

M. Furdek Turk*

Institut Ruđer Bošković
Zavod za istraživanje mora i okoliša
Laboratorij za anorgansku geokemiju okoliša i
kemosdinamiku nanočestica
Bijenička cesta 54, 10 002 Zagreb

Istraživački projekt Transformacije, prijenos i stabilnost organokositrovih spojeva u morskom okolišu



Na Institutu Ruđer Bošković, u Zavodu za istraživanje mora i okoliša, u prosincu 2024. godine započela je provedba istraživačkog projekta “Transformacije, prijenos i stabilnost organokositrovih spojeva u morskom okolišu” (TransOTin). Projekt financira Hrvatska zaklada za znanost, a trajat će tri godine. Cilj projekta je inovativnim i sveobuhvatnim pristupom objasniti transformacije, prijenos i postojanost butilkositrovih (BuT) i metilkositrovih (MeT) spojeva u morskom okolišu. Projekt je interdisciplinarnog karaktera te će integrirati *in situ* istraživanja i primjenu naprednih analitičkih tehnika, molekularno-bioloških metoda i sedimentoloških analiza da bi se objasnili procesi kojima ti spojevi podliježu u okolišu i čimbenici koji na te procese utječu.

Uvod

Butilkositrovi i MeT spojevi pripadaju grupi organokositrovih (OTC) spojeva i zagađivala su morskog okoliša. Butilkositrovi spojevi isključivo su antropogenog podrijetla, dok MeT spojevi u određenoj mjeri mogu nastati i prirodnim procesom metilacije anorganskog kositra. Pojavnost tributilkositra (TBT) u morskom okolišu uglavnom je posljedica njegova unosa putem protuobraštajnih boja u kojima se rabio kao biocid od 60-ih godina prošlog stoljeća. Izrazita toksičnost TBT-a za određene vodene organizme dovela je do zabrane njegove upotrebe u mnogim državama u svijetu, uključujući Europsku uniju. Prema Okvirnoj direktivi o vodama 2000/60/EZ (WFD) i Okvirnoj direktivi o pomorskoj strategiji 2008/56/EZ (MSFD), TBT se nalazi na listi prioritarnih zagađivala čija je pojavnost u okolišu potrebna redovito pratiti te poduzimati korektivne mjere da bi se trajno uklonio iz okoliša. Unatoč zabrani, istraživanja i redovita praćenja stanja okoliša ukazuju na to da je TBT i danas, čak 20 godina nakon zabrane, prisutan u morskom okolišu u mnogim zemljama u svijetu, uključujući Hrvatsku.¹ Pritom se posebno ističe problem dugotrajno zagađenih sedimenata u kojima se TBT sporo razgrađuje (i do nekoliko desetaka godina), a smatra se da iz sedimenata može prijeći nazad u vodeni stupac. Zagađene sedimente zato se smatra “skladištem”, ali i potencijalnim izvorom ponovnog zagađenja vodenog stupca.² Dok su BuT spojevi tema znanstvenih istraživanja već tri desetljeća, MeT spojevi rijetko su istraživani te razumijevanje njihova porijekla i ponašanja ostaje oskudno.

Ciljevi projekta

Projekt TransOTin usmjeren je na rješavanje nekoliko znanstvenih pitanja:

- **Problem zagađenja morskog okoliša TBT-om**

Iako je upotreba TBT-a u protuobraštajnim bojama zabranjena, onečišćenje morskog okoliša tim spojem i dalje predstavlja ekološki problem. Raspravlja se je li onečišćenje vodenog stupca posljedica unosa “novog” TBT-a uslijed ilegalne upotrebe zabranjenih premaza, koji su i danas dostupni na nekim tržištima izvan Europe,³ ili je problem u zagađenim sedimentima iz kojih se “stari” TBT otpušta nazad u vodeni stupac. Nadalje, postojanost TBT-a u sedimentima te čimbenici koji na to utječu nisu u potpunosti razjašnjeni, iako su presudni za procjenu dugoročnog utjecaja prijašnjeg zagađenja. Projektom će se istražiti kinetika i mehanizam razgradnje TBT-a u različitim sedimentima te objasniti ulogu bentoske mikrobnog zajednice i značajki sedimenta u tom procesu. Također, procijenit će se stabilnost i vrijeme zadržavanja TBT-a u zagađenim sedimentima.

- **Remedijacija sedimenata zagađenih TBT-om**

S obzirom na složenost postupaka iskapanja sedimenata kao strategije u sanaciji zagađenih obalnih područja, trenutno su vrlo aktualna istraživanja kojima se nastoje definirati alternativne metode, poput biotehnoških postupaka bioremedijacije zagađenih sedimenata. Temelj tomu je identificirati bentonsku mikrobnu zajednicu koja ima aktivnu ulogu u razgradnji TBT-a, a to je cilj ovoga projekta.

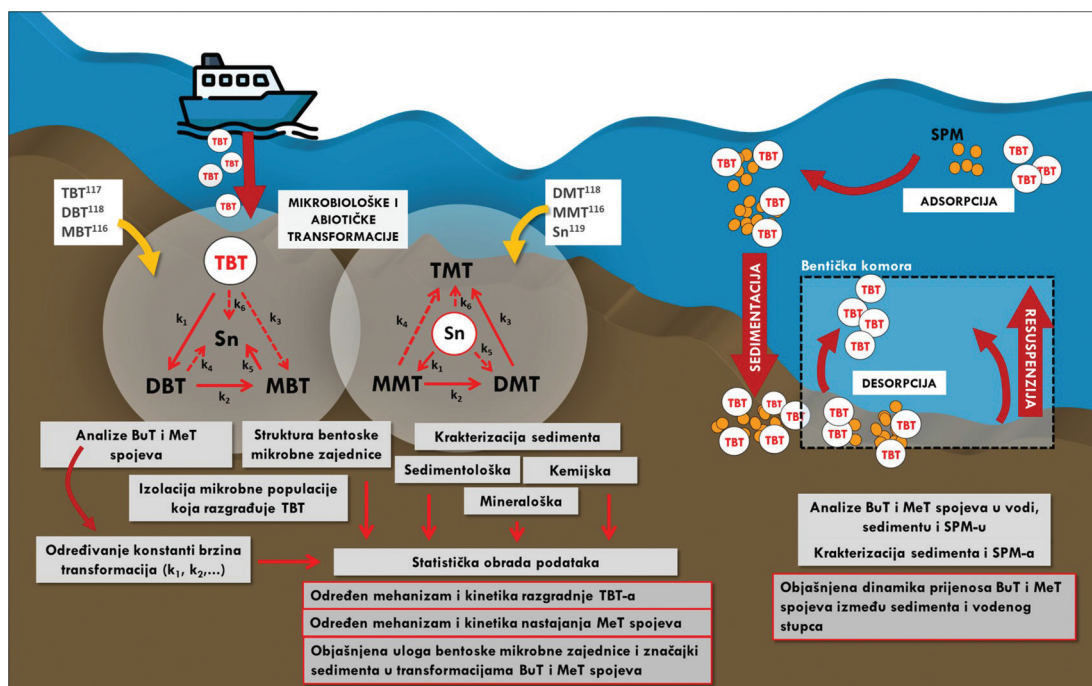
- **Zagađeni sedimenti kao potencijalni izvor ponovnog zagađenja vodenoga stupca**

Procijenit će se doprinos zagađenih sedimenata na raspodjelu TBT-a u vodenom stupcu te utvrditi u kojoj mjeri i pri kojim uvjetima zagađeni sedimenti postaju izvor zagađenja vodenog stupca.

- **Metilacija anorganskog kositra i prijenos MeT spojeva u morskom okolišu**

Provedbom projekta dobit će se prva i temeljna znanja o uspješnosti procesa metilacije anorganskog kositra u morskom okolišu. Projekt će se fokusirati na razumijevanje procesa metilacije anorganskog kositra koji transformira neškodljive i slabo mobilne anorganske vrste kositra u mobilne MeT spojeve s izraženijim biološkim učinkom. Također, istražiti će se sudbina nastalih MeT spojeva s obzirom na njihov prijenos između sedimenta i vodenog stupca.

* Dr. sc. Martina Furdek Turk
E-pošta: Martina.Furdek@irb.hr



Slika 1 – Shematski prikaz ciljeva i metodologije projekta TransOTin, koji istražuje kinetiku i mehanizme transformacija butilkositrovih (BuT) i metilkositrovih (MeT) spojeva te njihovo ponašanje i prijenos u morskom okolišu (SPM – suspendirana partikulatna tvar, k – konstanta brzine reakcije, TBT – tributilkositar, DBT – dibutilkositar, MBT – monobutilkositar, TMT – trimetilkositar, DMT – dimetilkositar, MMT – monometilkositar)

Provedba projekta i istraživački tim

Projekt će se realizirati kroz sedam radnih paketa, koji obuhvaćaju sljedeće aktivnosti: i) inkubaciju sedimenata s izotopno obilježenim BuT i MeT spojevima; ii) analizu BuT i MeT spojeva primjenom naprednih analitičkih tehnika; iii) molekularno-biološke analize i određivanje strukture bentoskih mikrobnih zajednica; iv) izolaciju bakterijskih kultura koje imaju sposobnost razgradnje TBT-a; v) sedimentološku, mineralošku i kemijsku karakterizaciju sedimenata; vi) statističku obradu podataka s ciljem objašnjavanja uloge bentoske mikrobnje zajednice i značajki sedimenata u transformacijama BuT i MeT spojeva; vii) utvrđivanje dinamike prijenosa BuT i MeT spojeva između sedimenata i vodenog stupca.

Projektini tim sastoji se od osam istraživača iz tri institucije koji čine interdisciplinarni kolektiv znanstvenika s ekspertizama iz područja analitičke kemije, mikrobiologije, biotehnologije, geologije i mineralogije. Pojedini članovi tima imaju dugogodišnje iskustvo u provođenju terenskih istraživanja. Članovi istraživačkog tima su:

- dr. sc. Martina Furdek Turk (voditeljica projekta), Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Zagreb,
- dr. sc. Ines Sviličić Petrić, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Zagreb,
- dr. sc. Goran Palijan, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek,
- dr. sc. Ivna Vrana Špoljarić, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Zagreb,
- dr. sc. Maja Ivanić, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Zagreb,
- dr. sc. Mavro Lučić, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Zagreb,
- dr. sc. Neven Cukrov, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Zagreb,
- prof. dr. sc. Chrystelle Montigny, Sveučilište u Montpellieru, Francuska.

Očekivani rezultati projekta

Rezultati ostvareni realizacijom istraživačkih ciljeva, osim što će odgovoriti na aktualna znanstvena pitanja, pridonijet će definiranju zakonskih propisa za rukovanje zagađenim sedimentima u obalnom području, koji se odnose na jaružanje zagađenih sedimenata te njihovo deponiranje u drugim okolišima. Također, rezultati projekta doprinijet će unapređenju kriterija za ocjenu stanja okoliša s obzirom na koncentraciju TBT-a u sedimentima. Osim znanstvenih i regulatornih doprinosa, projekt ima i potencijalni gospodarski učinak kroz doprinos u razvoju biotehnoških postupaka za bioremedijaciju sedimenata zagađenih TBT-om.

Projektne aktivnosti mogu se pratiti putem službene stranice projekta na poveznici <https://www.irb.hr/Zavodi/Zavod-za-istrazivanje-mora-i-okolisa/Laboratorij-za-anorgansku-geokemiju-okolisa-i-kemodinamiku-nanocestica/Projekti/Transformacije-prijenos-i-stabilnost-organokositrovih-spojeva-u-morskom-okolisu-TransOTin>.

Literatura

1. M. Furdek Turk, I. Vrana, R. Milačić, J. Ščančar, J. Dautović, I. Ciglencečki, N. Mikac, Spatial and temporal distribution of tributyltin in the coastal environment of the Croatian Adriatic (2016-2023): TBT remains a cause for concern, *Front. Mar. Sci.* **11** (2024) 1422057, doi: <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1422057>.
2. M. Furdek Turk, M. Ivanić, J. Dautović, N. Bačić, N. Mikac, Simultaneous analysis of butyltins and total tin in sediments as a tool for the assessment of tributyltin behaviour, long-term persistence and historical contamination in the coastal environment, *Chemosphere* **258** (2020) 127307, doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127307>.
3. R. G. Uc-Peraza, Í. B. Castro, G. Fillmann, An absurd scenario in 2021: Banned TBT-based antifouling products still available on the market, *Sci. Total Environ.* **805** (2022) 150377, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150377>.