

ISTRAŽIVANJA O ONEČIŠĆENJU NAŠEG
PRIOBALNOG MORA GRADSKIM OTPADNIM
VODAMA I MINERALNIM ULJIMA
— OSVRT NA UREDBU O KLASIFIKACIJI
OBALNOG MORA

I. DEŠKOVIĆ i H. IVEKOVIĆ

*Odjel za sanitarnu hidrotehniku Građevinskog fakulteta, Zagreb i
Zavod za zaštitu od korozije i desalinizaciju JAZU, Dubrovnik*

Iznose se neki podaci o onečišćenju mora u lukama naših priobalnih gradova. Upozorava se na nepostojanje uređaja za čišćenje gradskih i industrijskih otpadnih voda te prihvata balastnih brodskih voda kao i na nedostatak Uredbe o klasifikaciji morske vode iz godine 1967. Dane su bakteriološke i kemijske karakteristike čistog mora. Posebna pažnja posvećena je metodi uzimanja uzoraka morske vode za bakteriološku analizu s upozorenjem da nasadivanje na hranjivi supstrat treba izvršiti na licu mjesta zbog djelovanja planktona na bakterijsku floru i općenito baktericidnog djelovanja morske vode.

Radi istraživanja onečišćenja našeg priobalnog mora otpadnim vodama izvršen je tokom 1969. i 1970. godine opsežan terenski i laboratorijski rad. Ispitano je oko 100 uzoraka mora uzetog na karakterističnim točkama, u lepezi i uzdužnom profilu prema žarištima onečišćenja, i to na području Poreča, Pule, Rijeke, Zadra, Šibenika, Splita i Dubrovnika. Iz izvještaja koji je podnesen Saveznom sekretarijatu za vodoprivredu i koji sa situacijskim planovima mjesta uzimanja uzoraka i tablicama s analitičkim i drugim podacima ima oko 150 stranica, prikazat ćemo ovdje samo neka važnija opažanja i izvesti zaključke dobivene na temelju rezultata istraživanja.

Konstatirano je da kvalitetu našeg obalnog mora sve više ugrožavaju raznovrsna onečišćenja, kojih se količina neprestano povećava kako se povećavaju i razvijaju razne privredne grane i naselja na našoj obali. Međutim, najveća neposredna opasnost dolazi od takozvanih »slučajnih onečišćivača«, tj. nečistoća koje nastaju otpuštanjem balastnih, kaljužnih i drugih otpadnih voda iz brodova te onečišćenja koja mogu nastati zbog havarija tankera i drugih brodova (1, 2, 3, 4, 5).

Jedna kap nafte napravi film na morskoj površini od 0,25 m², a jedna tona nafte film od 1 četvorne milje. Iz podataka OUN iz 1967. godine (tablica 1) vidljivo je kako se povećava transport nafte i naftinih derivata morem (6).

Tablica 1
Povećanje transporta nafte i naftinih derivata morem

Godina	Količina nafte i derivata prevezena morem, milijuni tona			
	Ukupno	Sirova nafta	Derivati nafte	% sirove nafte
1939	84	22	62	26,0
1949	151	84	67	55,7
1958	369	241	128	65,3
1967	893	694	198	77,8

Danas se grade tankeri nosivosti i preko 100.000 tona, a zna se da havarije i nisu tako rijetke. Može se pretpostaviti do kakvih bi dugoročnih posljedica moglo doći da se havarija dogodi takvom tankeru u ovako malenom i zatvorenom moru kao što je Jadransko more.

Naše obalno more nije ni izdaleka dovoljno zaštićeno od različitih onečišćenja, osobito ne od »slučajnih onečišćenja«. U našim lukama nema uređaja za prihvatanje otpadne i balastne vode, nafte, istrošenih ulja i drugih onečišćenja s brodova, a nema ni specijaliziranog stručnog kadra i sredstava za djelotvornu i brzu intervenciju u slučaju havarija. Zbog toga naša zemlja nije mogla pristupiti Međunarodnoj konvenciji iz 1967. godine o zaštiti priobalnog mora. Onečišćenje naftom i naftinim derivatima ne ugrožava samo luke, nego i velike komplekse ostalog mora i plaža i nanosi nerijetko izravne velike štete turističkoj privredi, a oštećuje i morsku floru i faunu. Na našoj obali postoji samo jedan mali uređaj za prihvatanje balastnih voda i voda od pranja tankera, i to u petrolejskoj luci u Bakru, a odnedavno i u Rijeci.

Manja onečišćenja naftom i naftinim derivatima utvrđena su i u izrazito turističkim centrima. Gliseri, ribarski i drugi čamci kojih ima sve više onečišćuju — iako malo — obalno more naftinim derivatima (na jednoj točki u luci Poreča utvrđeno je 10 mg/l mineralnog ulja). Sve naše luke također su onečišćene derivatima nafte. Tokom ovih istraživanja nađen je u pulskoj luci 61 mg/l, riječkoj 86 mg/l, splitskoj 20 mg/l, zadarskoj 86 mg/l itd. Te nečistoće dolaze u more uglavnom s rashladnom i drugom otpadnom vodom iz brodova, a djelomično i putem izljeva gradskih i industrijskih otpadnih voda — osobito rafinerija (Rijeka) (7, 8, 9).

Prema članu 7 Uredbe o klasifikaciji voda (10) obalno more podijeljeno je u tri vrste:

I vrsta — more u kojem se mogu uzgajati oštrige i druge školjke,

II vrsta — more koje se može iskoristiti za kupanje, rekreaciju i vodene sportove, i

III vrsta — ostalo obalno more.

Granične vrijednosti pokazatelja za pojedine vrste obalnog mora prema navedenoj Uredbi (član 9) navedene su u tablici 2.

Tablica 2

Granične vrijednosti pokazatelja za pojedine vrste obalnog mora kako su navedene u Uredbi o klasifikaciji voda (10)

Pokazatelj	I vrsta	II vrsta	III vrsta
1. Suspendirana tvar, u mg/l, ne više od:	10	30	—
2. Najvjerojatniji broj koliformnih organizama u 100 ml, ne više od:	10	20.000	—
3. Ulje, nafta i naftini derivati:	0	0	0
4. Vidljiva otpadna tvar	bez vidljive otpadne tvari	bez vidljive otpadne tvari	—
5. Vidljiva boja	bez vidljive boje	bez vidljive boje	—

Zahtjev za II i III vrstu obalnog mora da koncentracija nafte, ulja i naftinih derivata mora biti jednaka nuli nije opravdan, niti mu se praktički može udovoljiti, jer u III vrstu obalnog mora idu i luke. Realno bi bilo da se za takve vrste mora postave određene granične vrijednosti (za II vrstu na primjer 5 ili 10 mg/l, a za III vrstu 20 ili 30 mg/l). Ako bi onečišćenje iz bilo kojeg razloga premašilo postavljene granične vrijednosti, trebalo bi ga uklanjati primjenom odgovarajućih mjera, a za što bi naravno trebalo imati odgovarajuću službu koja bi djelovala stručno, brzo i efikasno. No, prije svega treba voditi računa o tome da se eliminiraju izvori takvog onečišćenja.

Rafinerije bi osim prvog stupnja čišćenja — separatora ulja (koji je zapravo sastavni dio njihovog tehnološkog procesa) — morale imati i druge stupnjeve kondicioniranja otpadnih voda, tako da koncentracija mineralnih ulja na izlazu ne prelazi 30 mg/l. Takvu koncentraciju, naime, može plankton još relativno brzo i efikasno razgraditi. U separatore rafinerije ne bi se smjele ispuštati otpadne vode iz rezervoara za prihvat balastnih i drugih otpadnih voda s brodova, ako za to nisu dimenzionirani i ako ne postoji još i drugi stupanj pročišćavanja (rafinerija na Rijeci).

Za rashladnu vodu, ako je moguće, ne bi trebalo upotrijebiti more, jer se emulgirano ulje iz morske vode odjeljuje mnogo sporije nego iz slatke vode. To je dokazano eksperimentom (tablica 3), a utvrđeno je i pri ispitivanju efekta rada separatora na Rijeci gdje se upotrebljava pretežno slatka voda i separatora u Urinju gdje se upotrebljava pretežno morska voda (1, 2).

Tablica 3
Brzina razdvajanja ulja od vode

Sredina	More+ulje			Vodovodna voda+ulje			Vovodovodna voda i more (1+1)+ulje		
	10	40	60	10	40	60	10	40	60
Vrijeme stajanja u minutama	10	40	60	10	40	60	10	40	60
Količina uklonjenog ulja u ‰	23,5	38,9	43,3	27,2	39,0	55,1	32,6	57,3	66,3

Spomenutom Uredbom (tablica 2) zahtijeva se da najvjerojatniji broj koliformnih organizama u 100 ml za II vrstu mora ne smije biti veći od 20.000. Istraživanjima koja smo proveli dokazano je da se takva koncentracija koliformnih organizama može dosadašnjim načinom određivanja utvrditi, u većini slučajeva, samo neposredno nakon izljeva kolektora, i to ne uvijek, ispred izljeva jednog od kolektora nađeno je u Poreču 27.000, u Puli 28.000, u Rijeci (kolektor u mrtvom kanalu) 1.100.000, u Zadru 24.000, u Dubrovniku 24.000. Već na udaljenosti od nekoliko metara od izljeva kolektora, ovisno o dubini, koncentracija koliformnih organizama se naglo smanjuje i ne prelazi 20.000. Ovako velika dopuštena koncentracija koliformnih organizama ne bi se smjela prihvatiti za II vrstu mora koja se koristi za kupanje i rekreaciju, pa bi Uredbu trebalo korigirati i u tom pogledu. Osim toga, u Uredbi je, čini se, i sam broj pokazatelja malen, a neki su nedovoljno definirani kao, npr., »vidljiva otpadna tvar« i »vidljiva boja«.

Dispozicija fekalnih otpadnih voda iz turističkih naselja i hotela, duž cijele naše obale vrši se uglavnom preko taložnica izravno na površinu mora, ponegdje u gradsku kanalizaciju, a ponekad podvodnim kolektorom ispod morske površine, ali obično na malu dubinu i na malu udaljenost od obale. U interesu turističke privrede trebalo bi u tom pogledu donijeti odgovarajuće propise.

Gradske otpadne vode, koje često sadržavaju i nepročišćene industrijske otpadne vode ispuštaju se u pravilu, u svim našim lukama na mnogo ušća i gotovo bez iznimke bez ikakvog pročišćavanja, uza samu morsk obalu, izravno na površinu mora. Izljevi se nerijetko nalaze u neposrednoj blizini gradskih kupališta, te se događa da se zbog onečišćenja u vrijeme sezone moraju kupališta povremeno zatvoriti (Rijeka, Zadar). Ovo je također jedan od akutnih problema onečišćenja našeg obalnog mora i njegovu rješenju moralo bi se pristupiti što prije i što kompleksnije, i to kako u odnosu na gradske tako i u odnosu na industrijske otpadne vode.

Na temelju analitičkih rezultata utvrđeno je da kemijske, fizikalne i bakteriološke karakteristike čistog mora mogu vrlo dobro poslužiti kao polazna točka za procjenu bilo koje vrste i intenziteta onečišćenja (tablica 4). Te su karakteristike kod svih ispitanih uzoraka čistog mora bile praktički iste.

Tablica 4
Neke karakteristike čistog mora kod Poreča i kod Dubrovnika

Determinacija	Poreč	Dubrovnik
1. Broj klica u 1 ml na agaru kod 37°C u 48 sati:	1	1
2. NVB koliformnih klica u 100 ml u 48 sati:	0	4
3. Otopljeni kisik (mg/l)	7,6	7,3
4. Postotak zasićenja kisikom, (uzeta u obzir konc. Cl ⁻):	104,0	99,9
5. Petodnevna biokemijska potrošnja kisika	0,8	0,9
6. Kloridi (mg/l)	19.000	20.200
7. Ukupno ulje (mg/l):	0	0
8. Mutež vode (stupanj muteža):	6	3
9. Boja vode (prava), stupanj Pt-Co skale:	0	0
10. Prozirnost vode (Seechijev disk), u metrima*	12,5	24,7
11. pH:	8,3	8,3
12. Električna vodljivost (uS/cm)	59.615	62.200
13. Slobodni ugljični dioksid (mg/l):	0	0
14. Tvrdća ukupna, kao CaCO ₃ (mg/l):	6.680	7.200
15. Tvrdća karbonatna, kao CaCO ₃ (mg/l)	145	148
16. Alkalitet karbonatni, kao CaCO ₃ (mg/l)	40	45
17. Klorni broj (potrošak klora iz NaOCl (mg/l)*)	20	8
18. Albuminoidni dušik (mg/l)*	0,235	0,160
19. Specifična gustoća (g/cm ³)	1,0272	1,0301

* Dobivene vrijednosti ovisne su o koncentraciji planktona, ali su uvijek manje od onih koje se nalaze u već malo zagađenom moru.

Svako malo veće odstupanje od prikazanih karakteristika za čisto more upućuje na njegovo onečišćenje fekalnim ili industrijskim otpadnim vodama ili pak njegovo miješanje s izvorskom odnosno riječnom vodom.

Osobito su indikativni rezultati determinacije BPK₅, otopljenog kisika, % saturacije kisikom, klornog broja, CO₂, muteža i boje vode, a s njima se gotovo uvijek dobro slaže bakteriološka determinacija ukupnog broja živih klica na agaru.

Određivanje klica na agaru (27°C, 48 h) daje pouzdaniji rezultat, tj. sigurniju sliku o fekalnom onečišćenju i njegovu širenju u moru, odnosno o smanjenju takvog onečišćenja od žarišta prema pučini, nego što to daje determinacija NVB koliformnih organizama pa bi i to u Uredbi o klasifikaciji mora trebalo uzeti u obzir.

Prisutnost CO₂ (pH 8,1) u moru sigurni je indikator onečišćenja, ukoliko se ne radi o miješanju izvorske vode s morem (vrulje).

Istraživanja u lepezi i uzdužnim profilima od žarišta onečišćenja pokazala su da je opadanje intenziteta onečišćenja u smjeru od žarišta prema otvorenom moru ovisno ne samo o prvotnom intenzitetu onečišćenja i vremenu njegova kontakta s morskom vodom, već i o tome da li se otpadna voda izliva u već onečišćeni recipijent, o dubini recipijenta na

mjestu izljeva, o vjetru i o lokalnim strujama. Pri provođenju kolektora ispod morske površine treba o tim činiocima voditi računa.

Treba istaći da bočata voda ima slabije baktericidno djelovanje od morske. Tako je npr. u Šibeniku još kod tvrđave Sv. Nikole na izlasku iz šibenskog kanala utvrđeno onečišćenje koje je dolazilo iz luke (NVB koliformnih klica 240, klica na agaru 250). O takvom razrjeđivanju slatkom vodom također treba voditi računa pri ispuštanju otpadne vode u more (1, 2).

Primijećeno je pri radu na terenu, a potvrđeno i laboratorijskim pokusima da determinacije mikroorganizama *ne daju pravu sliku onečišćenja* ako od uzimanja uzoraka do nasađivanja prođe stanovito vrijeme. U tu svrhu izvršen je niz pokusa s otpadnim vodama različita intenziteta onečišćenja, miješanim s morskom vodom s planktonom i bez planktona. Za primjer dajemo rezultate pokusa prikazane u tablici 5, 6. i 7. U pokusima je primjenjeno čisto more uzeto u Kvarnerskom zaljevu. Otpadna voda upotrebljavana je nakon dva sata sedimentacije i filtracije preko nekoliko slojeva gaze.

Tablica 5

Ukupan broj klica na agaru u ovisnosti o vremenu kontakta morske i otpadne vode

1	2	3	4	5	Opaska
1000	0	0'	7.796.000	7.796.000	otpadna voda
5	1000	1'	7.712	7.656	
5	1000	20'	5.056	8.944	
5	1000	120'	4.448	5.168	
5	1000	240'	2.960	4.580	
5	1000	360'	1.450	3.760	
0	1000	0'	0	0	
5	1000	5 dana	0	200	čisto more

Kolona 1. Količina fekalne otpadne vode dodane morskoj vodi, u ml,

Kolona 2. Količina morske vode, u ml,

Kolona 3. Vrijeme kontakta morske i otpadne vode,

Kolona 4. Ukupan broj živih klica u 1 ml na agaru nakon 48 sati kod 37° C — more s planktonom,

Kolona 5. Ukupan broj živih klica u 1 ml na agaru nakon 48 sati kod 37° C — more bez planktona.

Opaska: Rezultati kod kojih vrijeme kontakta morske i otpadne vode iznosi 5 dana, odnose se na uzorke koji kroz to vrijeme nisu imali kontakt sa zrakom, tj. na uzorke bez mogućnosti reaeracije, a nalazili su se u termostatu kod 20° C.

Tablica 6

Ukupan broj klica na agaru u ovisnosti o razrjeđenju otpadne vode morem
(legenda kao u tablici 5)

1	2	3	4	5	Opaska
0	1000	0	0	0	čisto more
1	999	1'	151	252	
5	995	1'	7.456	8.480	
10	990	1'	10.720	17.760	
20	980	1'	16.320	37.760	
40	960	1'	33.200	49.600	
60	940	1'	112.000	160.000	
80	920	1'	160.000	195.200	
100	900	1'	223.000	248.000	
200	800	1'	377.000	661.000	
300	700	1'	398.000	1.208.000	
40	960	5 dana	30	100	
200	800	5 dana	16.400	305.600	
1000	0	0	7.796.000	7.796.000	otpadna voda

Tablica 7

Ukupan broj klica na agaru u ovisnosti o vremenu kontakta morske i manje
onečišćene otpadne vode
(legenda kao u tablici 5)

1	2	3	4	5	Opaska
1000	0	0	384.000	384.000	otpadna voda
5	1000	1'	1.900	1.300	
5	1000	10 sati	40	90	
5	1000	24 sata	0	0	
5	1000	48 sati	0	0	
0	1000	0	0	0	často more

(koncentracija planktona iznosila je 340 organizama/l)

Vidljivo je da već i male razlike u povećanju vremena kontakta morske s fekalnom vodom utječu na smanjenje koncentracije živih klica. To smanjenje ovisi još i o intenzitetu onečišćenja, omjeru razrijeđenosti morske vode fekalnom, kao i o sadržaju planktona u moru. Mogućnost reaeracije znatno utječe na brzinu smanjenja ukupnog broja živih klica u moru, pa će ono u moru pokrivenom tankim slojem ulja biti, naravno, sporije.

Zbog toga se može reći da je velika većina rezultata bakterioloških analiza koji se mogu naći u literaturi nepouzdana, jer se nasađivanje morske vode na hranjivu podlogu vršilo u različito vrijeme od uzimanja uzoraka, a ne na licu mjesta.

Poznavajući maksimalno onečišćenje neke otpadne vode, njen maksimalni protok i određene kemijske, fizikalne, bakteriološke i biološke karakteristike efluenta i recipijenta može se na temelju rezultata bakterioloških pokusa, kojima se utvrđuje ovisnost ukupnog broja klica o razrjeđenju i vremenu kontakta morske vode s fekalnom, s priličnom točnošću izračunati na koju dubinu treba provesti neki kolektor da onečišćenje na površine ne prijeđe određenu granicu, dopuštenu za morsku vodu II vrste. O tome će biti više riječi u posebnoj studiji.

Literatura

1. *Dešković, I.*: O problematici zagađenja našeg priobalnog mora, Disertacija, Farmaceutsko-biokem. fakultet, Zagreb, 1972.
2. *Broz, R., Dešković, I.*: Suvremene metode za zaštitu mora od zagađenja, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1971.
3. *Lazarić, A.*: Analiza obalnog pojasa u Poreču i Rapcu, Zavod za zaštitu zdravlja grada Pule, 1968.
4. *Mavrović, I., Strcalj, V.* i suradnici: Ispitivanje površinskih vodotoka Istre i Hrvatskog primorja, Zavod za zaštitu zdravlja Rijeke, 1968.
5. *Lozovina, B.* i suradnici: Ispitivanje vodotoka dalmatinskih slivova i obalnog mora, Zavod za zaštitu zdravlja Split, 1968.
6. *Nunuparov, C. M.*: Predotvrascenie zagrjaznenija morja neftju, Transport, Moskva, 1971.
7. *Dešković, I., Sirca, S.*: Tehnika (Beograd), 12 (1959).
8. *Dešković, I.*: Studija otpadnih voda rafinerije nafte na Rijeci, AGG fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1958.
9. *Petric, M.*: Izvještaj o istraživanju mora pred Rijekom, AGG fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1956.
10. Uredba o klasifikaciji voda, Narodne novine, 17. 7. 1967.

Summary

INVESTIGATIONS OF THE POLLUTION OF YUGOSLAV COASTAL SEA BY URBAN WASTE WATERS AND MINERAL OILS

Analysed were about 100 samples of sea water taken at characteristic sites on the Yugoslav Adriatic coast from Poreč to Dubrovnik. Established were parameters characterizing pure sea water as well as those that are apt to serve for determining the kind and intensity of pollution. It has been found that the sea is not protected against any kind of pollution, notably not from the so-called «accidental pollution» through oil and oil derivatives. That is the reason why the country may not join the International Convention on Protection of Coastal Seas. It is shown that a number of requirements of the Regulation concerning the classification of sea waters are not reasonable, and that some of them are but insufficiently defined. The total number of germs on agar-agar (36°C) is in good agreement with data on BPK_5 , % of saturation with O_2 , Cl-number, turbidity and colour of sea water. The number of microorganisms determined in the usual manner does not show the real picture of pollution.

Department of Sanitary Technology of the Faculty of

Architecture, and

Institute for Marine Corrosion and Desalination, JAZU, Dubrovnik