

Utjecaj rijeke Po na riblje populacije sjevernog Jadrana

Pasariček, Ema

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/um:nbn:hr:217:547739>

Rights / Prava: [In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Prirodoslovno-matematički fakultet

UTJECAJ RIJEKE PO NA RIBLJE POPULACIJE SJEVERNOG JADRANA

**(EFFECTS OF PO RIVER OUTFLOW ON FISH POPULATIONS OF NORTH ADRIATIC
SEA)**

Ime i prezime studentice: Ema Pasarić

Studijski program: Znanosti o okolišu (Environmental Sciences)

Mentor: doc. dr. sc. Petar Kružić

Zagreb, 2014.

SADRŽAJ

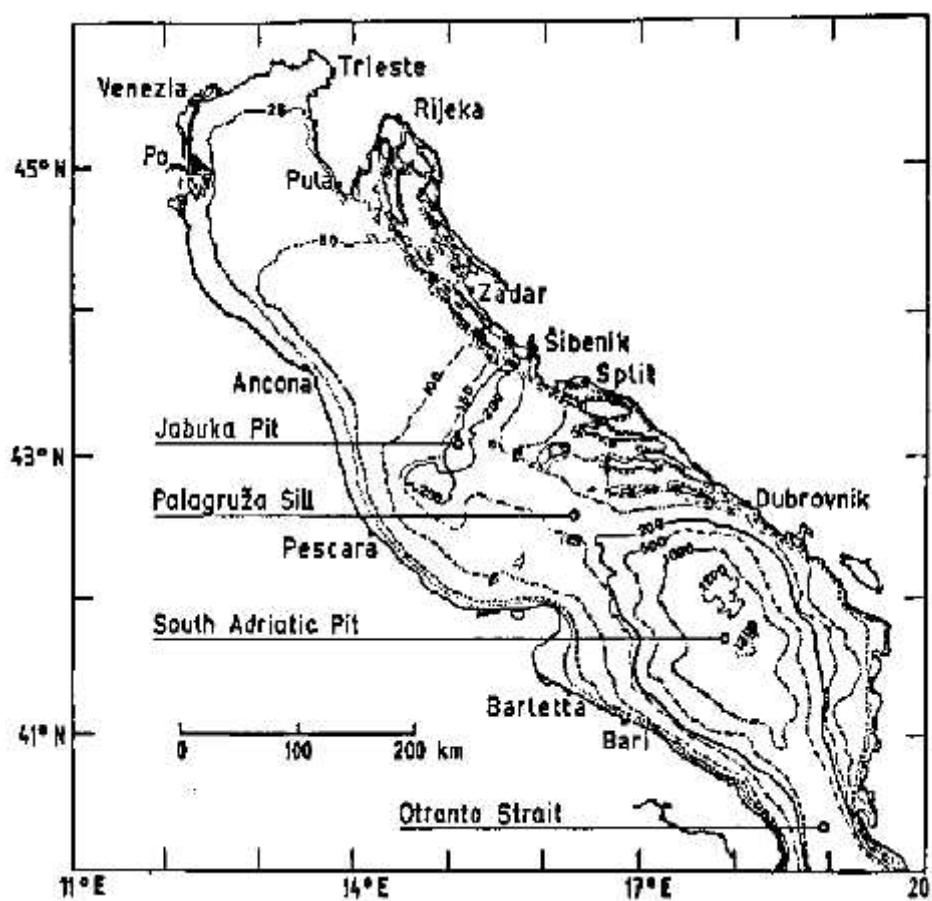
1. UVOD.....	1
2. JADRANSKO MORE.....	2
3. RIJEKA PO.....	5
3.1. UTJECAJ NA RIBLJE POPULACIJE.....	8
4. ZAKLJUČAK.....	9
5. LITERATURA.....	10
6. SAŽETAK.....	11
7. SUMMARY.....	12

1. UVOD

Utjecaj raznih imbenika na okoliš važna je sastavnica funkcioniranja svakog „živog“ sustava u okolišu iji je on neizostavan dio. Sustav je dinami an, zatvoren krug sa tjesnom povezanoš u imbenika i prilagodbom „života“ na njihove promjene. Dovoljne su male oscilacije jednog imbenika da pokrenu lavinu velikih promjena drugih imbenika. Antropogeni utjecaj je, danas, neizbjjezan element ovog sustava, ali, tako er, i jedan od onih koji mogu uvelike pridonijeti, bilo pozitivno ili negativno, njegovoj transformaciji. Globalno gledaju i, razumijevanje ekosustava, njegova interpretacija, edukacija i djelovanje za njegovu zaštitu važni su u raznim aspektima ljudskog života. Problem unosa štetnih tvari i nutrijenata u Sjeverni Jadran, putem rijeke Po, znatno utje e na riblje populacije i cijeli ekosustav. Promjena okolišnih uvjeta, koja nastaje kao rezultat unosa tih tvari, pokre e stvaranje nove ravnoteže koja se oituje i kroz smanjenje ili pove anje odre enih ribljih populacija; migracije ribljih populacija; naseljavanja od strane nekarakteristi nih, egzoti nih vrsta prilago enih uvjetima novostvorene ravnoteže ekosustava. Ovaj je dio ve eg sustava, ali i, samom svojom rasprostranjenoš u, upleten u sve manje „žive“ sustave. Otpadne vode, ribolov, turizam samo su neki od primjera antropogenog utjecaja na morski okoliš. Esto se nereguliranom ili neprimjerrenom djelatnoš u ovjeka remeti ve spomenuta, prirodna ravnoteža. Postupanjem na takav na in može do i do izumiranja odre enih vrsta riba, drasti nog smanjenja ribljih populacija za ekonomsko iskorištavanje i stvaranja neravnoteže u hranidbenom lancu ekosustava. S druge strane, znanstvena istraživanja u svrhu razumijevanja antropogenog utjecaja u ovom, zatvorenom krugu dovode do nove razine svjesnosti. Svjesnost, pak, donosi zakone i reguliranje upravljanjem ribljim populacijama, gospodarenjem morem, industrijskim otpadom, otpadnim vodama i sli nim. Biogeokemijske karakteristike Jadranskog mora ili uže, Sjevernog Jadrana te rijeke Po; cirkuliranje mora; promatranje ribljih populacija pomo i e u interpretaciji stanja Sjevernog Jadrana.

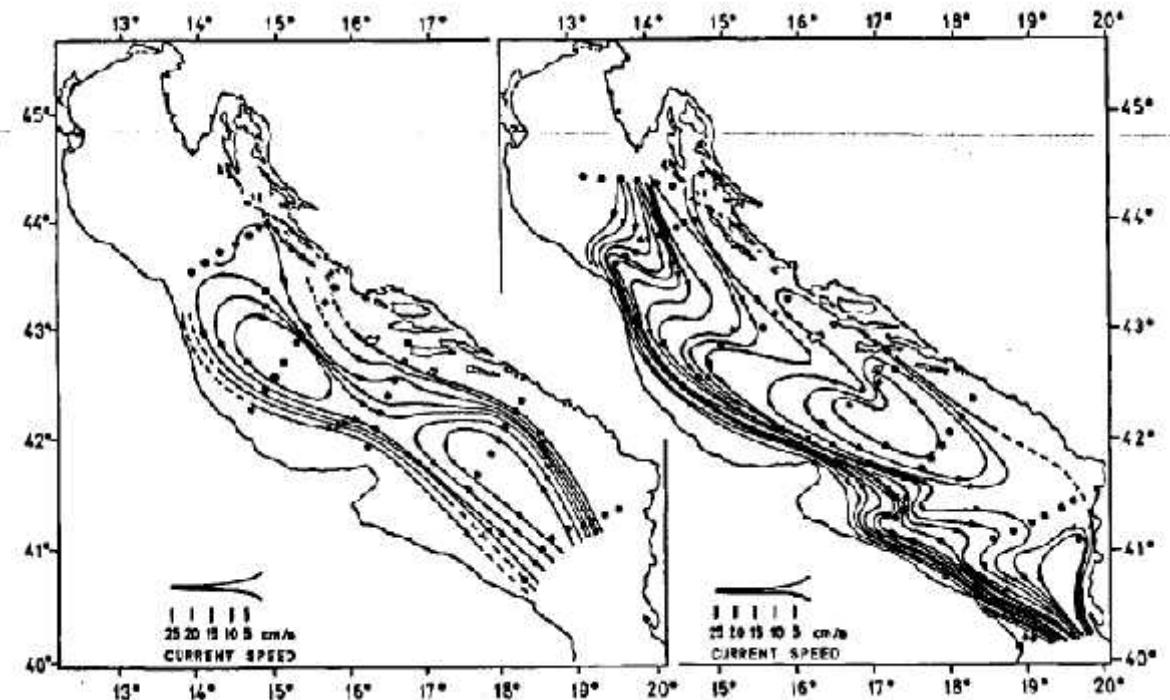
2. JADRANSKO MORE

Izduženo Jadransko more može se podijeliti na tri dijela. Prvi dio, koji uključuje Venecijanski zaljev, plitak je s jednolikim nagibom do 100 m dubine te naglim povećanjem dubine do 200 m južno od Ancone. Najdublja točka drugog dijela je Jabuka kotlina s dubinom od, otprilike, 280 m. Drugi dio Jadranskog mora, nastavlja se od Jabuke kotline do kraja Palagruškog praga. Treći dio, takođe, ima najdublju točku Južnojadransku kotlinu, dubine, približno, 1200 m. Dubina se smanjuje od Južnojadranske kotline do Otrantskih vrata gdje se Jadransko more „otvara“ u Jonsko more. Površina koju prekriva Jadransko more je, oko, 800×200 km, dok je volumen, blizu, $3,6 \times 10^4$ km³. Zapadna obala Jadranskog mora je pravilna s izobatama pravokutnim pružanjem obale te jednolikim povećanjem dubine prema otvorenom moru. Isto na obala, s druge strane, vrlo je razvedena te se sastoji od brojnih otoka i rtova (Sl. 1.).



Slika 1. Položaj i topografija Jadranskog mora (Orlić i sur., The currents and circulation of the Adriatic Sea, Oceanologica Acta, 1992, vol. 15, no.2.).

Atmosferski poremećaji se, obično, kreću od zapada prema istoku budući da je Jadransko more smješteno između subtropske zone visokog tlaka i umjerenog ili zapadnog pojasa. Tijekom godine se ove zone premještaju te uzrokuju oštretre sezonske promjene. Većina godine, prevladavaju este ciklone i anticiklone kao posljedica utjecaja zapadnog pojasa dok ljeti nestaju pod utjecajem subtropskog visokog tlaka. Važni su, također, utjecaji Islandskog minimuma i Euroazijskog maksimuma zimi te Azorskog maksimuma i Karachi minimuma ljeti. Dominantni vjetrovi, tijekom zime, su bura (sjeveroistočni vjetar) i široko (jugoistočni vjetar) dok su to ljeti etezijski vjetrovi (sjeverozapadni vjetrovi) i to, najviše, u Južnom Jadranu. Uzduž obale je formiranje vjetrova karakteristично za topli dio godine. Globalna radijacija koju prima Jadransko more se kreće između 400-500 J/cm²/dan u prosincu i 2200-2600 J/cm²/dan u srpnju. Temperature zraka su najviše u srpnju, a najniže u siječnju. Ljetne temperature variraju između 22 i 26°C, a zimske između 10°C na jugu i do 2°C na sjeveru te je isto na obala toplija od zapadne za, otprilike 2°C. Najniža relativna vlažnost je ljeti, a najviša u jesen, no bura ju može smanjiti i do 70%. U kasnu jesen dolazi do najveće precipitacije, a najmanje u jesen s time da je precipitacija veća u unutrašnjosti (oko 1000 mm/god) nego na obalnim postajama (400 mm/god). Najveći dotok slatke vode u Jadransko more dolazi putem rijeke Po sa srednjim godišnjim otjecanjem od 1700 m³/s dok rijeke sjeverne i zapadne obale pridonose sa 350 m³/s, a one isto ne obale sa 700 m³/s. Također, uzduž isto ne obale postoje brojne vrulje koje donose slatku vodu iz litoralnog, krškog područja no nisu od velike važnosti. Jadransko more je izvor najgušće vode na području Istogog Mediterana. Stvaranje guste vode povoljno je zimi kada hladni i suhi periodi prevladaju nad morem zbog bure. Stvaraju se tri tipa gustih voda: sjevernojadranska voda (11°C, 38,5‰), srednjojadranska voda (12°C, 38,2‰) i južnojadranska voda (13°C, 38,6‰). Uz spomenute, postoji i intermedijarna vodena masa-modificirana levantinska intermedijarna voda (14°C, 38,7‰). Površinska cirkulacija Jadranskog mora može se opisati kao cikloni koji meandaraju sa sjevernim tokom uz istočnu obalu i južnim spuštanjem uz zapadnu obalu. Zimi je izraženija istočna struja dok je ljeti izraženija zapadna struja. Brzine struja su, obično, ispod 10 cm/s (Sl. 2.).



Sl. 2. : Površinsko strujanje Jadranskog mora mora (Orlić i sur., The currents and circulation of the Adriatic Sea, Oceanologica Acta, 1992, vol. 15, no.2.).

Plimne struje Jadranskog mora su miješanog tipa i mogu se opisati uz pomoć sastavnih dijelova. Dnevne amplitude pove avaju se od jugoistoka prema sjeverozapadu dostižući i 18 cm do glavne, dnevne sastavnice na vrhu bazena. Poludnevne plimne sastavnice pokazuju amfidromnu toku na geografskoj širini Ancone s maksimalnom amplitudom sastavnice od 26 cm. Većina znanstvenika smatra da su plimne struje Jadranskog mora uzrokovane međusobnim oscilacijama s Jonskim plimama (Orlić i sur. 1992).

3. RIJEKA PO

Rijeka Po ima velik utjecaj na zapadne, obalne vode Sjevernog Jadrana. Slatka voda stvara u površinskom sloju perjanicu koja je odijeljena od jadranskih voda frontalnim plohami. Tijekom zime je perjanica slatke vode ograničena na zapadnu obalu dok je ljeti usmjerena prema bazenskom području. Zimi se stvara i, uzduž zapadne obale, sloj „lagane“ vode, širine 10-20 km i dubine 10 m. Snažan horizontalni gradijent između tog sloja i otvorenog mora smatra se važnom pokreta kom silom obalnog protoka (Orlić i sur. 1992). Većina godine obilježena je stratifikacijom u blizini delte rijeke Po. Struktura perjanice ovisi o stopi pražnjenja rijeke Po i stratifikaciji vodenog stupca što ima, za posljedicu, maksimalno proširenje vode s kopna pod velikim otjecanjem, pritiskom bure i ljetnom stratifikacijom. U razdobljima slabih stratifikacija te nedostatka pritiska od strane vjetrova, vrtlozi sprečavaju protok slatke vode prema jugu, uz talijanski shelf, dok je, u razdobljima jakih stratifikacija, od proljeća do ljeta, perjanica proširena do istarske obale te stvara front koja odjeljuje sjeverni bazen. Procesi razrjeđivanja su glavni elementi koji kontroliraju koncentracije otopljenih tvari i estica organske tvari u zoni miješanja rijeke Po. Otopljeni organski tvari čine najveću frakciju riječnih organskih tvari, i to 60%. Lokalni izvori autohtonih, otopljenih organskih tvari mogu se promatrati u regijama pod utjecajem slatke vode, no estuariji su, obično, karakterizirani velikom stopom miješanja voda što onemogućava razlikovanje između raznih izvora otopljenih organskih tvari. Budući da su kromoforne otopljeni organski tvari važne jer upijaju sunčevu svjetlost, posebno UV spektar i plavi spektar, njihova optička svojstva daju informacije o njima samima kao cjelini i frakcijama otopljenih organskih tvari koje su bitne u istraživanjima organskih tvari i ciklusu ugljika u vodenim ekosustavima. Dio kromatoftornih otopljenih organskih tvari se sastoji od alifatskih i aromatskih tvari koje nastaju degradacijom kopnenog i vodenog bilja te omogućavaju nastanak otopljenih organskih tvari koje upijaju svjetlost, najvećim dijelom UV spektra, i sprečavaju prolazak svjetlosti u površinski sloj što zaštiće fitoplankton i druge vodene životinje, ali, istodobno, ograničava dubinsku produkciju. Tijekom 2004. god., zabilježeno je, etverostruko povećanje klorofila a u odnosu na 2003. god., a uzrokom se smatra „cvjetanje“ fitoplanktona *Cerataulina pelagica* (Hendey, 1937.) zbog unosa nutrijenata rijekom Po. Koncentracija otopljenog, anorganskog dušika je bila veća 2004. god., no povećana koncentracija NH_4^+ iona je zabilježena 2003. god. zbog jačeg bakterijske razgradnje, potaknute višim zimskim temperaturama. Negativna korelacija između otopljenog, anorganskog dušika i saliniteta dokazuje da je većina nutrijenata dospijela u more putem slatke vode. Glavna frakcija organskog ugljika bio je

otopljeni ugljik i 2003. i 2004. god. s nižim koncentracijama zimi i višim od prolje a do ljeta kada sezonska cirkulacija povezuje eutrofni, zapadni dio s oligotrofnim središnjim dijelom bazena. Zna ajno više koncentracije 2004. god. moglo bi biti uzrokovane unosom nutrijenata u rijeku Po ili „cvjetanjem“ fitoplanktona zbog dužeg zadržavanja slatke vode u Sjevernom Jadranu. Tako er, zabilježene su više vrijednosti kromofornih otopljenih organskih tvari u 2004. god., no one se ne akumuliraju sezonski u površinskim vodama, jer su vrlo labilne. Na temelju tih podataka, rije ni transport je, najvjerojatniji, mehanizam dospije a kromofornih otopljenih tvari u obalne vode Sjevernog Jadrana (Tablica 1.).

Table 1

Average values for salinity (S), freshwater (Fw), temperature, dissolved organic carbon (DOC), chlorophyll a (Chl a), nutrients and spectroscopic characteristics of CDOM in 2003 and 2004, highlighting the significant differences between the two years.

Parameter	Units	2003			2004			t test	p-value
		n	Average	SD	n	Average	SD		
S		59	36.3	4.1	60	34.6	2.3	<0.001	
Fw	%	59	4.9	4.6	60	10.1	6.0	<0.001	
T	°C	59	10.3	3.0	60	10.8	4.9	ns	
DOC	µM	59	114	36	60	155	31	<0.001	
PDC	µM	59	18.3	9.7	60	50.6	43.7	<0.001	
Chl a	ng L ⁻¹	59	1.06	0.76	60	4.27	5.49	<0.001	
P-PD ₄ ²⁺	µM	59	0.08	0.06	59	0.05	0.07	<0.05	
Si Si(OH) ₄	µM	59	3.80	2.53	60	6.65	5.25	<0.001	
N NH ₄ ⁺	µM	59	1.47	1.35	60	0.71	0.90	<0.001	
N-NO ₂ ⁻	µM	59	0.11	0.23	60	0.76	0.37	<0.001	
N NO ₃ ⁻	µM	59	8.86	8.90	60	14.92	10.83	<0.001	
DIN	µM	59	10.74	9.52	60	16.39	11.16	<0.001	
aCDOM ₂₈₀	m ⁻¹	56	1.6	0.6	56	2.2	0.9	<0.001	
aCDOM ₃₅₅	m ⁻¹	47	0.3	0.2	56	0.5	0.3	<0.05	
a ⁴ CDOM ₂₈₀	m ⁻² gC ⁻¹	48	1.2	0.6	55	1.2	0.4	ns	
a ⁴ CDOM ₃₅₅	m ⁻² gC ⁻¹	48	0.3	0.2	55	0.3	0.2	ns	
S _{CDOM} × 10 ⁻³	nm ⁻¹	31	20.4	5.9	34	20.7	5.2	ns	

Tablica 1. Srednje vrijednosti saliniteta (S), slatke vode (Fw), temperature, otopljenog, organskog ugljika (DOC), klorofila a (Chl a), nutrijenata i spektroskopskih svojstava kromofornih otopljenih organskih tvari u 2003. i 2004. god. (Berto i sur., Winter to spring variations of chromophoric dissolved organic matter in a temperate estuary (Po River, northern Adriatic Sea), Marine Environmental Research 70, 2010, 73-81).

U posljednjem desetlje eno je smanjenje protoka rijeke Po i manjih rijeka sa zna ajnom promjenom u 2003. god. U tom periodu, dogodile su se duge suše, ja e nego one 1940-ih god. Posljedi no, od 2003.-2007. god. unos nutrijenata (dušika, fosfata i ortosilikata), procijenjen za razdoblje 1998.-2002. god., u Sjevernom Jadranu, smanjen je 50-

70%. Razdoblje 2003.-2007. god. okarakterizirano je duplim povećanjem dušika i duplim smanjenjem fosfatnih spojeva kao rezultat smanjenja polifosfata u deterdžentima. Difuzni izvori su važni za opterećenje dušikom zbog poljoprivrede u dolini rijeke Po. Otpadne vode iz razvodnica i uzduž obale pridonose 35% cjelokupnom dušiku i fosforu u Sjevernom Jadranu (Berto i sur. 2010)..

3.1. UTJECAJ NA RIBLJE POPULACIJE

Sjeverni Jadran je poznat po visokoj produkciji na više trofi kih razina od fitoplanktona do riba. Regija visoke, ali i varirajuća biomase fitoplanktona je primijećena u blizini delte rijeke Po i povezana s širenjem njene perjanice (F. Umani 1996). Otjecanje rijeke Po utječe na produkciju morskog ekosustava te je uočena poveznica između veće produkcije u tom području i dolaska inuna (*Engraulis encrasicolus* L. 1758, europski inun) na vrijeme u Sjeverni Jadran (Coll i sur. 2009). Vrijeme i preživljavanje planktonskih oblika europskog inuna je usko povezano sa intenzitetom produkcije i smjerom strujanja u Sjevernom Jadranu. Pretpostavlja se kako je preživljavanje larvalnih oblika veće u razdoblju visoke produkcije, jer je tada slaba intraspecijska kompeticija. Sredinom 1970-ih godina povisila se temperatura morske površine Jadranskog mora i vrijednost saliniteta dok se smanjila transparentnost morske vode i zasićenost kisikom u pridnenim slojevima kao posljedice povećanja primarne produkcije. U to vrijeme, došlo je do nekarakteristične distribucije određenih vrsta riba kao što je sardina (*Sardinella aurita*, Vallenciennes). Proširila se cijelim Jadranom te je došla i do Tršćanskog zaljeva. Budući da se ova vrsta mijesti ljeti, može biti kompeticija larvi inuna. Tijekom dugog razdoblja eutrofikacije u Jadranskom moru, uvjeti za razmnožavanje inuna znatno su se pogoršali što je uzrokovalo smanjenje populacije do skorog izumiranja u razdoblju od 1986.-1989. god. Kemikalija svojstva morske vode bila su narušena intenzivnim „cvjetanjem“ mora. K tome, mukozne tvari nastale „cvjetanjem“ iritiraju odrasle ribe te služe kao zamke za larvu. Međutim, stokovi su se potencijalno povećati sa smanjenjem „cvjetanja“ mora (Regner 1996). Eutrofikacija se može direktno povezati s gustoćom ljudske populacije i poboljšanjem životnih standarda što dovodi do povećanja populacije u obalnim zonama te do širenja industrije i poljoprivrede. Otpuštanjem nitratnih oksida iz fertiliziranog tla i deforestacijom dolazi do iznimno visokog unosa nutrijenata (najvećim dijelom fosfata i nitrata) u rijeke (kao što je rijeka Po). Eutrofikacija dovodi do hipoksije koja je velik problem budući da dovodi do smrti morskih organizama (A Steckbauer 2011).

4. ZAKLJU AK

Mnogobrojnim istraživanjima utvrđena je povezanost unosa nutrijenata u rijeku Po i njihova utjecaja na riblje populacije Sjevernog Jadrana. Indirektno, preko niza elemenata i njihove promjene stvoreni su specifični uvjeti kojima su se ribe morale prilagoditi. Eutrofikacija je proces koji je uvelike prisutan u području rijeke Po i bitan imbenik promjene okolišnih uvjeta u ekosustavu. „Cvjetanjem“ mora povećava se biomasa fitoplanktona i primarna produkcija što pogoduje preživljavanju (prehrani) određenih vrsta riba kao što je europski štolver, ali istovremeno može dovesti do pomora drugih vrsta neprilagođenih uvjetima hipoksije koji u tom području obitavaju. Ljudskom aktivnošću dolazi do eutrofikacije zbog unosa nutrijenata u rijeku Po i njenim ulijevanjem u Sjeverni Jadran. Budući da su cirkulacija mora i njena prirodna ravnoteža, uz unos nutrijenata, bitni mehanizmi u ekosustavu nije jednostavno govoriti o samom unosu nutrijenata kao primarnom elementu koji utječe na, već spomenuti, ekosustav Sjevernog Jadrana. Dinamika tog sustava puno je kompleksnija i zahtjeva pogled na veći broj varijabli koje stvaraju karakteristike uvjete s određenim posljedicama na riblje populacije.

5. LITERATURA

Berto D., Giani M., Savelli F., Centanni E., Ferrari C. R., Pavoni B., **2010**, *Winter to spring variations of chromophoric dissolved organic matter in a temperate estuary (Po River, northern Adriatic Sea)*, Marine Environmental Research, 73-81

Coll M., Santojanni A., Palomera I., Arneri E., **2009**, *Food-web changes in the Adriatic Sea over the last three decades*, Marine Ecology Programme Series, Vol. 381, 17-37

Orli M., Ga i M., La Violette P.E., **1992**, *The currents and circulation of the Adriatic Sea*, Oceanologica Acta, Vol. 15, No. 2

Regner S., **1996**, *Effects of environmental changes on early stages and reproduction of anchovy in the Adriatic Sea*, Scientia Marina, 60 (Supl. 2), 167-177

Steckbauer A., Duarte C.M., Carstensten J., Vaquer-Sunyer R., Conley D. J., **2011**, *Ecosystem impacts of hypoxia: thresholds of hypoxia and pathways to recovery*, Environmental Research Letters (6)

Umani S., **1996**, *Pelagic production and biomass in the Adriatic Sea*, Scientia Marina, (Supl. 2), 65-77

6. SAŽETAK

Jadransko more ima karakteristiku cirkulaciju morskih struja prema sjeveru uz isto nju obalu te južno niz zapadnu obalu. Ovakva cirkulacija utječe na širenje perjanice rijeke Po. Rijekom Po se, pak, unose nutrijenti u Sjeverni Jadran. Unosom nutrijenata u more, dolazi do eutrofikacije. Eutrofikacija dovodi do povećane primarne produkcije, hipoksije i povećanja biomase fitoplanktona. Povećana primarna produkcija pogoduje prehrani europskog inuna i njegovih larvalnih oblika, no, istovremeno, hipoksija ne pogoduje odredenim vrstama riba. Ljudska aktivnost dovodi do dolaska ovih nutrijenata u Sjeverni Jadran putem rijeke Po, zbog industrije i poljoprivrede. Korelacija između unosa nutrijenata i ponašanja ribljih populacija postoji, u kompleksnom ekosustavu.

7. SUMMARY

Adriatic Sea has a characteristic sea current circulation which flows northward along the eastern coast and southward along the western coast. This circulation affects the river Po plume spreading. River Po is the main source of nutrient input into North Adriatic Sea. This input causes eutrofication. Moreover, eutrofication causes increase in primary production, hypoxia and increase in phytoplankton biomass. Also, increase in primary production favours nutrition of anchovies and its larval stages while, on the other hand, hypoxia is not favourable for specific fish species. Human activity brings these nutrients into North Adriatic Sea via river Po, especially because of industry and agriculture. Correlation between nutrient input and fish behaviour is evident, in a complex ecosystem.

