



**Elaborat stanja okoliša na području buduće plaže
na području bivše Tvornice elektroda i ferolegura
u Šibeniku (TEF)**



Institut Ruđer Bošković
Zavod za istraživanje mora i okoliša
Bijenička c. 54, 10002 Zagreb

Zagreb, travanj 2011.



Naručitelj: GRAD ŠIBENIK
Trg palih branitelja Domovinskog rata 1,
22000 Šibenik

Izrađivač: INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ
Bijenička 54,
Zagreb

Ugovor: 03-1012/1-2011

Naslov: **Elaborat stanja okoliša na području buduće plaže
na području bivše Tvornice elektroda i ferolegura u
Šibeniku (TEF)**

Datum: Travanj, 2011

Voditelj: **Dr. sc. Neven Cukrov**

Radni tim:

Dr. sc. Vlado Cuculić
Dr. sc. Petar Kružić
Željko Kwokal
Dr. sc. Marina Mlakar
Dr. sc. Jasmina Obhodaš
Dr. sc. Dario Omanović
Dr. sc. Ivanka Pižeta

Dr. sc. Neven Cukrov
Voditelj projekta

Predstojnik Zavoda za
istraživanje mora i okoliša
Prof. dr. sc. Tarzan Legović

Ravnateljica
Institut „Ruđer Bošković“
Dr. sc. Danica Ramljak

SADRŽAJ

1 UVOD	1
2 STANJE OKOLIŠA	4
2.1 Metali u vodenom stupcu	4
2.2 Metali u sedimentu	7
2.3 Reaktivacija metala iz sedimenata	11
2.4 Radioaktivnost tla i sedimenata	15
2.5 Životne zajednice morskog dna.....	19
3 ZAKLJUČAK.....	27
4 LITERATURA.....	28
5 PRILOZI.....	30

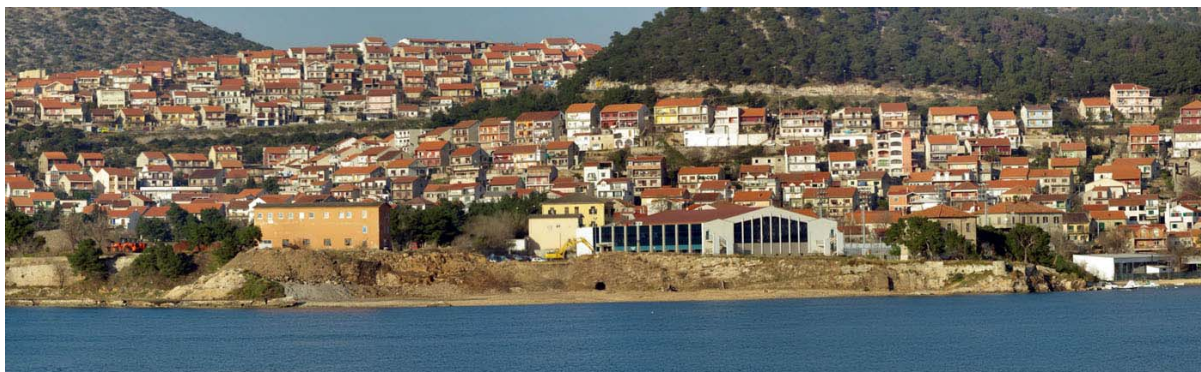
1 UVOD

1900. godine na inicijativu talijanskog kapitala podiže se velika tvornica kalcijum karbida u šibenskom predgrađu Crnici. Tako je do kraja 1904. godine na površini od 75.000 četvornih metara inozemnim kapitalom izgrađeno i punim kapacitetom proradilo prvo veliko industrijsko poduzeće, prethodnik šibenskog TEF-a. Poduzeće je bilo poznato pod nazivom SUFID, po njegovom registriranom vlasniku, dioničkom društvu „Societa anonima per la utilizzazione delle forze idrauliche della Dalmazia“ (Dioničko društvo za iskorištavanje vodenih snaga Dalmacije). U listopadu 1945. godine puštena je u rad jedna monofazna peć od 1500 kVA, za proizvodnju sivog sirovog željeza, a dvije godine potom, dolazi do proizvodnje silikokalcija. Već 1948. godine povećava se asortiman proizvoda TEF-a. Proizvodi se feromolibden, afinirani feromangan, silikozrcalovina i manganska zrcalovina. Uporedo s proizvodnjom ferolegura dolazi do proizvodnje amorfnih elektroda, kurburita, antracitne mase te petrolne i zaštitne mase. Novi pogon ferolegura građen je od 1952. do 1961. godine, a odjeljenje za sinterovanje i pripremu mješavine dovršeno je 1966. godine. U tom razdoblju puštaju se u probni rad dvije elektro-peći učinka 6000 kVA za proizvodnju feromangana, elektro-peć učinka 6000 kVA za proizvodnju silikokalcija, diskretna elektro-peć od 1500 kVA za proizvodnju afiniranog feromangana te elektro-peć od 9000 kVA za proizvodnju silikomangana. Unaprjeđenjem tehnoloških procesa svih ferolegura proizvodnja se povećala za nekoliko puta te se proširio proizvodni asortiman.

Osnovna djelatnost tvornice bila je proizvodnja ferolegura i ugljenografiranih proizvoda. Poduzeće TEF d.d. u vlasništvu je Grada Šibenika, a proces proizvodnje trajno je zaustavljen 1995. godine nakon obavljene tehnološke revizije. Ključna godina u pogledu budućih aktivnosti, postaje 1998. godina kada Vlada Republike Hrvatske donosi niz mjera među kojima je važno istaknuti pokretanje procesa razgradnje proizvodnih pogona poduzeća. Radovi na razgradnji započeli su 1999. i sanacija se kontinuirano provodi do danas.

Zemljište TEF-a d.d. koje obuhvaća površinu od oko 274.000 m² nalazi se na sjevernom dijelu grada Šibenika. Cijelom svojom dužinom teren je u dodiru s morem te velikim dijelom uključuje i pomorsko dobro, a uz sve to u blizini je centra grada Šibenika. Na sredini obalnog dijela zemljišta nalazi se bivša luka specijalne namjene, koja je danas u sastavu Lučke uprave Šibenik, a prilaz luci moguć je jedino preko dvorišta TEF-a d.d.. Operativna dužina luke iznosi 115 m, a radna površina 6.000 m². U prostorno-urbanističkim planovima prostor TEF-a označen je kao mješovita višenamjenska zona. Takva klasifikacija omogućuje višestruku namjenu, a ovisno o budućim projektima moguće su izmjene viših prostorno-urbanističkih planova (GUP grada) budući da je prostor TEF-a d.d., odnosno atraktivno zemljište najvrjedniji resurs kojim poduzeće raspolaže.

Teren predviđen za buduću plažu nalazi se na jugoistočnom dijelu terena TEF-a smještenom najbliže centru grada Šibenika (Slika 1).



Slika 1 Fotografija lokacije buduće plaže.

Projektni zadatak je bio izraditi elaborat stanja okoliša na području buduće plaže, a na području bivše Tvornice elektroda i ferolegura u Šibeniku (TEF) koji u sebi sadrži:

1. Kemijsku analizu koncentracija ekotoksičnih metala u vodenom stupcu.
2. Geokemijsku analizu masenih udjela metala u sedimentu.
3. Reaktivaciju metala iz sedimenata.
4. Analizu radioaktivnosti tla i sedimenta
5. Popis životnih zajednica morskog dna

Za izvršenje tog zadatka uzorkovanje vode, sedimenta i tla obavljeno je u prosincu 2010. godine na sljedećim lokacijama (Slika 2), dok je pregled i popis životnih zajednica morskog dna obavljen u siječnju 2011. godine duž dva profila na podmorju istraživanog područja.

Analiza svih uzoraka obavljena je u Institutu Ruđer Bošković u Zagrebu.



Slika 2 Satelitska fotografija Crnice s označenim postajama uzorkovanja vode i sedimenta (C1-C6) i tla (T1-T2)

2 STANJE OKOLIŠA

2.1 Metali u vodenom stupcu

Za metale koji su „otrovni“ za živi svijet koristi se naziv „ekotoksični“. U prošlosti se više koristio termin teški metali, što nije bilo potpuno prikladno, jer su neki metali s manjom atomskom masom, kao što je na primjer berilij otrovni. S druge strane neki su teški metali, kao što je recimo željezo, otrovni tek u izrazito povišenim količinama. U upotrebi je i izraz metali u tragovima ili tragovi metala kada se radi o koncentracijama manjim od milijuntog dijela (ppm) te se kaže da ih u prirodi nalazimo samo u tragovima. Međutim, kada se njihove koncentracije povise (najčešće antropogeno) te postanu opasni za živi svijet vodenog okoliša, termin ekotoksični metali je najprikladniji.

Metali su važan čimbenik svakog vodenog okoliša, jer u mnogim slučajevima o njima ovisi i bioraznost tog vodenog ekosustava. Metali sudjeluju u nizu važnih procesa unutar vodenog sustava npr. kada su cink i bakar u vodenom sustavu prisutni u tragovima, neophodan su i vrlo važan faktor u fiziološkom funkcioniranju živih organizama, te reguliraju mnoge biokemijske procese. Međutim, isti metali, ako su prisutni u povećanim koncentracijama mogu imati različite toksične efekte na živa bića unutar vodenog ekosustava, a time posredno i na čovjeka. Neki metali kao što su živa, kadmij i olovo toksični su već kod vrlo niskih koncentracija.

Ekotoksični metali, za razliku od većine organskih zagađivala, nisu biorazgradivi, te jednom uneseni u okoliš postaju zauvijek njegov dio.

Uzorkovanje vode za analizu tragova metala (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Ni i Co) obavljeno je ručno autonomnim ronjenjem (Kniewald i sur., 1987). Voda je uzrokovana duž dva vodena stupca (C 2 i C 6) pazeći da gornji uzorak bude u slatkom, srednji u boćatom, a donji u morskom sloju (Slika 3).

U prethodno oprane boce od Fluoriranog Etilen Propilena (FEP - Fluorinated ethylene propylene) volumena 250 mL, uzeti su uzorci vode za određivanje Cd, Pb, Cu, Zn, Ni i Co, a uzorci vode za određivanje žive u boce od borosilikatnog stakla od 1 L.



Slika 3 Uzorkovanje vode za analizu tragove metala

Uzorci vode za određivanje Ni, Zn, Cd, Pb i Cu su zakiseljeni dodatkom dušične kiseline čistoće "suprapure" s.p. (Merck, Darmstadt, Njemačka) na $\text{pH} < 2$ te zračeni ultra ljubičastim (UV) zračenjem tijekom 24 sata (150 W Hg lampa) radi razaranja organske tvari. Uzorci vode za analizu žive zakiseljeni su do $\text{pH} 1$ (selecti pur HNO_3) i tretirani su također UV zračenjem tijekom 24 sata (Hg lampa 150 W).

Koncentracije tragova metala (osim žive, nikla i kobalta) u uzorcima morske vode određivane su diferencijalnom pulsnom voltametrijom s anodnim otapanjem (DPASV). Koncentracije nikla i kobalta određene su metodom adsorptivne voltometrije s katodnim otapanjem (ADCSV), prema metodi temeljenoj na normi DIN 38406 E-16. Metoda se temelji na stvaranju jakog kompleksa metala s dodanim ligandom (Nioxime) u otopini (1×10^{-5} M), te akumulacije/adsorpcije ("in-situ" koncentriranja) tog kompleksa na površini radne elektrode (živina kap) tijekom 60 s na potencijalu -0.7 V, te slijedne redukcije (katodno otapanje). Mjeri se u puferiranoj otopini na pH oko 9. Kao pufer korištena je otopina borata pripremljena od "suprapure" kemikalija (borna kiselina i natrijev hidroksid). Pri određivanju koncentracije nikla i kobalta korištena je

metoda standardnog dodatka. Mjerenje koncentracija tragova metala izvedeno je sa ECOChemie μ AUTOLAB multimode potencijostatom (Utrecht, Nizozemska). Granica određivanja iznosi od 1 do 10 ng/L, ovisno o metalu. Korišten je troelektrodni sustav Metrohm 663 VA STAND (Herissau, Švicarska). Živa je u pripremljenim uzorcima određivana atomskom apsorpcijskom spektrometrijom metodom hladnih para (CVAAS) s granicom određivanja 0,001 ng/L u uzorcima vode. U tablici 1 date su koncentracije ekotoksičnih metala u uzorcima vode duž dva vodena stupca.

Tablica 1. Ukupne (T) i koncentracije otopljenih (O) ekotoksičnih metala u (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Ni i Co) u dva vodena stupca s područja buduće plaže Crnica. Sve koncentracije date su u ng/L.

Uzorak		Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	Ni	Co
C2-1	O	3,0	6,28 \pm 0,7	26,0 \pm 2,7	495 \pm 31	1600 \pm 35	343 \pm 16	25,6 \pm 1,2
	T		8,55 \pm 0,7	514,9 \pm 20	709 \pm 122	2025 \pm 12	452 \pm 26	47,8 \pm 1,8
C2-1	O	2,0	5,66 \pm 0,3	7,81 \pm 0,7	409 \pm 16	1286 \pm 36	255 \pm 11	20,9 \pm 1,9
	T		6,66 \pm 0,8	59,0 \pm 4,0	422 \pm 25	1627 \pm 49	279 \pm 3	27,8 \pm 1,6
C2-3	O	3,4	11,6 \pm 0,4	47,2 \pm 3,2	319 \pm 6,8	1000 \pm 47	353 \pm 58	24,5 \pm 1,3
	T		11,7 \pm 0,6	475 \pm 14	526 \pm 34	1429 \pm 26	400 \pm 20	36,5 \pm 1,2
C6-1	O	3,0	5,8 \pm 0,6	3,66 \pm 0,7	382 \pm 23	892 \pm 17	274 \pm 11	27,2 \pm 1,5
	T		6,25 \pm 0,5	47,3 \pm 2,2	374 \pm 22	1151 \pm 34	290 \pm 12	26 \pm 2,6
C6-2	O	2,0	11,7 \pm 0,7	39,5 \pm 1,6	438 \pm 36	1385 \pm 52	305 \pm 40	23,2 \pm 1,4
	T		12,9 \pm 0,13	217 \pm 8,8	514 \pm 18	1593 \pm 46	320 \pm 21	26,6 \pm 1,7
C6-3	O	6,0	10,9 \pm 0,5	44,7 \pm 3,2	394 \pm 17	834 \pm 23	412 \pm 15	17,2 \pm 0,8
	T		10,9 \pm 0,7	393 \pm 11	567 \pm 33	1301 \pm 41	374 \pm 27	25,8 \pm 1,9

Dobivene koncentracije metala su na razini koncentracija izmjerenih u nedalekoj Martinskoj, ali i nekoliko puta niže u slučaju bakra i cinka od koncentracija izmjerenih uz poluotok Mandalina (Cukrov i sur., 2008c).

Prema uredbi o opasnim tvarima u vodama (NN 137/08) izmjerene koncentracije metala u vodenom stupcu uz buduću plažu Crnica ne predstavljaju opasnost za ljudsko zdravlje.

Izmjerene koncentracije metala prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 89/2010) svrstavaju ovo područje u površinske priobalne vode u vrlo dobrom stanju.

2.2 Metali u sedimentu

Morski sediment je osjetljivi indikator za praćenje zagađivala u morskom okolišu, jer se oni u njemu izraženo akumuliraju i gdje s organskom tvari stvaraju različite komplekse. U svim vodenim ekosustavima sediment predstavlja krajnje odredište zagađivala koji uđu u neki vodeni sustav. Tu spadaju i ekotoksični metali koji potječu od urbanih i industrijskih otpadnih voda, oborinskih voda, taloženja iz atmosfere, itd. Pod određenim fizikalno-kemijskim uvjetima, metali unutar sedimenta mogu prijeći u vodenu fazu te time uzrokovati sekundarno zagađenje. Tako sedimenti nisu samo spremište zagađivala, nego i njihov stalan izvor za organizme, posebno one životom i prehranom vezane za dno.

Akumulacija zagađivala u sedimentu pojačana je u zatvorenim i poluzatvorenim akvatorijima tj, gdje je energija vode niža te se talože najfinije čestice koje na sebe vezuju najveću količinu zagađivala. Uz to, na takvim mjestima je izmjena vode ograničena. Estuarij rijeke Krke je jedno takvo osjetljivije područje.

S ciljem određivanja kemijskog sastava sedimenata načinjena je geokemijska analiza (analiza masenog udjela 19 elementa u sedimentu). Analiziran je geokemijski sastav ukupnog sedimenta (bulk).

Za potrebe ovog elaborata interpretirani su rezultati 9 ekotoksičnih metala (Hg, Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, As, Mn i Fe), koji su izabrani zbog svoje toksičnosti (Hg, Pb, Cu, Cr) ili zbog očekivane poviše prisutnosti (Mn, Fe) uslijed dugotrajnog odlaganja troske na obalni rub, te u sam estuarij.

Sedimenti su uzorkovani ručnim korerom uz pomoć autonomnog ronjenja (Slika 4) na 5 postaja uz obalu bivše tvornice TEF (Slika 2).



Slika 4 Uzorkovanje sedimenta ručnim korerom

Na svakoj postaji uzorkovana je sedimentna kolona, iz koje su izdvojena prva 2 cm za analizu, dok je jedna sedimentna kolona iz istočnog dijela (C 2) podijeljena na četiri odsječka od po 5 cm. Tako smo ukupno dobili 8 uzoraka sedimenta koji su spremljeni u PVC vrećice i pohranjeni na + 4 °C. U laboratoriju je sediment osušen na sobnoj temperaturi i homogeniziran.

Analize su provedene na suhom nesijanom sedimentu. Maseni udjeli žive određene su metodom atomske apsorpcijske spektrometrije hladnih para (CVAAS), a maseni udjeli svih ostalih metala metodom rendgenske fluorescentne spektrometrije (XRF).

Svi maseni udjeli metala u sedimentu izraženi su u mg/kg, osim Mn i Fe izraženih u postocima.

U tablici 2 prikazani su maseni udjeli devet metala u sedimentu s područja buduće plaže Crnica, dok su u tablici 3 dati literaturni podaci za masene udjele metala u estuariju rijeke Krke.

Uspoređujući vrijednosti u dvije tablice možemo zaključiti da su maseni udjeli ekotoksičnih metala u sedimentu na području buduće plaže Crnica na razini masenih udjela u donjem dijelu estuarija rijeke Krke (Tablica 2 i 3).

Tablica 2 Maseni udio metala u sedimentima izražen u mg/kg, osim Mn i Fe izraženim u %.

	Hg	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni	As	Mn	Fe
C1	0,87	79 ±7	52 ±11	102 ±6	94,5 ±19	41 ±9	41 ±5	1,5 ±0,1	2,44 ±0,1
C2/1	0,83	231 ±19	67 ±14	256 ±13	<83,0	41 ±9	100 ±11	5,3 ±0,3	2,32 ±0,1
C2/2	0,80	213 ±17	60 ±12	193 ±10	85,7 ±27	36 ±12	93 ±11	4,9 ±0,2	2,20 ±0,1
C2/3	0,60	184 ±38	53 ±11	135 ±8	<131	54 ±14	78 ±9	4,7 ±0,2	1,81 ±0,1
C2/4	0,82	186 ±15	51 ±11	145 ±8	81,8 ±28	39 ±9	79 ±9	4,6 ±0,2	1,81 ±0,1
C3	0,44	119 ±10	71 ±14	155 ±9	112 ±21	55 ±12	53 ±6	3,2 ±0,2	2,26 ±0,1
C5	0,40	231 ±18	338 ±68	216 ±12	<52,2	27 ±7	85 ±10	2,5 ±0,1	1,62 ±0,1
C6	0,81	300 ±24	134 ±27	305 ±16	<77,0	27 ±7	110 ±13	5,5 ±0,3	2,14 ±0,1

Tablica 3 Maseni udjeli (mg/kg) ekotoksičnih metala u sedimentima estuarija rijeke Krke

Hg	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni	As	Mn	Fe	
0,1-15	13-253	9-125	24-4010	21-139	15-82	2-45	0,01-0,25	0,5-3,5	Cukrov i sur., 2008b
	11-469	4-374	13-687	6-72	10-55	5-41			Cukrov i sur., 2008c
	9-25	19-52	66-168				0,06-0,35	1,3-2,3	Šurija i Branica, 2005

Kako u Hrvatskoj zakonskoj regulativi ne postoji uredba o dozvoljenim koncentracijama ekotoksičnih metala u sedimentu, procjenu rizika od štetnog djelovanja sedimenta na organizme morskog dna možemo napraviti uspoređujući koncentracije elemenata dobivene kemijskom analizom s podacima iz literature o toksičnom djelovanju tvari na živa bića u sedimentu. U tu svrhu su u okviru US EPA-e razvijeni SQGs (sediment quality guidelines – smjernice za kvalitetu sedimenta), bazirani na empirijskim analizama, usporedbom kemijskih i bioloških podataka za veliki broj potencijalno toksičnih tvari. Posebne smjernice razvijene su za morske ekosustave. Smjernice korištene u svrhu procjene ekotoksikološkog značaja koncentracija elemenata u sedimentu u ovoj studiji su: ERL i ERM (effect range low/effect range median), ERL koncentracije su one ispod kojih se rijetko očekuje pojavljivanje negativnog utjecaja na bentos, dok kod ERM koncentracija postoji velika vjerojatnost pojave ozbiljnog negativnog utjecaja na zdravlje životnih zajednica morskog dna. U tablici 4 date se smjernice za kvalitetu morskog sedimenta.

Tablica 4. Smjernice za kvalitetu morskog sedimenta (sediment quality guidelines, SQG)

ppm	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni	As	Ag
ERL	0,15	1,2	46,7	34	150	81	20,9	8,2	1,0
ERM	0,71	9,6	218	270	410	370	51,6	70	3,7

Iz usporedbe izmjerenih masenih udjela metala u sedimentu estuarija rijeke Krke i smjernica za kvalitetu morskog sedimenta (Tablica 4) možemo zaključiti da maseni udjeli žive i arsena imaju negativan utjecaj na živi svijet morskog dna, dok je moguće da negativne efekte izazivaju i maseni udjeli olova, bakra i nikla.

2.3 Remobilizacija metala iz sedimentata

Istraživano područje planirano za izgradnju plaže je dio nekadašnje Tvornice elektroda i ferolegura (TEF) i na njemu se nalazilo odlagalište troske koja je dijelom dospjela i na dno estuarija. Stoga smo mjerili koncentracije metala koji uslijed fizičkog poremećaja površinskog sedimenta dospijevaju u morsku vodu (remobilizacija). Rezultati laboratorijskog pokusa ne moraju nužno odražavati moguće procese i stanja koja se odvijaju na granici sedimenta i vode, već služe isključivo kao indikacija količine elemenata (metala) po jedinici mase sedimenta pod uvjetima odvijanja pokusa

Metodologija

Morska voda korištena u pokusu uzeta je iznad uzorkovanog sedimenta. Profiltrirane su dvije litre morske vode da bi se uklonile čestice (0,45 µm, celulozno-nitratni filtar, Sartorius) te su raspodijeljene u dvije boce volumena 1 L. U boci od polietilena visoke gustoće (HDPE) mjereni su fizikalno-kemijski parametri direktnim uranjanjem senzora u morsku vodu: pH, otopljeni kisik (O₂), salinitet (S), redoks potencijal (Eh) i temperatura (T), dok su iz boce od fluoriranog etilen propilena (FEP) uzimani uzorci (po 2 mL) za analizu elemenata u tragovima.

Prije stavljanja sedimenta u boce s morskom vodom, uzet je uzorak vode za analizu te su izmjereni fizikalno-kemijski parametri (vrijeme 0 h u tablicama). U obje boce dodano je po 10.0 g osušenog i homogeniziranog sedimenta uzetog na lokaciji C1/2 (gornjih 5 cm). Masene frakcije metala u sedimentu prikazane su u tablici 5.

Tablica 5. Koncentracije metala u uzorku sedimenta (mg/kg, odnosno za Mn i Fe u %) s kojim je vršen pokus otpuštanja metala

	Hg	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni	As	Mn	Fe
C2/1	0.83	231±19	66.5±14	256±13	<83.0	41.4±9.3	99.6±11.3	5.27±0.25	2.32±0.06

Nakon dodavanja sedimenta, obje boce su postavljene na orbitalnu tresilicu (360 okr/min). Uzimanje uzoraka za analizu te mjerenje fizikalno-

kemijskih parametara vršeno je prema definiranom vremenskom rasporedu (tablica 6). Oko 2 min prije svakog uzimanja uzorka, odnosno mjerenja fizikalno-kemijskih parametara, tresilica je zaustavljena da se dio plutajućih čestica slegne na dno posude te je pomoću mikropipete prebačeno 2 mL uzorka u Nalgene[®] tubice volumena 2 mL. Pokus se odvijao na sobnoj temperaturi (23 ± 2 °C).

Uzorci za analizu elemenata pripremljeni su na slijedeći način: nakon taloženja sitnih čestica u Nalgene[®] tubicama, 1.5 mL uzorka je premješteno u Eppendorf[®] tubice (2 mL), te su centrifugirani 10 min pri 13000 okr/min da bi se uklonile sitne čestice (umjesto filtriranja kroz 0,45 μ m filter). Nakon centrifugiranja po 1 mL uzorka vraćeno je u oprane Nalgene[®] tubice te je u svaki uzorak dodano po 10 μ L s.p. HNO₃. Za analizu elemenata korištena je masena spektrometrija s induktivno spregnutom plazmom visoke rezolucije (HR ICP-MS). Prije same analize, konačna otopina za mjerenje je pripremljena tako da je uzet alikvot uzorka volumena 0.25 mL, te je razrijeđen 20 \times deioniziranom Milli-Q vodom, uz dodatak indija (In) kao internog standarda i HNO₃ kiseline (s.p.).

Rezultati

Površinski sediment koji je korišten u pokusu bio je oksičan, stoga je izdvojen iz sedimentne kolone korera na zraku (nisu bili potrebni uvjeti bez kisika). U tablici 6 dane su vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara, a u tablici 7 izmjerene vrijednosti koncentracija elemenata u uzorcima. Oksični uvjeti održali su se za vrijeme trajanja pokusa, iako je zamjetan pad koncentracije kisika, vjerojatno zbog bakterijske aktivnosti. Relativno niski redoks potencijal u izvornoj morskoj vodi nije se značajno promijenio dodavanjem sedimenta, ali je njegova vrijednost rasla za vrijeme pokusa.

Koncentracije gotovo svih metala u morskoj vodi naglo su porasle odmah nakon dodavanja sedimenta, uz naknadni lagani porast, odnosno konačni pad koncentracija na kraju pokusa. Zamjetna su povećanja koncentracija metala u određenim uzorcima, koja su vjerojatno posljedica pripreme uzorka (ostaci neuklonjenih čestica sedimenta). Treba naglasiti da su koncentracije metala međusobno u vrlo visokoj korelaciji (Al, Ba, Pb, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu), s faktorom korelacije iznad 0.8. Prema tome zaključujemo da isti proces kontrolira

njihovo otpuštanje u početnom dijelu pokusa, odnosno uklanjanje iz otopljenog stanja u završnom dijelu pokusa. Uklanjanje metala vjerojatno je posljedica specifičnih fizičko-kemijskih uvjeta pri kojima je došlo do taloženja Mn i Fe hidroksida koji su „povukli“ ostale metale iz otopine.

Tablica 6. Vremenski raspored uzimanja uzoraka i vrijednosti izmjerenih fizikalno-kemijskih parametara

Vrijeme / h	E_h / mV	O_2 / mg/L	pH	S	T / °C
0,0	74,7	9,61	7,94	38,6	21,7
0,1	77,6	9,30	7,97	38,8	21,7
0,3	96,7	9,02	7,96	39,0	21,8
0,5	105,2	8,87	7,95	38,8	21,9
1,0	113,5	8,81	7,92	39,0	21,8
2,0	122,0	8,72	7,92	38,9	22,3
3,0	159,0	8,84	7,96	38,9	22,4
5,0	168,7	8,70	7,96	39,0	22,8
8,0	177,1	8,61	7,98	39,0	23,0
12,0	178,6	8,73	7,97	38,8	22,4
21,3	187,3	8,73	7,91	39,1	22,3
25,0	181,5	8,42	7,95	39,0	24,2
29,0	180,0	8,27	7,92	38,9	24,2
47,0	199,3	7,46	7,64	39,0	25,0
53,0	208,8	8,21	7,87	39,1	24,2
70,2	126,0	8,12	7,87	39,4	23,0
77,2	213,0	8,14	7,87	39,1	23,0
96,7	205,5	7,95	7,68	39,1	24,1
144,8	171,0	7,8	7,66	39,0	24,2

Koncentracije metala u ispitivanoj otopini suspenzije povećale su se 1-2 reda veličine u odnosu na njihovu početnu (blank) koncentraciju prije dodavanja sedimenta (Tablica 3). Iako se povećanje koncentracija otopljenih metala može smatrati značajnim, otpuštena količina ne prelazi više od 1% njihove ukupne količine u sedimentu. Uzimajući u obzir da je pokus proveden u samo 1 L morske vode, za pretpostaviti je da će stvarno povećanje koncentracija otopljenih metala u morskoj vodi, u slučaju fizičkog poremećaja površinskog sedimenta, biti značajno manje jer je volumen vode koji je u doticaju sa sedimentom značajno veći.

Tablica 7. Izmjerene koncentracije elemenata ($\mu\text{g/L}$) u uzorcima estuarijske vode za vrijeme odvijanja pokusa

Vrijeme /h	Li	Rb	Ba	Pb	Al	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
0.0	252.5	136.6	23.5	0.02	27.2	0.23	2.19	0.43	0.4	5.87	0.038	0.66	0.46	6.62
0.1	245.8	133.5	138	3.30	202	3.86	3.18	1.45	993	241	0.360	2.37	3.70	6.52
0.5	243.2	134.1	133	1.40	135	2.51	2.70	1.13	600	113	0.235	1.93	3.44	1.34
1.0	239.5	134.6	145	2.10	184	3.84	2.82	1.48	808	163	0.268	2.34	3.39	5.33
2.0	242.3	134.8	150	2.30	136	3.07	2.54	1.00	711	159	0.240	2.22	3.66	10.58
3.0	242.1	138.3	187	4.75	340	7.37	3.56	1.57	1434	351	0.460	2.73	5.24	7.22
5.0	241.4	137.3	154	2.48	162	3.97	3.41	1.09	825	187	0.324	2.41	4.28	7.72
8.0	243.4	137.5	172	5.03	292	7.13	3.50	1.76	1234	330	0.537	2.82	4.90	47.71
12.0	240	136.8	148	2.97	233	4.63	3.84	1.60	982	226	0.352	2.54	5.54	5.58
21.3	235.8	133.8	145	2.90	165	4.46	3.58	1.62	879	204	0.359	2.44	4.95	6.59
25.0	244.7	134.9	227	12.3	740	17.79	6.11	3.35	3019	818	0.954	4.03	8.74	13.70
29.0	240.1	136.1	182	5.85	342	7.17	4.56	1.82	1609	388	0.476	2.72	5.64	8.67
47.0	243.3	135.5	129	1.39	75	1.81	3.27	1.08	540	89.3	0.242	2.00	2.94	3.15
53.0	238.5	137.3	127	1.54	90.7	2.14	3.39	1.20	698	120	0.229	2.19	3.58	11.10
77.2	236.8	134.6	132	0.98	69.9	1.45	3.29	0.82	592	80.9	0.227	2.11	2.70	8.25
96.7	234.4	136.1	109		1.50	0.16	2.65		531	0.93	0.136	1.80	1.41	22.67
144.8	237.3	135.9	95.3		5.40	-0.04	3.20	0.11	462	0.84	0.147	1.55	1.47	18.23

Zaključak

Laboratorijski pokus samo djelomično odražava stvarno stanje u realnom sustavu. Ipak, dobiveni rezultati upućuju na to da metali oslobođeni iz površinskog sedimenta ne predstavljaju značajno opterećenje vodenog sloja iznad sedimenta te da se ne očekuje stalni porast njihove koncentracije u vodenom stupcu koji bi imao štetne posljedice.

2.4 Radioaktivnost tla i sedimenata

Nestabilne atomske jezgre nazivamo radionuklidima. Oni su karakterizirani nestabilnošću svoje jezgre i njenim spontanom prijelazom u stabilnije stanje. U okolišu se javlja više od 60 prirodnih radionuklida.

Radionuklidi s dugačkim vremenom poluraspada (npr. uran) koje danas susrećemo u okolišu, sastavni su dio planeta Zemlje od njenog nastanka. Oni smješteni u dubljim dijelovima Zemljine kore magmatskim procesima (intruzivnim i efuzivnim) dolaze bliže Zemljinoj površini te dospijevaju u vodu i atmosferu, ugrađujući se pri tome i u biosferu. Tako danas prirodne radionuklide nalazimo u padalinama, površinskim i podzemnim vodama, morima i oceanima, a samim time i u bioti.

Prirodni radionuklidi (redni broj ≥ 83) mogu se grupirati u četiri radioaktivna niza: uranov, aktinijev, neptunijev i torijev. Vrijeme poluraspada najduže živućeg člana neptunijevog raspadnog niza kraće je za tri reda veličine od starosti svemira te ih kao prirodne više ne susrećemo u okolišu. Nizovi počinju primarnim dugoživućim radionuklidima (^{238}U , ^{235}U i ^{232}Th) koji se alfa ili beta raspadima preko sekundarnih članova niza raspadaju te završavaju nekim od stabilnih izotopa olova (Barišić, 1988; Barišić, 1993). U ovom radu prikazani su rezultati mjerenja aktivnosti nekih radionuklida iz uranovog i torijevog niza.

Iz uranovog niza mjerena je aktivnost početnog člana ^{238}U s vremenom poluraspada od $4,5 \times 10^9$ godina, te ^{226}Ra s vremenom poluraspada od 1600 godina (Barišić, 1993).

Aktivnost ^{238}U u morima i oceanima relativno je ujednačena i iznosi prosječno $40,7 \text{ Bqm}^{-3}$ (Bloch, 1980), a njegove koncentracije u pornoj vodi su između 4 i $120 \mu\text{gL}^{-1}$ (Kniewald i Branica, 1988). Otopljene uranske vrste u morskoj vodi ne pokazuju izraženiju tendenciju vezanja na čestice tako da je manje od 0,1% ukupnog urana u svjetskim morima i oceanima vezano na čestice i to većinom u labilne komplekse (Hirose i Sagimura, 1991). Aktivnost ^{238}U od $12,45 \text{ Bqkg}^{-1}$ suhe mase odgovara koncentraciji od 1 ppm urana (Barišić, 1996).

Koncentracije ^{226}Ra i ostalih radionuklida uranovog niza u morskoj vodi niže su od koncentracija urana (Szabo, 1967). Obzirom na izraženi štetni utjecaj

radona (^{222}Rn) na ljudsko zdravlje, vrlo bitno je poznavanje njegovog neposrednog prethodnika (^{226}Ra) u raspadnom nizu urana (Barišić, 1993).

Iz torijevog niza mjerena je aktivnost početnog člana ^{232}Th s vremenom poluraspada od $1,4 \times 10^{10}$ godina (Barišić, 1993).

Koncentracije ^{232}Th u slatkim vodama su vrlo niske zbog njegove slabe topivosti pri normalnim uvjetima te ga u vodotocima susrećemo skoro isključivo na suspendiranim česticama (Leiser i Hill, 1992). Kao posljedica izuzetno niske topivosti torija u vodama, aktivnost ^{232}Th otopljenog u morskoj vodi iznosi svega nekoliko tisućitih dijelova Bq m^{-3} (Barišić, 1993). Aktivnost ^{232}Th od $4,06 \text{ Bq kg}^{-1}$ suhe mase odgovara koncentraciji od 1 ppm torija (Barišić, 1996). Prosječne koncentracija torija u Zemljinoj kori su 8 ppm, u granitima 20 ppm, u bazaltima 1,5 ppm, u šejlovima 12 ppm, u pješčenjacima 1,7 ppm, u tlima 5 ppm, a u karbonatima 1,7 ppm (Prohić, 1998).

Zastupljenost prirodnog izotopa kalija (^{40}K) kao beta-gama emitera s vremenom poluraspada $1,28 \times 10^9$ godina, u sedimentima približno je proporcionalna zastupljenosti minerala glina. Koncentracije ^{40}K su najčešće nešto manje kada su sedimenti bogati organskom tvari. Aktivnosti ^{40}K vrlo često premašuju 50% ukupne radioaktivnosti prisutne u tlu, za razliku od minerala i stijena u kojima je rjeđe zastupljen. Aktivnost izotopa ^{40}K od $309,28 \text{ Bq kg}^{-1}$ suhe mase odgovara koncentraciji ukupnog kalija od 1% (Barišić, 1996). Prosječne koncentracije kalija u karbonatima su 0,47 ppm (Prohić, 1998).

Za razliku od prirodnih, umjetni ili antropogeni radionuklidi nastaju ljudskim djelovanjem. Kao najčešći izvori navode se nuklearne eksplozije (testne), te rad i havarije nuklearnih reaktora.

Antropogeni radionuklid ^{137}Cs s vremenom poluraspada 30,17 godina je u prirodni okoliš prvi puta dospio tijekom atmosferskih atomskih eksplozija 1945. godine.

Prva globalna depozicija ^{137}Cs događa se tijekom razdoblja intenzivnog atmosferskog testiranja nuklearnog oružja (1951.-1958.) s maksimumom 1957.-1958. (Norris i Arkin, 1998). Još izraženiji maksimum uslijedio je tijekom 1961. i 1962. godine kada dolazi do novog razdoblja intenzivnog testiranja atomskog oružja (Norris i Arkin, 1998).

Za naše krajeve najznačajnije je posljednje veliko ispuštanje ^{137}Cs u atmosferu koje se je dogodilo prilikom havarije reaktora nuklearne elektrane u Černobilu 26. travnja 1986. godine. Tada je u okoliš otpušteno $1,85 \times 10^{18}$ Bq umjetnih radionuklida bez plemenitih plinova (Lulić i sur., 1990). U zavisnosti od količine padalina tih dana i koncentracije ^{137}Cs u njima, aktivnosti ^{137}Cs na tlu su varirale u odnosu 1:50, dok taj omjer prije havarije u Černobilu nije prelazio omjer 1:3 (Barišić i sur., 1999).

Mjerenje aktivnosti radionuklida (^{40}K , ^{232}Th , ^{137}Cs , ^{226}Ra i ^{238}U) u sedimentima i tlu s područja buduće plaže Crnica obavljeno je gamaspektrometrijski u Laboratoriju za Radioekologiju, Zavoda za istraživanje mora i okoliša, Instituta Ruđer Bošković.

Prije gamaspektrometrijskih mjerenja uzorci prikupljenog sedimenta i tla su sušeni na zraku, miješani i homogenizirani u svrhu sprječavanja zgrudnjavanja mokrog mulja tijekom sušenja u sušioniku. Sušeni su 24 sata na temperaturi od 107°C do stalne težine. Osušeni sediment i tlo spremjeni su u mjerne posude volumena 125 mL. Nakon vaganja, posude su hermetički zatvorene i ostavljene 4 tjedna da bi se postigla radiokemijska ravnoteža između ^{226}Ra i njegovog potomka ^{214}Bi .

Sedimenti za gamaspektrometrijsku analizu nisu sijani, ali je iz sedimenta izvađena pokoja ljuštura školjkaša ako je svojim volumenom prelazila oko 5% volumena posude za mjerenje.

Uzorci su mjereni (brojani) po 80 000 sekundi na HPGe detektoru s Canberra 8192 kanalnim analizatorom (Meriden, USA). Sustav je kalibriran standardima National Bureau of Standards (USA) i Amersham International (Buckinghamshire, UK). Spektri su obrađeni na PC kompatibilnom računalu koristeći Canberra GENIE 2K software. Aktivnosti ^{226}Ra su računate preko njegovog potomka ^{214}Bi koji je određivan iz foto-vrha na 609,4 keV-a. Aktivnosti ^{232}Th u gotovo svim prirodnim uzorcima odgovaraju aktivnostima ^{228}Ra (Carpenter i sur., 1984; Murray i Aitken, 1988; Greeman i sur., 1990), čak i u slučajevima moguće migracije radija u ekstremnim uvjetima (Sheng, 1989). Aktivnosti ^{228}Ra su izračunate iz foto-vrha njegovog potomka ^{228}Ac na 911,1 keV-

a. Aktivnost ^{40}K je izračunata iz foto-vrha na 1460,75 keV-a, a aktivnosti ^{137}Cs iz foto-vrha na 661,6 keV-a.

Aktivnosti ^{238}U računata su preko aktivnosti ^{235}U , koristeći omjer aktivnosti $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ od 0,0460 (Murray i Aitken, 1988). Aktivnosti ^{235}U izračunate su uhodanom metodom (Barišić, 1989; Marinez-Lobo i Palomares, 1991) iz foto-vrha na 186 keV-a, nakon što je od površine foto-vrha oduzet preklapajući udio foto-vrha ^{226}Ra .

Za kalibraciju su korišteni kalibracijski standardi Međunarodne Agencije za Atomsku Energiju (IAEA306, IAEA313, IAEA314).

Kao granica detekcije uzeta je vrijednost sumarne pogreške koja proizlazi iz greške brzine brojenja, nepouzdanosti određivanja površine foto-vrha i nepouzdanosti određivanja udjela osnovnog zračenja u vremenskom intervalu brojenja. Pored navedenog, u slučaju ^{238}U , uzet je i doprinos pogrešci koji potječe od nesigurnosti određivanja ^{226}Ra .

U tablici 8 date su aktivnosti u tlima i sedimentu s područja buduće plaže Crnica. Očekivano su najniže aktivnosti izmjerene u sedimentu (C 4), a najviše u tlu koje se je uglavnom sastojalo od troske (T 2). Aktivnosti u sedimentu odgovaraju vrijednostima izmjerenim u drugim dijelovima estuarija rijeke Krke (Cuculić i sur., 2006; Cukrov i Brajšić, 2006; Cukrov i sur., 2009). Aktivnosti u tlu su također u skladu s ranijim mjerenjima u krugu TEF-a i oko njega (usmeno priopćenje).

Tablica 8 Aktivnosti radionuklida (^{40}K , ^{232}Th , ^{137}Cs , ^{226}Ra i ^{238}U) u tlima i sedimentu s područja buduće plaže Crnica. Aktivnosti su izražena u Bq kg^{-1} suhe mase.

Uzorak/oznaka	^{40}K	^{232}Th	^{137}Cs	^{226}Ra	^{238}U
T 1	175 ± 25	$24,0 \pm 5$	$3,54 \pm 0,7$	$90,9 \pm 10$	$67,3 \pm 14$
T 2	525 ± 59	$40,2 \pm 7$	$0,3 \pm 0,2$	235 ± 24	144 ± 20
C 4	$83,8 \pm 17$	$20,5 \pm 4$	0	$48,6 \pm 6$	$27,4 \pm 9$

Zaključak

Na temelju prikupljenih mjerenja možemo zaključiti da aktivnosti radionuklida u tlu i sedimentu ne predstavljaju prepreku formiranja plaže na obalnom dijelu području bivše Tvornice elektroda i ferolegura u Šibeniku (TEF).

2.5 Životne zajednice morskog dna

S ciljem utvrđivanja biocenološke strukture morskog dna, te sastava flore i faune u širem području zahvata uvale Crnica, ronilo se s autonomnom ronilačkom opremom na istraživanom području. Duž istraživanih profila (**C1 i C2**) utvrđen je raspored životnih zajednica, te je napravljena inventarizacija pripadajuće flore i faune. Tijekom istraživanja snimljene su i podvodne fotografije.

Rezultati dobiveni ronilačkim pregledom morskog dna istraživanih postaja prikazani su u Prilogu 1. Istraživani profili shematski su prikazani zajedno s rasprostranjenošću utvrđenih biocenoza (Slike 5 i 9), a prikazane su i fotografije s karakterističnim vrstama utvrđenih biocenoza. Najveći dio biljnih i životinjskih vrsta određen je *in situ*, a vrste koje nije bilo moguće odrediti metodom direktnog opažanja su sakupljene za kasniju determinaciju. Sakupljeni uzorci konzervirani su u 70%-tnom alkoholu i 4%-tnom formalinu i kasnije determinirani uz korištenje slijedećih stručnih knjiga i radova: Cabioc'h i sur. (1992), Calvo (1995), Falciai i Minervini (1992), Jardas (1996; 1997), Pope i Goto (1991), Pope i Goto (1993), Riedl (1991), Sabelli i sur. (1990), Tortonese (1965), Turk (1996; 2007), Zavodnik i Šimunović (1997), Weinberg (1993) i Zibrowius (1980).

U sakupljenom i određenom biološkom materijalu nađeno je 43 vrste morskih alga, jedna morska cvjetnica, 155 vrsta beskralješnjaka i 26 vrsta riba.

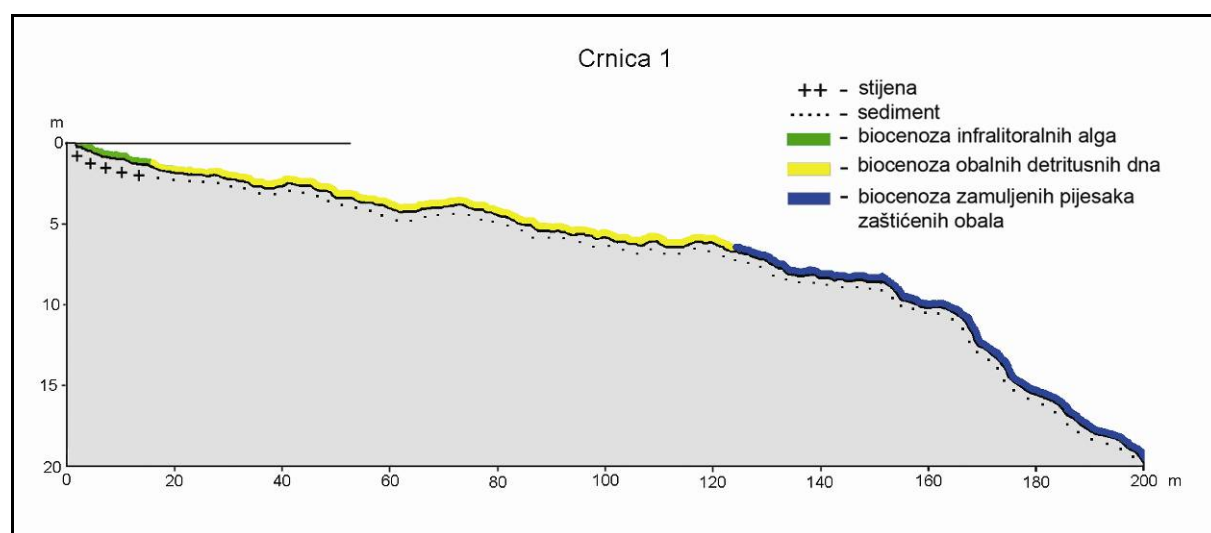
Na istraživanim postajama pronađene su slijedeće životne zajednice morskog dna:

1. Biocenoza supralitoralnih stijena
2. Biocenoza gornjih stijena mediolitorala
3. Biocenoza donjih stijena mediolitorala
4. Biocenoza infralitoralnih alga
5. Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala
6. Biocenoza obalnih detritusnih dna

Duž svih istraživanih profila uočeno je mnogo krutog otpada (krupnog i sitnog) bačenog u more s obližnje obale.

Profil Crnica 1 (N 43° 44' 26, E 15° 53' 04)

Postaja se nalazi na južnom dijelu zahvata, uz uvalu Crnica (Slika 5). Najveća dubina zarona bila je 20 metara. Dno pada pod blagim nagibom između 10 i 15° do dubine od 9 metara, a nakon toga se spušta pod kutom od 40°.



Slika 5. Raspored bentoskih biocenoza na postaji Crnica 1.

Od površine do dubine od 1,5 metara dno je kamenito s razvijenom biocenozom infralitoralnih alga. Ovdje dominiraju zelene alge *Chaetomorpha linum* i *Ulva rigida* (vjerojatno zbog kanalizacijskih ispusta), te smeđe alge *Halopteris scoparia*, *Padina pavonica*, *Cystoseira adriatica* i *C. corniculata ssp. laxior*. Mjestimično se, na sedimentu između stijena, pojavljuju manja naselja morske cvjetnice *Zostera marina*. Od životinjskih vrsta česte su *Aplysina aerophoba* i *Cliona viridis*, moruzgve *Cribrinopsis crassa* i *Cereus pedunculatus*, zeleni zvjezdan *Bonellia viridis*, te puževi *Cerithium vulgatum*, *Bittium reticulatum* i *Haliotis tuberculata*. Česti su i školjkaši *Mytilaster minimus*, *Arca noae* i *Ostrea edulis*, mnogočetinaš *Protula tubularia*, te trp *Ocnus planci*. O riba su utvrđene plove brancina *Dicentrarchus labrax* i trlja *Mullus surmuletus*.

Od 1,5 do 6 metara dubine nastavlja se sedimentno dno s biocenozom obalnih detritusnih dna. Uz manja naselja morske cvjetnice *Zostera marina*, ovdje uglavnom prevladavaju moruzgve *Phymanthus pulcher* i *Bunodactis verrucosa*, školjkaš *Pecten jacobaeus*, mnogočetinaš *Lagisca extenuata*, plaštenjak *Phallusia*

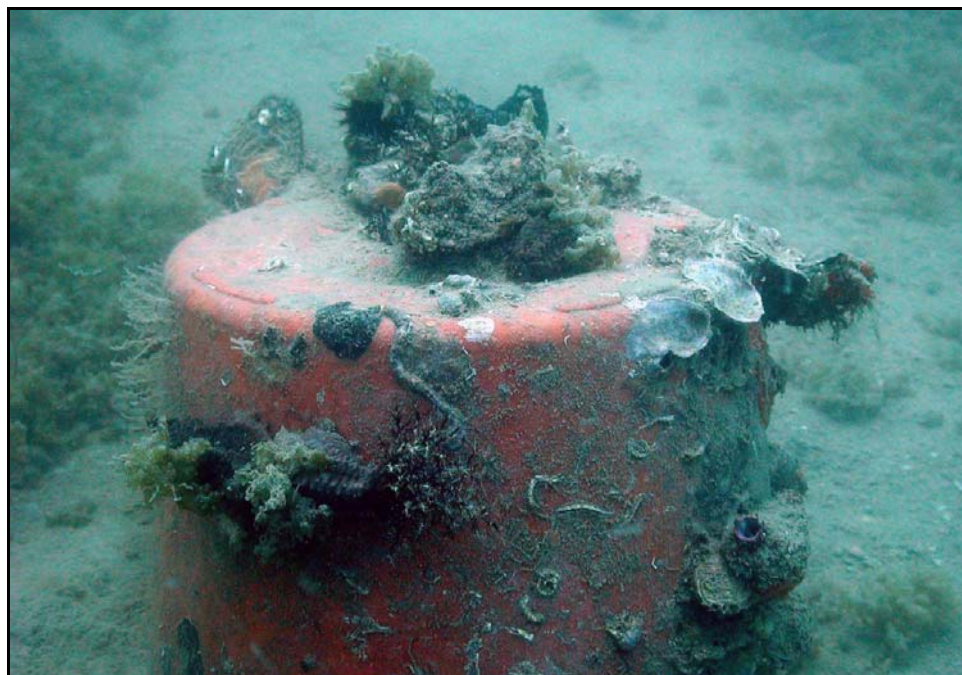
mammilata, te zvjezdača *Astropecten aranciatus* (Slike 6 i 7). Od 6 metara u dubinu rasprostranjen je zamuljeni pijesak s razvijenom biocenozom zamuljenih pijesaka zaštićenih obala. Čest je mnogočetinaš *Myxicola infundibulum*, te glavoč *Gobius cruentatus*. Duž cijelog istraživaniog dijela uočeno je mnogo krutog otpada (Slika 8).



Slika 6 Moruzgva *Phymanthus pulcher* u biocenozi obalnih detritusnih dna na istraživanom profilu **C1**.



Slika 7 Plaštenjak *Phallusia mammilata* u biocenozi obalnih detritusnih dna na istraživanom profilu **C1**.

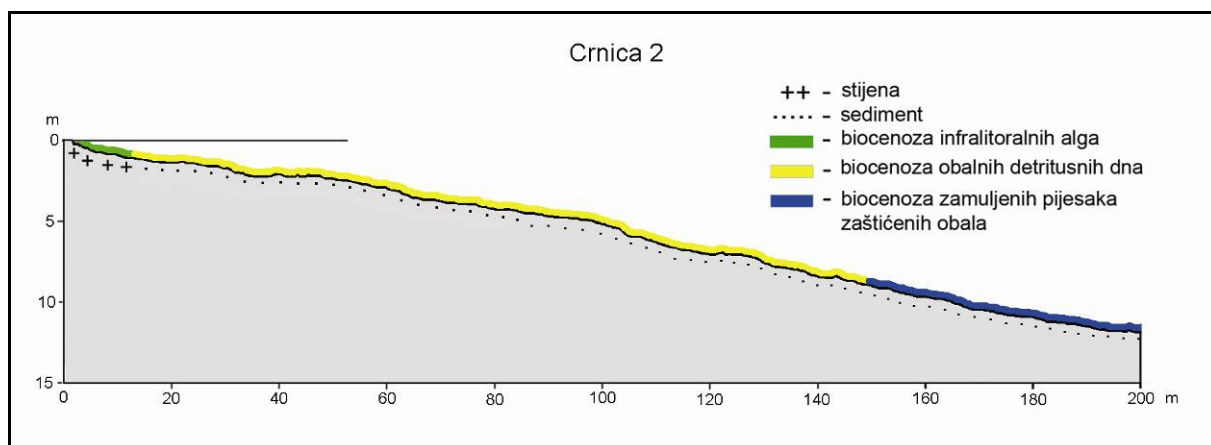


Slika 8 Krupni otpad s epifaunom u biocenozi obalnih detritusnih dna na istraživanom profilu **C1**.

Profil Crnica 2 (N 43° 44' 28, E 15° 53' 00)

Postaja se nalazi na sjevernoj južnom dijelu zahvata, uz uvalu Crnica. Dno pada pod blagim nagibom između 10 i 20°, a najveća dubina zarona bila je 12 metara (Slika 13).

Od površine do 1 metra dubine dno je uglavnom kamenito dok se između stijena mjestimično nalazi ljuštorni pijesak. Ovdje je razvijena bioconeozna infralitoralnih alga s dominirajućim zelenim algama *Chaetomorpha linum*, *Valonia utricularis*, *Ulva rigida*, *Codium vermilara* i *C. fragile*. Česte su smeđe alge *Halopteris scoparia*, *Ectocarpus siliculosus*, *Padina pavonica*, *Sargassum vulgare* (na sedimentu između stijena, gdje je prisutna i morska cvjetnica *Zostera marina*), *Cystoseira adriatica* i *C. corniculata* ssp. *laxior*. Prisutne su i crvene alge *Amphiroa rigida*, *Catenella caespitosa* i *Rytiphloea tinctoria*.



Slika 9 Raspored bentoskih biocenoza na postaji Crnica 2.

Od životinjskih vrsta u ovoj biocenozi su česte spužve *Aplysina aerophoba*, *Cliona viridis* i *Crambe crambe* (najčešće na ljušturi školjkaša *Arca noae*), moruzgve *Anemonia viridis*, *Cereus pedunculatus* i *Condylactis aurantiaca*, zeleni zvjezdan *Bonellia viridis*, te puževi *Cerithium vulgatum*, *C. rupestre*, *Bittium reticulatum*, *Haliotis tuberculata*, *Gibbula varia* i *Vermetus triquetrus* (Slike 10 i 11).



Slika 10 Moruzgva *Anemonia viridis* u biocenozi obalnih detritusnih dna na istraživanom profilu **C2**.

Prisutni su i školjkaši *Mytilaster minimus*, *Arca noae* i *Ostrea edulis*, mnogočetinaši *Protula tubularia* i *Ficopomatus enigmaticus* (unešena invazivna vrsta mnogočetinaša), rak *Inachus dorsettensis*, te trp *Holothuria polii*. O riba su utvrđene plove brancina *Dicentrarchus labrax* i trlja *Mullus surmuletus*, a utvrđeno je i više jedinki vučića *Serranus hepatus*.

Od 1 do 8 metara dubine nastavlja se sedimentno dno s utvrđenom biocenozom obalnih detritusnih dna. Ovdje dominira morska cvjetnica *Zostera marina*, dok je dio dna prekriven nepričvršćenom zelenom algom *Valonia macrophysa*. Također prevladavaju moruzgve *Condylactis aurantiaca*, *Phymanthus pulcher* i *Cribrinopsis crassa*, školjkaši *Glycymeris glycymeris*, *Pinna nobilis* i *Pecten jacobaeus*, mnogočetinaši *Lagisca extenuata*, trp *Ocnus planci* (Slika 12), plaštenjaci *Diplosoma listerianum*, *Microcosmus sabatieri*, *Phallusia mammilata* i *P. fumigata*, te zvjezdače *Astropecten spinulosus* i *Marthasterias glacialis*. Česti su glavoči *Gobius cruentatus*, *G. niger* i *G. cobitis*, te *Oblada melanura*.



Slika 11 Moruzgva *Cereus pedunculatus* u biocenozi obalnih detritusnih dna na istraživanom profilu **C2**.

Od 8 metara u dubinu nastavlja se zamuljeni pijesak s razvijenom biocenozom zamuljenih pijesaka zaštićenih obala. Ovdje je čest mnogočetinaš *Myxicola infundibulum*, mješćicnice *Aplidium conicum*, *A. proliferum* i

Diplosoma listerianum, te ježinac *Schizaster canaliferus*. Utvrđena je i spužva *Tethya aurantium* (Slika 13). Duž cijelog istraživanog dijela uočeno je mnogo krutog otpada.



Slika 12 Trp *Ocnus planci* i zelena alga *Valonia macrophysa* u biocenozi obalnih detritusnih dna na istraživanom profilu **C2**.



Slika 13 Spužva *Tethya aurantium* u biocenozi obalnih detritusnih dna na istraživanom profilu **C2**.

Zaštićena prirodna baština na istraživanom području

Na području istraživanja zabilježeno je i nekoliko bentoskih vrsta koje su strogo zaštićene ili zaštićene vrste po Zakonu o zaštiti prirode (Narodne novine 70/05, 139/08). Tako su među strogo zaštićenim vrstama utvrđene morska naranča (*Tethya aurantium*), a među zaštićenim vrstama trpovi (*Holothuria tubulosa* i *Ocnus planci*). Međutim, nije primijećeno da su ove zakonom zaštićene vrste na istraživanom području na bilo koji način ugrožene.

UTJECAJ NA ŽIVOTNE ZAJEDNICE MORSKOG DNA TIJEKOM IZGRADNJE PLAŽE

Tijekom izgradnje planiranih objekata gotovo neizbježno dolazi do određenog onečišćenja mora i negativnog utjecaja na morske organizme. Najčešći nepovoljni utjecaji na akvatorij u užem području zahvata su:

- zamućivanje mora u uvali i njenoj neposrednoj blizini tijekom izvođenja zemljanih radova
- nasipavanje morskog dna
- onečišćenje mora mineralnim uljima zbog prisutnosti građevinskih strojeva i kamiona

Potencijalni izvor onečišćenja predstavljaju gorivo i ulja za podmazivanje građevinskih strojeva i prijevoznih sredstava, koja mogu biti direktno unesena u more ili tamo mogu dospjeti ispiranjem tla putem oborinskih voda. Nečistoće s gradilišta mogu dospjeti u more i izravno nošene jakim vjetrom. Ukoliko bi se dio prijevoza građevinskog materijala odvijao morem, tada postoji mogućnost onečišćenja mora prilikom iskrcaja - ukrcaja tog materijala.

Tijekom izgradnje planiranog zahvata treba svesti na najmanju moguću mjeru stvaranje suspenzije u moru uzrokovane nasipavanjem rastresitog materijala.

Također je potrebno osigurati propisno zbrinjavanje sanitarnih otpadnih voda na gradilištu korištenjem pokretnih sanitarnih čvorova, te zabraniti servisiranje i pranje strojeva u blizini mora.

3 ZAKLJUČAK

Izmjerene koncentracije metala u vodi ne predstavljaju prijetnju za živi svijet estuarija rijeke Krke, kao ni za buduće kupače. Maseni udjeli nekih metala u sedimentu mogu izazvati negativne efekte za živi svijet morskog dna, ali ne bi izazvali negativne efekte kod ljudi. Prilikom nasipanja buduće plaže ti metali bi dospjeli u dublju zonu sedimenta i tako bi uglavnom prestao njihov negativni efekt na živi svijet. Rezultati dobiveni eksperimentom remobilizacije metala u sedimentu upućuju na to da metali oslobođeni iz površinskog sedimenta ne predstavljaju značajno opterećenje vodenog sloja iznad sedimenta te da se ne očekuje stalni porast njihove koncentracije u vodenom stupcu koji bi imao štetne posljedice. Na temelju mjerenja aktivnosti radionuklida u tlu i sedimentu možemo zaključiti da one ne predstavljaju prepreku formiranja plaže na obalnom dijelu području bivše Tvornice elektroda i ferolegura u Šibeniku (TEF). Vizualnim pregledom morskog dna i analizom njegovih životnih zajednica nije primijećeno da su zakonom zaštićene vrste na istraživanom području na bilo koji način posebno ugrožene.

Zaključno svim provedenim mjerenjima i analizama možemo zaključiti da je područje bivše Tvornice elektroda i ferolegura u Šibeniku (TEF) pogodno za izgradnju plaže.

4 LITERATURA

- BARIŠIĆ, D.** (1988): Radionuklidi u umjetnim gnojivima i njihov utjecaj na podzemne vode, Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 98 str.
- BARIŠIĆ, D.** (1993): Radionuklidi u tlima Istre, Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 96 str.
- BLOCH, S.** (1980): Some factors controlling the concentration of uranium in the world ocean. *Geochimica Chomica Acta*, 44, 373-377.
- CABIOCH, J., FLOCH, J-Y., LE TOQUIN, A., BOUDOURESQUE, C-F., MEINESZ, A., VERLAQUE, M.** (1992): Gudes des Alques des Mers d'Europe. Delachau et Niestlé. 1-232.
- CALVO, J. C. C.** (1995): El Ecosistema Marino Mediterráneo Guía de su Flora y Fauna. Equipo de Diseño. la Luna de madrid S.A. 1-797.
- CUCULIĆ, V., CUKROV, N., BARIŠIĆ, D., MLAKAR, M.,** (2006): Uranium in sediments, mussels (*mytilus* sp.) and seawater of the Krka river estuary. *Journal of environmental radioactivity*. 85, 1; 59-70.
- CUKROV, N., BARIŠIĆ, D.,** (2006): Spatial Distribution of ^{40}K and ^{232}Th in Recent Sediments of the Krka River Estuary. *Croatica chemica acta*. 79, 1; 115-118.
- CUKROV, N., CMUK, P., MLAKAR, M., OMANOVIĆ, D.,** (2008a): Spatial distribution of trace metals in the Krka River, Croatia. An example of the self-purification. *Chemosphere*. 72, 1559-1566.
- CUKROV, N., FRANČIŠKOVIĆ-BILINSKI, S., MIKAC, N., ROJE, V.,** (2008b): Natural and anthropogenic influences recorded in sediments from the Krka river estuary (Eastern Adriatic coast), evaluated by statistical methods. *Fresenius Environmental Bulletin*. 17, 7A; 855-863.
- CUKROV, N., CUCULIĆ, V., KWOKAL, Ž.,** (2008c): Ecotoxic metals in water and sediment of the southeastern part of the of Šibenik harbor, Croatia. 3rd International Conference on Ports and Waterways – POWA 2008, 278-286.
- CUKROV, N., MLAKAR, M., CUCULIĆ, V., BARIŠIĆ, D.,** (2009): Origin and transport of ^{238}U and ^{226}Ra in riverine, estuarine and marine sediments of the Krka River, Croatia. *Journal of environmental radioactivity*. 100, 6; 497-504.
- FALCIAI, L., MINERVINI, R.** (1992): Guida dei Crostacei Decapodi d'Europa. *Science naturali*. Muzzio. 1-282.
- HIROSE, K., SUGIMURA, Y.** (1991): Chemical speciation of particulate uranium in seawater. *J. Rad. Nucl. Chem.*, 149, 83-96.
- JARDAS, I.** (1997): Ribe i glavonošci Jadranskog mora. Prirodna baština. Svjetlost Sarajevo. 1-171.
- KNIEWALD, G., KWOKAL, Ž., BRANICA, M.,** (1987): Marine sampling by scuba diving. 3. Sampling procedure for measurement of mercury concentrations in estuarine waters and seawater. *Marine Chemistry*, 22, 343-352.

- KNIEWALD, G., BRANICA, M.** (1988): Role of Uranium (V) in Marine Sedimentary Environments: a Geochemical Possibility, *Marine Chemistry*, 24, 1-12.
- LIESER, K.H., HILL, R.** (1992): Hydrolysis and colloid formation of thorium in water and consequences for its migration behavior – comparison with uranium, *Radiochim. Acta*, 56, 1, 37-45.
- LULIĆ, S., BARIŠIĆ, D., KOŠUTIĆ, K., KVASTEK, K., TUTA, J., VERTAČNIK, A., VRHOVAC, A.** (1990): Evaluation of the contamination of territory of Croatia by means of radioactive rain as a consequence of the incident in the NPP „Lenin“. *Int. Symp. On post-Chernobly env. Radioactiv. Studies in East European countries*, Kazimierz, Poland.
- NORRIS, R.S., ARKIN, W.M.** (1998): Known nuclear tests worldwide, 1945-98. *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 54, No. 06, 65-67.
- POPE, G. T., GOTO, Y.** (1991): European Seashells. I Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastra, Gastropoda. *Hemmen*. 1-352.
- POPE, G. T., GOTO, Y.** (1993): European Seashells. II Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda. *Hemmen*. 1-221.
- PROHIĆ, E.** (1998): *Geokemija*. Targa, Zagreb, 554 str.
- RIEDL, R.** (1991): *Fauna e flora del Mediterraneo*. Franco Muzzio editore, Padova. 1-777.
- SABELLI, B., GIANNUZZI-SAVELLI, R., BEDULLI, D.** (1990): *Catalogo annotato dei moluschi marini del Mediterraneo*. 1. S. I. M., Libreria Naturalistica Bolognese, Bologna. 1-348.
- SZABO, B.J.** (1967): Radium content in plankton and sea water in the Bahamas. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 31. 1321-1331.
- ŠURIJA, B., BRANICA, M.** (1995): Distribution of Cd, Pb, Cu and Zn in carbonate sediments from the Krka River Estuary obtained by sequential extraction. *Sci. Total Environ.*, 170, 101-118.
- TORTONESE, E.** (1965): *Echinodermata. Fauna d'Italia*, 6. Calderini, Bologna. 1-419.
- TURK, T.** (1996): *Živalski svet Jadranskega morja*. DSZ Ljubljana. 1-456.
- TURK, T.** (2007): *Pod gladino Mediterana*. Modrijan Ljubljana. 1-590.
- WEINBERG, S.** (1993): *Découvrir la Méditerranée*. Nathan Paris 1-351.
- ZAVODNIK, D., ŠIMUNOVIĆ, A.** (1997): *Beskralješnjaci morskog dna Jadrana*. Svjetlost Sarajevo. 1-217.
- ZIBROWIUS, H.** (1980): Les Scléactiniaires de la Méditerranée et de l'Atlantique nord-oriental. *MéInst. Océanogr.* 11. 1-284.

Prilog 1

Popis biljnih i životinjskih vrsta zabilježenih prilikom terenskih istraživanja na području zahvata Crnica (postaje C1 i C2) u siječnju 2011. godine.

Vrste	C1	C2
CHLOROPHYCEAE		
<i>Chaetomorpha aerea</i> (Dillwyn) Kützing	x	x
<i>Chaetomorpha crassa</i> (C. Agardh) Kützing		x
<i>Chaetomorpha linum</i> (Müller) Kützing	x	x
<i>Cladophora laetevirens</i> (Dillwyn) Kützing		x
<i>Cladophora prolifera</i> (Roth) Kützing	x	
<i>Codium bursa</i> (Linnaeus) C. Agardh	x	x
<i>Codium dichotomum</i> (Hudson) S. F. Gray		x
<i>Codium fragile</i> (Suringar) Hariot		x
<i>Codium vermilara</i> (Olivi) Delle Chiaje		x
<i>Dasycladus vermicularis</i> (Scoppoli) Krasser		x
<i>Halimeda tuna</i> (Ellis et Solander) Lamouroux	x	x
<i>Palmophyllum crassum</i> (Naccari) Rabenhorst	x	
<i>Pedobesia lamourouxii</i> (J. Agardh)		x
<i>Ulva rigida</i> C. Agardh	x	x
<i>Valonia macrophysa</i> Kützing	x	x
<i>Valonia utricularis</i> (Roth) C. Agardh	x	x
PHAEOPHYCEAE		
<i>Colpomenia sinuosa</i> (Roth) Derbe et Solier	x	
<i>Cutleria multifida</i> (J. E. Smith) Greville		x
<i>Cystoseira adriatica</i> Sauvageau	x	x
<i>Cystoseira corniculata</i> ssp. <i>laxior</i> Hauck	x	x
<i>Cystoseira</i> sp.	x	
<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) J. V. Lamouroux	x	x
<i>Dictyota linearis</i> (C. Agardh) Greville		x
<i>Dilophus fasciola</i> (Roth) Howe		x
<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye	x	x
<i>Halopteris scoparia</i> (Linnaeus) Sauvageau	x	x
<i>Padina pavonica</i> (Linnaeus) Thivy	x	x
<i>Sargassum vulgare</i> C. Agardh		x
<i>Zanardinia prototypus</i> (Nardo) Nardo		x
RHODOPHYCEAE		
<i>Amphiroa rigida</i> J. V. Lamouroux		x
<i>Bangia atropurpurea</i> (Roth) C. Agardh		x
<i>Botryocladia botryoides</i> (Wulfen) Feldmann		x
<i>Catenella caespitosa</i> (Withering) L. M. Irvine		x
<i>Ceramium ciliatum</i> (Ellis) Ducluzeau		x
<i>Gracilaria armata</i> (C. Agardh) Greville	x	x
<i>Hildenbrandia rubra</i> (Sommerfelt) Meneghini	x	
<i>Lithophyllum racemus</i> (Lamarck) Foslie		x
<i>Neurocaulon foliosum</i> (Meneghini) Zanardini		x

<i>Peyssonellia squamaria</i> (Gmelin) Decaisne		x
<i>Peyssonellia polymorpha</i> (Zanardini) F. Schmitz	x	x
<i>Peyssonellia rubra</i> (Greville) J. Agardh	x	x
<i>Rytiphloea tinctoria</i> (Clemente) C. Agardh		x
<i>Wrangelia penicillata</i> C. Agardh		x
SPERMATOPHYTA		
<i>Zostera marina</i> Linnaeus	x	x
PORIFERA		
<i>Acanthella acuta</i> Schmidt, 1862	x	x
<i>Anchinoe tenacior</i> Topsent, 1925	x	
<i>Aplysina aerophoba</i> Schmidt, 1862	x	x
<i>Chondrilla nucula</i> Schmidt, 1862	x	
<i>Chondrosia reniformis</i> Nardo, 1847	x	x
<i>Clathrina clathrus</i> Schmidt, 1872	x	x
<i>Cliona celata</i> Grant, 1826	x	x
<i>Cliona viridis</i> (Schmidt, 1862)	x	x
<i>Crambe crambe</i> (Schmidt, 1862)		x
<i>Dysidea avara</i> (Schmidt, 1862)	x	x
<i>Hemimycale columella</i> (Bowerbank, 1866)	x	
<i>Ircinia (Sarcotragus) muscarum</i> (Schmidt, 1864)	x	
<i>Ircinia (Sarcotragus) spinosula</i> (Schmidt, 1862)	x	x
<i>Ircinia variabilis</i> (Pallas, 1766)	x	x
<i>Phorbas tenacior</i> (Topsent, 1925)	x	x
<i>Reniera fulva</i> Topsent, 1893	x	x
<i>Suberites domuncula</i> (Olivi, 1792)	x	x
<i>Terpios fugax</i> Duchassaing et Michelotti, 1864		x
<i>Tethya aurantium</i> (Pallas, 1766)	x	x
HYDROZOA		
<i>Antenella secundaria</i> (Gmelin, 1791)	x	x
<i>Dynamena disticha</i> (Bosc, 1802)	x	x
<i>Obelia dichotoma</i> (Linnaeus, 1758)		x
<i>Obelia geniculata</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Plumularia setacea</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
HEXACORALIA		
<i>Adamsia carcinopados</i> (Bohadsch, 1761)	x	x
<i>Aiptasia diaphana</i> (Rapp, 1829)	x	x
<i>Aiptasia mutabilis</i> (Gravenhorst, 1831)		x
<i>Aiptasiogeton pellucidus</i> (Hollard, 1848)		x
<i>Anemonia viridis</i> (Forsk., 1775)	x	x
<i>Bunodactis verrucosa</i> (Pennant, 1777)	x	x
<i>Calliactis parasitica</i> (Couch, 1838)		x
<i>Cereus pedunculatus</i> (Pennant, 1777)	x	x
<i>Cerianthus membranaceus</i> (Spallanzani, 1784)		x
<i>Condylactis aurantiaca</i> (Delle Chiaje, 1825)	x	x
<i>Cribrinopsis crassa</i> (Andres, 1883)	x	x
<i>Epizoanthus arenaceus ingeborgae</i> Pax, 1952	x	x
<i>Epizoanthus paxi</i> Abel, 1955		x
<i>Pachycerianthus multiplicatus</i> Carlgren, 1912	x	x
<i>Paractinia striata</i> (Risso, 1826)	x	

<i>Paranthus rugosus</i> Andres, 1881		x
<i>Peachia hastata</i> Gosse, 1855	x	x
<i>Phymanthus pulcher</i> Andres, 1883	x	x
<i>Scolanthus callimorphus</i> (Gosse, 1853)	x	x
ECHIURIDA		
<i>Bonellia viridis</i> Rolando, 1821	x	x
SIPUNCULIDA		
<i>Aspidosiphon muelleri</i> Diesing, 1851	x	x
<i>Phascolosoma granulatum</i> Leuckart, 1828	x	x
PLACOPHORA		
<i>Acanthochitona communis</i> J. Risso, 1826	x	x
<i>Acanthochitona fascicularis</i> (Linnaeus, 1767)		x
<i>Callochiton septemvalvis</i> (Montagu, 1803)	x	
<i>Chiton olivaceus</i> Spengler, 1797		x
<i>Ischnochiton rissoi</i> (Payraudeau, 1826)	x	x
<i>Lepidopleurus cajetanus</i> (Poli, 1791)	x	x
GASTROPODA		
<i>Alvania cancellata</i> (da Costa, 1778)	x	x
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)	x	x
<i>Bolinus brandaris</i> (Linnaeus, 1758)		x
<i>Buccinulum corneum</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Cantharus dorbigny</i> (Payraudeau, 1826)	x	x
<i>Cerithiopsis tubercularis</i> (Montagu, 1803)	x	x
<i>Cerithium rupestre</i> Risso, 1826	x	x
<i>Cerithium vulgatum</i> Bruguière, 1792	x	x
<i>Clanculus jussieui</i> (Payraudeau, 1826)	x	
<i>Conus mediterraneus</i> Hwass in Bruguière, 1792		x
<i>Conus ventricosus</i> Gmelin, 1791		x
<i>Gibbula varia</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Haliotis tuberculata</i> form <i>lamellosa</i> Lamarck, 1822	x	x
<i>Hexaplex trunculus</i> (Linnaeus, 1758)		x
<i>Jujubinus exasperatus</i> (Pennant, 1777)	x	x
<i>Muricopsis cristata</i> (Brocchi, 1814)	x	x
<i>Serpulorbis arenaria</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Vermetus triquetrus</i> Bivona Ant., 1832	x	x
<i>Vexillum tricolor</i> (Gmelin, 1791)		x
SCAPHOPODA		
<i>Dentalium vulgare</i> (Da Costa, 1778)	x	x
BIVALVIA		
<i>Anomia ephippium</i> Linnaeus, 1758	x	x
<i>Arca noae</i> Linnaeus, 1758	x	x
<i>Barbatia barbata</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Callista chione</i> (Linnaeus, 1758)		x
<i>Glycymeris glycymeris</i> (Linnaeus, 1758)		x
<i>Gouldia minima</i> (Montagu, 1803)	x	x
<i>Hiatella rugosa</i> (Linnaeus, 1767)		x
<i>Laevicardium oblongum</i> (Gmelin, 1791)	x	x
<i>Lima lima</i> (Linnaeus, 1758)		x
<i>Mactra corallina</i> (Linnaeus, 1758)	x	x

<i>Manupecten pesfelis</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Mytilaster minimus</i> (Poli, 1795)	x	x
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819		x
<i>Ostrea edulis</i> Linnaeus, 1758	x	x
<i>Pecten jacobaeus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Pinna nobilis</i> Linnaeus, 1758		x
<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)	x	x
<i>Pseudochama gryphina</i> (Lamarck, 1819)	x	x
<i>Venerupis pullastra</i> (Montagu, 1803)		x
<i>Venus verrucosa</i> Linnaeus, 1758	x	x
CEPHALOPODA		
<i>Octopus vulgaris</i> Lamarck, 1798	x	x
<i>Sepia officinalis</i> Linnaeus, 1758	x	
POLYCHAETA		
<i>Eunice vittata</i> (delle Chiaje, 1828)	x	x
<i>Euprosine foliosa</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833		x
<i>Eupolymnia nebulosa</i> (Montagu, 1818)	x	
<i>Ficopomatus enigmaticus</i> (Fauvel, 1923)		x
<i>Harmothoe areolata</i> (Grube, 1860)	x	x
<i>Lagisca extenuata</i> (Grube, 1840)	x	x
<i>Lumbrineris gracilis</i> (Ehlers, 1868)	x	x
<i>Lumbrineris latreilli</i> Audouin & Milne-Edwards, 1834	x	x
<i>Lysidice ninetta</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833		x
<i>Myxicola infundibulum</i> Montagu, 1915	x	x
<i>Pomatoceros triqueter</i> (Linnaeus, 1767)	x	x
<i>Protula intestinum</i> (Savigny, 1818)		x
<i>Protula tubularia</i> (Montagu, 1803)	x	x
<i>Sabella pavonina</i> Savigny, 1820	x	x
<i>Sabella spalanzani</i> (Gmelin, 1791)	x	x
<i>Serpula concharum</i> Langerhans, 1880	x	
<i>Serpula vermicularis</i> (Linnaeus, 1767)	x	x
<i>Vermiliopsis infundibulum</i> (Philippi, 1844)	x	x
DECAPODA		
<i>Inachus dorsettensis</i> (Pennant, 1777)	x	x
<i>Pachygrapsus marmoratus</i> (Fabricius, 1787)	x	x
<i>Paguristes eremita</i> (Linnaeus, 1767)	x	
<i>Pagurus anachoretus</i> Risso, 1827	x	x
<i>Pagurus prideaux</i> Leach, 1815	x	x
<i>Parthenope angulifrons</i> Latreille, 1825	x	
<i>Xantho pilipes</i> A. Milne-Edwards, 1867	x	x
BRYOZOA		
<i>Puellina hincksi</i> (Friedl, 1917)	x	x
<i>Schizobrachiella sanguinea</i> (Norman, 1868)	x	x
<i>Scrupocellaria scrupea</i> Busk, 1852	x	x
<i>Scrupocellaria scruposa</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Scrupocellaria reptans</i> (Linnaeus, 1767)	x	x
CRINOIDEA		
<i>Antedon mediterranea</i> (Lamarck, 1816)	x	
HOLOTHUROIDEA		

<i>Holothuria forskali</i> Delle Chiaje, 1823		x
<i>Holothuria impatiens</i> (Forsskål, 1775)	x	
<i>Holothuria polii</i> Delle Chiaje, 1823	x	x
<i>Holothuria tubulosa</i> Gmelin, 1788	x	x
<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)		x
<i>Ocnus planci</i> (Brandt, 1835)	x	x
ECHINOIDEA		
<i>Brissus unicolor</i> (Leske, 1778)		x
<i>Psammechinus microtuberculatus</i> (Blainville, 1825)		x
<i>Schizaster canaliferus</i> (Lamarck, 1816)		x
<i>Sphaerechinus granularis</i> (Lamarck, 1816)		x
ASTEROIDEA		
<i>Asterina gibbosa</i> (Pennant, 1777)	x	x
<i>Astropecten aranciacus</i> (Linnaeus, 1758)	x	
<i>Astropecten spinulosus</i> (Philippi, 1837)		x
<i>Marthasterias glacialis</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
OPHIUROIDEA		
<i>Amphipholis squamata</i> (Delle Chiaje, 1828)	x	x
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843		x
<i>Ophioderma longicaudum</i> (Retzius, 1805)	x	
<i>Ophiothrix fragilis</i> (Abildgaard, 1789)	x	x
ASCIDIACEA		
<i>Aplidium conicum</i> (Olivi, 1792)		x
<i>Aplidium proliferum</i> (Milne-Edwards, 1841)	x	x
<i>Ascidia mentula</i> Müller, 1776	x	x
<i>Ciona intestinalis</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Clavelina dellavallei</i> (Zirpolo, 1825)	x	x
<i>Diplosoma listerianum</i> (Milne Edwards, 1841)		x
<i>Halocynthia papillosa</i> (Linnaeus, 1767)		x
<i>Microcosmus sabatieri</i> Roule, 1885		x
<i>Phallusia fumigata</i> Grube, 1864		x
<i>Phallusia mammilata</i> (Cuvier, 1815)	x	x
<i>Pyura dura</i> Heller, 1877	x	x
<i>Sydnium elegans</i> (Giard, 1872)	x	x
OSTEICHTHYES		
<i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810		x
<i>Belone belone</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Coris julis</i> (Linnaeus, 1758)	x	
<i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Gobius cobitis</i> Pallas, 1881		x
<i>Gobius cruentatus</i> Gmelin, 1789	x	x
<i>Gobius geniporus</i> Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1837	x	
<i>Gobius niger</i> Linnaeus, 1758	x	x
<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	x	
<i>Mullus surmuletus</i> Linnaeus, 1758	x	x
<i>Oblada melanura</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Parablennius sanguinolentus</i> (Pallas, 1814)	x	

<i>Parablennius tentacularis</i> (Brünnich, 1768)	x	
<i>Parablennius zvonimiri</i> (Kolombatović, 1892)	x	x
<i>Sarpa salpa</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Serranus scriba</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Sparus aurata</i> Linnaeus, 1758	x	x
<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)		x
<i>Spondylosoma cantharus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Symphodus rostratus</i> (Bloch, 1797)	x	x
<i>Symphodus tinca</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Tripterygion delaisi</i> Cadenat et Blache, 1971	x	x