

# PRENAŠANJE TUJERODNIH IN ŠKODLJIVIH VRST Z BALASTNO VODO

## Ballast Water as a Vector in the Dispersal of Non-indigenous and Harmful Species

Patricija Mozetič\*, Matej David\*\* UDK 574.9:594

### Povzetek

Razširjanje tujerodnih vrst morskih organizmov z balastnimi vodami tovornih ladij širom po svetu je že stoletje znan pojav, vendar je šele v zadnjih desetletjih vzbudil povečano zanimanje v javnosti. Žal je ta medijska odmevnost povezana z negativnimi posledicami, ki jih vnos tujerodnih vrst povzroči v nekem okolju in se odražajo tako na porušenem ekosistemu kot na človekovem zdravju. Posebno pozornost zasluži vnos škodljivih vrst rastlinskega planktona, zlasti dinoflagelatov. Strupene fitoplanktonske vrste in zastrupitve, ki jih te vrste povzročajo pri ljudeh, najdemo tudi v našem obalnem morju, vendar obstoječa slovenska zakonodaja o upravljanju z balastnimi vodami tega nadvse pomembnega vprašanja ne obravnava.

### Abstract

The transportation of non-indigenous marine organisms in the ballast waters of cargo vessels has been practised for almost a century, but only began to attract considerable world-wide interest a few decades ago. This increased interest is linked primarily to the negative consequences on impacted ecosystems caused by harmful species in a new environment and on human health, with special emphasis on non-indigenous toxic dinoflagellates. Although toxic dinoflagellates and cases of human intoxication caused by these species are common in Slovenian coastal waters, Slovenian legislation relating to the management of ballast water has not given due consideration to this problem.

## Uvod

Kar 90 % vsega čezmorskega prevoza raznovrstnega blaga predstavlja v današnjih časih pomorski promet (IMO, 1998), globalna gibanja pa kažejo, da bo ta način prevoza v prihodnosti še večji. Vzporedno z naraščajočo globalizacijo te pomembne gospodarske dejavnosti opažamo, da je pomorski promet vedno bolj obremenilen za okolje. Onesnaževanje morskega ekosistema v najširšem pomenu bova preskočila, saj je bilo o tem že veliko napisanega, zato pa bi želela opozoriti na druge, manj poznane, vendar ne nepomembne posledice čezmorskega prometa.

## Pomen balastnih voda

Razmah medcelinske trgovine je narekoval izgradnjo večjih in zmogljivejših tovornih ladij iz sodobnih in kakovostnih materialov. Nekdaj so za dodatno obtežitev, ki je ladij med plovbo brez tovora zagotovila plovno sposobnost, uporabljali pesek ali kamenje, konec 19. stoletja pa so v ta namen začeli v posebne tanke (balastne tanke) polniti balastno vodo. Po definiciji Mednarodne pomorske organizacije (IMO, 1999) »balastna voda pomeni vodo in suspendirane snovi, naložene na ladjo zaradi uravnavanja trima, ugreza, stabilnosti ali napetosti ladje«. Ladje prevažajo različne količine balastnih voda in v njej lebdečih organizmov in neživih delcev (tankerji in ladje za prevoz razsutih tovorov lahko načrpajo od 10.000 do 100.000 t balastne vode). Raziskave kažejo, da lahko različni organizmi preživijo v balastni vodi in sedimentu, ki ga načrpajo v balastne tanke skupaj z vodo, tudi nekaj mesecev (IMO, 1997).

## Tujerodne vrste in njihove posledice

Razširjanje morskih organizmov v ladijskih trupih je že dolgo znan pojav, ki je šele v zadnjih desetletjih vzbudil povečano zanimanje v javnosti. Vzrok kaže iskati v izsledkih raziskav, ki so pokazali na škodljive vplive oz. posledice tujerodnih vrst v novem okolju.

Po definiciji ANS Task Force, posebnega telesa, ki ga je leta 1990 oblikovala vlada ZDA in med drugimi nalogami

nadzira vnos in posledice tujerodnih oganizmov v vodah Združenih držav, so »**tujerodne vrste** katere koli vrste, ki so bile vnesene v neki ekosistem zunaj njegovih zgodovinskih meja, v številni vsak organizem, ki je bil prenesen iz ene dežele v drugo«. Nadalje, tujerodne vrste »vplivajo na biološko bogastvo (raznolikost in številčnost samoniklih vrst ter ekološka stabilnost voda) in ekonomski potencial (trgovska, kmetijska, marikultura in rekreacijska dejavnost) novega ekosistema kot tudi na človekovo zdravje«. Ker je vnos tujerodnih vrst v zanje novem okolju prepoznan po nadležnih in škodljivih posledicah, jih označujemo tudi kot **nadležne vrste** (angl. *nuisance species*).

Veliko navedb v literaturi govori o razširjanju tujerodnih nadležnih vrst z balastnimi vodami in v številnih primerih so se tujerodne vrste v novem okolju zelo namnožile in izpodrinile samonikle (avtohtone) organizme. Naj naštejeva samo nekaj primerov (David, 1999): vnos evropske zebrašte školje *Dreissena polymorpha* v Velika jezera (ZDA), vnos vzhodnoameriške rebrače *Mnemiopsis leidyi* v Črno in Azovsko morje, vnos patogene bakterije, povzročiteljice kolere, v obalne vode ZDA leta 1991, vnos strupenih dinoflagelatov v Avstralijo, najverjetneje iz Japonske, itd. Tudi Sredozemskemu in Jadranskemu morju ni prizaneseno, kot kaže primer 12 tujerodnih vrst mehkužcev (De Min in Vio, 1998), ki so v severni Jadran prišle bodisi po naravni poti skozi Sueški prekop (t. i. lesepske selivke) in Gibraltarsko ožino bodisi zaradi človekove dejavnosti (balastne vode, obrast na ladijskem trupu), vendar njihov škodljiv vpliv še ni dokazan. Najbolj znan primer invazivne naselitve na obalah Sredozemskega morja je tropska alga *Caulerpa taxifolia*, ki je »pobegnila« iz monaškega akvarija (Nolan, 1994) in jo najdemo tudi v vzhodnem Jadranu, naj-severneje na otoku Krku.

S tem prispevkom želiva opozoriti na dejanski problem balastnih voda, ki so raznašalke tujerodnih in škodljivih vrst širom po svetu, zlasti pa na škodljive planktonske alge, ki povzročajo različne zastrupitve pri ljudeh. Ker se nekatere izmed teh planktonskih vrst redno ali občasno pojavljajo tudi v Jadranskem morju in Tržaškem zalivu, meniva, da je predstavitev tega pojava onkraj znanstvenih in strokovnih meja več kot dobrodošla.

\* dr., Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja, Fornače 41, Piran; mozetic@nib.si

\*\* Šolska 2, Portorož

## Razširjanje škodljivih vrst z balastnimi vodami

Vnos tujerodnih strupenih planktonskih vrst so najprej zabeležili v Avstraliji v 80. letih (Hallegraeff in Bolch, 1992), vendar to še zdaleč ni bil osamljen primer. Na sliki 1 (Hallegraeff, 1993) je razločno prikazano veliko povečanje paralične zastrupitve ljudi s školjkami (ena od zastrupitev, ki jih povzročajo strupene alge) v zadnjih treh desetletjih. Razlogi so različni: bodisi povečano zanimanje za škodljive mikroalge, osveščenost raziskovalcev in v zvezi s tem naraščanje števila raziskav, strmo naraščajoča izraba obalnih območij za marikulturo bodisi množično cvetenje kot posledica eutrofikacije in/ali spremenjenih klimatskih razmer ter ne nazadnje razširjanje strupenih mikroalg z balastnimi vodami in z mladnicami školjk po svetu (Smayda, 1990).

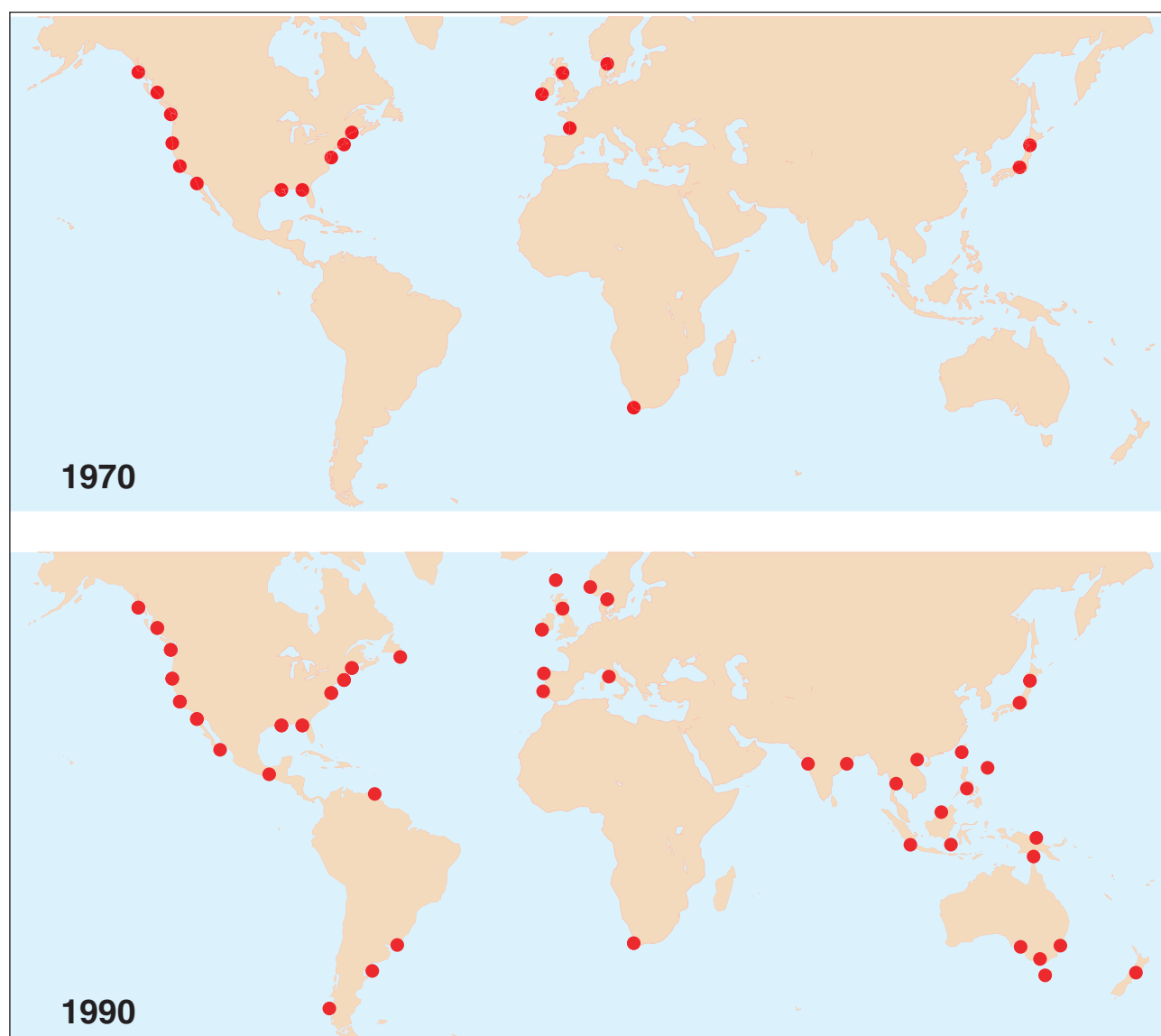
### Škodljivo cvetenje fitoplanktona

V morju živeče rastline niso samo prostemu očesu vidne na dnu pritrjene alge in morske trave. Zelo velik del rastlinske biomase odpade na drobne, mikroskopsko majhne eno-

celične alge – mikroalge, ki živijo v vodi (rastlinski plankton ali fitoplankton) ali na morskem dnu (bentoške mikroalge). Zanje je značilna velika raznovrstnost in morfološka raznolikost, nekatere vrste pa so si »prislužile« ime **škodljive vrste**.

Med škodljive morske mikroalge, katerih večina je fitoplanktonskih, uvrščamo vse tiste predstavnike, ki ob izredno velikem povečanju števila celic povzročajo množično cvetenje (angl. *blooms*, v primeru škodljivih cvetenj pa *harmful algal blooms*), in tiste, ki že ob rahlo povečanem številu ogrozijo človekovo zdravje. V številnih primerih se zelo namnoži ena fitoplanktonska vrsta. Ta pojav imenujemo tudi *rdeča plima* (angl. *red tide*) zaradi obarvanja morske vode. Škodljive vrste in posledice njihovega škodljivega cvetenja lahko razvrstimo v tri skupine:

1. skupina. Vanjo uvrščamo tiste vrste, ki povzročajo ponavadi neškodljive rdeče plime. Včasih pa je cvetenje tako obsežno, da zaradi kopičenja odmrlih celic na dnu in posledično pomanjkanja kisika začno poginjati organizmi na dnu.
2. skupina. To je najštevilčnejša skupina, kamor spadajo vrste iz skupin oklepnih bičkarjev (dinoflagelati), kremenastih alg (diatomeje) in cianobakterij, ki proizvajajo



Slika 1. Svetovni razmah paralične zastrupitve s školjkami (PSP) med leti 1970 in 1990 (povzeto po Hallegraeffu, 1993)  
Figure 1. Global distribution of paralytic shellfish poisoning (PSP) in 1970 and 1990 (taken from Hallegraeff, 1993)

močne strupe. Le-ti se prek vmesnih členov prehranjevalne verige prenašajo na človeka in povzročajo različne zastrupitve. Strupeni organizmi se kopičijo predvsem v školjkah in ribah, zastrupitve pri človeku pa so naslednje:

- paralična zastrupitev s školjkami (PSP), povzročitelj oklepni bičkarji, smrtni primeri zastrupitve;
- diaroična zastrupitev s školjkami (DSP), povzročitelj oklepni bičkarji;
- amnestična zastrupitev s školjkami (ASP), povzročitelj kremenaste alge;
- nevrotoksična zastrupitev s školjkami (NSP), povzročitelj oklepni bičkarji, smrtni primeri zastrupitve;
- ciguatera zastrupitev, zastrupitev z ribami, ki jo povzročajo oklepni bičkarji, živeči v tropskih morjih in na območju koralnih grebenov, smrtni primeri zastrupitve;
- zastrupitev s cianobakterijskimi strupi, povzročitelj cianobakterije, zlasti sladkovodne, smrtni primeri zastrupitve.

3. skupina. Za človeka nestrupene vrste, ki pa lahko povzročijo množičen pogin rib in nevretenčarjev (npr. kozic). To se dogaja predvsem v območjih intenzivnega gojenja morskih organizmov, kjer se gojene živali ne morejo izogniti rdečim plimam.

Natančno število škodljivih vrst je težko določiti, zaradi nerazjasnjene taksonomije, predvsem pa zato, ker je lahko ena vrsta v nekem okolju strupena, v drugem pa ne.

## Vnos povzročiteljev zastrupitve z balastnimi vodami

Paralična zastrupitev s školjkami je bila v 70. letih omejena na zmerno tople vode severne poloble (Evropa, Japonska, Severna Amerika) (Dale in Yentsch, 1978). Potem pa so v začetku 80. v Avstraliji opazili cvetenje strupenih vrst oklepnih bičkarjev, kar je v občutljivih območjih za vzgojo školjk povzročilo veliko gospodarsko škodo (Hallegraeff in Bolch, 1992). Znanstveniki so upravičeno posumili, da je množično cvetenje do tedaj nepoznanih vrst *Gymnodinium catenatum*, *Alexandrium catenella* in *A. minutum* v treh različnih avstralskih pristaniščih pravzaprav posledica vnosa teh vrst od drugod. Tujevrstne vrste so bile po vsej verjetnosti prinesene iz Japonske, Južne Koreje in Evrope (Scholin in sod., 1993), saj so raziskave potrdile veliko genetsko ujemanje geografsko različnih sevov posameznih vrst. Kot prenašalca tujevrstnih vrst so določili balastne vode iz ladijskih tankov, v katerih žive, vegetativne celice preživijo krajši čas, medtem ko njihovi počivajoči štadiji – dinoflagelatne ciste in diatomejske spore, preživijo v takšnem okolju dolgo časa (Rigby in Hallegraeff, 1994). Ko pa so ciste enkrat spuščene v naravno okolje, se lahko razvijejo v žive celice (germinacija) in v ugodnih razmerah tvorijo rdeče plime. V enem balastnem tanku je tudi več kot 300 milijonov dinoflagelatnih cist, iz katerih lahko zraste strupena populacija. Razen v Avstraliji so paralično zastrupitev v zadnjem desetletju zabeležili v številnih državah južne poloble (Južna Afrika, Nova Zelandija, Indija, Tajska, Brunej, Filipini, Papua Nova Gvineja). V državah, kjer opravljajo vzorčenje balastnih voda, so v odvzetih vzorcih odkrili razmeroma velik odstotek (35–62 %) strupenih vrst dinoflagelatov in diatomej in njihovih počivajočih štadijev (GEF/IMO/UNDP, 1998). Nekateri od teh vrst so bile ponekod celo prvič zabeležene.

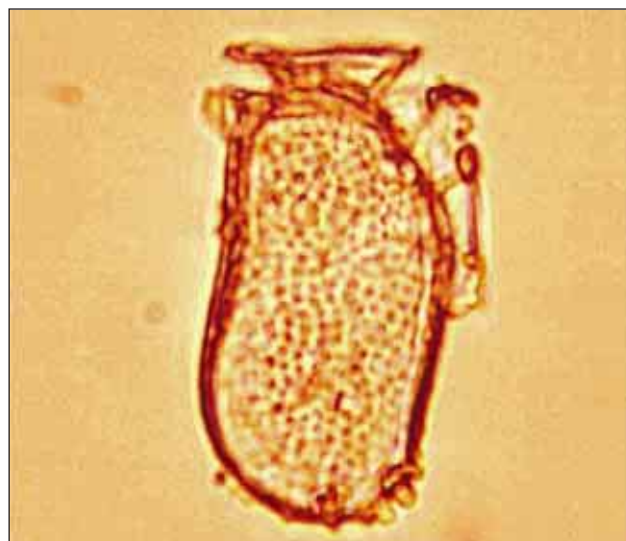
## Varnostni ukrepi pri ravnanju z balastnimi vodami

Zaradi tega je Mednarodna pomorska organizacija leta 1993 prepisala neobvezujoče smernice za ravnanje z

balastnimi vodami in jih kasneje, leta 1997, dopolnila z »Navodili za nadzor in upravljanje ladijskih balastnih vod za zmanjšanje prenosa škodljivih morskih organizmov in patogenov« (IMO Assembly Resolution A.868(20)). Navodila predpisujejo preventivne ukrepe in uporabo posebnih metod. Tako naj bi ladje balastno vodo izmenjale na odprtem morju in ne v pristaniščih, zlasti pa ne v bližini marikulturnih območij. Priporočljivo je tudi, da ladje ne črpajo balastne vode v obdobju, ko v pristaniščih in polzaprtih zalivih množično cvetijo škodljive alge. Če preventivni ukrepi niso izvedljivi, so za uničevanje organizmov v balastnih vodah uporabne naslednje metode: temperaturni in električni šok ter razna kemična sredstva, pri čemer se zdi, da je visoka temperatura še najbolj zanesljiva metoda (Bolch in Hallegraeff, 1993). Treba je poudariti, da je uporaba teh navodil za vse članice mednarodne organizacije le priporočljiva in ne pravno zavezujoča. Tudi Slovenija je podpisnica konvencije in torej sprejema njene predpise oz. priporočila, vendar jih ne izvaja. Tako obstoječa slovenska zakonodaja kot tudi novi predlog zakona – Pomorski zakonik Republike Slovenije (Poročevalec DZ R Slovenije št. 41/00) problematike vnosa tujevrstnih organizmov z balastnimi vodami in ravnania z balastnimi vodami (v smislu priporočil IMO) ne ureja (David, 1999).

## Škodljivo cvetenje in strupeni dinoflagelati v severnem Jadranu

Tudi na območju Tržaškega zaliva se srečujemo z rdečimi plimami (npr. morska iskrnica *Noctiluca scintillans*) in s strupenimi vrstami, povzročitelji diaroične in paralične zastrupitve s školjkami. Povzročitelji diaroične zastrupitve, ki jih najdemo v slovenskem obalnem morju, so oklepni bičkarji iz rodov *Dinophysis* (slika 2), *Prorocentrum* in *Phalocroma*, povzročitelj paralične zastrupitve pa je prav tako oklepni bičkar iz roda *Alexandrium* (slika 3). Diaroična zastrupitev školjk je bila v Tržaškem zalivu prvič zabeležena leta 1989 (Sedmak in Fanuko, 1991). Od takrat naprej se praviloma redno pojavlja v jesenskih mesecih, kar se posledično odraža v ekonomskih izgubah pridelovalcev školjk zaradi



*Dinophysis sacculus*

Slika 2. Oklepni bičkarji, povzročitelji diaroične zastrupitve s školjkami (DSP) iz Tržaškega zaliva: *Dinophysis caudata* (foto Patricija Mozetič), *Dinophysis fortii* (arhiv MBP), *Dinophysis sacculus* (foto Patricija Mozetič)

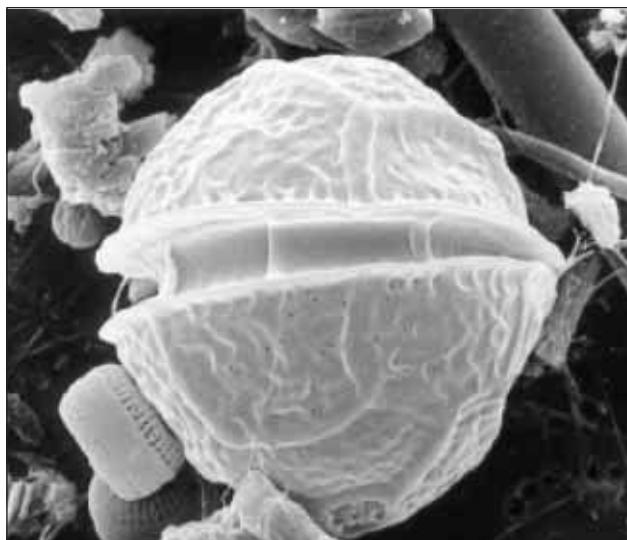
Figure 2. Dinoflagellate species responsible for diarrhetic shellfish poisoning (DSP) in the Gulf of Trieste: *Dinophysis caudata* (photo: Patricija Mozetič), *Dinophysis fortii* (MBP archiv), *Dinophysis sacculus* (photo: Patricija Mozetič)



*Dinophysis caudata*



*Dinophysis fortii*



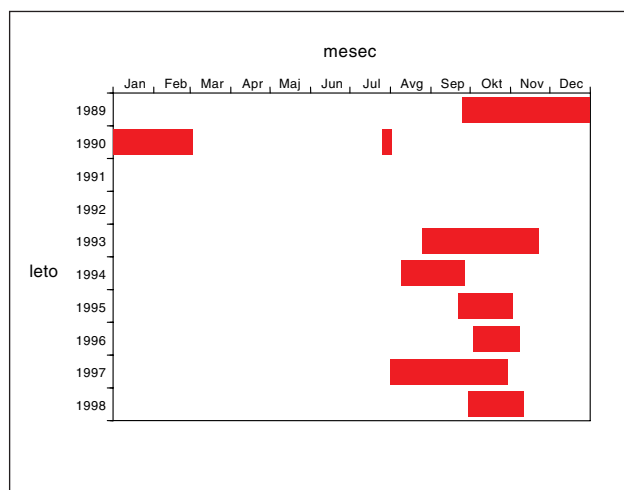
*Alexandrium* sp.

Slika 3. Oklepni bičkar *Alexandrium* sp. iz Tržaškega zaliva (foto Marina Cabrini)

Figure 3. Dinoflagellate *Alexandrium* sp. from the Gulf of Trieste (photo: Marina Cabrini)

prepovedi prodaje (slika 4) (Sedmak in Obal, 1998) in na človekovem zdravju (Malej in sod., 1994). Tradicija, da se v Tržaškem zalivu školjk v določenih mesecih ne je, kaže na to, da so ti problemi obstajali tudi v preteklosti.

Veliko bolj nevarne paralične zastrupitve v Tržaškem zalivu na srečo ne beležimo, obstaja pa primer paralične zastrupitve, ugotovljene na užitnih klapavicah z italijanske obale severnega Jadrana leta 1994 (Honsell in sod., 1996). Ta zaenkrat osamljeni primer in stalna prisotnost vrst iz rodu *Alexandrium* v Tržaškem zalivu in severnem Jadranu (Honsell in sod., 1996; Mozetič in sod., 1997) so razlogi, ki ne izključujejo možnosti paralične zastrupitve v prihodnosti. Podobno je bilo tudi s širjenjem paralične zastrupitve v Sredozemskem morju: prvič se je pojavila leta 1987 v Alboranskem morju v Španiji, v naslednjih sedmih letih še v Maroku, kjer so bili štirje smrtni primeri, nato ob obalah Katalonije (Španija), Francije in, kot je bilo že omenjeno, severnega Jadrana (Honsell in Sidari, 1999).



Slika 4. Začasne zapore nasadov školjk v slovenskem obalnem morju v letih od 1989 do 1998 (povzeto po Sedmak in Obal, 1998)

Figure 4. Periods of temporary bans of shellfish farms in the Slovenian coastal sea from 1989 to 1998 (adapted from Sedmak and Obal, 1998)

## Sklepne misli

Številni primeri, podprti z dokazi, potrjujejo raznašanje škodljivih strupenih vrst fitoplanktona z balastnimi vodami. V ladijskih balastnih tankih lahko preživijo žive celice, predvsem pa njihovi bolj odporni počivajoči štadiji. V novo okolje vnesene vrste so dejanska in/ali potencialna nevarnost za razmah cvetenja, s tem ogrožajo občutljivo ekološko ravnovesje, človekovo zdravje in dobičkonosne gospodarske dejavnosti. Ker nimamo historičnih popisov fitoplanktona, pa tudi zato, ker se taksonomija vrst spreminja, je za Tržaški zaliv težko reči, katere vrste med potencialno strupenimi so samonikle, katere pa so bile prinesene od drugod, tudi z balastnimi vodami. Vsekakor pa je razmah različnih zastrupitev po svetu in v Sredozemlju ter pojav paralične zastrupitve s školjkami v naši neposredni bližini dovolj alarmanten znak, da naše morje ni izvzeto iz tega procesa. Lahko le domnevamo, da so številne trgovske ladje, ki zaplujejo v slovensko morje, potencialne prenašalke tujih vrst. V zvezi s tem ni bilo v Sloveniji še nobenih raziskav, pa tudi slovenska pomorska zakonodaja ne pomaga pri preprečevanju takšnih dogodkov, zato je treba čimprej pripraviti navodila, kako ravnati z balastnimi vodami in jih seveda tudi izvajati.

## Literatura

1. Bolch, C. J., Hallegraef, G. M., 1993. Chemical and physical treatment options to kill toxic dinoflagellate cysts in ships' ballast water. *J. Mar. Env. Eng.*, 1, 23–29.
2. Dale, B., Yentsch, C. M., 1978. Red tide and paralytic shellfish poisoning. *Oceanus*, 21, 41–49.
3. David, M., 1999. Vnos tujerodnih organizmov v severnem Jadarnu in upravljanje balastnih vod. *Annales*, 17, 213–220.
4. De Min, R., Vio, D., 1998. Molluschi esotici nell'Alto Adriatico. *Annales*, 13, 43–54.
5. GEF/IMO/UNDP, 1998. Removal of Barriers to the Effective Implementation of Ballast Water Control and Management Measures in Developing Countries, 197.
6. Hallegraef, G. M., 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32, 79–99.
7. Hallegraef, G. M., Bolch, C. J., 1992. Transport of diatom and dinoflagellate resting spores in ships' ballast water: Implications for plankton biogeography and aquaculture. *J. Plankton Res.*, 14, 1067–1084.
8. Honsell, G., Poletti, R., Pompei, M., Sidari, L., Milandri, A., Casadei, C., Viviani, R., 1996. *Alexandrium minutum* Halim and PSP contamination in the Northern Adriatic Sea (Mediterranean Sea). V: Yasumoto, T., Oshima, Y., Fukuyo, Y. (uredniki), *Harmful and Toxic Algal Blooms*, 77–80.
9. Honsell, G., Sidari, L., 1999. Le microalghe produttrici di tossine in Adriatico. V: Funari, E. (urednik), *Alcuni studi su problematiche sanitarie per la salvaguardia del Mare Adriatico*, Rapp. ISTISAN 99/34, 154–174.
10. IMO, 1997. IMO Assembly Resolution A.868(20), 27.11.1997, Guidelines for the control and management of ships' ballast water to minimize the transfer of harmful aquatic organisms and pathogens.
11. IMO, 1998. Focus on IMO.
12. IMO, 1999. MEPC 43/4, 05.01.1999, Harmful aquatic organisms in ballast water, Report of the Working Group on Ballast Water convened during MEPC 42.
13. Malej, A., Mozetič, P., Malej, A., 1994. Toksični fitoplankton – možen vir etiološko neopredeljenih črevesnih okužb. *Zdrav. vestn.*, 63, 139–143.
14. Mozetič P., Cabrini, M., Čok, S., Chiurco, R., Beran, A., 1997. Temporal distribution of *Alexandrium* spp. in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic). *Annales*, 11, 225–230.
15. Nolan, C., 1994. Introduced species in European coastal waters. V: Boudouresque, C. F., Briand, F., Nolan, C. (uredniki), *Introduced species in European coastal waters. Ecosystem research Report CIESM*, 1–3.
16. Pomorski zakonik republike Slovenije – Predlog zakona, Poročevalec Državnega zbora republike Slovenije, št. 41/00, 13.06.2000.
17. Rigby, G., Hallegraef, G. M., 1994. The transfer and control of harmful marine organisms in shipping ballast water: Behaviour of marine plankton and ballast water exchange trials on the MV *Clron Whyalla*. *J. Mar. Env. Eng.*, 1, 91–110.
18. Scholin, C. A., Hallegraef, G. M., Anderson, D. M., 1993. Molecular evolution and global dispersal of the *Alexandrium tamarense* / *catenella* species complex. 6th International Conference on Toxic Marine Phytoplankton, Abstracts, 174.
19. Sedmak, B., Fanuko, N., 1991. Occurrence of *Dinophysis* spp. and toxic shellfish in the Northern Adriatic. *J. appl. Phycol.*, 3, 289–294.
20. Sedmak, B., Obal, R., 1998. Gojenje in promet s školjkami s poudarkom na biotoksinih – predlogi za uskladitev slovenske zakonodaje z evropsko. *Vet. nov.*, 24, 189–201.
21. Smayda, T.J., 1990. Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea: Evidence for a global epidemic. V: Graneli, E., Sundstrom, B., Edler, L., Anderson, D. M. (uredniki), *Toxic Marine Phytoplankton*, Elsevier Science Publishing Co, New York, 29–40.