

PLASTIK W RZEKACH

MACIEJ LIRO
JUSTYNA LIRO
PAWEŁ MIKUŚ
BARTŁOMIEJ WYŻGA

1 | Plastik jako nowy typ osadów
rzecznych – cząstki makroplastiku wśród
osadów organicznych i mineralnych
fot. Maciej Liro

CZĄSTKI PLASTIKU
cząstki odpadów plastikowych
obecnych w środowisku.
W zależności od wielkości przyjęto umowny
podział cząstek plastiku na:
mikroplastik (< 1 mm lub < 5 mm),
mezoplastik (> 1 mm lub > 5 mm)
i makroplastik (> 5 mm lub > 25 mm)
(Hurley i in. 2020)

ANTROPOCEN
najmłodsza epoka geologiczna charakte-
ryzująca się znaczącym, niewystępującym
wcześniej, wpływem człowieka na środowisko
naturalne. Za początek tej epoki uznaje się
różne daty od początków rolnictwa neoli-
tycznego (10 000–4000 p.n.e.) do lat 40.
ubiegłego stulecia
SEDYMENTOLOGIA
nauka zajmująca się analizą osadów
(np. rzecznych lub morskich)



Woreczki foliowe przyцепione do drzew i plastikowe butelki unoszące się na wodzie stały się w ostatnich latach częścią krajobrazu rzecznoego. Masowa produkcja plastiku i związana z nią dostawa plastikowych odpadów do środowiska rozpoczęła się w latach 60. ubiegłego stulecia. Od tamtego czasu obecność **cząstek plastiku*** stwierdzono w wodach morskich i śródlądowych całego globu. W związku z dającym się precyzyjnie określić momentem zapoczątkowania emisji plastikowych odpadów do środowiska oraz wspomnianą powszechnością tego zjawiska obecność plastiku w osadach uznano za jeden ze wskaźników nowej epoki geologicznej – **antropocenu***. Oprócz rozpoznania znaczenia cząstek plastiku dla rekonstrukcji **sedymologicznych*** potwierdzono, że jego obecność w środowisku wpływa negatywnie na zdrowie ludzi i zwierząt (dotyczy szczególnie mikroplastiku) oraz pogarsza estetykę krajobrazu (zwłaszcza makroplastik). Problem ten jest istotny, ponieważ **do roku 2050 przewidywany jest sześciokrotny wzrost produkcji plastiku.**

W tym artykule pokazujemy, jak można wykorzystać istniejącą wiedzę o funkcjonowaniu środowiska rzecznoego w prognozowaniu sposobu transportu i miejsc depozycji dużych cząstek plastiku (tzw. **makroplastiku**) w rzekach, co może pomóc w planowaniu infrastruktury i działań mających na celu usunięcie tego typu odpadów z rzek. W ten sposób człowiek może się przyczynić do poprawy zdegradowanego stanu ekologicznego rzek i krajobrazu rzecznoego.

EROZJA

proces niszczenia powierzchni ziemi przez wodę, wiatr, słońce, siłę grawitacji i działalność organizmów

ZLEWNIA RZEKI

obszar łądu, z którego opady są odprowadzane do danego ciek

AKUMULACJA

proces gromadzenia się osadów mineralnych (np. okruchów skał) lub organicznych (np. szczątki roślin lub zwierząt). Zachodzi na skutek działania wody, wiatru, siły grawitacji i działalności organizmów

Rzeki są korytarzami, którymi materiał **erodowany*** na łądach jest transportowany do mórz i oceanów. Rodzaj tego materiału i sposób jego transportu z biegiem rzeki zależą od uwarunkowań fizycznogeograficznych (np. budowa geologiczna, klimat) i sposobu gospodarowania przez człowieka na obszarze **zlewni rzeki***. Plastik może trafić do rzeki na skutek działań człowieka (np. zaśmiecanie terenów nadrzecznych, nieprawidłowa gospodarka ściekami) oraz czynników naturalnych (np. powódź, wiatr). Od momentu, w którym plastik po raz pierwszy trafi do rzeki, rozpoczyna się możliwość jego dalszego transportu z wodami rzecznoymi oraz depozycji na osadach rzecznych i roślinności nad-

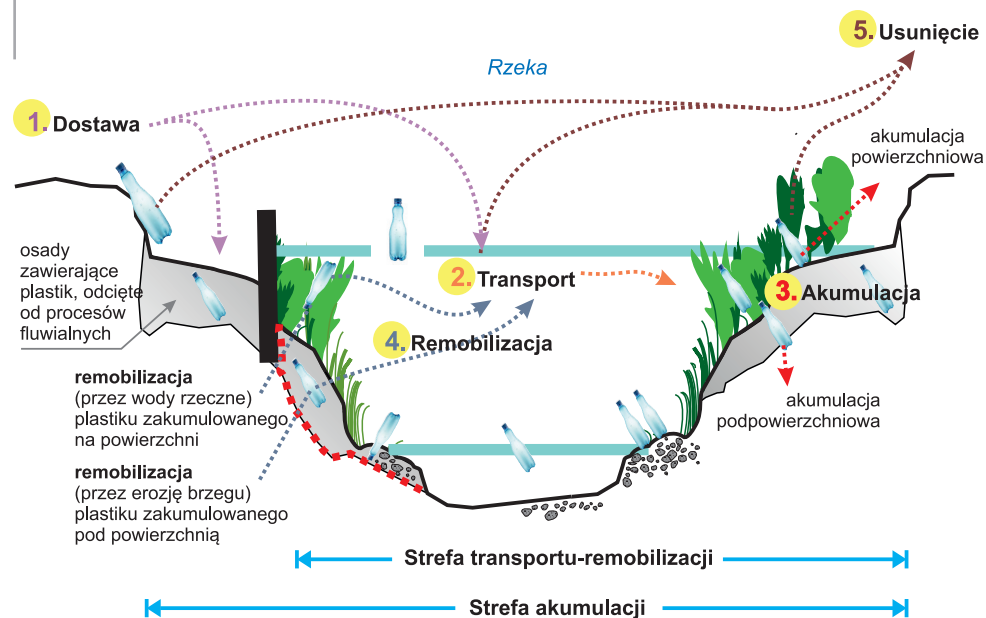
rzecznej (tzw. **akumulacja*** powierzchniowa). Z upływem czasu zdeponowane cząstki plastiku mogą być pokrywane nowymi osadami transportowanymi przez rzekę i przestają być widoczne na powierzchni (tzw. akumulacja podpowierzchniowa). Zapisem takiego zjawiska są widoczne w podcięciach brzegów rzeki warstwy osadów mineralnych (np. piasku, żwiru) zawierające fragmenty plastiku, jak na przykład foliowe woreczki. Obecność plastiku w osadach stwarza możliwość jego ponownego uruchomienia (tzw. remobilizacja), na przykład podczas erozji brzegu rzeki w trakcie powodzi. Usunięcie plastiku z konkretnego odcinka rzeki może następować na skutek działań człowieka (np. instalacji specjalnych łapaczy do dużych cząstek plastiku, akcji sprzątania terenów nadrzecznych) lub w efekcie naturalnego

transportu cząstek plastiku przez wody rzeczne. Istotnym problemem występującym podczas transportu plastiku w rzece jest jego **fragmentacja wywołana czynnikami mechanicznymi i biochemicznymi**, ponieważ powoduje emisję mikroplastiku, którego cząstki mogą następnie migrować poza środowisko rzeczne w organizmach żywych lub z wiatrem czy wodami gruntowymi.

stiku znajduje się w danej objętości osadu rzecznoego czy wody płynącej w rzece. Dodatkowo, w połączeniu z informacjami historycznymi ze zdjęć lotniczych i map przedstawiających przebieg koryta rzeki w przeszłości, można w dolinie rzecznej wyznaczyć strefy ze spodziewaną obecnością osadów zanieczyszczonych plastikiem oraz określić prawdopodobieństwo ich przyszłej remobilizacji podczas powodzi.

Używając dostępnych metod analiz osadów rzecznych można z dużą precyzją określić moment emisji plastiku do środowiska i względną intensywność tego zjawiska oraz oszacować, jaka ilość pla-

2 | Procesy występujące podczas przemieszczania się plastiku w rzece



3 | Dzięki wysypiska śmieci zlokalizowane w obszarze zalewowym rzeki są ważnym źródłem dostawy plastiku do rzek
fot. Maciej Liro



4 | Przykład form akumulacyjnych plastiku pokrytego osadem rzecznyim podczas wezbrania (tzw. akumulacja podpowierzchniowa)
fot. Maciej Liro



PROCESY FLUWIALNE
procesy związane z transportem wody i osadów w korytach rzecznych (np. erozja lub akumulacja fluwialna)

Dostawa plastiku do rzeki

Dostawa plastiku do rzeki to proces umieszczenia cząstek plastiku w strefie oddziaływania aktywnych procesów fluwialnych (tzn. koryto ciek, równia zalewowa, erodowane terasy rzeczne). Cząstki plastiku mogą być dostarczone w sposób naturalny (np. wiatrem, spływem powierzchniowym wody) lub przy udziale człowieka (wyrzucenie śmieci zawierających plastik). Dostawa plastiku umożliwia

jego natychmiastowy (jeśli plastik zostanie dostarczony do wody płynącej w korycie) lub późniejszy transport (jeśli plastik zostanie dostarczony na aktualnie wynurzony obszar zalewowy rzeki) (Liro i in. 2020). Dostawa plastiku jest kontrolowana głównie przez człowieka, który odpowiada

5 | Miejsca depozycji plastiku z opadającej fali wezbraniowej pokrywają się z miejscami depozycji rumoszu drzewnego.

A | Widoczny brzeg koryta rzeki
fot. Maciej Liro



za lokalne źródła dostawy (np. nielegalne wysypiska), a w szerszej skali – zlewni rzeki – za nieodpowiednią gospodarkę odpadami, która może się przyczynić do przedostania się plastiku do rzeki wraz ze ściekami. Znaczenie czynników naturalnych (np. wiatru) w dostawie plastiku do rzek wydaje się znacznie mniejsze niż czynników antropogenicznych.

5B | Strefa brzegowa zbiornika zaporowego
fot. Maciej Liro



Transport plastiku w rzece

Transport plastiku w rzece zaczyna się od momentu, w którym wody rzeczne poruszają go po raz pierwszy (Liro i in. 2020). **Transportowi może podlegać plastik umieszczony bezpośrednio w płynącej wodzie lub uruchomiony (np. wskutek erozji brzegu) po wcześniejszej akumulacji na powierzchni terenu lub w osadach rzecznych.** Występowanie i intensywność transportu zależy głównie od **procesów fluwialnych*** (np. występowania powodzi), które determinują wielkość i czas trwania przepływów wody. **Człowiek także może kontrolować przebieg transportu plastiku w rzece, na przykład poprzez modyfikację przepływów rzeki poniżej zbiorników zaporowych lub przekształcanie strefy korytarza rzecznoego, w której transport może zachodzić (np. zwężanie koryt, obwałowania strefy zalewowej, przegradzanie biegu rzek zbiornikami zaporowymi).** Umocnienia brzegów mogą powodować odcięcie części zakumulowanego wcześniej plastiku od procesów fluwialnych i uniemożliwić jego późniejszy transport.

Podczas transportu cząstki plastiku są poddane działaniu procesów mechanicznych (interakcja z wodą i osadem transportowanym przez rzekę) prowadzących do jego fragmentacji. Powstają coraz mniejsze frakcje plastiku, co przyspiesza dalszą jego fragmentację na skutek procesów biochemicznych towarzyszących kolejnym epizodom transportu, jak i w trakcie depozycji plastiku w osadach. **Fragmentacja makroplastiku w rzekach jest głównym**

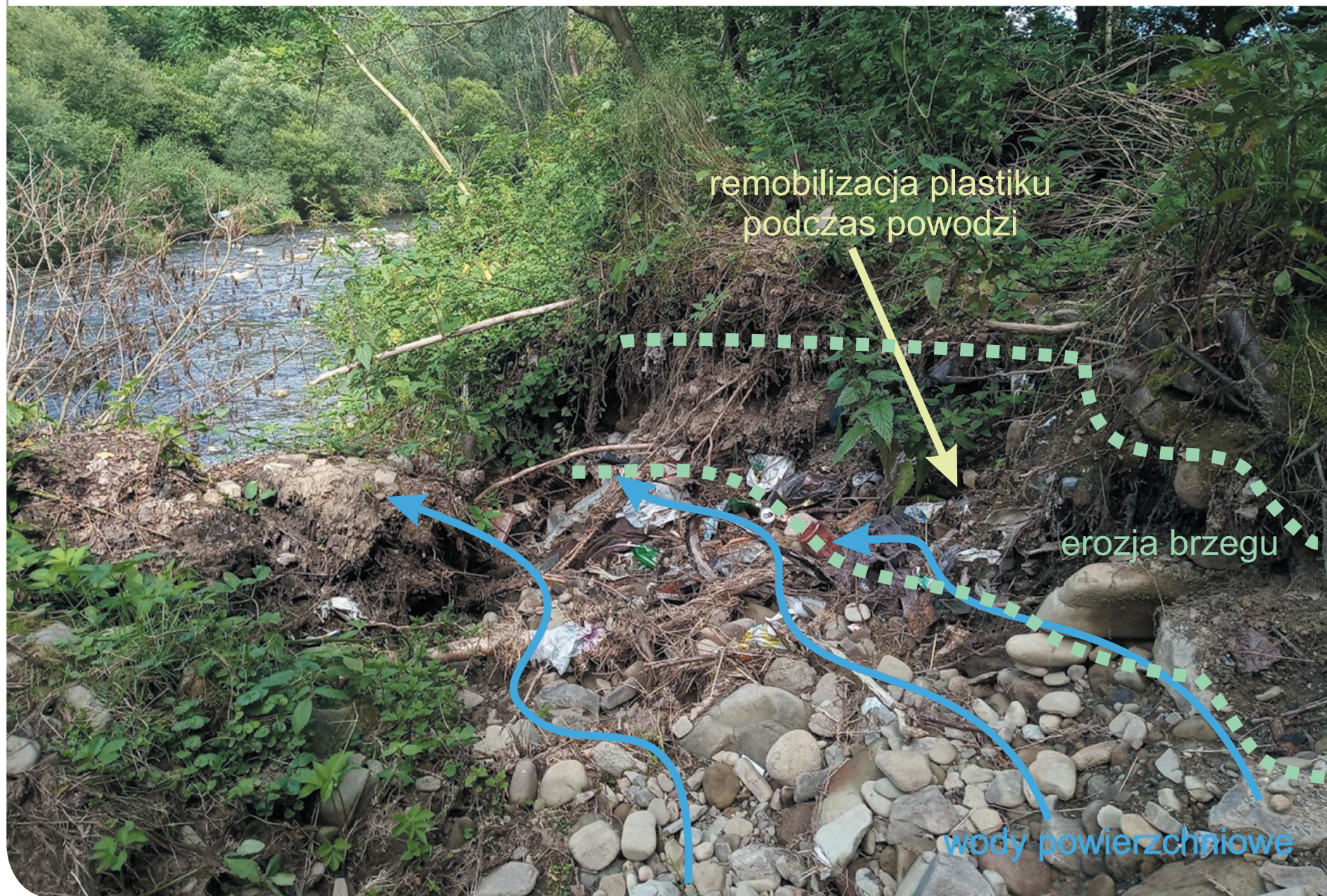
RUMOSZ DRZEWNY
powalone do rzek
drzewa i krzewy lub ich
fragmenty

źródłem szkodliwego mikroplastiku obecnego w środowisku rzeczonym (van Wijnen i in. 2019). Dotychczasowe prace pokazują, że przebieg transportu makroplastiku w rzece przypomina transport *rumoszu drzewnego** podczas wezbrań (Liro i in. 2020).

Akumulacja makroplastiku

Proces akumulacji makroplastiku rozpoczyna się bezpośrednio po jego dostawie (naturalnej lub antropogenicznej) do strefy aktywnych procesów fluwialnych lub depozycji kończącej epizod transportu (Liro i in. 2020). Akumulacja makroplastiku jest kontrolowana głównie przez charakterystykę przepływów rzeki oraz miejscowe uwarunkowania systemu fluwialnego (np. rzeźbę doliny, typ roślinności, budowę hydrotechniczne). Przebieg przepływów rzeki steruje przebiegiem transportu materiału niesionego przez wody rzeczne. Lokalne uwarunkowania systemu fluwialnego decydują o możliwości akumulacji tego materiału w konkretnym miejscu (np. powyżej zapory wodnej). **Podczas powodzi makroplastik zakumulowany na powierzchni osadów lub roślin może podlegać transportowi w dół rzeki (remobilizacja) lub zostać pokryty osadami transportowanymi przez rzekę (akumulacja podpowierzchniowa).** Akumulacja makroplastiku w pobliżu koryta będzie trwała krócej niż ta przebiegająca dalej od koryta, gdzie intensywność i częstość przepływów wezbraniowych jest mniejsza. Oprócz naturalnych uwarunkowań systemu fluwialnego (np. szerokości i spadku dna doliny) istotnym czynnikiem jest zabudowa hydrotechniczna dolin rzecznych. **Miejscem**

6 | Plastik zdeponowany na brzegu rzeki przez wody wezbraniowe może łatwo ulegać ponownemu transportowi w czasie kolejnych wezbrań
fot. Maciej Liro



7 | Usuwanie plastiku z rzeki przez specjalny łapacz "Mr Trash"
źródło: <https://www.dezeen.com/2019/11/29/river-plastic-pollution-technology>



szczególnie intensywnej akumulacji makroplastiku mogą być zbiorniki zaporowe i strefy ujściowe rzek do nich (tzw. cofki). Strefa akumulacji makroplastiku w rzece może być wyznaczona jako zasięg maksymalnych zalewów wody w dolinie rzecznej występujących od lat 60. ubiegłego wieku.

Remobilizacja makroplastiku

Remobilizacja makroplastiku następuje, gdy jego fragmenty podlegające akumulacji są ponownie uruchamiane przez wody rzeczne lub erozję i ponownie transportowane. Remobilizowane mogą być fragmenty plastiku akumulowane zarówno jako osad powierzchniowy, jak i podpowierzchniowy. Oba typy remobilizacji mogą następować jednocześnie, np. kiedy przepływ powodziowy uruchamia fragmenty plastiku z powierzchni równi zalewowej i jednocześnie eroduje osady zawierające plastik. Zakres czasowy występowania faz transportu i remobilizacji makroplastiku zależy od liczby i intensywności tych procesów w danej rzece oraz od złożoności systemu rzecznoego. Ostatnie badania sugerują, że w przypadku złożonych biofizycznie systemów rzecznych, np. odcinków ujściowych rzek, **cykle remobilizacji i akumulacji mogą zachodzić w skali tysiącleci** (Tramoy i in. 2020).

Procesy usuwania makroplastiku z rzeki

Usunięcie makroplastiku z rzeki jest definiowane jako jego transport poza system (np. z rzeki do morza) lub fragment

systemu rzecznoego (np. z jednego odcinka rzeki do innego). Makroplastik można także usunąć za pomocą specjalistycznej infrastruktury (np. łapaczy), a także jednostek pływających wychwytyjących fragmenty makroplastiku z wód rzecznych, bądź w trakcie podejmowanych akcji oczyszczania terenów nadrzecznych i koryt rzek. W przypadku usunięcia plastiku na skutek procesów naturalnych istotnym czynnikiem kontrolnym będzie intensywność i liczba epizodów transportu i remobilizacji przez wody rzeczne oraz wystąpienie innych procesów (np. wiatru) mogących transportować obecny w danym systemie makroplastik.

Podsumowanie

Badania nad zanieczyszczeniem rzek plastikiem są nową dziedziną nauk o rzekach, której podstawy metodologiczne i teoretyczne dopiero powstają. Zbieżność czasowa początku zanieczyszczenia środowiska plastikiem (od lat 60. ubiegłego wieku) i szerokiej dostępności materiałów kartograficznych i hydrologicznych daje możliwość wykonania dalszych szczegółowych badań tego problemu. Używając istniejących metod analiz osadów rzecznych można z dużą precyzją określić czas rozpoczęcia emisji plastiku do środowiska, względną intensywność tego zjawiska oraz ilość plastiku w danej objętości osadu rzecznoego. Dodatkowo, w połączeniu z informacjami z historycznych zdjęć lotniczych i map przedstawiającymi, w jaki sposób i gdzie płynęła rzeka w przeszłości, można w dolinie rzecznoej wyznaczyć strefy, w których osady są zanieczyszczone pla-

stikiem oraz wyznaczyć prawdopodobieństwo ich przyszłej erozji podczas powodzi. Wykonanie takich badań w przyszłości jest konieczne, ponieważ to człowiek jest odpowiedzialny za emisję tego zanieczyszczenia do środowiska, a ludzkość jako ogół jest dotknięta jego zdrowotnymi i estetycznymi skutkami.

Maciej Liro

Paweł Mikuś

Bartłomiej Wyźga

maciej.liro@gmail.com

Instytut Ochrony Przyrody

Polskiej Akademii Nauk

al. Adama Mickiewicza 33, 31-120 Kraków

Justyna Liro

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej

Uniwersytetu Jagiellońskiego

ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków

LITERATURA

Hurley R., Horton A., Lusher A., Nizzetto L. 2020. Plastic waste in the terrestrial environment. W: Letcher T.M. (red.). Plastic waste and recycling: Environmental impact, societal issues, prevention, and solutions. Academic Press: 163-193.

Liro M., van Emmerik T., Wyźga B., Liro J., Mikuś P. 2020. Macroplastic storage and remobilization in rivers. *Water* 12 (2055): 1-14.

Tramoy R., Gasperi J., Dris R., Colasse L., Fisson C., Sananes S., Rocher V., Tassin B. 2019. Assessment of the plastic inputs from the Seine basin to the sea using statistical and field approaches. *Frontiers in Marine Science* 6, 151.

van Wijnen J.A., Ragas M.J., Kroeze C. 2019. Modelling global river export of microplastics to the marine environment: Sources and future trends. *Science of Total Environment* 673: 392-401.