

Usuwanie mikroplastików w oczyszczalniach ścieków

W ostatnich dekadach poważnym problemem środowiskowym o charakterze ogólnosiwiatowym jest zanieczyszczenie przez mikroplastiki – fragmenty tworzyw sztucznych o średnicy mniejszej niż 5 mm. Częsteczki te wykrywane są w ściekach miejskich, na plażach, w osadach dennych, wodach powierzchniowych oraz organizmach żywych we wszystkich rejonach świata.

Mikroplastiki są syntetycznymi polimerami pochodzenia petrochemicznego, praktycznie nierozpuszczalnymi w wodzie i niebiodegradowalnymi. Powstają z większych fragmentów plastiku (mikroplastiki wtórne) lub są produkowane w formie cząstek o mikroskopijnej wielkości (mikroplastiki pierwotne). Mikroplastiki występują w wielu rodzajach tworzyw sztucznych, z których około 60 % najpowszechniej używanych w Europie stanowią polietylen (PE), polipropylen (PP) oraz polichlorek winylu (PCV). Szeroko stosowane są również politereftalan etylenu (PET), polistyren (PS), poliuretan (PUR), politetrafluoroetylen (PTFE/teflon) oraz kopolimer akrylonitrylo-butadienowo-styrenowy (ABS). Tworzywa te są produktami polimeryzacji nienasyconych węglowodorów, a do ich produkcji wykorzystuje się ropę naftową oraz gaz ziemny.

Ze względu na swoje właściwości, mikroplastiki należą do substancji niebezpiecznych dla organizmów żywych, w szczególności dla organizmów wodnych. Jako związki hydrofobowe (o dużym powinowactwie do związków organicznych), cząstki mikroplastików gromadzą na swojej powierzchni wiele mikrozanieczyszczeń, często mających właściwości toksyczne, mutagenne i negatywnie wpływające na rozwój organizmów. Ponadto, toksyczność mikroplastików może wynikać z rozpadu ich cząstek, z których uwalniają się niebezpieczne substancje wykorzystywane podczas produkcji tych związków.

Badania wskazują, że większość mikroplastików z powszechnego użytku przedostaje się do środowiska naturalnego. W wodach powierzchniowych, za ich główne źródło uznaje się miejskie oczyszczalnie ścieków, w których konwencjonalne metody nie są w efektywne w usuwaniu mikrocząstek z zanieczyszczonych wód.

Mikroplastiki trafiają do oczyszczalni ścieków z różnych źródeł. Typowo odnotowywane mikrostruktury mogą pochodzić z tekstyliów (włókna z pranych tkanin), detergentów, kosmetyków, rozpadu produktów plastikowych i gumowych oraz innych źródeł, takich jak rolnictwo. Na przykład podczas jednego cyklu prania, nawet jednej sztuki garderoby, może zostać uwolnionych około 2000 włókien syntetycznych. Natomiast w 1 m³ ścieków miejskich znaleźć można między 5000 a 17000 włókien mikroplastików. Odnotowywane włókna pochodzą m.in. z polimerów powszechnie wykorzystywanych w przemyśle tekstylnym oraz w produktach kosmetycznych (PE, PP, PS, PA).

Z efektywnością usuwania mikroplastików w oczyszczalniach ścieków związane jest kilka parametrów charakteryzujących cząsteczki tych związków. Należą do nich gęstość, hydrofobowość, rozmiar, stopień biodegradalności oraz różnorodność kształtów i barw.

W konwencjonalnych oczyszczalniach ścieków stosowane są najczęściej dwa lub trzy etapy oczyszczania: 1) mechaniczne, 2) biologiczne, 3) filtrowanie i dezynfekcja (dodatkowo, jeśli jest to konieczne).

W etapie oczyszczania mechanicznego wykorzystywane są procesy grawitacyjnej sedymentacji (opadania na dno) oraz flotacji (unoszenia się na powierzchni), które przeprowadza się na kratach, piaskowniku oraz w osadnikach wstępnych. Efektywność usuwania cząsteczek mikroplastików na tym etapie jest ściśle zależna od ich gęstości, a także rozmiaru i różnorodności kształtu. Granulki o gęstości do 1,14 g/ml ulegają procesowi flotacji pływając po powierzchni wody, natomiast cząsteczki większe opadają na dno osadników. Oddzielone frakcje mikroplastików, usuwane są wraz z fragmentami rozkładającej się materii organicznej, papieru lub tkanin, z którymi łączą się w wyniku swoich hydrofobowych właściwości. Usunięte cząstki tworzą osad wstępny i poddawane są procesom przerobu i utylizacji osadów.

Etap oczyszczania biologicznego realizowany jest zazwyczaj w wykorzystaniem bioreaktorów z osadem czynnym. Osad czynny stanowią mikroorganizmy zorganizowane w kłaczkach, które przeprowadzają proces biochemicznego rozkładu zanieczyszczeń. Kłaczkach osadu czynnego unoszą się w wodzie podczas mieszania ścieków za pomocą powietrza oraz opadają na dno po zaprzestaniu napowietrzania. W tym etapie oczyszczania, efektywność usuwania mikroplastików związana jest przede wszystkim z ich hydrofobowością. Badania laboratoryjne wykazują, że wiele cząstek mikroplastików, takich jak polietylen lub polipropylen nie ulega procesom biochemicznego rozkładu ze względu na zachodzące procesy fizyczne. Hydrofobowe mikrocząstki pokrywają się błoną biologiczną i zwiększając swoją gęstość opadają na dno. Mogą też zostać uwięzione w kłaczkach osadu czynnego. Separacja takich cząstek może być utrudniona, w wyniku czego wytwarza się osad nazywany wtórnym.

Trzecim, dodatkowym etapem oczyszczania ścieków jest stosowanie filtrów. Filtry wykorzystywane są zazwyczaj do doczyszczania ścieków z zawieszin, związków fosforu oraz patogenów. Mogą być na nich usuwane również mikroplastiki. Zanieczyszczenia, które gromadzą się na filtrach usuwane są za pomocą wód płuczających i zawracane na początek, do ponownego procesu oczyszczania.

Mikrocząstki znajdujące się w osadzie wstępnym i wtórnym, usunięte w I, II i III etapie oczyszczania poddawane są procesom przeróbki osadów ściekowych. Do procesów tych należą zagęszczanie, odwadnianie, stabilizacja osadu mieszanego, stabilizacja tlenowa oraz spalanie. Ustabilizowane osady są następnie składowane lub wykorzystywane, np. do niwelacji nierówności gruntu lub rekultywacji nieczynnych składowisk odpadów komunalnych. Składowane mikroplastiki, które nie podlegają procesom rozkładu tlenowego i beztlenowego mogą przedostać się wraz z ustabilizowanym osadem do gleby, a następnie, wraz ze spływem wód deszczowych zostać przeniesione do wód powierzchniowych i stać się zagrożeniem dla środowiska.

Badania prowadzone w niektórych krajach Unii Europejskiej wykazują, że w konwencjonalnych oczyszczalniach ścieków możliwe jest usunięcie ponad 90 % ładunku zanieczyszczeń mikroplastikowych. Wyniki takie odnotowano dotychczas w Szwecji, Niemczech oraz Wielkiej Brytanii. Brakuje jednak analiz dla pozostałych krajów UE, w tym dla Polski. W świetle prowadzonych obecnie badań wydaje się jednak, że problemu nie stanowi samo usuwanie mikroplastików ze ścieków, a ich składowanie wraz z osadami pościekowymi, ze względu na nieodpowiednią utylizację tych związków podczas oczyszczania osadów,

i z tego względu ich ponowne trafianie do środowiska. Sugeruje się, że w celu ograniczenia tego procesu należałoby stosować tworzywa sztuczne, które ulegają degradacji w stosowanych procesach oczyszczania osadów lub poddawać osad ściekowy wcześniejszej obróbce termicznej pozwalającej na rozbicie mikrocząstek i wówczas ich łatwiejszą degradację.

Recykling tworzyw sztucznych

Tworzywa sztuczne są syntetyczną materią organiczną otrzymywaną w procesie polimeryzacji, na przykład z ropy naftowej, gazu ziemnego lub celulozy. To materiały plastyczne, o małej gęstości, odporności na korozję oraz łatwości recyklingu. Ze względu na swoje właściwości są powszechnie stosowane do produkcji materiałów użytkowanych w wielu dziedzinach życia. Do konsumentów materiałów z tworzyw sztucznych należy przede wszystkim przemysł opakowaniowy (37 % produkcji), a ponadto motoryzacyjny, elektryczny, rolniczy, medyczny oraz turystyczny.

Najważniejsze rodzaje tworzyw sztucznych to tworzywa termoplastyczne oraz termoutwardzalne. Materiały termoplastyczne mogą być poddawane wielokrotnej obróbce termicznej, w czasie której mięknią i topnieją, a po ochłodzeniu stają się twarde. Do grupy tej zaliczane są PE, PS, PET oraz PCV, stanowiące 80 % wszystkich wykorzystywanych tworzyw sztucznych. Tworzywa termoutwardzalne (duropasty) mogą być roztapiane i formowane, a po uformowaniu pozostają twarde i nie mięknią. Należą do nich epoksydy, fenoplast, poliuterany, PTFE oraz żywice poliestrowe (20 % zastosowania).

Możliwość przetwarzania i ponownego wykorzystania tworzyw sztucznych stanowi ich ważną właściwość, gdyż składowane jako odpad stają się istotnym problemem dla środowiska. W wyniku składowania tworzywa ulegają rozkładowi na mikrocząstki nazywane mikroplastikiem, będące dużym balastem dla przyrody, niemożliwym do efektywnego usunięcia, zutylizowania i zagospodarowania.

W zależności od rodzaju tworzyw sztucznych, istnieją różne metody ich recyklingu, na które składają się trzy główne typy: recykling mechaniczny, chemiczny oraz energetyczny.

Recykling mechaniczny (materiałowy) polega na rozdrabnianiu, mieleniu i topieniu oczyszczonego materiału odpadowego oraz jego ponownym wykorzystaniu. Proces odbywa się bez chemicznej dekompozycji polimeru materiału wyjściowego. Recyklingowi materiałowemu poddawane są tylko tworzywa termoplastyczne, takie jak PET, PP, PE oraz PS. Proces wykorzystywany jest przede wszystkim do przetwarzania butelek PET i materiałów z samochodów, a ponadto ram okiennych z PCV. W jego wyniku powstaje recyklat (/regenerat) w postaci granulek, stosowany na przykład do produkcji tekstyliów, materiałów opakowaniowych i innych produktów codziennego użytku.

Podczas przetwarzania butelek PET, wysortowane odpady są w pierwszej kolejności oczyszczane (usuwanie naklejek, nakrętek, zanieczyszczeń), a następnie płukane, myte i granulowane do recyklatu. Recykling plastikowych butelek jest bardzo dobrze zorganizowany w Danii, gdzie butelki są segregowane i zwracane w prawie 100 %. Sprawnie odbywa się to również w Niemczech, gdzie odzysk butelek PET stanowi 68 %. W Polsce recykling PET jest wciąż nieodpowiednio zorganizowany, choć obserwuje się też wzrost jego zastosowania (w roku 2003 ~ 44 %).

W przeciętnym samochodzie osobowym tworzywa sztuczne stanowią ok. 9,3 % całkowitej masy pojazdu. Stosowane są na przykład do produkcji gąbek w siedzeniach, kierownic, desek rozdzielczych (poliuretany), izolacji przewodów elektrycznych, powłok ochronnych (PCV), obudowy akumulatorów, zbiorników paliwowych, zderzaków (PP). W

recyklingu materiałów z samochodów odzyskuje się na przykład PP. Podczas procesu, materiał najpierw oczyszcza się, a następnie rozdrabnia i usuwa metale, mieli na mokro, myje i suszy, a na koniec homogenizuje powstałe wiórki. Otrzymany produkt służy na przykład do wytwarzania kołpaków. Recyklingowi mogą poddawane być też materiały z opon, które po przetworzeniu stosowane są do produkcji wykładzin podłogowych z mączki gumowej, a także bieżni, placów zabaw, elastycznej koski brukowej i wykładzin dźwiękochłonnych. Do recyklingu opon wykorzystuje się metodę mechaniczną (rozdrabnianie) oraz termiczną i kriogeniczną (zastosowanie wysokich lub niskich temperatur).

W wyniku przetwarzania ram okiennych z PCV uzyskuje się nowe profile okienne, stosowane następnie w mieszance ze świeżym surowcem.

Recykling chemiczny (surowcowy) opiera się na procesie depolimeryzacji, czyli rozkładzie makrocząsteczek polimeru do frakcji o mniejszej masie cząsteczkowej. Proces ten przeprowadza się na różne sposoby, w zależności od materiału odpadowego. Do recyklingu odpadów PET stosuje się procesy hydrolizy, metanolizy oraz glikolizy. Natomiast odpady tworzyw sztucznych zmieszane oraz zanieczyszczone wypełniaczami poddaje się metodom termicznym – pirolizie, zagazowaniu lub krakingowi (/hydrokrakingowi). Produkty z procesów depolimeryzacji stosowane są do wytwarzania tworzyw lub jako dodatek do innych produktów chemicznych, a odpady z procesu - jako domieszka do paliw oraz smarów.

Hydroliza to proces polegający na rozkładzie polimeru wodą pod ciśnieniem i w wysokiej temperaturze. Produktami procesu są kwas tereftalowy i glikol etylowy, które oczyszcza się i stosuje jako surowce do produkcji PET.

Metanoliza polega na rozkładzie metanolem, na gorąco i pod ciśnieniem. Jako produkty procesu otrzymuje się glikol etylenowy i teraftalen dimetylu, dawniej stosowane do produkcji PET.

Glikoliza to częściowy rozkład polimeru do krótkich fragmentów odbywający się poprzez podgrzewanie glikolem. Produktem jest glikolizat, z którego wytwarza się żywice poliestrowe (produkcja laminatów).

Recykling chemiczny trzema powyższymi metodami stosowany jest na przykład w Japonii, gdzie produkty z przetwarzania tworzyw sztucznych stosuje się w przemyśle tekstylnym oraz spożywczym.

W drugim typie recyklingu surowcowego – w metodzie termicznej depolimeryzacji odpadów zmieszanych, uzyskiwane produkty używa się jako surowce chemiczne lub jako paliwa.

Piroliza polega na rozkładzie termicznym bez dostępu tlenu z powietrza, w temperaturze 300 – 600 °C. Jako produkty powstają gazy pizolityczne, produkty ciekłe oraz stałe, a odpadem jest granulata. Granulata odpadowy może być wykorzystywany w przemyśle metalurgicznym, jako dodatek do mieszanki węglowej poddawanej koksowaniu.

Zagazowanie to proces przekształcenia w paliwo gazowe w obecności utleniacza o ilości niewystarczającej do całkowitego spalania. Głównym produktem jest gaz (mieszanka CO, H₂ i CO₂), który następnie jest spalany lub wykorzystywany jako surowiec chemiczny, np. do wytwarzania metanolu, amoniaku lub kwasu octowego. Metoda zagazowania tworzyw sztucznych wykorzystywana jest w Japonii.

Kraking polega na rozkładzie polimeru w reaktorze fluidalnym, w temperaturze 450 – 515 °C. Jego produktami są węglowodory gazowe oraz ciekłe. Natomiast hydrokraking to proces rozkładu w podwyższonej temperaturze, z jednoczesnym uwodnieniem produktów.

Metoda ta może służyć do produkcji energii w sposób bardziej ekonomiczny niż spalanie. W wyniku spalania 1 Mg odpadów powstaje 1,7 MWh energii elektrycznej, natomiast spalania produktów hydrolizy, z 1 Mg odpadów – 6,8 MWh energii.

Niesegregowane i brudne odpady z tworzyw sztucznych poddawane recyklingowi termicznemu mogą być wykorzystywane w przemyśle metalurgicznym, na przykład w procesie wielkopieczowym jako substytut koksu lub dodatek do koksowania węgla. Metoda ta ma różne zalety. Pozwala na oszczędność (ograniczenie zakupu drogiego koksu oraz zapłatę za odbiór odpadów) i zmniejszenie ilości CO₂ powstającego w procesie wielkopieczowym (o ~ 30 %), a ponadto gaz powstający na wyjściu z wielkiego pieca ma wyższą temperaturę opałową. Proces nie może być jednak stosowany do odpadów zawierających PVC, gdyż w wyniku obecności chloru w tworzywie dochodzi do powstawania dioksyn oraz procesów korozji. Z tego względu, PVC musi być usuwany z odpadów wprowadzanych do wielkiego pieca. Wprawdzie w Japonii została już opracowana metoda odchlorowywania odpadów, ma ona jednak wysokie koszty i jest rzadko stosowana.

Recykling energetyczny tworzyw sztucznych oznacza ich spalanie. Wykorzystywany jest do odpadów bardzo zanieczyszczonych i trudnych do oczyszczenia z odpadów komunalnych. Od metody tej coraz bardziej się odchodzi, gdyż niesie za sobą niepożądane skutki. W procesie nie można spalać produktów z PVC, ponieważ powstają dioksyny oraz inne produkty toksyczne, a ponadto dochodzi do zwiększonej emisji CO₂. Z tego względu, odpady spala się tylko wówczas, gdy niemożliwie jest zastosowanie recyklingu materiałowego lub surowcowego.

Recykling tworzyw sztucznych jest bardzo istotny, gdyż przyczynia się do zmniejszenia dopływu mikroplastików do środowiska. Co więcej, daje możliwość zastosowania przetworzonych odpadów jako zastępnika surowców naturalnych, do produkcji nowych tworzyw sztucznych oraz paliw o wysokiej wartości opałowej. Z tego względu ważne jest przetwarzanie produktów sztucznych tyle razy, ile jest to możliwe.

Finansowanie:



Partnerstwo:



Współpraca:

