnorodności i aktywnej ochrony muraw galmanowych rejonu śląsko-krakowskiego. BioGalmany*. Prace prowadzone są na murawach galmanowych na hałdzie popłuczkowej kopalni Fryderyk w Tarnowskich Górach, na trzech obszarach w Jaworznie oraz na dwóch murawach znajdujących się w obrębie *Natura 2000* w Bolesławiu: „Pleszczotka” i „Armeria”. Partnerami projektu są gminy: Tarnowskie Góry i Jaworzno. Prace naukowcy zaczęli od wielkich porządków. Aby chronić bioróżnorodność muraw galmanowych, zgodnie z zaleceniami ochronnymi usunięte zostały m.in. gatunki drzewiaste i krzewiaste, które niekorzystnie wpływają na stan siedliska, trwa walka z gatunkami inwazyjnymi i ekspansywnymi, usunięto również nadmiar materii organicznej. Niezwykle istotnym elementem działań jest także inwentaryzacja przyrodnicza, obejmująca gatunki roślin naczyniowych, mchów, porostów oraz zapyłaczy, mrówek i pająków. Resztę przedsięwzięcia przejęły siły natury, a ich poczynania są bacznie monitorowane. Już po roku działania ochronne przyniosły zaskakujące efekty.

– Siedlisko wypełniła pożądana roślinność, bogata i kolorowa – wspomina dr Monika Jędrzejczyk-Korycińska. – Po tejżnie rozmnożyły się: goździki kartuz-

ki, pleszczotki, zawciągi. Przybyło także znacznie gatunków murawowych, światłolubnych, a przy tym takich, które fantastycznie radzą sobie z niedoborem nutrientów. Nie trzeba było też długo czekać na zapyłacz. Jeżeli na murawach galmanowych wzrasta liczba gatunków roślin kwiatowych, rośnie równocześnie poziom bioróżnorodności, a to dla owadów i innych zwierząt oznacza jednoznaczne zaproszenie. W Tarnowskich Górach odkryliśmy zadrzechnię fioletową (znaną także jako czarna pszczoła) – gatunek błonkówki, który uznawany był w Polsce za wymarły. Gatunki roślin murawowych okazały się ucztą dla pszczoły. Niektórych może zaskoczyć wyciągnięcie znacznej liczby drzew i krzewów. Okazuje się jednak, że nie radzą sobie one zbyt dobrze z nadmiarem metali ciężkich w glebie, chorują, o czym najlepiej świadczy ich wygląd. Zniekształcone i usychające, jedynie na czubkach zdołały pokryć się zielonym igliwem. W Tarnowskich Górach na wierzchowinie hałdy dolomitowej rosła tylko sosna, a pod nią turzyca owłosiona. Na powierzchni metra kwadratowego można było odnaleźć zaledwie dwa gatunki roślin, czasem pospolite porosty i mchy. Po usunięciu drzew, na tym samym miejscu odnotowano wkrótce 20–30 gatunków roślin naczyniowych, którym towarzyszyły porosty, mszaki, pojawiły się także różnorodne gatunki zwierząt. Tak więc wycięcie m.in. sosen było koniecznością z ekologicznego punktu widzenia i dla zachowania bioróżnorodności siedlisk muraw galmanowych (siedlisk pod szczególnym nadzorem).

Murawy galmanowe



Zawciąg pospolity



Lepnica rozdęta





## FITOSTABILIZACJA I FITOEKSTRAKCYJA

Eliminacja metali ciężkich czy ograniczenie ich toksycznego wpływu na środowisko są oczywiście możliwe przy zastosowaniu metod fizycznych lub chemicznych. Niestety są to bardzo kosztowne i nie do końca bezpieczne działania. Zdaniem dr Moniki Jędrzejczyk-Korycińskiej najmniej szkodliwą, a przede wszystkim najtańszą jest fitoremediacja, czyli naprawa środowiska za pomocą roślin. Istnieją dwie najważniejsze grupy procesów, które wykorzystują rośliny. Pierwsza to fitostabilizacja. Polega ona na wykorzystaniu takich gatunków roślin, które za pomocą mocno zakotwiczonej w podłożu korzeni nie tylko gromadzą w nich metale ciężkie, ale co najważniejsze – unieruchamiają je. Uwięzione nie przedostają się do części nadziemnych. Gatunki te, poprzez intensywny wzrost ograniczają pylenie toksycznych odpadów metalowych, na których rosną.

Drugim procesem jest fitoekstrakcja, która wykorzystuje rośliny potrafiące wyciągnąć z podłoża bardzo duże ilości metalu i wtłoczyć je do części nadziemnej, m.in. do liści. Tu jednak obowiązuje ścisła specjalizacja, jedne rośliny wyciągają złoto, inne platynę, a jeszcze inne ołów, cynk czy miedź. Kiedy roślina nafaszerowana metalami obumiera, metale pozostają w środowisku, ale są związane w tkankach roślinnych i mogą być wykorzystane. Specjalizuje się w tym fitogórnictwo (ang. *phytomining*), stosując metodę odzyskiwania metali z roślin – określaną jako hiperakumulacja. Nasze rodzime,

niewielkich rozmiarów tobołki czy rzeżuszki nie zaspokoją jednak apetytów na odzysk w skali przemysłowej, ale mogą to uczynić potężne rdestowce czy nawłocie. Badaczka jest jednak sceptyczna. Phytomining oczekuje na rośliny o dużej masie, ale takich gatunków po pierwsze jest niewiele, a ponadto często są niebezpieczne (jak gatunki inwazyjne, które mają niekorzystny wpływ na różnorodność biologiczną).

– Nauka musi rozważyć przyjmować takie wyzwania. Nie należy wprowadzać do środowiska roślin, nad którymi nie będzie można zapanować. Odzysk metali jest ważny, ale dla stabilności całego ekosystemu ważniejsze jest utrzymanie na odpowiednim poziomie bioróżnorodności. Istotna jest stabilizacja terenów zanieczyszczonych metalami ciężkimi poprzez gatunki rodzime, które mogą być dodatkowo wykorzystane w czasie zmieniającego się klimatu – konkluduje badaczka.

## METALOFITY MOGĄ BYĆ WKRÓTCE BARDZO PRZYDATNE

Rośliny, które polubiły metale, radzą sobie w skażonych terenach, nie boją się niedoborów mineralnych, znakomicie przystosowały się do suszy fizjologicznej, a także do potężnej insolacji, czyli dużego nasłonecznienia. Wiele gatunków murawowych, w tym trawy, doskonale dostosowało się do napotkanych trudności, często różnią się od swoich braci z innych regionów kraju, ale nie dały się pokonać. Popularne w Polsce gatunki: rzeżusznik piaskowy, kostrzewa owcza, lepnica roz-

dęta, macierzanka zwyczajna na murawach galmanowych wytwarzają zwykle mniejszą masę, ich liście są niewielkie, cechuje je kseromorficzna budowa, ale świetnie radzą sobie z niską wilgotnością podłoża, dużym nasłonecznieniem, ubóstwem nutrientów i wysokim stężeniem metali ciężkich. Ciekawym przystosowaniem do tak niekorzystnych warunków może być niezwykle rozbudowany system korzeniowy współżyjący z grzybami mikoryzowymi, co pozwala im zwiększać wielokrotnie swoją powierzchnię chłonną, aby zbierać wodę do rośliny. Dodatkowo gatunki, które porastają zanieczyszczone tereny, są zdolne do wielokrotnego powtarzania kwitnienia, dzięki czemu wytwarzają ogromną liczbę nasion, a to daje im przewagę nad innymi gatunkami. Umiejętności te mogą okazać się wkrótce niezwykle przydatne. Zmiany klimatyczne, postępujące ocieplenie i nekujący wszystkie kontynenty niedobór wody poważnie zagrażają środowisku naturalnemu, a niektórym gatunkom roślin i zwierząt zwiastują wyginiecie. Metalofity zachowane w murawach galmanowych stanowią doskonałą pulę genową, którą będzie można wykorzystywać w trudnych dla ekosystemu czasach. Naukowcy domagają się zachowania choćby części tych cennych siedlisk, a ich apel wciela się w życie europejskie dyrektywy. Teren zanieczyszczony, o którym zwykle mówi się w kategoriach neutralizacji i zniszczenia, może się zrehabilitować i posłużyć do pozytywnego wykorzystania – zapewnia dr Monika Jędrzejczyk-Korycińska.

Goździk kartuzek



Rzeżusznik Hallera – roślinny hiperakumulator



Macierzanka zwyczajna





# GRZYBY

## w procesie rewitalizacji obszarów przemysłowych



tekst: Maria Sztuka

Zmiany klimatyczne stały się faktem, a ich efekty odczuwają mieszkańcy całego globu. Szczególnie niebezpieczne są długotrwałe susze, które nie tylko negatywnie oddziałują na rozwój roślin, ale także stają się powodem wielu groźnych dla nich chorób. Intensywne stosowanie nawozów i pestycydów czy melioracja, mające wspomóc produkcję rolniczą, okazały się wielce szkodliwe dla gleby, a w wielu miejscach doprowadziły do jej degradacji. Z brakiem właściwego nawodnienia boryka się duża część świata, a proces pustynnienia zaczyna zagrażać wszystkim kontynentom. Rezultaty badań interdyscyplinarnych zespołów naukowych, których uwaga koncentruje się na przeciwdziałaniu dewastacji przyrody i przywracaniu niezbędnej do życia bioróżnorodności, są nie tylko pilnie śledzone, ale także w miarę możliwości natychmiast stosowane.



Śląsk ze względu na specyfikę eksploatacji złóż naturalnych jest potężnym polem badawczym. Składowiska odpadów powydobywczych (hałdy górnicze) stały się swoistymi laboratoriami dla specjalistów z zakresu roślinności terenów miejskich, obszarów przemysłowych, fizjologii roślin i mikrobiologii gleby, w tym specjalistów zajmujących się badaniem mikoryz. Naukowcy poszukują w hałdach przyczyn przemian szaty roślinnej pod wpływem antropopresji, a także wskazówek dotyczących wspomagania procesu rewitalizacji obszarów przemysłowych.

Hałdy same nie znikną, pozostawione bez ingerencji człowieka są źródłem znacznego zagrożenia dla wód powierzchniowych i głębinowych oraz powietrza atmosferycznego, mają więc decydujący wpływ na zmiany klimatyczne i jakość życia na Ziemi. Od wielu lat naukowcy z Instytutu Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego prowadzą badania, których celem jest opracowanie najskuteczniejszych metod rekultywacji i zagospodarowania hałd. Zespół badawczy pod kierunkiem dr hab. Gabrieli Woźniak, prof. UŚ zakończył realizację wieloletniego projektu badawczego (*System wspomagania rewitalizacji zwałowisk odpadów pogórnich przy użyciu narzędzi geoinformacyjnych*), specjaliści różnych dyscyplin skupili się na rozpoznaniu spontanicznie zachodzących na terenie zwałowisk procesów biologicznych, co pozwoliło na wskazanie sposobów ich wzmocnienia i przyspieszenia.

Próbki pobrane z hałd zawierają bardzo bogaty materiał badawczy, a ponieważ rośliny żyjące na zwałowiskach odpadów pogórnich zmagają się z podobnymi problemami, co rośliny występujące na obszarach pustynniejących, muszą więc walczyć o przeżycie w warunkach stresu związanego z niedoborem wody, mikroelementów i substancji pokarmowych, efekty badań (dotyczących m.in. relacji roślinności, jej bogactwa, różnorodności, biomasy i podłoża) mogą być wykorzystane w odniesieniu do równie trudnych terenów, na różnych kontynentach.

Jednym z efektów badawczych było wyróżnienie szczególnej roli grzybów w procesie rewitalizacji. To zadanie mikrobiologa dr. Franco Magurno, którego

zainteresowania naukowe koncentrują się wokół zagadnień związanych z mikoryzą, czyli zjawiskiem polegającym na współżyciu korzeni lub nasion roślin naczyniowych z grzybami. Po wyizolowaniu ich ze zwałowisk mikrobiolog udowodnił, że ich szczepy mogą być stosowane na innych terenach.

Szczególną uwagę naukowiec skupił na mikoryzie arbuskularnej, czyli zjawisku, kiedy grzybnia w postaci tzw. strzępek wnika do środka komórek korzenia roślin. Charakterystyczne w tym typie mikoryzy są arbuskule wytwarzane jako boczne odgałęzienia strzępek grzyba wewnątrz komórek roślinnych. Mają one drzewkowaty kształt i są ściśle otoczone roślinną błoną komórkową, co znacznie zwiększa powierzchnię stanowiącą strefę wymiany substancji między partnerami. Zdaniem dr. F. Magurno mikoryza arbuskularna jest najbardziej pierwotnym typem symbiozy mikoryzowej, która powstaje między grzybami a roślinami, prawdopodobnie to dzięki niej rośliny wyszły na ląd.

– Bez tych grzybów rośliny nie dałyby rady skolonizować lądu. Okazuje się, że sporą część genomu roślin stanowią geny odpowiedzialne za syntezę białek, które odpowiadają za zwabienie grzybów w pobliże korzeni roślin. Z punktu widzenia po-

ślin mikoryzy są bardzo ważne, pomagają im przetrwać w trudnych warunkach, np. suszy czy braku mikroelementów – wyjaśnia mikrobiolog.

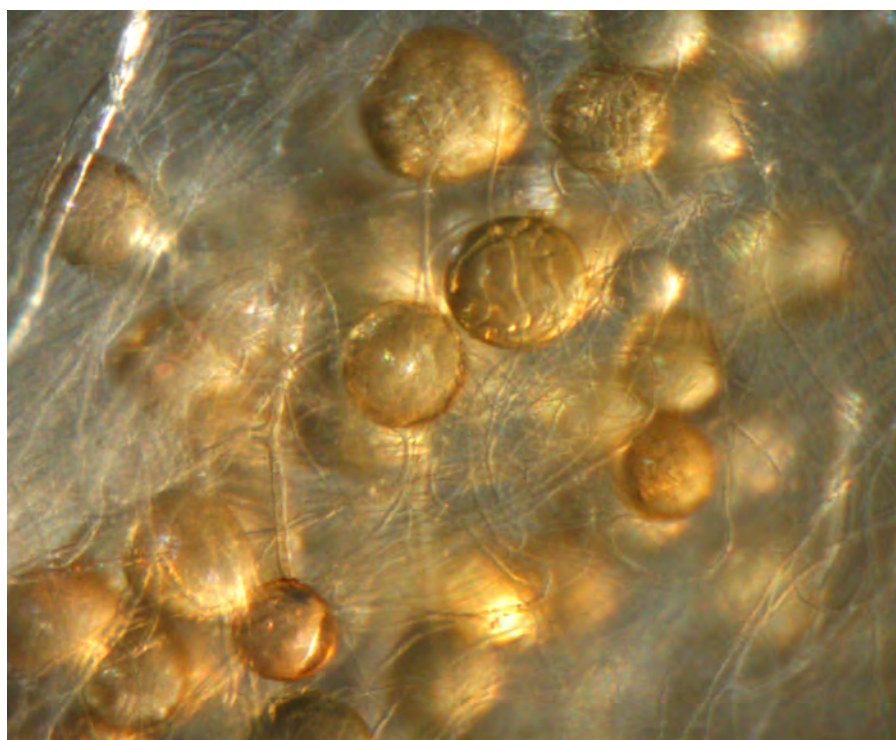
Jedną z najważniejszych cech grzybów arbuskularnych jest ich zdolność zapobiegania infekcjom ze strony grzybów patogenicznych, potrafią one bronić rośliny przed wieloma groźnymi chorobami.

Do atlasu grzybów arbuskularnych dołączył *Rhizoglyphus silesianum*. Dr Franco Magurno wyizolował go z materiałów pozyskanych na hałdzie kopalni Makoszo-wy, w środowisku, gdzie jest duże zasolenie i mała ilość wody, czyli w warunkach, jakie panują w stresie suszy. *Rhizoglyphus silesianum* może zastąpić nawozy sztuczne i pestycydy, ponieważ „produkcja” od zaszczerpienia siewek roślin grzybem do jego namnożenia trwa ok. 3 miesiące, a w glebie rozmnaża się już sam. Dla sektora rolniczego to prawdziwy rarytas.



dr Franco Magurno  
Instytut Biologii, Biotechnologii  
i Ochrony Środowiska  
Wydział Nauk Przyrodniczych  
Uniwersytet Śląski  
franco.magurno@us.edu.pl

*Rhizoglyphus silesianum* / fot. Franco Magurno







tekst: dr Małgorzata Kłoskowicz

# ROŚLINY I BAKTERIE RATUNKIEM DLA SKAŻONEJ GLEBY



dr Magdalena Pacwa-Płociniczak  
dr hab. Tomasz Płociniczak, prof. UŚ  
Instytut Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska  
Wydział Nauk Przyrodniczych  
Uniwersytet Śląski  
[magdalena.pacwa-plociniczak@us.edu.pl](mailto:magdalenapacwa-plociniczak@us.edu.pl)  
[tomasz.plociniczak@us.edu.pl](mailto:tomasz.plociniczak@us.edu.pl)





Wyobraźmy sobie, że doszło do wycieku oleju opałowego w domu jednorodzinym. W wyniku tego zdarzenia zanieczyszczony został teren zlokalizowany pod budynkiem. Obiekt okopano, następnie za pomocą systemu drenażowego wprowadzono do gleby odpowiednio wyselekcjonowane bakterie, by potem przez kilka miesięcy monitorować stopniowe oczyszczanie ziemi. To fiński przykład stosowania biologicznych metod oczyszczania skażonych terenów. Na Uniwersytecie Śląskim metody te rozwijają dr Magdalena Pacwa-Płociniczak oraz dr hab. Tomasz Płociniczak, prof. UŚ.





## BIOLOGICZNE METODY OCZYSZCZANIA

Nie jest tajemnicą, że zarówno bakterie, jak i niektóre gatunki roślin są w stanie przetrwać w najbardziej niesprzyjających, wręcz ekstremalnych warunkach. Do takich miejsc z pewnością należą tereny skażone różnymi związkami organicznymi i nieorganicznymi, w tym węglowodorami czy metalami ciężkimi. Z badań wynika, że niektóre organizmy znakomicie radzą sobie w takim środowisku... oczyszczając je w naturalny sposób z zanieczyszczeń.

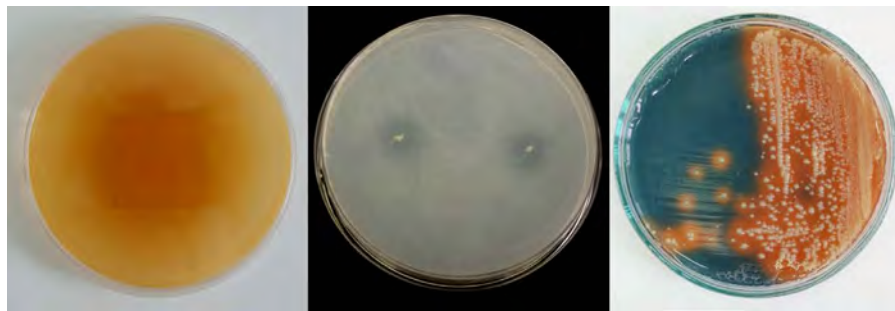
Naukowcy próbują poznać te niezwykle umiejętności pewnych szczepów bakterii czy wybranych gatunków roślin, aby stworzyć z nich jedyny w swoim rodzaju „arsenał” wspierający proces remediacji skażonych terenów.

Dr Magdalena Pacwa-Płociniczak w jednym z realizowanych przez siebie projektów zajmowała się analizą możliwości wykorzystania różnych szczepów bakterii w oczyszczaniu gleby ze związków organicznych. Biolożka izolowała bakterie, aby następnie w laboratorium sprawdzać, które z nich mają największy potencjał w bioremediacji oraz w jaki sposób są w stanie przetrwać w nawet bardzo trudnych warunkach.

– Zainteresowania mojego męża są podobne. Wiedziałam, że od dłuższego czasu bada rośliny mogące również wspomagać interesujące mnie procesy. Połączyliśmy siły i zaczęliśmy wspólnie pracować nad udoskonaleniem naturalnych, biologicznych metod oczyszczania terenów skażonych związkami organicznymi i nieorganicznymi z wykorzystaniem mikroorganizmów i odpowiednio dobranych gatunków roślin – mówi badaczka.

Naukowcy z Uniwersytetu Śląskiego z jednej strony prowadzą więc badania, udoskonalając znane metody, z drugiej – intensywnie współpracują z firmami, prywatnymi właścicielami czy jednostkami samorządowymi, aby wykorzystać zdobytą wiedzę w praktyce i na tej podstawie proponować najlepsze rozwiązania dopasowane do potrzeb klienta. Najważniejsze jest poszukiwanie możliwie najbezpieczniejszej dla środowiska naturalnego drogi, która w sposób nieinwazyjny pozwoli oczyścić skażony obszar.

Nie ma dwóch takich samych obszarów,



Po lewej: zdolność do wytwarzania kwasu cyjanowodorowego (pomarańczowe zabarwienie bibuły).

W środku: rozpuszczanie fosforanu trójwapniowego (strefy przejaśnień wokół kolonii).

Po prawej: zdolność do wytwarzania sideroforów wiążących żelazo (pomarańczowe zabarwienie wokół kolonii) / fot. Tomasz Płociniczak

## „ZESTAW” MIKROORGANIZMÓW NA ZAMÓWIENIE

jeśli chodzi o rodzaj i stężenie zanieczyszczeń. Każde środowisko ma też pewien unikatowy „zestaw” mikroorganizmów dostosowujących się do zastanych warunków. To ważna odpowiedź natury. Co więcej, na takim terenie mogą rosnąć również różne gatunki roślin przyspieszające i wspomagające proces remediacji. Do tego pakietu wiedzy wystarczy jeszcze dodać odrobinę pomysłowości, aby zaproponować skuteczne, bezpieczne dla środowiska rozwiązanie.

– Kiedy zgłasza się do nas właściciel obszaru przeznaczonego do oczyszczania i jest zainteresowany zastosowaniem biologicznych metod oczyszczania, najpierw musimy dokładnie zbadać wskazany teren i zastanowić się, jaki „zestaw” zaoferować – mówi dr Magdalena Pacwa-Płociniczak.

Jedną z osób, z którą współpracowali naukowcy, poprosiła o zaprojektowanie rozwiązania dla zanieczyszczonego obszaru zlokalizowanego w województwie opolskim.

– Co ciekawe, była to osoba znająca potencjał metod bioremediacyjnych. Może dlatego nie musieliśmy jej przekonywać do zalet wynikających ze stosowania naturalnych technik – dodaje prof. Tomasz Płociniczak.

Najpierw zostały pobrane i zbadane próbki gleby. Naukowcy musieli zidentyfikować rodzaje zanieczyszczeń i ich stężenia oraz sprawdzić, jakie mikroorganizmy występują na tym terenie.

– To jedno z najważniejszych pytań. W opracowywanej metodzie staramy się bowiem korzystać z tych mikroorgani-

zmów, które już zamieszkują dany teren. Wprowadzenie innych mogłoby doprowadzić do lokalnych „walk” i przyczynić się tym samym do obniżenia skuteczności metody – wyjaśnia dr Magdalena Pacwa-Płociniczak.

Omawiany przypadek wymagał dodatkowo konsultacji z geologiem. Okazało się, że znajdująca się w pobliżu instalacja utraciła szczelność i zanieczyszczenia nieustannie napływały, sprawiając, że stężenie substancji zanieczyszczających glebę rosło. Jednorazowe oczyszczenie tego terenu nie przyniosłoby więc spodziewanych i trwałych rezultatów.

Znając odpowiedzi na najważniejsze pytania, prof. Tomasz Płociniczak zaproponował zbudowanie sześciu specjalnych studni.

– Gromadziła się w nich zanieczyszczona woda z wyznaczonego obszaru. Tam też aplikowaliśmy pożyteczne mikroorganizmy wyizolowane z tego terenu, o których wiedzieliśmy, że potrafią rozkładać zanieczyszczenia organiczne. Woda była również napowietrzana i podgrzewana, aby warunki sprzyjały namnażaniu wyselekcjonowanych przez nas organizmów – tłumaczy naukowiec.

Oczyszczoną w ten sposób wodę rozlewano następnie na skażonym terenie. Woda infiltrowała glebę i wraz z kolejnymi zanieczyszczeniami trafiała ponownie do studni, a cały proces zaczynał się od początku.

– Zaproponowaliśmy zatem układ zamknięty biologicznego oczyszczania gleby skażonej substancjami organicznymi, z zastosowaniem wody jako nośnika zanieczyszczeń i zarazem pożytecznych bakterii – dodaje prof. Tomasz Płociniczak.



## OKIEŁZNAĆ NATURĘ

Biologiczne metody oczyszczania terenów skażonych związkami organicznymi i nieorganicznymi są wciąż mało popularne w naszym kraju. Biolodzy z Uniwersytetu Śląskiego bez wahania wskazują cztery czynniki, które mogą mieć na to wpływ.

Po pierwsze: nie jest to rozwiązanie uniwersalne. Naukowcy nie stosują gotowych biologicznych „szczepionek”, choć i takie są przecież dostępne na rynku. Każdy przypadek traktują indywidualnie, muszą najpierw zbadać skażony obszar pod kątem rodzaju i stężenia zanieczyszczeń oraz występujących w nim mikroorganizmów. Zdarza się, że specyfika terenu wymaga dodatkowych konsultacji, jak w przypadku z województwa opolskiego, co może generować dodatkowe koszty. To rozwiązania szyte na miarę, cena idzie więc w parze z jakością.

Po drugie: działanie mikroorganizmów i roślin wymaga czasu. Zdarza się, że klient może poczekać na efektywność metody biologicznej. Rekultywowana hałda przeznaczona na te-

reny rekreacyjne dla mieszkańców nie musi być udostępniona w ciągu jednego miesiąca, jej przygotowanie może potrwać nawet kilka lat, jeśli nadrzędną wartością jest troska o środowisko naturalne. Inaczej jest z właścicielami, którzy chcą jak najszybciej rozpocząć realizację swoich planów.

– Co robią? Wynajmują ciężarówkę i wykonują kilkaset kursów z zanieczyszczoną ziemią, przewożą ją w inne miejsce. Następnie w miejsce to przewozi się nieskażoną glebę. Takie działanie z pewnością zajmuje mniej czasu, ale jest droższe i przede wszystkim zaburza naturalną równowagę biologiczną. Co zyskujemy w zamian? Wybrana ziemia nie znika, musi gdzieś trafić, a ponadto rzadko zdarza się, aby skażony był tylko teren przeznaczony na przykład pod budowę obiektów. Z czasem szkodliwe związki organiczne czy nieorganiczne z powrotem dotrą różnymi naturalnymi drogami do tego miejsca, a właściciel terenu wróci do punktu wyjścia – komentuje prof. Tomasz Płociniczak.

Po trzecie: skuteczność. Naukowcy mają świadomość wyzwania, jakie wiążą się

ze stosowaniem biologicznych metod oczyszczania terenów skażonych.

– Nie do końca jesteśmy w stanie okiełznać naturę. „Do pracy” angażujemy rośliny i/lub mikroorganizmy. Badania trwają, wciąż poznajemy mechanizmy pozwalające organizmom przetrwać w skażonej glebie. Proces bioremediacji musi być więc monitorowany i może wymagać stosowania różnych usprawnień czy modyfikacji. Jesteśmy na to przygotowani – mówi dr Magdalena Pacwa-Płociniczak.

A nade wszystko: świadomość. Naukowcy z żalem przyznają, że troska o środowisko naturalne w wielu miejscach na świecie, w tym w Polsce, to niestety wciąż raczkujący temat.

– Chcielibyśmy wierzyć, że w przyszłości nikogo nie trzeba będzie przekonywać do przewagi metod biologicznych nad chemicznymi i fizycznymi. Naturalne sposoby remediacji terenów skażonych są wybierane zgodnie ze specyfiką danego obszaru, nie zmieniają jego charakteru i wreszcie przyczyniają się do zachowania cennej bioróżnorodności – podsumowują biolodzy z Uniwersytetu Śląskiego.

Fot. Pressmaster – Freepik.com





# PROBLEMY UTYLITARNE POD KONTROLĄ SZTUCZNEJ INTELIGENCJI





**W ciągu ostatnich dziesięcioleci technologia i działalność IT całkowicie zdominowały światowy rynek pracy. Rzeczywistość wirtualna będąca wytworem człowieka nie jest już przez niego kontrolowana tak ściśle, jak czyni to sztuczna inteligencja. Wiele algorytmów wykonuje ciąg zadań, by jak najbardziej usprawnić pracę człowieka. Wśród obszarów ich działalności na szczególną uwagę zasługuje ekologiczne gospodarowanie odpadami, które wymaga interdyscyplinarnego podejścia, zapewniającego wysoką efektywność przepływów surowców, półproduktów i produktów gotowych od miejsca konsumpcji do miejsc pochodzenia.**



tekst: Katarzyna Stołpiec



mgr inż. Krzysztof Szwarz  
Instytut Informatyki  
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych  
Uniwersytet Śląski  
krzysztof.szwarz@us.edu.pl

René Descartes (znany w Polsce jako Kartezjusz), francuski filozof i matematyk żyjący w XVII wieku przewidział, że w przyszłości maszyny będą w stanie podejmować decyzje i funkcjonować na podobieństwo człowieka. Z dzisiejszej perspektywy można przyznać myślicielowi rację. Sztuczna inteligencja dysponuje wielkim zasobem informacji, który przetwarza i podaje człowiekowi jako gotowy produkt powstały za pomocą jednego kliknięcia myszki. Jednym z przykładów zastosowania AI (ang. *Artificial Intelligence*) jest użycie jej jako inteligencji obliczeniowej w logistyce zwrotnej, stanowiącej bardzo ważny i nieodłączny element wchodzący w zakres zainteresowań ekologii.

Mgr inż. Krzysztof Szwarz, doktorant z Instytutu Informatyki Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, na co dzień zajmuje się zastosowaniem metod inteligencji obliczeniowej w procesie rozwiązywania zróżnicowanych problemów utylitarnych, do których należy interdyscyplinarne zagadnienie planowania mobilnej zbiórki odpadów, leżące w obszarze zainteresowań logistyki zwrotnej.

– To dzięki algorytmom sztucznej inteligencji możliwe jest efektywne skonstruowanie listy punktów, od których należy odebrać stary lub zużyty sprzęt, i ułożenie w harmonogram wszystkich tras przejazdu w taki sposób, by przy oszczędności czasu i kilometrów (jednocześnie redukując – skorelowaną z długością trasy – emisję CO<sub>2</sub>) dojechać do każdego miejsca zgłoszenia – mówi naukowiec.

Składowanie elektrośmieci jest mało popularną metodą gospodarowania od-

padami. Parlament Europejski bije na alarm, że w wielu krajach członkowskich sprzęt elektryczny i elektroniczny jest poddawany recyklingowi w mniejszym stopniu niż 40%. Statystyki Polski z roku na rok rosną, w dalszym ciągu jednak nie udało się przekroczyć tego stosunkowo niskiego progu.

Ten typ odpadów jest coraz bardziej dotkliwym problemem na całym świecie. Rynek technologiczny wprowadzający do zakupu coraz to nowsze sprzęty napędza popyt i konsumpcję, a przy tym wpływa na rosnącą ilość wyrzucanego przestarzałego sprzętu. Każdy lubi pracować na nowym komputerze czy smartfonie, który jest ładny, szybki i wyposażony w najnowsze aplikacje mogące usprawnić wykonywaną pracę czy po prostu umilać samo korzystanie z niego. Atrakcyjność nowych produktów jest niestety jednym z powodów, dla których używane dotąd sprzęty są wymieniane na nowsze modele, mimo iż część z nich jest jeszcze sprawna. Przemiał konsumpcyjny jest szybszy niż proces starzenia produktów.

– Decydując się na zakup nowego sprzętu, warto pamiętać o odpowiedzialności społecznej, mając przy tym na względzie potencjalne marnotrawstwo urządzeń lub surowców, z których są wykonane. Często nieużywany sprzęt trafia na dno szuflady. Z ekologicznego punktu widzenia korzystniejsze wydaje się np. odsprzedanie nieużywanej już elektroniki lub przekazanie jej do specjalistycznej utylizacji pozwalającej na odzyskanie części komponentów, które mogą być z po-

żytkiem dalej wykorzystywane – mówi mgr inż. Krzysztof Szwarz.

Jednym z rozwiązań, jakie umożliwia sztuczna inteligencja, jest zastosowanie metaheurystyk pozwalających na dokonanie optymalizacji planu przejazdu zbiórki oddawanego sprzętu. Uwzględniają one zróżnicowane ograniczenia, takie jak posiadany tabor samochodowy, czas dojazdu oraz całą procedurę załadunku i wyładunku. Po otrzymaniu najważniejszych informacji są one w stanie wydać precyzyjne rozwiązanie gwarantujące wysoki poziom obsługi klienta.

– By użytkownik chciał wydać swój stary sprzęt do specjalistycznego punktu, musi się czuć do tego zachęcany – opowiada doktorant. – Sam komunikat o ochronie środowiska to niestety za mało. Pomimo tak licznych kampanii propagujących ekologię niewielu ludzi decyduje się na ten sposób gospodarowania zużytym sprzętem. By ich do tego zachęcić, organizuje się zbiórki mobilne, podczas których następuje uwzględnienie tzw. okien czasowych, czyli przedziałów czasowych, w których możliwe jest dokonanie odbioru sprzętu.

Jak się okazuje, sztuczna inteligencja wspomaga działalność człowieka proporcjonalnie do jego wysiłku. Bez ludzkiego czynnika sama wirtualna przestrzeń nie jest w stanie sprostać wszystkim oczekiwaniom stawianym dzisiaj przez świat. Pomimo tych zależności AI daje możliwości, które z kolei byłyby niewykonalne bez jej udziału. Oby współpraca ludzkiej inteligencji z *Artificial Intelligence* przynosiła korzyści, które będą czyniły ten świat lepszym i czystszy.





# ENERGIA MECHANICZNA W SŁUŻBIE EKOLOGII

Podczas podróży samochodem z reguły nie uświadamiamy sobie, że za nasz komfort jazdy odpowiadają w znacznej mierze amortyzatory. Dość szybko jednak orientujemy się, kiedy przestają one spełniać swoje podstawowe zadanie, którym jest pochłanianie i rozpraszanie drgań mechanicznych powstających w trakcie jazdy. A gdyby tak zmienić podejście i zamiast rozpraszać niechciane drgania, spróbować je wykorzystać, a tym samym zwiększyć efektywność energetyczną samochodu?

Nad taką koncepcją pracują naukowcy z Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach oraz z czterech innych instytucji z Hiszpanii, Ukrainy, Wielkiej Brytanii i Włoch. Skład konsorcjum uzupełnia – jako partner technologiczny – amerykańska firma Tenneco. Projekt „Electro-Intrusion” realizowany jest w ramach prestiżowego konkursu FET Proactive i finansowany z funduszy programu Unii Europejskiej Horyzont 2020. Zespół badawczy na UŚ tworzą naukowcy z Wydziału Nauk Ścisłych i Technicznych: dr hab. Mirosław Chorażewski, prof. UŚ (jako kierownik), dr Alexander Lowe oraz dr hab. Monika Geppert-Rybczyńska, prof. UŚ.

Podstawowym celem projektu jest stworzenie prototypu samochodowego amortyzatora regeneracyjnego, który będzie pochłaniał energię mechaniczną (pochodzącą z wibracji występujących podczas poruszania się pojazdu) i przekształcał ją – wraz z energią cieplną pobieraną z otocze-

nia – w energię elektryczną. Konwersję umożliwiają następujące po sobie zjawiska intruzji i ekstruzji, zachodzące pomiędzy zastosowanym hydrofobowym ciałem stałym a niezwilżającą cieczą.

Wyobraźmy sobie poruszający się samochód. Jego przemieszczaniu zawsze będą towarzyszyły wibracje mechaniczne, które niosą ze sobą określoną ilość energii. Zostanie ona pochłonięta przez zawiesinę cieczy i ciała stałego wewnątrz amortyzatora i spowoduje wypychanie cieczy do nanoporowatego ciała stałego, czyli wspomnianą intruzję. Ciecz i ciało stałe różnią się budową molekularną i charakteryzują się silnymi odpychającymi oddziaływaniami. Dlatego intruzja wymaga dostarczenia energii mechanicznej, która w przypadku naszego urządzenia pobierana byłaby z wibracji. Energia ta po przekształceniu w energię elektryczną będzie za mała, by utrzymać ciecz w nanoporach, dlatego układ

bardzo szybko powróci do naturalnego stanu wyjściowego, co nazywamy ekstruzją. Właściwa konwersja energii mechanicznej w elektryczną będzie z kolei możliwa dzięki zjawisku nanotryboelektryzacji, w wyniku której ładunek elektryczny jest wytwarzany jako efekt tarcia w nanoskali, do jakiego dojdzie pomiędzy cieczą a ciałem stałym podczas następujących po sobie procesów intruzji i ekstruzji. Tak wytworzony prąd elektryczny zasili akumulator, pozwalając zwiększyć efektywność energetyczną w trakcie jazdy. Samochody elektryczne wyposażone w amortyzatory regeneracyjne zwiększą swój zasięg, natomiast w tradycyjnych pojazdach z silnikami spalinowymi zmniejszy się zużycie paliwa.

– Do tej pory skupialiśmy się – właściwie wciąż to robimy – na szukaniu rozwiązań pozwalających na jak najefektywniejsze rozproszenie energii pochodzącej z wibracji, aby w ten sposób ograniczyć stopień uszkodzeń, które ciągłe drgania





mogą spowodować – mówi dr Alexander Lowe. – To, nad czym my pracujemy, to naprawdę nowa idea, zupełnie nowy sposób myślenia o tym problemie. Ponieważ operujemy w świecie w skali nano, wciąż nie do końca rozumiemy wszystkie zachodzące w nim zjawiska. Dlatego też poza tym, że próbujemy zaprojektować konkretne urządzenie, staramy się także dobrze zrozumieć i opisać zachodzące procesy fizyczne, które chcemy wykorzystać. Akurat nanotryboelektryzacja jest jednym z najtrudniejszych do zrozumienia procesów, ze względu na skalę, w której zachodzi, a także na konieczność wykorzystania specjalistycznej i unikalnej aparatury w połączeniu z symulacjami komputerowymi.

Zespół naukowców z Uniwersytetu Śląskiego, analizując zjawiska zachodzące na styku nanoporowatego ciała stałego i cieczy, na których w przyszłości będzie bazował projektowany amortyzator, stara się określić, jakie materiały będą w tym kontekście naj-

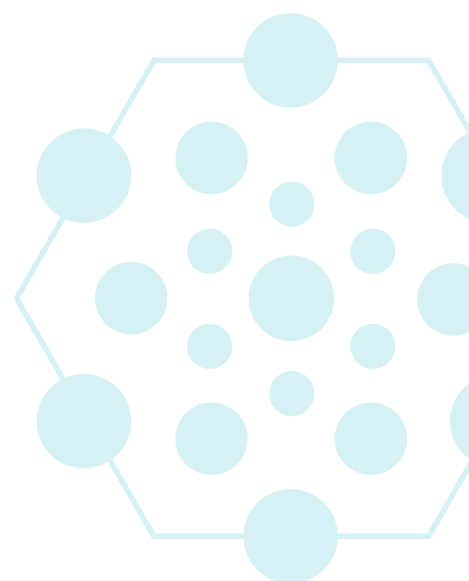
lepsze. Istotne jest także określenie, jakie ilości energii mechanicznej (pochodzącej z wibracji) i energii cieplnej (pochodzącej z otoczenia), są niezbędne, by układ pracował wydajnie.

– Dane Europejskiej Agencji Środowiska mówią, że spadek całkowitego zużycia energii elektrycznej o 4 proc. do roku 2050 można osiągnąć poprzez zainstalowanie amortyzatorów regeneracyjnych w samochodach miejskich. Wstępnie szacujemy, że nanotryboelektryczne amortyzatory regeneracyjne mogą przynieść spadek zużycia paliwa o około 9 proc. – przekonuje dr hab. Mirosław Chorążewski, prof. UŚ.

– Projekt potrwa do 2024 roku i w tym czasie mamy realną szansę zbudować działający prototyp amortyzatora. Potem to już zadaniem inżynierów będzie przekształcenie wyników naszych prac badawczych w produkt o finalnym wyglądzie i parametrach – podsumowuje dr Alexander Lowe.



dr hab. Mirosław Chorążewski, prof. UŚ  
Instytut Chemii  
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych  
Uniwersytet Śląski  
miroslaw.chorazewski@us.edu.pl







Zero waste to idea nawiązująca do zmiany sposobu naszego myślenia i funkcjonowania w środowisku. Zwraca uwagę, że aktywność człowieka powinna wiązać się z odpowiedzialnością za to, jak żyje i jakie konsekwencje dla planety ma jego działalność.

→ str. 4

”



**NO**  
limits

[www.us.edu.pl](http://www.us.edu.pl)

+48 32 359 19 64

[www.facebook.com/UniwersytetSlaski](https://www.facebook.com/UniwersytetSlaski)

