

“Contaminants of emerging concern (CECs)” to zanieczyszczenia budzące obawy, których obecność potwierdzono w jeziorach, rzekach, wodach gruntowych, wodzie morskiej, a nawet w wodzie pitnej na całym świecie. Należą do nich m.in. farmaceutyki, produkty higieny osobistej, związki zaburzące gospodarkę hormonalną czy związki per- i polifluoroalkilowe. Substancje te stanowią poważne zagrożenie dla zdrowia ludzi i środowiska. Konwencjonalne technologie oczyszczania wody i ścieków nie są skuteczne w ich usuwaniu, dlatego konieczne jest znalezienie nowych rozwiązań. Jednym z nich jest połączenie separacji membranowej i fotokatalizy, co znajduje zastosowanie w fotokatalitycznych reaktorach membranowych (FRM). Fotokataliza, zaliczana do zaawansowanych procesów utleniania, umożliwia degradację zanieczyszczeń organicznych, podczas gdy rolą membrany jest separacja fotokatalizatora oraz produktów/półproduktów rozkładu zanieczyszczeń. Spośród różnych technik membranowych, w FRM stosowane są najczęściej procesy ciśnieniowe, takie jak mikrofiltracja (MF) i ultrafiltracja (UF).

Fotokatalityczne reaktory membranowe można podzielić na dwie grupy: (1) z fotokatalizatorem w zawiesinie i (2) z fotokatalizatorem unieruchomionym na powierzchni lub wewnątrz membrany (z membranami fotokatalitycznymi). Szczególne zainteresowanie w ostatnich latach zyskały polimerowe membrany fotokatalityczne. Jednak uwzględniając, że źródło promieniowania musi znajdować się w tym przypadku blisko membrany, gdyż rozkład zanieczyszczeń zachodzi na jej powierzchni lub wewnątrz porów, membrany polimerowe mogą ulec zniszczeniu wskutek działania promieniowania i reaktywnych form tlenu (RFT).

Dlatego ważne jest opracowanie strategii poprawy odporności polimerowych membran fotokatalitycznych i wydłużenia ich żywotności w FRM. Aby osiągnąć ten cel, konieczne są badania mechanizmów degradacji tych membran w różnych warunkach, ocena ich działania podczas długotrwałej eksploatacji w FRM oraz porównanie możliwych sposobów poprawy ich odporności.

W związku z powyższym, głównym celem proponowanych badań jest ocena wpływu parametrów takich jak (i) skład, morfologia i właściwości fizykochemiczne membran fotokatalitycznych, (ii) rodzaj promieniowania (UV lub widzialne) oraz (iii) skład roztworu zasilającego, na stabilność i działanie polimerowych membran fotokatalitycznych wykonanych z polieterosulfonu (PES) lub poli(fluorku winylidenu) (PVDF). Ponadto zbadane zostaną różne strategie ograniczenia degradacji tych membran.

Polimerowe membrany fotokatalityczne są zwykle wytwarzane przy użyciu metody inwersji faz indukowanej nierozpuszczalnikami. Roztwór błonotwórczy zawierający polimer, rozpuszczalnik i fotokatalizator jest odlewany w postaci cienkiej warstwy, a następnie zanurzany w nierozpuszczalniku (zwykle wodzie). W takich warunkach powstaje struktura membrany. Aby kontrolować porowatość membran, stosuje się tzw. czynniki porotwórcze, w tym organiczne - głównie poliwinylpirolidon (PVP) i poli(glikol etylenowy) (PEG), lub nieorganiczne - np. LiCl. W przypadku dodatków organicznych (PVP i PEG) niewielka ich część pozostaje w membranie, co może wpływać na jej stabilność. Dlatego jednym z pytań badawczych jest: Jaki jest wpływ rodzaju i masy cząsteczkowej środków porotwórczych na trwałość membran fotokatalitycznych? Biorąc pod uwagę, że zastosowanie środków porotwórczych wpływa nie tylko na porowatość, ale także na grubość membrany, kolejne pytanie brzmi: Jaki jest wpływ grubości membrany i porowatości?

Do wytwarzania membran fotokatalitycznych stosowane są różne fotokatalizatory, głównie aktywne w zakresie UV TiO_2 oraz aktywne w świetle widzialnym $\text{g-C}_3\text{N}_4$, a także fotokatalizatory oparte na MOF i MXene. Materiały te wykazują różną fotoaktywność i stabilność. W związku z tym sformułowano następujące pytania: Jaki jest wpływ rodzaju fotokatalizatora? Jaki jest wpływ długości fali promieniowania? Jaka jest rola różnych RFT powstających podczas fotokatalizy w degradacji polimerowych membran fotokatalitycznych? Ponadto biorąc pod uwagę, że substancje organiczne i nieorganiczne obecne w oczyszczanej wodzie lub ściekach mogą działać jako zmiatacze RFT, chroniąc w ten sposób membranę, lub ulegać transformacjom prowadzącym do nowych rodników, przyczyniając się do degradacji membrany lub zmniejszając stopień jej uszkodzenia, kolejne pytanie brzmi: Jaki jest wpływ składu oczyszczanego roztworu na degradację membran fotokatalitycznych? Docelowo, w oparciu o analizę mechanizmów degradacji polimerowych membran fotokatalitycznych i identyfikację czynników wpływających na ten proces, ocenione zostaną różne strategie ograniczenia degradacji membran i poprawy ich stabilności.

Oczekuje się, że wyniki proponowanego projektu znacząco przyczynią się do poszerzenia podstawowej wiedzy w obszarze membran fotokatalitycznych i fotokatalitycznych reaktorów membranowych oraz ich zastosowania do oczyszczania wody i ścieków.

