

Modelowanie transportu odpadów w południowej części Morza Bałtyckiego

WPROWADZENIE | METODYKA

Zwiększający się konsumpcjonizm, produkcja sztucznych tworzyw oraz brak świadomości ekologicznej przyczynia się do wzrostu występowania odpadów pochodzenia antropogenicznego w Morzu Bałtyckim. Obecne zarówno w rybach jak i toni wodnej różne frakcje tworzyw sztucznych, skłaniają do zahamowania dystrybucji śmieci do morza. Niedocenionym narzędziem, a umożliwiającym prognozowanie prędkości migracji odpadów oraz wyznaczenie miejsc o największym stopniu koncentracji jest modelowanie hydrodynamiczne. W pracy posłużono się oprogramowaniem do modelowania hydrodynamicznego SWAN/SWASH oraz Delft3D, zadając odpowiednie warunki stanu morza oraz implementując dane wejściowe z bazy danych EMODnet dotyczące rozkładu przestrzennego opadów w basenie południowego Bałtyku. Analiza obejmuje scenariusze uwzględniające trzy grupy frakcyjne śmieci, tj.: frakcja odpadów poniżej 1 cm (mikroplastik, włókna, małe elementy), frakcja odpadów od 1 cm do 10 cm (nakrętki, papierosy, kubeczki), frakcja odpadów powyżej 10 cm (torby foliowe, butelki) dla których obliczono średnią prędkość przemieszczania się w różnych warunkach wysokości falowania (Hs 0.1 – 7.0 m).



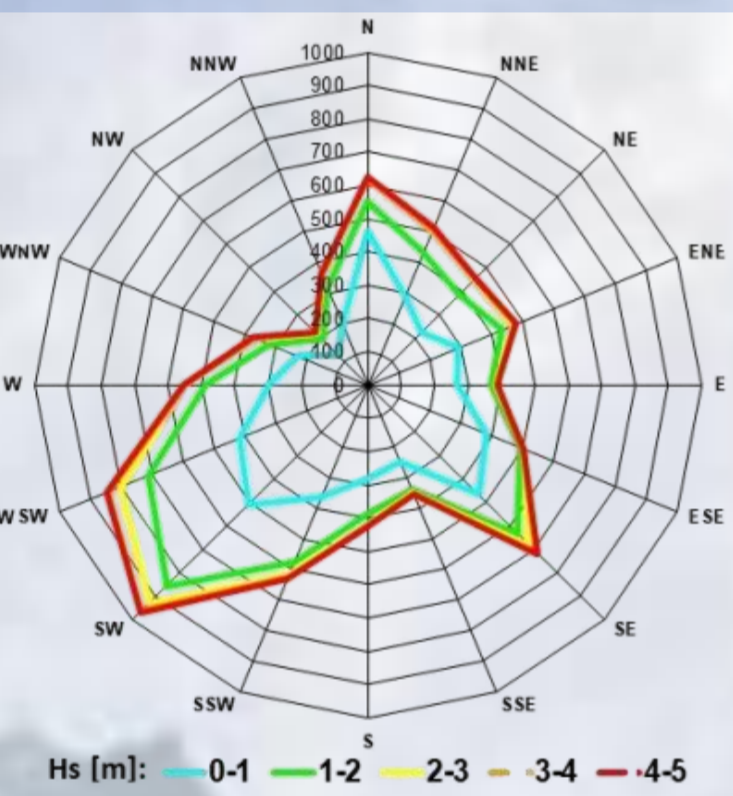
Rys. 1a. Różne frakcje odpadów przy powierzchni wody (SwissInfo.ch)



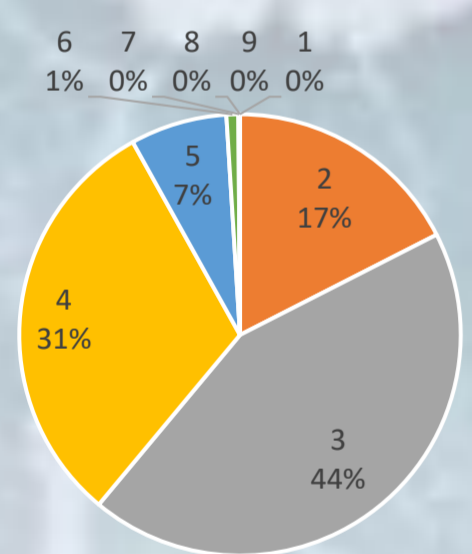
Rys. 1b. Frakcje i przykładowe śmieci tworzące grupy analizowane w pracy

POŁUDNIOWY BAŁTYK MORSKIM WYSYPISKIEM ŚMIECI?

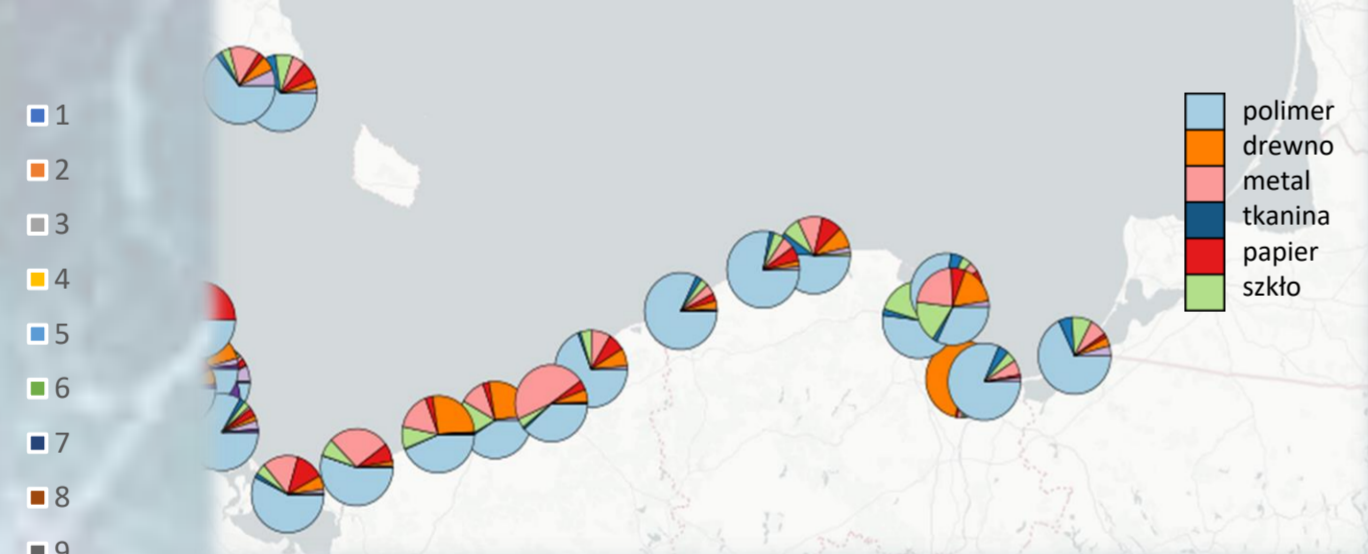
Południowa część Morza Bałtyckiego charakteryzuje się dominującym kierunkiem propagacji fali w kierunku południowego zachodu i południowego wschodu (Rys. 2). Najczęściej na tym obszarze występują fale o wysokości znacznej od 0,5 m do 1,25 m, tj. 4 st. w skali Douglasa – 44%, Stany morza charakteryzujące się wysokością fali powyżej 1,25 m stanowią 39%, tj. 4-9 st. w skali Douglasa (Rys. 3). Zarówno kierunek propagacji fali jak i wysokości fali generują dominujący ruch kierujący odpady do polskiego wybrzeża (Ryc. 5). Śmieci jakie dryfują i wleką się po morskim dnie na wybrzeże to głównie plastik, metal, szkło i drewno (Ryc. 4).



Rys. 2. Kierunek propagacji fali i wysokość fali znacznej na podstawie danych z modelu WWIII z lat 2016-2019



Rys. 3. Stany morza w punkcie 55°28'50.85"N, 18°10'56.54"E na podstawie pomiarów z urzędzenia AWAC z okresu 2016-2019

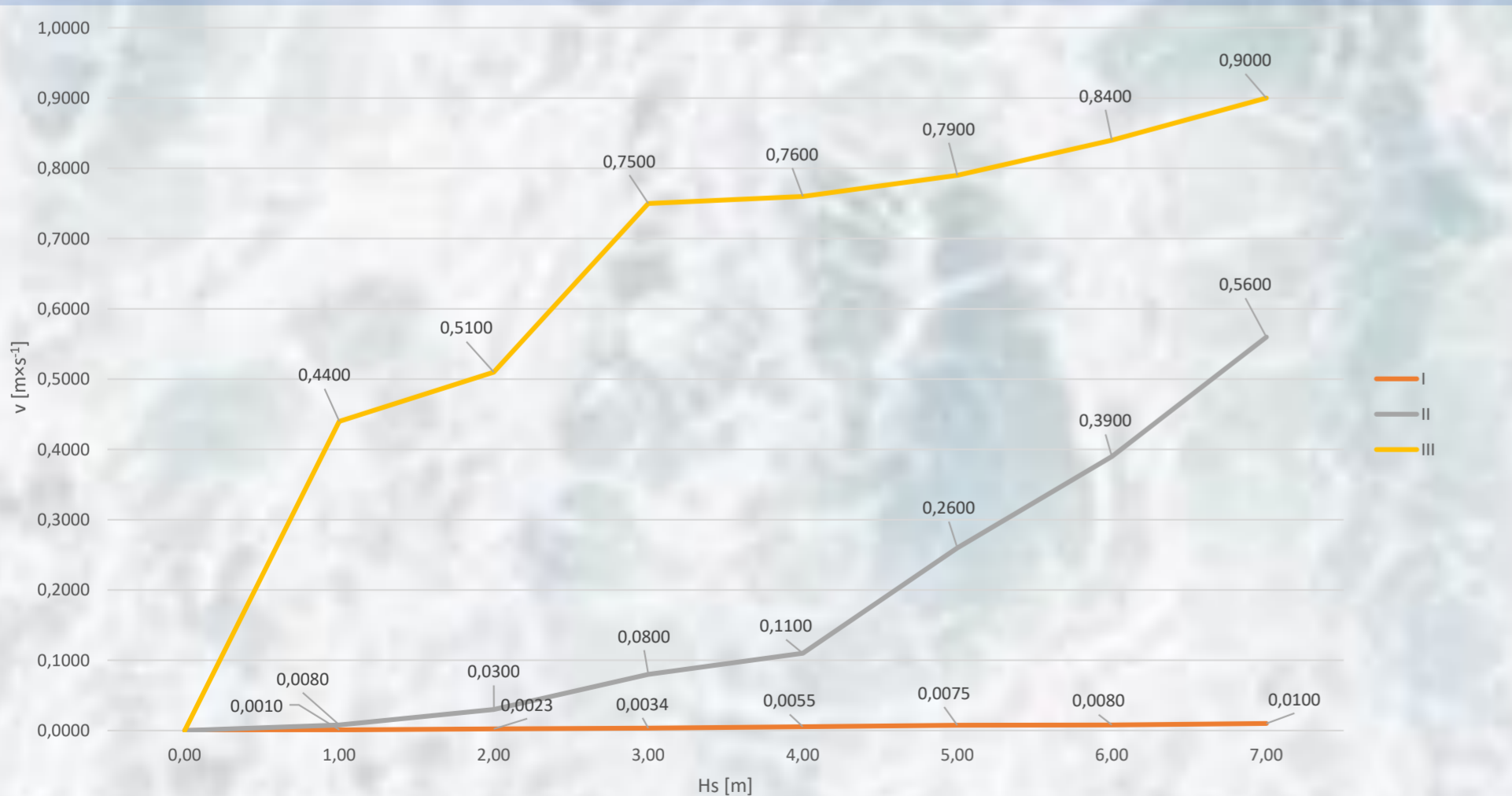


Rys. 4. Udział materiałów stanowiących śmieci na polskim wybrzeżu w 2018 r. (EMODnet)



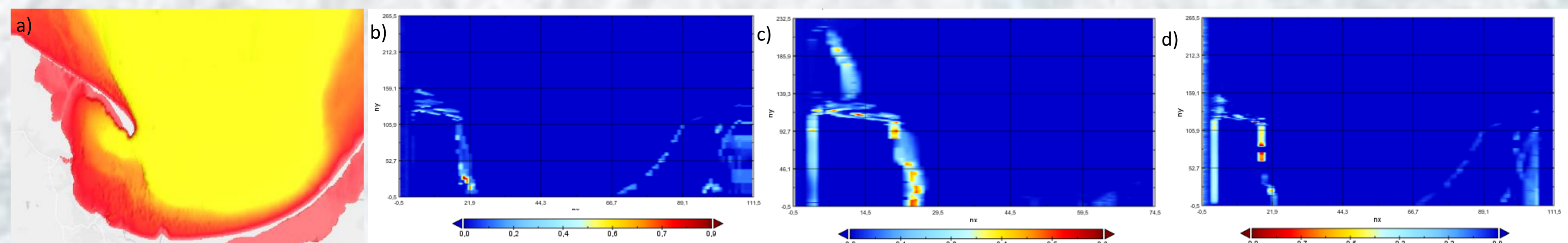
Rys. 5. Występowanie dominujących grup transportu morskich odpadów w toni wodnej, po lewej: południowy Bałtyk; po prawej Morze Bałtyckie, (EMODnet)

UZYSKANE REZULTATY | PODSUMOWANIE



Rys. 6. Prędkość przemieszczania (v) [m·s⁻¹] się frakcji odpadów morskich (I: < 1 cm; II: 1-10 cm; III: > 10 cm) w zależności od wysokości fali znacznej (Hs) [m]

Przy użyciu oprogramowania SWAN/SWASH oraz Delft 3D wysymulowano kierunek i prędkość przemieszczania się analizowanych frakcji odpadów na obszarze Zatoki Gdańskiej. Największą prędkością przemieszczania się charakteryzowały się fragmenty śmieci o frakcji powyżej 100 mm (do 0,5 m·s⁻¹ – dla warunków bezsztormowych oraz 0,5 – 0,9 m·s⁻¹ – dla stanów morza warunkujących sztorm). Najwolniej migrują cząstki i włókna mikroplastiku (do 10 mm), których prędkość nie przekracza 0,01 m·s⁻¹. Frakcja 10-100 mm wykazuje nagły wzrost prędkości migracji przy falach o wysokości znacznej przekraczającej 4 m, tj. 0,26 m·s⁻¹. Wszystkie frakcje odpadów wykazują wzrost prędkości migracji przy falach o wysokości znacznej przekraczających 2,5 m (Rys. 6). Dla warunków ekstremalnych (sztormowych), tj. Hs = 5 wykonano analizę rozkładu koncentracji migrujących śmieci na obszarze Zatoki Gdańskiej (Rys. 7a). Najmniejsza frakcja - poniżej 1cm (Rys. 7b) na skutek oddziaływania falowania i prądów morskich koncentruje się głównie przy brzegu Mierzei Wiślanej oraz na obszarze Rybitwicy Mieliznie (Mewia Rewa). Odpady o frakcji 1-10 cm (Rys. 7c) koncentrują się na południowym wybrzeżu Mierzei Helskiej (Długa Mielizna, Mielizna Bórzańska) oraz na obszarze Zatoki Puckiej Zewnętrznej. Śmieci o największej frakcji, tj. >10 cm koncentrują się na obszarach wcześniej wskazanych, jednakże w większej ilości mogą występować przy granicy Zatoki Puckiej Zewnętrznej (Rys. 7d). Przeprowadzona analiza wskazuje na wysokie zagrożenie transportu tworzyw sztucznych na obszarze Zatoki Gdańskiej oraz może stanowić ważne narzędzie w planowaniu poławiania odpadów oraz wydzielenia obszarów o zwiększonym monitoringu. Uzyskane rezultaty wskazują na silną koncentrację odpadów po sztormach (Hs > 2,5 m) na obszarach płytkich, znajdujących się w strefie przyboju, a często zmywu.



Rys. 7. Prędkość transportu odpadów [m·s⁻¹] na obszarze Zatoki Gdańskiej (a), z uwzględnieniem prądów kompensacyjnych frakcji poniżej 1 cm (b), 1-10 cm (c) oraz powyżej 10 cm (d) dla warunków wysokości fali znacznej Hs=5