

¹Donat Petricioli i ²Tatjana Bakran-Petricioli

¹D.I.I.V. d.o.o., Obala Petra Lorinija bb, 23281 Sali; diiv@zg.t-com.hr

²Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

Plastični otpad niske gustoće – značajan, a zanemaren problem u moru u Hrvatskoj

Sažetak

Plastična ambalaža raznih napitaka, mlijekočnih prerađevina te plastične vrećice vrlo često dospijevaju u naše obalno more bilo direktnim bacanjem s brodova ili obale, doplavljivanjem putem sustava otpadnih voda, dopuhivanjem vjetrom s kopna ili donosom morskim strujama iz susjednih država. Nakon što otpad dospije u dio mora s niskom energijom, tone na dno i tu trajno ostaje. Dno prekriveno ovakvim otpadom može se pronaći i uz velike gradove, mala naselja, na sidrištima pa i na mjestima bez ikakvih ljudskih utjecaja, a raspon dubina na kojima ga nalazimo varira od nekoliko pa do preko pedesetak metara. Njegovo uklanjanje skupo je i neučinkovito, a do sada se samo mjestimice provodilo kao dio tzv. „ekoloških akcija“ ronioca.

U radu su opisana tri slučaja: otpad deponiran sustavom podmorskog ispusta otpadnih voda (Zadarski kanal, dubina 35 m), otpad deponiran u luci malog naselja na otoku (Dugi otok, luka Sali, dubina 18 m) te otpad deponiran na mjestu bez ljudskih aktivnosti (Vis, uvala Zapara na poluotoku Nova Pošta, dubina 6 m). Također je opisan učinkovit i relativno jeftin način uklanjanja otpada niske specifične gustoće s dna korištenjem tzv. „zračnog mamuta“.

Ključne riječi: Plastični otpad, uklanjanje otpada iz mora, bentoske zajednice, Jadransko more

Uvod

Kruti otpad koji dospije u more vrlo je raznolikog porijekla, sastava, veličine, oblika, trajnosti, ekološke „prihvatljivosti“ itd. Međutim, što se tiče njegove „sudbine“ otpad ili a) potone na mjestu gdje je dospije u more (obično uz obalu ili pod brodom s kojeg je bačen u more) ili b) dulje ili kraće vrijeme pluta na površini mora što znači da ga se može naći daleko od mesta gdje je dospije u more te onda eventualno potone ili završi na obali. Tek u novije vrijeme ljudi su postali svjesni opsega utjecaja takvog plutajućeg otpada na okoliš (Derraik, 2002; Allsop i sur., 2006; Thompson i sur., 2011). Na morskoj površini plutaju tvari koje su specifično lakše od mora kao i predmeti koji imaju nekakve uzgonske komore koje im omogućavaju plutanje. Nakon što se takve „komore“ naplave morem otpad tone na morsko dno. Na dnu se trajno smiruje na mjestima gdje ga sile morskih struja i/ili valova više ne mogu odgurati dalje ili dublje. Na takvim mjestima minimalne energije mora mogu nastati velike nakupine krutog otpada na morskom dnu. Postoje otpadne tvari čija je gustoća samo malo veća od gustoće mora pa ih struje i valovi odnesu daleko dok tonu na dno. U takve tvari koje polako tonu ubrajamo brojne umjetne polimere koji se koriste u velikim količinama za razne ljudske potrebe (<http://www.omnexus.com/tc/polymerselector/polymerprofiles>). Nabrojat ćemo samo najčešće korištene: PE (polietilen) u formi LDPE ili LLDPE gustoće

0,91 – 0,95 g/cm³ koji se koristi za izradu plastičnih vrećica i čaša, raznih zaštitnih folija u prehrabrenoj industriji, mehanih igračaka itd.; PET (polietilen tetaftalat ili polietilen tetraftalat glikol) gustoće 1,27 – 1,4 g/cm³ koji se koristi za izradu boca za napitke, posuda za kozmetiku, prozirnih pakiranja za medicinu, hranu itd.; PP (polipropilen) gustoće 0,9 – 0,91 g/cm³ koji se koristi za izradu niti za tekstil i konope, izradu šprica za injekcije te razna pakiranja itd.; PS (polistiren) gustoće 1,03 – 1,06 g/cm³ koji se koristi za izradu raznih pakiranja (kao stiropor) te izradu pribora za jelo, čaše za mliječne pripravke itd.; PVC (polivinil klorid) u čvrstoj ili mekanoj formi gustoće 1,3 – 1,7 g/cm³ koji se koristi za izradu ribarskih čizmi, obuće za plažu, brodica za napuhavanje itd. Također se, no u znatno manjoj mjeri, koriste i drugi polimeri.

Razne plastične folije polako tonu te ih raznose morske struje i valovi. One se također „smiruju“ na mjestima s vrlo slabim gibanjem mora – na dnu zatvorenih uvala, na dnu ispod strujnih vrtloga, u udubinama na morskom dnu ili na obalama. Plastične PET boce dugo plutaju na površini te pretežno završavaju na položenim obalama (obično u uvalama), no dio ih se probuši ili ostane bez čepa, napuni morem i potone tako da ih nalazimo na mnogim mjestima u moru. Kako je obala hrvatskog dijela Jadrana većinom strma i stjenovita znatni dio plastičnih boca ne bude izbačen na obalu već dugo pluta dok ne potone. Na dnu se, zbog velike površine izložene strujanju, polako pomiču oštećujući organizme pod sobom. Zbog pomicanja se na njima ne razvija obraštaj.

Na slici 1. Prikazan je tipični sastav plutajućeg otpada snimljen u maloj uvali na otoku Visu, daleko od ljudskih naselja, nakon puhanja jakog vjetra i velikih valova. Dio otpada otputat će dalje, a dio će potonuti na dno i tu trajno ostati.



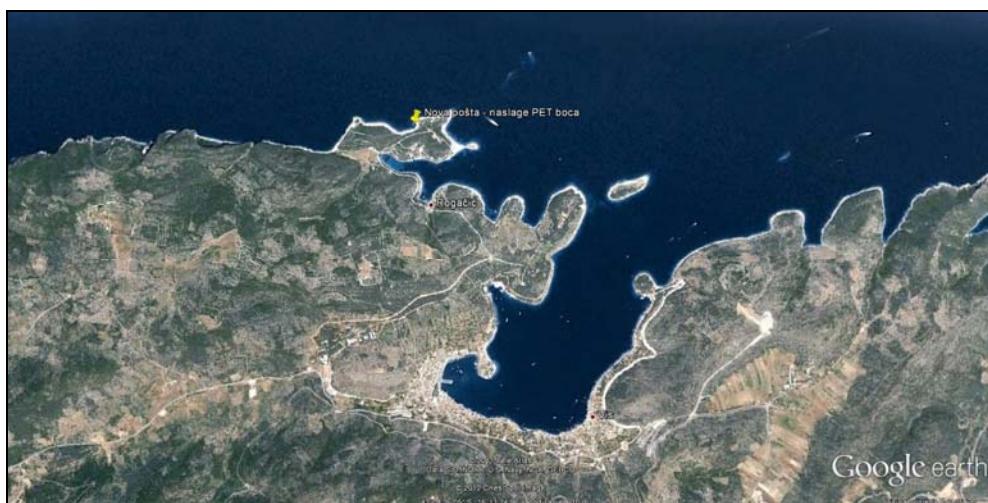
Slika 1. Raznoliki plutajući otpad uz sjevernu obalu otoka Visa, snimljeno ljeti nakon nevere. Vidi se raznoliki sastav: od PS ambalaže, PET boca, PE tanjura i PVC folija do organskog plutajućeg otpada (stabljike trske, lišće).

Metode

U ovom radu iznosimo vlastita opažanja o plastičnom otpadu koja smo prikupili tijekom naših podmorskih istraživanja različitih bentoskih zajednica na opisanim lokacijama. Sve smo lokacije osobno pregledali koristeći autonomno ronjenje s komprimiranim zrakom. Sustavno istraživanje i kvantificiranje utjecaja plastičnog otpada tek treba poduzeti.

Rezultati preliminarnih istraživanja

Istraživana lokacija na otoku Visu - Uvala Zapara na poluotoku Nova Pošta

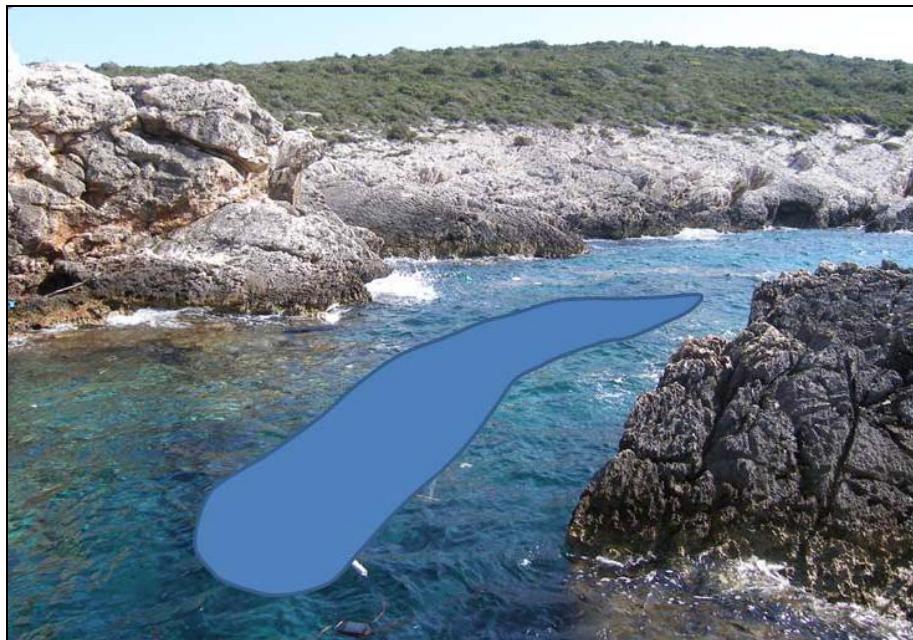


Slika 2. Uvala Zapara na poluotoku Nova Pošta (označena žutom oznakom) na otoku Visu. Ova je lokacija, na kojoj se često zadržavaju naslage plastike na površini mora - izvan Luke Vis, a udaljena je i od obližnjih manjih naselja.

Uvala Zapara na poluotoku Nova Pošta nalazi se na sjevernoj obali otoka Visa i nekoliko je kilometara udaljena od naselja u viškom zaljevu (slika 2.), na obali nema kuća, preko ljeta tu sidre brodovi koji dovoze sportske ronioce na ronjenja ili dolaze kupači koji silaze do mora preko stijena. Obale su joj relativno položene, a po visokom supralitoralu te trotoaru crvenih algi može se zaključiti da je ovaj dio obale Visa izložen jakom mlatu valova. Valovi tramontane (sjeverozapadni vjetar) i bure (sjeverni) te morske struje (prevladava sjeverozapadna rezidualna struja) donose plutajući i polagano tonući otpad koji zapinje u maloj uvali i tu se dugo zadržava. Dio tog plutajućeg otpada nakon nekog vremena bude valovima i strujanjem otplavljen, a dio potone na dno. Uz dno u unutrašnjem dijelu uvale struje su vrlo slabe, a snaga valova se gotovo sasvim izgubi (slika 3.) tako da se otpad trajno zadržava, čak i preko zime za vrijeme jakih oluja. Ovu pojavu primijetili smo prije nekoliko godina: tu smo prvi puta ronili 2005. godine i primijetili nekoliko PET boca na dnu, na dubini oko 6 m. U ljeto 2011. godine na dnu uvale već se nalazilo više stotina PET boca (standardne PET boce od 1 ili 1,5 l) te drugog otpada (pretežno vrećice). Boce prekrivaju sve veći dio dna (u ljeto 2011. oko tridesetak m²) na dubini od 6 do 8 m u unutrašnjem dijelu uvale na mjestu s minimalnom energijom. Ove naslage negativno utječu na bentoske organizme koji tu žive pa na dnu pod bocama više nema algi, ježinaca, trpova itd. Može se pretpostaviti da ovakvo, sve

veće nakupljanje plastičnog otpada, može predstavljati ekonomski problem jer će ova destinacija postati manje poželjna, možda čak i izgubljena za voditelje ronilaca.

Naslage PET boca na dnu svojim pomicanjem negativno utječe i na naselja posidonije u blizini, npr. u uvalama Vela Svitnja, Mala Svitnja i Rogačić koje se nalaze oko jedan km južno od poluotoka Nova Pošta, gdje smo 2010. i 2011. godine također uočili manje nakupine PET boca, isto kao i u uvali Nozdra na otoku Kaprije 2011. godine (slika 4.).



Slika 3. Uvala Zapara na poluotoku Nova Pošta. Otpad niske gustoće sakuplja se na dnu u dijelu uvale koji je označen na slici – na mjestu gdje se snaga valova poništava.



Slika 4. Dno prekriveno PET bocama i drugim otpadom, vidi se utjecaj na naselje posidonije. Snimljeno na dubini od oko 8 m u uvali Nozdra na otoku Kaprije.

Istraživana lokacija na Dugom otoku – Luka Sali

Naselje Sali (slika 5.) najveće je naselje na Dugom otoku i broji oko tisuću stanovnika. Međutim, ljeti za vrijeme lokalne višednevne priredbe prigodnog naziva „Saljske užance“ taj se broj višestruko uveća. Za to vrijeme organiziraju se razna slavlja, a neka od njih završavaju ispijanjem velikih količina piva i vina. Mnoštvo plastičnih čaša koje se pritom koriste završe u luci. Čaše ubrzo potonu na dno ispred rive, a kako je dno strmo čaše završe na najdubljem dijelu luke (Petricioli, 2000). Luka Sali je uvala otvorena na jugoistok, na ulazu široka oko 100 m, a dugačka oko 250 m, u potpunosti izgrađene obale i sa šest lukobrana. U unutrašnjem, plitkom dijelu koji je dubok oko 4 m gdje su vezane brodice lokalnog stanovništva nalazimo uobičajeni kruti otpad (stare betonske i željezne blokove za sidrenje, konope, sidra, komade stakla, ostatke ribarskog alata i kućnog smeća itd.). Vanjski dio luke, do glavnog, južnog lukobrana je znatno dublji, u tom se dijelu uvale dno strmo spušta tako da dubine na tridesetak metara od obale (gledano sa sjeverne strane) dosežu i do 20 m. Dno se tu izravnava i postaje muljevito što ukazuje na to da je tu energija gibanja mora najmanja (slika 6.). Tako se na dubinama od 16 do 20 m mogu naći tisuće plastičnih čaša od PS materijala koje u potpunosti prekrivaju morsko dno (Petricioli, 2000). Nekadašnja prirodna bentoska zajednica - G.3.2.3. Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala (Bakran-Petricioli, 2007) potpuno je nestala.



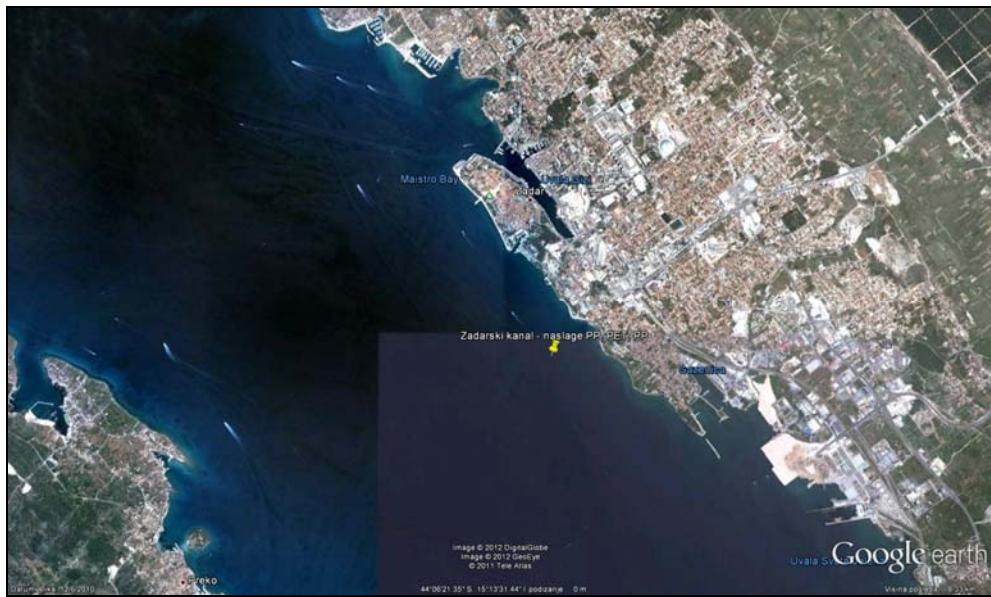
Slika 5. Lokacija Luke Sali (označena žutom bojom). Luka Sali izložena je južnim vjetrovima i sjeverozapadnoj morskoj struji.



Slika 6. Luka Sali, snimljeno iz aviona. Svjetlijom bojom je označen položaj trajnih naslaga čaša od PS plastike u središnjem, najdubljem dijelu luke.

Istraživana lokacija u Zadarskom kanalu – nekadašnji glavni ispust otpadne vode Zadra

Zadarski je kanal morski tjesnac između otoka Ugljana i kopna gdje se nalazi Zadar. Širok je oko pet kilometara, a na sredini dubine dosežu do 40 m. Uz obalu je plitko tako da se najveće dubine nalaze tek na oko pola kilometra udaljenosti od obiju obala. Dno na sredini kanala je gotovo potpuno ravno i prekriveno debelim naslagama finog mulja. Naseljava ga cirkalitoralna bentoska zajednica - G.4.1.1. Biocenoza obalnih terigenih muljeva. Sustav odvodnje zadarske kanalizacije tridesetak je godina završavao pola kilometra dugačkim podmorskим ispustom. U njega se slijevala otpadna voda šezdesetak tisuća ekvivalent stanovnika koja je više manje neobrađena dospijevala u Zadarski kanal na dubinu od oko 35 m (slika 7.). Nakon upustnog koljena u građevini pred obalom otpadna je voda prolazila kroz čeličnu cijev dugačku 500 m promjera 120/90/70 cm i ulijevala se u more. „Usta“ cijevi podignuta su oko 2 m od morskog dna. Na morsko dno ispred usta ispusta odmah su padali kamenčići, čepovi piva i ostalih pića, sjemenke koštuničavog voća, žleti itd. tvoreći pred ispustom „brežuljak“ dimenzija: 2 m visine, 6 m širine i 10-tak m dužine, a otpad manje specifične gustoće raznosile su morske struje i deponirale nešto dalje u manjim udubinama na dnu (slika 8.). S obzirom da je jedan od autora (D. P.) desetak godina održavao propusnost rešetke glavne građevine kolektora te kontrolirao stanje oko usta cijevi na morskom dnu, mogao je ocijeniti da su količine krutih tvari u otpadnoj vodi bile značajne. Tako danas ispred usta cijevi nalazimo nekoliko hektara morskog dna prekrivenog PS čašama, PVC i PET vrećicama, jednokratnim pelenama, plastičnim štapićima i higijenskim ulošcima. Nekadašnji živi svijet (biocenoza obalnih terigenih muljeva) u potpunosti je nestala. Na starom otpadu pak, na mjestima gdje se on ne pomiče sa strujanjem morske vode, naseljavaju se razni obraštajni organizmi: mnogočetinaši cjevaši (npr. *Pomatoceros triqueter*), mješčićnice (npr. *Phallusia mammillata*, *Ascidia mentula*), spužve (npr. *Ircinia* ssp.) itd.



Slika 7. Lokacija krajnjeg dijela (nekadašnjeg) glavnog ispusta otpadne vode Zadra u Zadarskom kanalu (označeno žutom bojom). Ispust završava 500 m od obale na 35 m dubine i danas služi kao kišni preljev.



Slika 8. Naslage plastike niske gustoće na morskom dnu, 15 m zapadno od cijevi (nekadašnjeg) glavnog ispusta otpadne vode Zadra (snimljeno 2005. godine, dubina 35 m).

Diskusija i prijedlog metode za jednostavno vađenje otpada niske gustoće iz mora

Iz opisane tri situacije na tri različita mjesta: veliko naselje, malo naselje i uvala podalje od ljudskog naselja lako se može zaključiti da se ovakve naslage plastičnog otpada nalaze na više stotina mjesta uz našu obalu te uz obale naših otoka. Ukupna masa plastike na dnu hrvatskog dijela Jadrana sigurno doseže nekoliko tisuća tona što nije malo ni zanemarivo. Ovakve naslage prekrivaju više desetaka hektara morskog dna i njihov obuhvat je svake godine sve veći. Pod njima nestaju prirodne bentoske zajednice koje su tu živjele (Bakran-Petricioli, 2011). Novija istraživanja pokazuju da ovaj otpad, osim što smeta životu svijetu na dnu kao i organizmima koji povremeno koriste ta područja za pronalaženje hrane, može zbog svojih kemijskih karakteristika biti i toksičan (Thompson i sur., 2009; Kershaw i sur., 2011). Recikliranje plastičnog otpada nameće se danas kao nužnost, s jedne strane zbog održivijeg korištenja neobnovljivih prirodnih resursa kao što su nafta i zemni plin iz kojih se plastične mase proizvode, te s druge strane zbog odgovornijeg odnosa prema okolišu iz kojeg je potrebno ukloniti ono što tamo ne pripada (Hopewell i sur., 2009).

Do sada je vađenje ovakvog otpada iz mora u Hrvatskoj uglavnom organizirano lokalno, kroz pojedine akcije ronilačkih klubova ili/i zaštićenih područja u moru. U pravilu tzv. „ronilačke ekološke akcije“, koje je do 2010. godine većinom financirao Hrvatski ronilački savez i osviještene lokalne zajednice, obično su pokretane zbog vađenja krupnijeg otpada uz obale i rive manjih naselja. Ovakve hvalevrijedne akcije nažalost su samo djelomično učinkovite i to za kratko vrijeme na ograničenom području. Kako je korištenje plastične ambalaže sve veće, a ponašanje onih koji je koriste i dalje neodgovorno, jasno je da se ovaj problem povećava. Uz neophodan rad na dalnjem osvještavanju ljudi o šteti koju nanose neodgovornim odbacivanjem plastičnog otpada u more potrebno je razvijati tehnike bržeg i efikasnijeg uklanjanja takvog otpada iz podmorja. Zato ovim radom predlažemo jednostavnu i relativno jeftinu metodu njegovog vađenja.

Za vađenje otpada niske gustoće dovoljno je pokrenuti morsku vodu koja ga okružuje i usmjeriti je prema površini - s morskom vodom gibao bi se i otpad. Najučinkovitiji stroj kojim bi se to moglo napraviti je jednostavni „zračni mamut“ (engl.: „air lift“) odnosno okomito postavljena široka cijev u koju se na njenom donjem dijelu upumpava zrak iz zračnog kompresora. Zrak se zbog svoje male gustoće uspinje u cijevi, zbog smanjenog tlaka ekspandira i posljedično tome sve brže pokreće morsku vodu uvis u cijev. Pritom morska voda usisava plastični otpad s morskog dna. Ovisno o dubini mora otpad je moguće podignuti i iznad morske površine. Nakon toga smjesu morske vode, sedimenta s morskog dna, plastičnog otpada i zraka treba procijediti. Na situ (košari) ostaje otpad kojeg se zatim sakuplja u odgovarajuće spremnike. Kompressor bi mogao biti postavljen na brodu s odgovarajućim spremnikom. U troškove ove metode treba ubrojiti: troškove broda, njegove (male) posade, ronilaca, kompresora, goriva te troškove za odvoz sakupljenog materijala. Na ovaj način bi se mogle pokupiti velike količine otpada niske gustoće, a trošak ne bi bio prevelik.



Slika 9. Jedan od autora članka (D. Petricioli) u pripremi za podmorsko snimanje.

Literatura

Allsopp, M., Walters, A., Santillo D. & Johnston P. (2006) Plastic Debris in the World's Oceans, Greenpeace International, Amsterdam. www.greenpeace.org

Bakran-Petricioli, T. (2007) Morska staništa – Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja (serija Biološka raznolikost Hrvatske. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb (<http://www.dzzp.hr/publikacije/prirucnici/bioloska-raznolikost-hrvatske-prirucnici-za-inventarizaciju-i-pracenje-stanja-536.html>))

Bakran-Petricioli, T. (2011) Priručnik za određivanje morskih staništa u Hrvatskoj prema Direktivi o staništima EU. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb (<http://www.dzzp.hr/publikacije/prirucnici-140.html>)

Derraik, J.G.B. (2002) The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Marine Pollution Bulletin 44: 842-852.

Hopewell, J., Dvorak, R. & Kosior, E. (2009) Plastics recycling: challenges and opportunities. Philosophical Transactions of the Royal Society B 364 (1526): 2115-2126.

Kershaw, P., Katsuhiko, S., Lee, S., Samseth, J. & Woodring, D. (2011) Plastic debris in the ocean. U: UNEP Year Book 2011: Emerging issues in our environment, UNEP, Nairobi

Petricioli, D. (2000) Ronilačko-biološki pregled za Studiju utjecaja na okoliš ciljanog sadržaja Uređenje obalnog pojasa u Luci Sali (naručitelj Općina Sali), izrađivač: Oikon, d.o.o., Zagreb

Physical properties of plastic materials - Polymer properties: <http://www.omnexus.com/tc/polymerselector/polymerprofiles>

Thompson, R.C., Moore, C.J., vom Saal, F.S. & Swan, S.H. (2009) Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. Philosophical Transactions of the Royal Society B 364 (1526): 2153–2166.

Thompson, R.C., La Belle, B.E., Bouwman, H. & Neretin, L. (2011) Marine debris: defining a global environmental challenge. STAP advisory document (The Scientific and Technical Advisory Panel, administered by UNEP, advises the Global Environment Facility), GEF Council Meeting, May 24-26, 2011, Washington, D.C.