

Masovne pojave želatinoznih organizama u moru

Lučić, Petra

Undergraduate thesis / Završni rad

2012

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:217:807444>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-17**



Repository / Repozitorij:

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



SVEU ILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO – MATEMATI KI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

MASOVNE POJAVE ŽELATINOZNIH ORGANIZAMA U MORU

MASS OCCURRENCE OF GELATINOUS ORGANISMS IN THE SEA

SEMINARSKI RAD

Petra Lu i

Preddiplomski studij biologije

(Undergraduate Study of Biology)

Mentor: doc. dr. sc. Petar Kruži

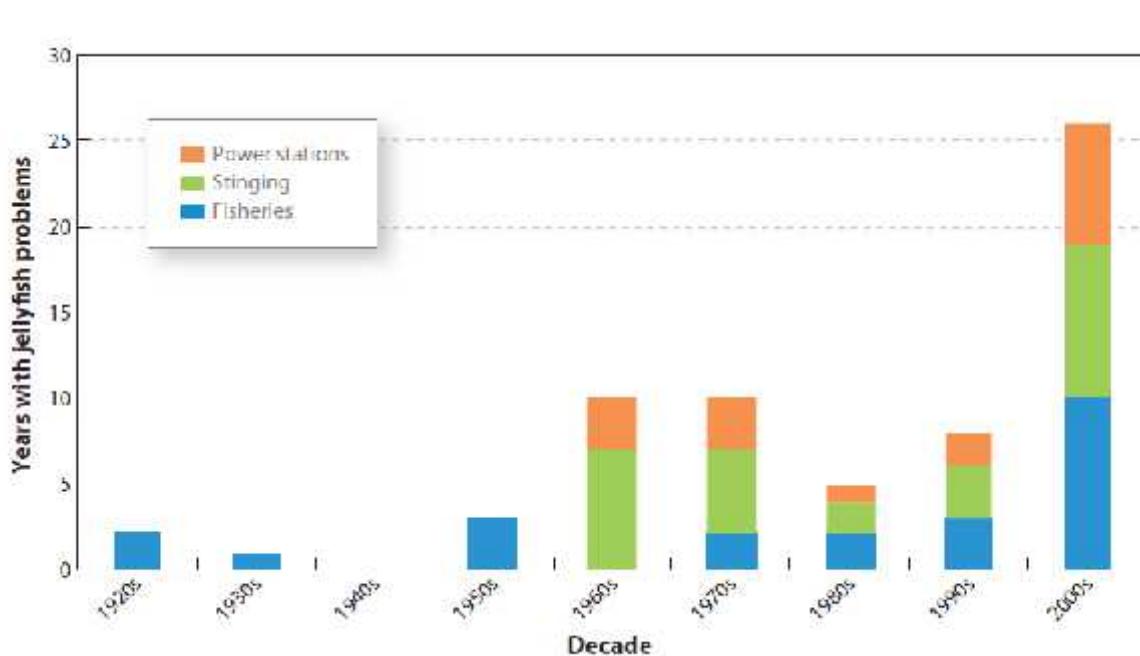
Zagreb, 2012.

SADRŽAJ

1. UVOD	2
2. LJUDSKA AKTIVNOST I NJIHOV POTENCIJALNI UTJECAJ NA RAZVOJ ŽELATINOZNIH ORGANIZAMA	3
2.1. Eliminacija kompetitora i predatora	3
2.2. Mekušci	3
2.3. Riba	3
2.4. Prelov morskih organizama	5
2.5. Odstranjenje predatora meduza i ktenofora	6
2.6. Unos nutrijenata	6
2.7. Kr enje šuma	6
2.8. Eutrofikacija	7
2.9. Hipoksija	8
2.10. Stvaranje novih podloga.....	9
2.11. Unos stranih vrsta	10
2.12. Klimatske promjene.....	10
2.13. Kombinacija efekata	11
3. TRENUTNA NI UVJETI SVJETSKIH MORA.....	12
3.1. Jadransko more	14
4. ZAKLJUČAK	17
5. PREDVIĐANJA ZA BUDUĆNOST	18
6. SAŽETAK	19
7. ABSTRACT	19
8. LITERATURA.....	21

1. UVOD

Prekomjerna brojnost karnivornih želatinoznih organizama direktno utje u na nekoliko važnih privrednih aktivnosti: turizam (Fenner i sur., 2010), ribarstvo zbog za epljenja mreža (Nagata i sur., 2009, Dong i sur., 2010), akvakulturu ubijaju i mla ribe u kavezima (Doyle i sur., 2008, Delannoy i sur., 2011), industriji za epljenjem filtera u postrojenjima za proizvodnju i desalinizaciju vode i rashladnim ure ajima pogona (Daryanabard i Dawson, 2008). Svi ovi problemi u znatnom su porastu posljednjih godina (Slika1.).



Slika 1. Broj godina u dekadama u kojima su objavljeni izvještaji o problemima s meduzama u Japanu u tri kategorije: desalinizatorima, „opekotine“ ljudi i ribarstvu (Purcell, 2012).

Porast populacija meduza je očito. Njihove gustoće pokazuju dramatičnu fluktuaciju između pojedinih godina, što otežava raspolažanjem dostupnih podataka i povezivanje s mogućim uzrocima pojave. Henson i sur. (2010) su zaključili da su potrebne kontinuirane vremenske serije podataka od oko 40 godina da bi se razlikovali trendovi povezani s globalnim zatopljenjem na prirodnim vremenskim skalamama. Nove analize indiciraju da su populacije meduza imale trend rasta poslije 1950.-ih za 70% unutar nekoliko velikih morskih ekosustava (Purcell, 2012). Radna grupa za proučenje meduza američkog nacionalnog centra za ekološke analize i sinteze (NCEAS) je analizirala podatke iz cijelog svijeta da provjeri gdje su populacije meduza globalno porasle (Purcell, 2012).

Sve je veći broj znanstvenih radova s hipotezom da su za prekomjerne pojave meduza pogodovale promjene uzrokovane ljudskom aktivnošću: klimatske promjene, eutrofikacija,

prelov ribe i unos alohtonih vrsta (Arai, 2001; Mills, 2001; Pauly i Palomares, 2001; Graham Bayha, 2007; Richardson i sur., 2009; Dong i sur., 2010; Uye, 2010; Purcell, 2012). Glavnina navedenih imbenika javlja se istovremeno na velikom broju primjera morskih ekosustava.

2. LJUDSKA AKTIVNOST I NJIHOV POTENCIJALNI UTJECAJ NA RAZVOJ ŽELATINOZNIH ORGANIZAMA

2.1. Eliminacija kompetitora i predatora

ovje ja redukcija mekušaca i ribljih populacija kroz povijest promijenila je odnose u hranidbenoj mreži i nemamjerno pospešila porast brojnosti meduza kao posljedica porasta gusto e zooplanktona, njihove primarne hrane. Najve e efekti kroz povijest su upravo na podru jima gdje su se ljudska populacija po ele prvo prekomjerno umnožavat.

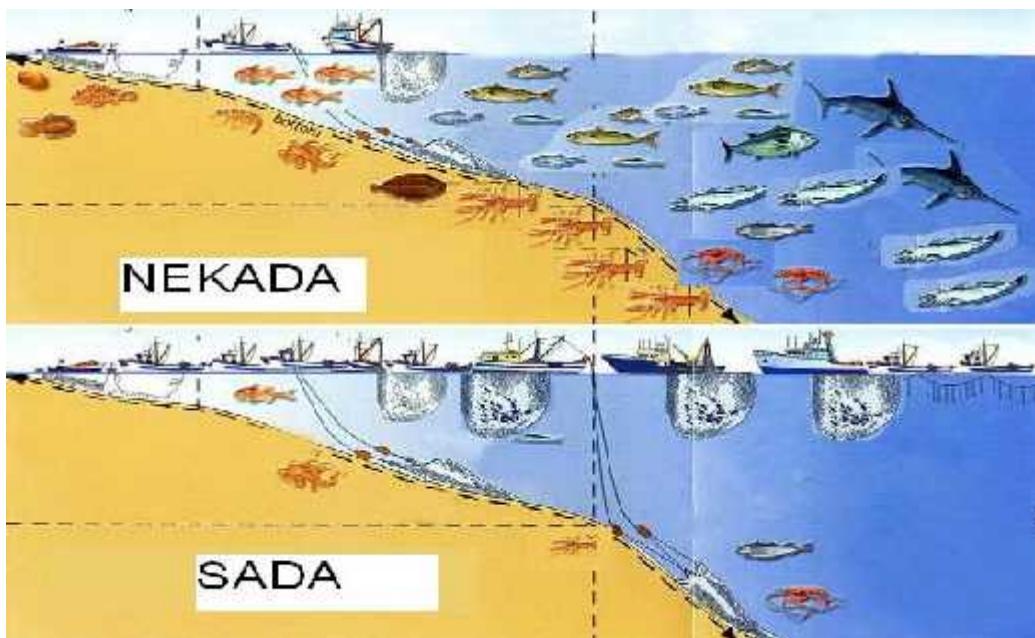
2.2. Mekušci

Eksplotacija vodenih organizama (alga, beskralježnjaka i riba) potje e od ljudskih naseljavanja morskih obala. „Brda“ ljuštura školjkaša od pred-povijesnog vremena na ena su posvuda i ukazuju na njihovo iskorištavanje ve 125 000 godina (Erlandson i Fitzpatrick, 2006). Iskorištavanje resursa osobito je intenzivirano nakon razvoja mehani kih pomagala i brodova. Oštrige su u Irskoj iskorištavane od 1970.-tih, a po etkom 1900-tih, ostalo je samo nekoliko školjkara. U ranim 1920.tim, bolesti su u potpunosti istrijebile preostale oštrige (Went, 1962). U zaljevu Chesapeake (Amerika), brojnost oštriga je smanjenja nakon intenzivnih žetvi tijekom 1800.-tih i bolesti koje su se zatim pojavile (Newell, 1988). Oštrige filtriraju fitoplankton i reduciraju regeneraciju nutrijenata, te ublažavaju efekt eutrofikacije (Newell i sur., 2005). Stoga, ekstenzivne žetve školjkaša mogu poja ati efekt eutrofikacije u obalnim vodama. Porast gusto e fitoplanktonskih stanica pove ava brojnost zooplanktona, a dobit imaju predatori zooplanktona, kao što su meduze.

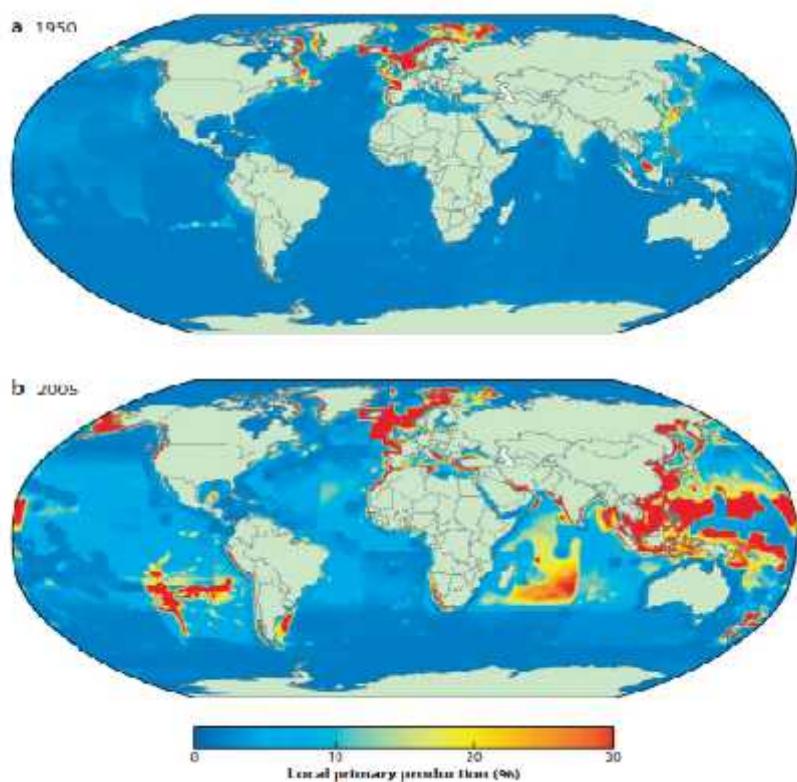
2.3. Riba

Progresivno širenje ribarstva na otvoreno more zahtjevalo je razvoj i napredak znanja (Slika 2). Obim i intenzitet iskorištavanja drasti no je porastao s napretkom tehnologije u 18. i 19. stolje u, kad je smanjenje brojnosti nekih komercijalnih vrsta riba i kad se po elo razgovarati o prelovu u obalnim ekosustavima mnogih zemalja (Slika 3). Uglavnom, najve e predatorske vrste riba su bile prve prelovljene, a slijedile su manje ribe (mala plava riba): taj fenomen

naziva se „pad riblje hranidbene mreže“ (fishing down marine food webs; Pauly i Palomeres 2001, Pauly i sur. 2009). Pad ribljeg stoka je primije en na razli itim biranim vrstama, kao i smanjenje veli ine ribe i poreme aje u trofi kim lancima ishrane.



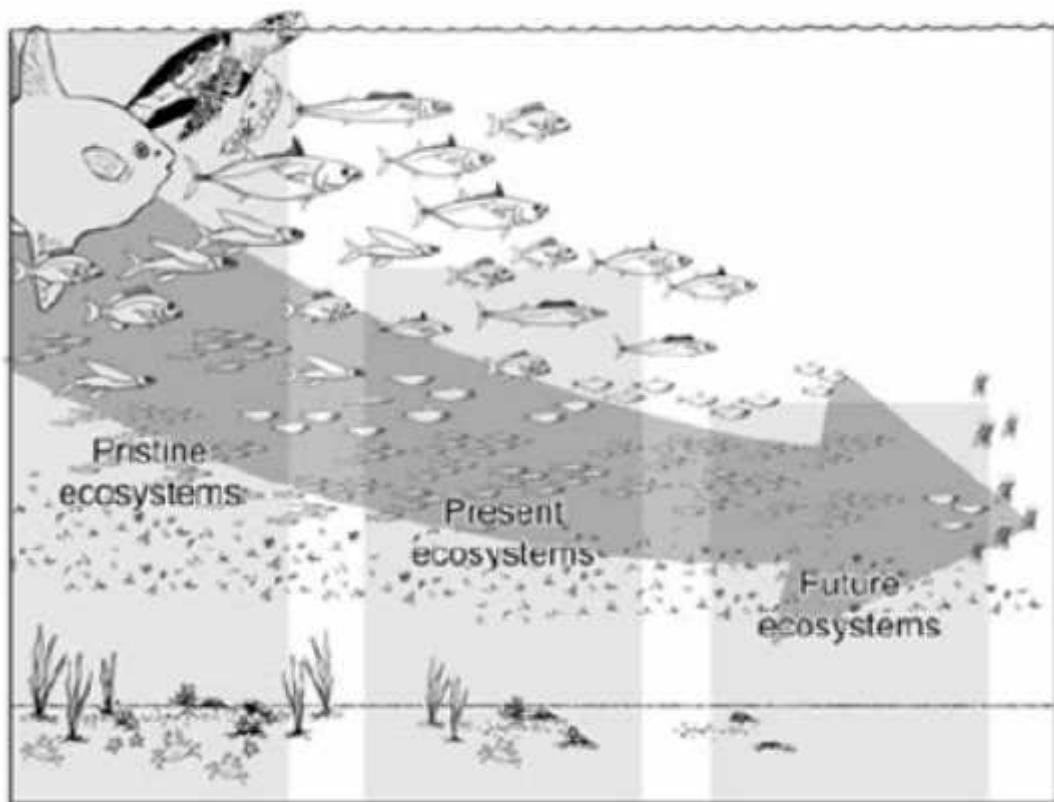
Slika 2. Shematski prikaz pristupa izlova morskih organizama u prošlosti i danas.



Slika 3. Svjetska primarna produkcija povezana sa sustavnim morskim ribarstvom prikazana u postotcima na odre enim podru jima. (a) 1950. godina i (b) 2005. godina (iz Swartz i sur., 2010).

2.4. Prelov morskih organizama

Redukcija velike ribe koja se hrani s manjom, favorizira razvoj zooplanktivorne ribe; ta mala riba je prekomjerno izlovljena jer je jedna od glavne komponente riblje industrije zbog ulja, konzerviranja i hrane za akvakulturu (Metian i Tacon, 2009). Ulovi male ribe su između 1950. i 2006. godine porasli za 8.8 puta (<http://www.searounds.org>). Npr. zooplanktivorna riba je bila funkcionalna skupina ribarstva u sjevernom Jadranu, a među u najvećim je izlovima u cijelom Sredozemljju (Palomera i sur., 2007), što ukazuje na ozbiljne posljedice unutar ekosustava zbog prelova. Meduze imaju veliki utjecaj na niže komponente hranidbenog lanca, ali vrataju veoma malo energije u ekosustav u usporedbi s malom ribom (Slika 4). Glavnina morskih pelagičkih organizama kao produkt metabolizma stvara fekalne grudice od kojih veliki njihov dio dolazi do morskog dna i predstavlja veoma važni izvor organske tvari za mnoge organizme složene bentoske hranidbene mreže. Meduze kao produkt metabolizma nemaju krute izlučevine, već je to uglavnom tekući amonijak koji se razgradnjom unutar vodenog stupca ponovno vraća u ciklus primarne proizvodnje. Stoga, dominacija meduza smanjuje produkciju kralježnjaka važnih za ljudsku populaciju, ali i znatno osiromašju životinja na morskom dnu.



Slika 4. Shematski prikaz posljedica prekomjernog ribarstva (iz Pauly i sur., 2009).

Kada je mala riba reducirana prelovom, cvjeta razvoj meduza ili ktenofora. Hrana meduza i male ribe je slična, s rasponom preklapanja od 0,2% do 73,4% (Purcell, 2012) i od 84% do 89% za ktenofore (Darvishi i sur., 2004). Daskalow i sur., (2007) definira dvije velike promjene u Crnom moru između 1950. i 2000. godine. Prva, smanjenje veće ribe koja se hrani manjom u razdoblju 1960.-1970-tih, rezultiralo je porastom zooplanktivorne ribe tijekom 1964-1977. Efekt ribarenja je bio najveći između 1977. i 1988. godine, a rezultirao je smanjenjem populacije zooplanktivorne ribe. Nakon 1990.-tih ribarstvo je znajno smanjeno zbog nedostatka ribljeg fonda. Autori zaključuju da je „okidač“ velikog porasta brojnosti meduza, prvenstveno vrste *Aurelia aurita* tijekom 1977-1980 i ktenofore *Memniopsis leidyi* tijekom 1989-1994, posljedica intenzivnog ribarstva i poremećaja u kaskadama trofickih mreža.

U akvatoriju isto ne Kine ribarstvo raste od 1990-2002., uzrokujući pad biomase ribe za 2.7 do 3.5 puta. Eksplozivne masovne pojave meduza su znatno porasle zadnjih 10 godina, a zbog nedostatka ribe, ribarstvo se znajno okrenulo prema predstavnicima porodice Stromatidae, za koje je poznato da su predatori meduza.

2.5. Odstranjenje predatora meduza i ktenofora

Kao i mnogi kompetitori, mnogi njihovi predatori su također namjerno globalno eliminirani, kao npr. skuša, ili nenamjerno, kao što su morske kornjače uhvataće u mreže, ošteteće brodovima, zadavljenje na jlonima, itd. Predatori meduza uključuju 124 vrsta riba, uključujući i komercijalne vrste, te 34 vrste drugih životinja (Purcell i Arai, 2001).

2.6. Unos nutrienata

Uzroci prekomjernog unosa nutrijenata u obalne vode su kršenjem šuma, površinski uzgoj stoke, umjetna gnojiva i promjena prirodne drenaže terena. Otpadne vode su se uvek ulijevale u more, ali višestrukim porastom stanovništva, uz ogromno korištenje detergenata, snažan su pritisak na morske ekosustave. U pravilu, porast eutrofikacije prati porast ljudske populacije kroz vrijeme, s ubrzanjem eutrofikacije nakon razvoja sintetičkih tvorevina za domaćinstava i umjetnih gnojiva.

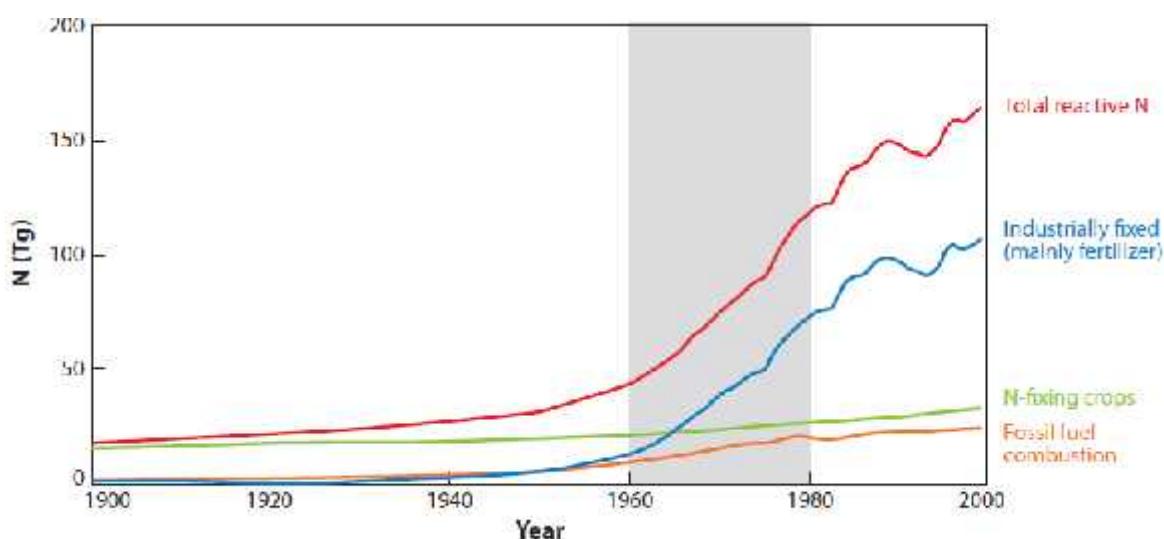
2.7. Kršenje šuma

Razlike vremenske skale ljudskog narušavanja prirode je jasno ako usporedimo prošlost razvoja različitih regija: sjeverni Jadran i Chesapeake Bay, sjeverna Amerika. U području sjevernog Jadrana prvobitna kršenja zbog ispašte i agrikulture su započela prije 3000 godina.

Ispiranja tla dovelo je do poja anog stvaranja sedimenta. Osobito se intenzivno razvijalo obalno podru je: broj pu anstva naseljenog uz obalu je poraslo je za 60% od 1880-1931., a do 1981. godine populacija se udvostru ila. Prvo naseljavanje Europljana u sjevernu Ameriku bio je Chesapeake zaljev (1608.): veliko kr enje šume nastaje polovinom 18. stolje a, što je uzrokovalo veliku sedimentaciju zalgova. Stoga, ekstenzivno kr enje koje je zna ajno pove alo eroziju i smanjilo hranjiva na kopnu dogodila su se 1800 godina ranije u Europi u usporedbi s sjevernom Amerikom.

2.8. Eutrofikacija

Zajedno s kr enjem šuma zapelo se i pove avati plodnost polja, stajskim gnojivom od rimskog carstava u regiji sjevernog Jadrana do uporabe „guana“ kao fertilizatora u 19. stolje u. Agrikultura je progresivno napredovala nakon izuma traktora krajem 19. stolje a. Upotreba sredstava za fertilizaciju znatno je porasla nakon razvoja umjetnih gnojiva po etkom 20. stolje a. Nakon industrijske revolucije, ljudsko korištenje biološki aktivnih dušikovih spojeva se udvostru ila (Slika 5). Normalno, postojale su velike razlike izme u pojedinih regija.



Slika 5. Globalno pove anje antropogenih biološko aktivnih dušikovih spojeva i vrijeme naglog porasta obalne eutrofikacije (modificirano iz Boesch, 2002).

Kanalizacijski sustavi odvodnje otpadnih voda nakon raspada rimskog carstava se napušta i u Europi se fekalije izljevaju na ulicu stolje ima bez ikakvih tretmana; odvodi su generalno upotrjebljeni nakon 1880.-te, a rijeke su postale glavni prihvati za njihov daljnji odvod. Stanovništvo Amerike je slijedilo europsku praksu.

S porastom ljudske populacije došli su i sanitarni problemi. Glavnina gradova Europe imale su tretman otpadnih voda do prvog svjetskog rata, ali njihovo unapređivanje nije dovoljno brzo išlo na oba kontinenta. Nakon svjetskih ratova, tretman otpadnih voda u Americi se znatno unaprijedio, ali ne u Europi. U Americi, sedimentacija otpadnih tvari bilo je naju estaliji tretman do 1972. kada je uvedeni sekundarno tretiranje. Glavnina razvijenih nacija danas imaju uspješno eliminiranje nutrijenata iz otpadnih voda (s izuzetkom Kanade). U 21. st., sigurna pitka voda i sanitarna odvodnja je još uvijek nemoguća za mnoge ljude zemalja u razvoju, kao i ruralnog i siromašnog stanovništva razvijenih zemalja. Ispuštanje neobraćenog kanalizacijskog materijala direktno u estuarije je bilo uobičajena praksa Indije. Veliki broj zemalja u razvoju, kao Indija, imaju veliki broj kanala kojim odvode netretiranu kanalizacijsku vodu ku anstava, komunalnog i industrijskog porijekla za navodnjavanje farmi (Saha i sur., 2010).

Uz porast koncentracije nutrijenata, eutrofikacija je povezana s promjenama smanjenje prozirnosti mora. Uglavnom, porast nutrijenata dovodi do veće biomase na svim trofickim razinama. Povećanje hrane inicira brži rast polipa i meduza, te povećanu nespolnu i spolnu reprodukciju. Eutrofikacija takođe uzrokuje kompleksne promjene u hranidbenoj mreži. Veliki broj primjera ukazuje da povećani N:P odnos mijenja fitoplanktonsku zajednicu s dominacijom dijatomeja preferiraju flagelatsku hranidbenu mrežu, što može potencirati prekomjernu pojavu meduza (Purcell, 2007). Eutrofikacija je takođe povezana s redukcijom dužine tijela zooplanktonskih zajednica (dominiraju manje vrste), što može biti loše za ribe (vizualni predatori preferiraju veće plijen), a pogodovati meduzama (neviziualni predatori koji uzimaju plijen svih veličinskih frakcija). Ishrana skočne na in unima bila je znatno manja u mutnom akvatoriju, dok to nije utjecalo na ishranu meduze *Aurelia aurita*. Smanjenje prodora svjetlosti stoga može znatno pogodovati meduzama u odnosu na ribu.

Masovna pojava mezopelagične meduze *Periphylla periphylla* u norveškim fjordovima 1970-tih povezana je s porastom eutrofikacije. Ove meduze takođe pridonose porastu eutrofikacije jer direktno izlučuju i koriste nutiente i DOM (Pitt i sur. 2009), tj. njihove simbiotske zooksantele koriste veliku količinu izlučenih nutrijenata.

2.9. Hipoksija

Smanjenje otopljenog kisika u obalnim područjima je jedna od serijskih posljedica eutrofikacije. Broj obalnih postaja na kojima je opažena hipoksija dramatično je porastao od 1980. godine. Ribe izbjegavaju hipoksiju ili umiru kada su vrijednosti kisika 2-3 mg/L, a mnoge meduze podnose vrijednosti manje od 1 mg/L. Npr. kontrakcije plivaju u zvona

skifomeduze *A. aurita* su nepromijenjene na vrijednostima otopljenog kisika 1 i 5,8 mg/L, dok ventilacija škrga i brzina plivanja riba se znatno smanjuje pri vrijednosti kisika manjoj od 4 mg/L (Shoji i sur., 2005). Prihvatanje *A. aurita* za podlogu je bio brži i obilniji s smanjenom koncentracijom kisika testiranog na vrijednosti 0.2 mg/L, a polipi su preživljavali 7 dana. Visoka tolerancija na smanjeni kisik omogućava naseljavanje hipoksi na dna gdje druge vrste ne mogu živjeti.

Odrasle ktenofore *Mnemiopsis leidyi* imaju manji rast pri smanjenom kisiku, ali ne i mali (juvenilni) primjeri. Što više, uzimanje količine hrane (zooplankton, riblja jaja i ličinke) je bio isti kod smanjene (1,5 mg/L) i normalne (7 mg/L) koncentracije otopljenog kisika, a brojnost u hipoksi nom pridnenom sloju je takođe bila velika (Kolesar i sur., 2010). Karnivorni želatinozni zooplankton može proizvesti indirektno hipoksi na stanja: hrane i se velikom količinom zooplanktona smanjuju mogućnost eliminacije fitoplanktona, a nepojedene umrle mase fitoplanktona tonu u bentos; njihova bakterijska razgradnja stvara anoksični sediment iz kojeg se opet mogu realizirati nutrienti za ponovni nagli rast fitoplanktona i ponovnog uspostavljanja hipoksije na morskom dnu. Ovaj scenarij je bio opažen u fjordovima Danske, gdje su mase meduze *A. aurita* uzrokovale recipročno pojavljivanje hipoksije uz dno (Moller i Risgaard, 2007). Sličan scenarij događa se i u Chesapeake zaljevu kada dominiraju ktenofore, a nikad kada su meduze brojnije (Purcell i Deker, 2005).

Drugi primjer pozitivne povratne veza hipoksije i želatinozne mase je njihova razgradnja nakon uginu a gdje se oslobođuju anorganski i organski nutrijenti i stvaraju hipoksični anoksični uvjeti. Otopljeni organski ugljik koji otpušta meduza raspadanjem je 10 puta veći od onog kojeg proizvodi živa meduza, što znatno stimulira rast bakterijskih populacija.

2.10. Stvaranje novih podloga

Ljudi su počeli upotrebljavati brodove prije 50 000 godina, ali su takođe počeli izgraditi luke. Luke predstavljaju idealno stanište za sesilne stadije hidro i skifomeduze, i mnogo je vrsta zabilježeno upravo u lukama. Osim toga, luke i lagune s uzgojnim kavezima stvaraju mirne, eutrofificirane akvatorije koji zadržavaju meduze. Rano i stalno ljudsko modificiranje obalne linije omogućilo je širenje vrsta, isto kao i balastne vode. Broj novostvorenih vrstih supstrata uz obalu u ovom trenutku raste između 3.7% i 28.3% godišnje. Naftne i plinske platforme takođe predstavljaju nova kvalitetna staništa za prihvatanje polipa, kao i nasipi i brane. Zbog klimatskih promjena, te podizanja razine mora i sve veće snažnih oluja, uz

stalan porast ljudske populacije, za o ekivat je da e takvih tvorevina u budu nosti biti sve više.

2.11.Unos stranih vrsta

Unos stranih vrsta uo en je od biologa tek po etkom 18. st., premda se to doga alo i prije: brodovima su se odavno prenosile biljke i životinje s kontinenata na kontinent. Na unos balastnim vodama nije se marilo do 1973. godine. Stroža zahtjevi prihva eni su tek 2004, ali još uvijek nisu na snazi premda je transport brodovima u porastu. Model izra en na slu ajnim odabirima ukazao je da oko 300 mora naseljeno stranim vrstama, a ukazuje na znatno ve e mogu nosti invazije (Kaluza i sur., 2010).

Najraniji zapis introdukcije meduza potje e od 1838. godine (<http://www.annualreviews.org>). Danas je mnogo dokaza o prinosu planktonskih žarnjaka u nova staništa, a sigurno najdramati nije posljedice dogodile su se u Crnom moru introdukcijom ktenofore *Mnemiopsis leidyi* odakle se proširila na Sredozemno more sve do mora sjeverne Europe.

2.12. Klimatske promjene

Po etak modifikacije koli ine atmosferskog ugljika zapo eli je kr enjem šuma, kao i korištenjem drveta za energiju. Kasnija industrijalizacija i korištenje fosilnih goriva uzrok su znatno ja oj antropogenoj modifikaciji atmosfere. Zadnja dekada (od 2000. godine) je globalno bila najtoplja otkad postoje instrumentalni zapisi (Arndt i sur., 2010). Klimatski modeli su projektirali da e se zbog ljudskog utjecaja svakog desetlje a globalna temperatura podizati za 0.1 do 0.2 stupnja Celzijeva, isto kao i temperatura površine mora. Izme u mnogih imbenika koji potencijalno mogu utjecati na populacije želatinoznih organizama, najviše informacija imamo o utjecaja temperature zbog dugogodišnjih laboratorijskih i „in situ“ eksperimenata, te pra enja u prirodi.

Od oko 1400 vrsta pelagi kih žarnjaka i rebraša, za samo neke vrste je na eno da se njihove ve e mase podudaraju s toplijim i slanijim uvjetima: *Cyne a quinquecirrha* u Chesapeake zaljevu, *Aurelia aurita* i *Cynaea* spp. u Sjevernom moru Danske i Irske (Purcell, 2012). Velika brojnost skifomeduze *Pelagia noctiluca*, *A. aurita* i *Rhizostoma pulmo* 2003. godine u sjevernom Jadranu se podudaraju s povišenim temperaturama i smanjenim dotokom rije nih voda (Kogovšek i sur., 2010). U zapadnom Sredozemlju nekoliko holoplanktonskih vrsta meduza bilo je brojnije tijekom toplijih godina i u uvjetima pove anog saliniteta. Tijekom 1980.-tih zabilježen je ve i broj masovnih pojava meduza s znatno dužim trajanjem u usporedbi s prethodnim godinama, a pojave su se podudarale s temperaturom, dubljom

vertikalnom stratifikacijom i promjenama u gusto ame zooplanktona što ukazuje na „top-down“ efekt.

Eksperimentalni podaci su u velikom broju primjera pokazali da povišenje temperature pove ava nespolno razmnožavanje meduza i strobilaciju polipa (Purcell, 2012), ali to nije pravilo. Npr. polipi vrst *A. aurita* u Crnom moru imaju ve u strobilaciju pri nižim temperaturama, dok je u sjeverno-zapadnom Sredozemlju i Japanu to obrnuto. I kod nekih drugih vrsta skifozoa, broj stvorenih efira vezano s temperaturom se razlikuje ovisno o vrsti i staništu. Ipak, kod ve ine vrsta strobilacija je masovnija kad je temperatura, svjetlost i planktonska produkcija ve a. U svakom slu aju, zatopljavanje oceana može pove ati brojnost mnogih želatinoznih vrsta, i promijeniti njihovo sezonsko vrijeme, te dužinu i raspodjelu pojavljivanja.

2.13. Kombinacija efekata

Svi prethodno navedeni imbenici u obalnim podru jima djeluju zajedno. Kako mogu utjecati na gusto e populacija meduza i ktenofora nije dovoljno poznato, ali djeluju sinergetski (Kirby i sur., 2009). Analize temperature sjevernog mora od 1449. do 2005. godine i usporedbe s biomasom mati ne plove bakalara se podudaraju: porast temperature i prelov ribe su uzrok promjena trofi kih kaskada što je dovelo do naglog poveanja brojnosti meduza nakon 1980.-tih. Nova enje mladih primjeraka je osobito zna ajno palo u Irskom moru, a prethodilo je prelov haringe 1970.-tih godina. Biomasa meduza pozitivno korelira s porastom temperaturom, saliniteta i biomasom kopepoda, a negativno s kišnim razdobljem od velja e do svibnja.

Oguz i Gilbert (2007) istraživali su cijeli niz imbenika koji su od 1960. do 2000. godine mogli modificirati ekološke karakteristike Crnog mora. Promjene su po ele prelovom ribe, najprije velikih vrsta (hrane se manjim ribama) ve od 1973. godine, a zatim planktovorne ribe tijekom 1980.-tih. Eutrofikacija je zapoela u ranim 1970.-tim, a intenzivno obogaivanje nutrijentima tijekom 1980.-tih je smanjeno tijekom 1990.-tih. Toplo razdoblje je zamijenjeno hladnjim nakon 1980.-tih, a zatopljenje je obnovljeno nakon 1995. godine. Nesretan unos ktenofore *M. leidyi* je registriran po etkom 1980. godine, ali gusto e populacija se dramatično porasla 1989. godine, upravo u vrijeme kolapsa ribarstva i klimatskih promjena. *M. leidyi* je bila dominantan „top-predator“ u tom ekosustavu sve do 1998. godine kada se pojavio predator vrste *M. leidyi*, druga ktenofora, *Beroe ovata*. Oguz i sur., (2008) su zaklju ili da je kombinacija prelova ribe, eutrofikacija i klimatske promjene uzrok kolapsa male plave ribe (in una), te prekomjerne pojave brojnosti ktenofore *M. leidyi*.

Japansko ribarstvo je doživjelo velike gubitke tijekom 2000.-tih zbog upliva mase gigantske skifomeduze *Nemopilema nomurai* iz isto nog Kineskog mora. Prekomjernim masama ove vrste u Kineskom moru prethodilo je prosje an porast temperature mora za 1.7°C izme u 1976. i 2000. godine, pove anje unosa anorganskog dušika i fosfora, te smanjenje silicija što je uzrokovalo i velike eksplozije brojnosti toksi nih dinoflagelata. Premda direktna istraživanja nisu ura ena, svi navedeni imbenici mogu biti uzrok masovnih pojava meduza u ovom dijelu Azije.

3.

TRENUTA NI UVJETI

SVJETSKIH MORA

Na Zemlji danas živi oko 7 milijardi ljudi, 27 puta više od 14 st. prije Krista od kada datiraju pouzdaniji podaci. Najmnogoljudnije zemlje kroz povijest bile su Azija, Indija, Europa i Afrika. Danas te regije naseljava oko 70% ukupne populacije. Tisu e godina ljudske eksploatacije prirodnih dobara u tim podru jima znatno se odrazilo na okoliš što bi danas mogao biti uzrok problema prekomjernih masovnih pojava želatinoznih organizama. Promjene u okolišu su znatno ve a u Europi i Aziji u usporedbi s sjevernom Amerikom, pored ubrzane industrializacije Amerike. Godine 1750. samo 2 miliona stanovnika naseljava sjevernu Ameriku, a 233 miliona u Aziji i 102 miliona u Europi. Brzina rasta populacije u Americi je znatno porasla nakon 1750.-tih i 2010. godine je zabilježeno 352 miliona ljudi, ali Europa (733 miliona) i Azija (1 milijarda) još uvijek imaju brojniju populaciju. Halperm i sur. (2008) su postavili kombinaciju antropogenih efekata da bi identificirali njihov utjecaj na morske ekosustave (Slika 8). Glavni imbenici utjecaja su klimatske promjene (temperatura , slanost, UV, zakiseljavanje), organsko i anorgansko zaga ivanje, nekoliko metoda pelagi nog ribanja i ko arenje, komercijalne brodarstvo, te invanzivne vrste. Zaklju ili su da su najja i utjecajni imbenici klimatske promjene i prelov ribe. Oni nisu uklju ili neke druge imbenike kao što su hipoksi ne zone, obalna industrija, akvakultura i sedimentacija. Šest od 10 najviše pozicioniranih imbenika utjecaja na okoliš se podudara s podru jima gdje imamo prekomjerne brojnosti meduza ili ktenofora.

Isto no Beringovo more je ozna eno razinom 2 jer je brojnost meduza rasla do 1990.-tih a nakon 2000. godine znatno je smanjena (Brodeur i sur., 2008). Razina 3 i 6 pripadaju isto noj Kini i Žutom moru, koji su trpili sve mogu e antropogene utjecaje stolje ima. Mase skifomeduze *Nemopilema. nomurai* su se prije pojavile 1920., 1958. i 1995. godine, a od 2000. svake godine i znatno su utjecale na smanjenje uspješnosti kineskog ribarstva. Nošene

strujama doplovile su do Japanskog mora gdje su ugrozile i njihovo ribarstvo. Populacije vrste *Cyanea nozakii* su tako er znatno porasle u spomenutim podru jima od 2000.-te, a njezina eksplozija 2004. godine je uzrokovala 80%-tno smanjenje jestive meduze *Rhopilema esculentum* što je imalo velike komercijalne posljedice, gubitak od 70 miliona USA\$. Vrste *A. aurita* i *Cyanea* spp. su u razdoblju od 1999. godine u pojedinim ribarskim lovinama predstavljale preko 90% ulovljenih organizama.

Sjeverno more, Keltsko more i Baltik primjeri su duge povijesti ljudske eksploatacije okoliša i današnjeg porasta brojnosti želatinoznih organizama. Njihove masovne pojave su u estale, a sezonski se ranije pojavljuju u usporedbi s krajem 1980.-tih, pretpostavlja se zbog porasta prosje ne površinske temperature za 1-2⁰C. Ktenofora *M. leidyi* ja od 2006. na ena prvi put u sjevernom moru i Baltiku i za sada je dobro prilago ena novom okolišu. Sjeverno-europska mora su zahva ena svim spomenutim problemima u okolišu.

Ljudska civilizacija iskorištava resurse Sredozemnog mora više od 4000 godina. Zapadni dio Sredozemlja i Jadransko more ima klimatski utjecaj sjeverne Europe, te sli ne primjere prekomjerne brojnosti meduza u toplijim i „slanijim“ uvjetima (godinama). Danas, za Sredozemno more je poznato pove anje brojnosti 5 vrsta skifomeduza (Kogovšek i sur., 2010) i jedne kubomeduze (Bordehore i sur., 2011). Ktenofora *M. leidyi* se pojavljuje u masama od obale Izraela do Španjolske (Fuentes i sur., 2011). Levantinsko more doživljava invazije mnogih stranih vrsta kroz Sueski kanal. Prije vrlo rijetka, ali opasna sifonofora *Physallia physallis* danas u zapadnom Sredozemlju egzistira u masama, te je kraj Sardinije u kolovozu 2010. zabilježen prvi smrtni slu aj za Sredozemlje uzrokovan kontaktom osobe s planktonskim žarnjacima. Nekad izuzetno rijetka opasna kubomeduza – (*Carybdea marsupialis*)--danas se sve eš e vi a uz talijansku obalu.

Uz Namibijsku obalu meduze su broj ano zamijenile prelovljenu ribu. U Omanskom i Perzijskom zaljevu veliki broj jedinki vrste *Crambionella orsini* uzrokovao je probleme u ribarstvu, desalinizacijskim postrojenjima i morskim elektranama (Daryanbarrd i Dawson, 2008).

Kombinacija u inka klimatskih promjena (povišenje temperature i slanosti) ima znatne posljedice i na otvorene vode more i oceana: smanjenje brojnosti fitoplanktona, što je osobito zna ajno od 1950. godine (Boyce i sur., 2010). Stoga, smanjena primarna produkcija može limitirati produkciju ribe i meduza u budu nosti, ali ne u obalnom podru ju gdje su dotoci nutrijenata stalni ili pove ani.

3.1. Jadransko more

Kao i u svjetskim morima, masovne pojave želatinoznih organizama u Jadranskom moru povezane su s područjima jakog antropogenog utjecaja. Najviše pronađena i istraživanja želatinoznih organizama u jugoistočnom i sjevernom Jadranu, što je povezano s specijalistima timovima istraživača koji djeluju na tom području. Uz isto, na obali masovne pojave želatinoznih organizama uglavnom su bile sporadične i kratkotrajne, a najveći problemi zabilježeni su u krajnjem dijelu sjevernog Jadranu, Tršćanskim zaljevom.

Četiri meroplanktonske skifomeduze, *Aurelia aurita*, *Chrysaora hysoscella*, *Cotylorhiza tuberculata* i *Rhizostoma pulmo*, te za to područje neki tipi na holoplanktonskim vrstama *Pelagia noctiluca*, stvaraju velike nakupine više od 200 godina (Kogovšek i sur., 2010). Poznata su dva glavna razdoblja njihove prekomjerne pojave: prvi oko 1910. s periodima pojavljanjem eksplozija od 8-12 godina za svaku vrstu; drugi od 1960.-tih u vremenskim intervalima od samo 8 godina za svaku vrstu. Osobito masovne bile su pojave *A. aurita* (Slika 6), te *R. pulmo* (Slika 7) koja je uzrokovala velike ekonomski štete u ribarstvu. Mase ove velike meduze, s mogućom težinom većom od 5 kg, potpuno su paralizirale ribarstvo sjeveroistočnog dijela sjevernog Jadranu na nekoliko mjeseci.



Slika 6. Masovna pojava skifomeduze *Aurelia aurita*, svibanj 2009. godine (Foto: T. Makovec, Piran)



Slika 7. Masovna pojava skifomeduze *Rhizostoma pulmo*, svibanj 2006. godine.

Mase skifomeduze *Pelagia noctiluca* u godinama njihove prekomjerne brojnosti dolaze iz Jonskog mora i prvo se primijete u južnom Jadranu, odakle ih struje nakon 3-4 dana odnose prema srednjem, a zatim i sjevernom dijelu. Populacije upravo u sjevernijem području jima u kojim je iskorištavanje morskih resursa stoljetno i intenzivnije, ova skifomeduza prepoznaje kao područje osobitih hidro-klimatskih uvjeta, te ubrzanim reprodukcijom ostvaruje veliku brojnost više mjeseci (Slika 8). S obzirom da je ova vrsta opasna i za ljudsko zdravlje, posljedice u turizmu mogu biti katastrofalne.



Slika 8. Masovna pojava skifomeduze *Pelagia noctiluca* tijekom 2006. godine (Foto: T. Makovec, Piran)

Tijekom prolje a 2009. godine, u Kotorskem zaljevu zabilježena je masa ktenofore *Bolinopsis vitrea* (Slika 9). Ova vrsta je uobi ajena u Sredozemnom moru i do tada se nalazila samo u pojedina nim primjercima. Velika brojnost ktenofora eliminirala je zooplankton što je omogu ilo nekontroliranu proliferaciju fitoplanktona (dijatomeja), te na kraju intenzivnom cvatnjom u srpnju, u glavnom dijelu turisti ke sezone (Lu i i sur., 2012). Sam Kotorski zaljev je pod jakim antropogenim utjecajem i pove anom eutrofikacijom u kojem glavni problem predstavlja nezadovoljavaju e upravljanje otpadnim vodama.



Slika 8. *Bolinopsis vitrea*, Kotorski zaljev, travanj 2009 (Foto: V. Onofri)

Posljednje tri godine uz isto nu obalu nisu opažene ili dojavljene masovne pojave želatinoznih organizama. Naprotiv, uz zapadnu obalu njihova brojnost je velika i u ljetnim mjesecima stalna (Slika 9). Javni mediji u Italiji davanju veliku važnost pru enju i dojavi meduza u moru upravo zbog ekonomskih posljedica i ljudskog zdravlja.



Slika 9. Shematski prikaz prisutnosti želatinoznih organizama u kolovozu 2010. (www.focus.it/meduse)

4. ZAKLJU AK:

1. Velika ljudska populacija Azije, Europe i Afrike crpe bogatstva obalnog mora više od 3000 godina, a ta područja i danas udomljava oko 70% ukupne populacije. U sjevernoj Americi ljudska populacija doseže visoke brojke tek tijekom prošlog stoljeća. Industrijska revolucija (od 1970.) je ubrzala porast ljudske populacije i njihov utjecaj na okoliš. Ljudski utjecaj na morski okoliš (ribarstvo, eutrofikacija, izgradnja, brodarstvo, akvakultura, klimatske promjene) je intenziviran nakon 1950.-tih
2. Problemi s želatinoznim karnivornim organizmima u Japanu započinju 1950.tih, i stalno su u porastu, te se šire na Kinu i Europu.
3. Antropogeni efekti su konstantni u mnogim obalnim vodama. Direktni dokazi te sveze s porastom brojnosti želatinoznih organizama nedostaju u mnogim primjerima, ali korelacijske usporedbe ukazuju na međusobnu povezanost.
4. Prekomjerno ribarstvo je ključni pokretač koji bi mogao imati pozitivni efekt na prekomjernu brojnost želatinoznih organizama zbog smanjenja kompeticije u ishrani (zooplankton).

5. Eutrofikacija je progresivni globalni problem s mnogo mogu ih utjecaja na želatinozne organizme. Korelacijske usporedbe ukazuju na njihov porast brojnosti gdje je prozirnost smanjena, hranjive soli visoke i koncentracija otopljenog kisika niska.
6. Temperatura je veoma važan pokreta . Visoke vrijednosti mnogih meduza povezane su s pove anim nespolnim razmnožavanjem njihovih polipa u toplijim uvjetima. Populacije meduza i ktenofora fluktuiraju s klimatskim ciklusima, a koje su danas u porastu zbog zatopljavanja oceana.
7. Za nekoliko podru ja s jakim antropogenim djelovanjem nisu zabilježene prekomjerne populacije želatinoznih organizama, mogu e i zbog nepostojanja monitoringa i relevantnih podataka.
8. Koli ine raspoložive hrane odre uje brojnost želatinoznih organizama i ribe. Premda globalno zatopljenje i pove anje saliniteta kontinuirano smanjuje oceansku produkciju, unos nutrienata u obalnim podru jima je stalan i suprotstavlja se tom efektu.

5. PREDVI ANJA ZA BUDU NOST:

1. Ljudska populacija i iskorištavanje obalnog podru ja e konstantno rasti. U sukobu interesa izme u ljudske ekonomije i zaštite okoliša, ekonomija e prevladati. Stoga, sve antropogeni imbenici koji su spomenuti e se vjerojatno intenzivirati. Usprkos naporu za o uvanje okoliša, prijašnji uvjeti se ne e obnoviti. Mi bi trebali razumjeti kako e sadašnji ekosustavi mijenjati pod stalnim antropogenim utjecajem
2. O ito je da e se problemi uzrokovani masama želatinoznih organizama nastaviti. Podaci nedostaju za mnoga mora i oceane. Zbog njihove važnosti unutar hranidbene mreže i negativne interakcije s ljudskim interesima, važno je pove ati napore i opsege istraživanja.
3. Klimatske promjene uzrokovane ljudskom djelatnoš u e se nastaviti. Solarni i lunarni ciklusi upravljaju Zemljom. Kada se ciklusi promjene u budu im dekadama, temperature eocena e dosti i nove maksimume. Želatinozni organizmi pozitivno odgovaraju na porast temperature i biti e potrebno znatno bolje razumjeti mogu e posljedice zatopljavanja.
4. S pojavom velikih masa meduza, zanimanje za novi komercijalni proizvod je porastao. Neke vrste su uporabljive za ljudski i životinjsku ishranu (Kitamura i Omori, 2010),

isto kao u medicini i biotehnologiji. Stoga, njihovo iskorištavanje bi mogao postati regulator brojnosti i produkcije.

6. SAŽETAK

Posljedice velike brojnosti meduza su dobro znane: opasnost kupa ima; za epljenje ribljih mreža; kompetitori u ishrani s ribama, osobito juvenilnim stadijima; predacija jaja i li inki riba. Mogu i uzroci porasta brojnosti meduza su kontroverzni. Vrlo vjerojatno da je prelov ribe jedan od mogu ih uzroka prekomjerne pojave karnivornih želatinoznih organizama. Riba koja jede zooplankton je u kompeticiji s meduzama i što je ribe manje, ve a je koli ina hrane za meduze. Tako er, dobro je poznato da su meduze otpornije od mnogih vrsta riba, osobito u smislu znatno ve e tolerancije na smanjenje kisika. Nedostatak kisika u oceanima je sve eš e primije en, i proporcionalan porastu eutrofikacije, odnosno porastu organske tvari u morima. Rezultat je sve ve e tonjenje organske tvari prema dnu gdje ga razgra uju mikroorganizmi uz veliki utrošak kisika što esto dovodi do hipoksi nih uvjeta. Klimatske promjene i porast površinske temperature mogu dodatno smanjiti koncentracije otopljenog kisika i samo manji dio kisika potrošenog u ve im dubinama za razgradnju organske tvari može biti nadokna en. Stoga, pove anje štetnog djelovanja meduza predstavlja kombinaciju stresnih promjena morskih ekosustav uzrokovanim klimatskim promjenama koji za posljedicu donose promjene u klasi noj hranidbenoj mreži: fitoplankton-zooplankton-riba. Iz novo-nastalih uvjeta utjecaja sinergetskog djelovanja prekomjernog ribarstva i pove anja eutrofikacije, korist su izvukle meduze.

7. ABSTRACT

The impacts of explosive jellyfish proliferations are quite well known: injured swimmers; clogged fish nets; feeding competition for fishes, especially for juvenile stages; predation of fish eggs and larvae. The possible causes of these increasing growths are somewhat controversial. One significant problem, presumably, is overfishing. Fish that feed on zooplankton are in feeding competition with the jellyfish. If the fish are absent, then the jellyfish have an abundance of available food. It is also known that jellyfish are more robust than many species of fish, especially in the sense that they can tolerate much lower oxygen concentrations. Oxygen deficiencies in the oceans, in turn, occur increasingly as a result of

eutrophication and increasing concentrations of organic matter in the seas. As a result, more organic material sinks into the deep water where it is decomposed by oxygen-consuming microorganisms, a general decrease in oxygen and formatting of hypoxic events. Climate change, which causes warming of the ocean surface, can exacerbate this situation, and only small amounts of the oxygen consumed by microorganisms at greater depths are replaced. Thus, increasing jellyfish scourges could therefore be a result of combined stressors that lead to a restructuring of the marine ecosystems, which will disadvantage the classical food chain “phytoplankton – zooplankton – fish”. From these newly-created conditions of synergistic effects of overfishing and increased eutrophication, on the other hand benefits jellyfish abundance.

- Arai MN. 2001. Pelagic coelenterates and eutrophication: a review. *Hydrobiologia* 451:69–87
- Arndt DS, Baringer MO, Johnson MR, eds. 2010. State of the climate in 2009. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 91:S1–224
- Brodeur RD, Decker MB, Cianelli L, Purcell JE, Bond NA. 2008. Rise and fall of jellyfish in the eastern Bering Sea in relation to climate regime shifts. *Prog. Oceanogr.* 77:103–11
- Boesch DF. 2002. Challenges and opportunities for science in reducing nutrient over-enrichment of coastal ecosystems. *Estuaries* 25:886–900
- Bordehore C, Fuentes VL, Atienza D, Barberá C, Fernandez-Jover D. 2011. Detection of an unusual presence of the cubozoan *Carybdea marsupialis* at shallow beaches located near Denia, Spain (south-western Mediterranean). *Mar. Biodivers. Rec.* 4:e69
- Boyce DG, Lewis MR, Worm B. 2010. Global phytoplankton decline over the past century. *Nature* 466:591–96
- Darvishi F, Esmaili Sari A, Farshchi P. 2004. Dietary overlap between invasion ctenophora (*M. leidyi*) and anchovy (*C. engrauliformis*) in the southern parts of Caspian Sea. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 1:89–95
- Daryanabard R, Dawson MN. 2008. Jellyfish blooms: *Crambionella orsini* (Scyphozoa: Rhizostomeae) in the Gulf of Oman, Iran, 2002–2003. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*: 88:477–83
- Daskalov GM, Grishin AN, Rodionov S, Mihneva V. 2007. Trophic cascades triggered by overfishing reveal possible mechanisms of ecosystem regime shifts. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 104:10518–23
- Delannoy CMJ, Houghton JDR, Fleming NEC, Ferguson HW. 2011. Mauve stingers (*Pelagia noctiluca*) as carriers of the bacterial fish pathogen *Tenacibaculum maritimum*. *Aquaculture* 311:255–57
- Dong Z, Liu D, Keesing JK. 2010. Jellyfish blooms in China: dominant species, causes and consequences. *Mar. Pollut. Bull.* 60:954–63

- Doyle TK, De Haas H, Cotton D, Dorschel B, Cummins V. 2008. Widespread occurrence of the jellyfish *Pelagia noctiluca* in Irish coastal and shelf waters. *J. Plankton Res.* 30:963–68
- Erlandson JM, Fitzpatrick SM. 2006. Oceans, islands, and coasts: current perspectives on the role of the sea in human prehistory. *J. Isl. Coast. Archaeol.* 1:5–32
- Fenner PJ, Lippmann J, Gershwin L-A. 2010. Fatal and nonfatal severe jellyfish stings in Thai waters. *J. Travel Med.* 17:133–38
- Fuentes V, Straehler-Pohl I, Atienza D, Franco I, Tilves U. 2011. Life cycle of the jellyfish *Rhizostoma pulmo* (Scyphozoa: Rhizostomeae) and its distribution, seasonality and inter-annual variability along the Catalan coast and the Mar Menor (Spain, NW Mediterranean). *Mar. Biol.* 158:2247–66
- Graham WM, Bayha KM. 2007. Biological invasions by marine jellyfish. In *Biological Invasions*, ed. WNentwig, pp. 239–55. Ecol. Stud. 193. Berlin: Springer-Verlag
- Halpern BS, Walbridge S, Selkoe KA, Kappel CV, Micheli F. 2008. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319:948–52
- Henson SA, Sarmiento JL, Dunne JP, Bopp L, Lima I. 2010. Detection of anthropogenic climate change in satellite records of ocean chlorophyll and productivity. *Biogeosciences* 7:621–40
- Kaluza P, Kolzsch A, Gastner MT, Blasius B. 2010. The complex network of global cargo ship movements. *J. R. Soc. Interface* 7:1093–103
- Kirby RR, Beaugrand G, Lindley JA. 2009. Synergistic effects of climate and fishing in a marine ecosystem. *Ecosystems* 12:548–61
- Kitamura M, Omori M. 2010. Synopsis of edible jellyfishes collected from Southeast Asia, with notes on jellyfish fisheries. *Plankton Benthos Res.* 5:106–18
- Kogovšek T, Bogunović B, Malej A. 2010. Recurrence of bloom-forming scyphomedusae: wavelet analysis of a 200-year time-series. *Hydrobiologia* 645:81–96
- Kolesar SE, Breitburg DL, Purcell JE, Decker MB. 2010. Effects of hypoxia on *Mnemiopsis leidyi*, ichthyoplankton and copepods: clearance rates and vertical habitat overlap. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 411:173–88

Lu i D, Pestori B, Malej A., Lopez-Lopez L, Drakulovi D, Onofri V, Miloslavi M, Gangai B, Onofru I, Benovi A. 2012. Mass occurrence of the ctenophore *Bolinopsis vitrea* (L. Agassiz, 1860) in the nearshore southern Adriatic Sea (Kotor Bay, Montenegro). *Environmental monitoring and assessment*, 184: 4777-4785.

Metian M, Tacon AGJ. 2009. Fishing for feed or fishing for food: increasing global competition for small pelagic forage fish. *Ambio* 38:294–302

Møller LF, Riisgard HU. 2007. Impact of jellyfish and mussels on algal blooms caused by seasonal oxygen depletion and nutrient release from the sediment in a Danish fjord. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 351:92–105

Nagata RM, Haddad MA, Nogueira M Jr. 2009. The nuisance of medusae (Cnidaria, Medusozoa) to shrimp trawls in central part of southern Brazilian Bight, from the perspective of artisanal fishermen. *Pan-Am. J. Aquat. Sci.* 4:312–25

Newell RIE. 1988. Ecological changes in Chesapeake Bay: Are they the result of over-harvesting the American oyster *Crassostrea virginica*? In *Understanding the Estuary: Advances in Chesapeake Bay Research*, ed. MP Lynch, EC Krome, pp. 536–46. Baltimore: Chesap. Res. Consort.

Newell RIE, Fisher TR, Holyoke RR, Cornwell JC. 2005. Influence of eastern oysters on nitrogen and phosphorus regeneration in Chesapeake Bay, USA. In *The Comparative Roles of Suspension-Feeders in Ecosystems*, ed. RF Dame, S Olenin, pp. 93–120. NATO Sci. Ser. 47. Dordrecht, Netherlands: Springer

Oguz T, Gilbert D. 2007. Abrupt transitions of the top-down controlled Black Sea pelagic ecosystem during 1960–2000: evidence for regime-shifts under strong fishery exploitation and nutrient enrichment modulated by climate-induced variations. *Deep-Sea Res. Part I* 54:220–42

Oguz T, Fach B, Salihoglu B. 2008. Invasion dynamics of the alien ctenophore *Mnemiopsis leidyi* and its impact on anchovy collapse in the Black Sea. *J. Plankton Res.* 30:1385–97

Palomera I, Olivari MP, Salat J, Sabates A, Coll M. 2007. Small pelagic fish in the NW Mediterranean Sea: an ecological review. *Prog. Oceanogr.* 74:377–96

Pauly D, Palomares MLD. 2001. Fishing downmarine food webs: an update. In *Waters in Peril*, ed. L Bendell-Young, P Gallagher, pp 47–56. Norwell, MA: Kluwer Acad. 248 pp.

Pauly D, Graham WM, Libralato S, Morissette L, Palomares MLD. 2009. Jellyfish in ecosystems, online databases, and ecosystem models. *Hydrobiologia* 616:67–85

Pitt KA, Welsh DT, Condon RH. 2009. Influence of jellyfish blooms on carbon, nitrogen and phosphorus cycling and plankton production. *Hydrobiologia* 616:133–49

Purcell JE. 2007. Environmental effects on asexual reproduction rates of the scyphozoan, *Aurelia labiata*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 348:183–96

Purcell, J.E. 2012. Jellyfish and ctenophore blooms coincide with human proliferations and environmental perturbations. Annual Review of Marine Science, 4: 209-235.

Purcell JE, Arai MN. 2001. Interactions of pelagic cnidarians and ctenophores with fishes: a review. *Hydrobiologia* 451:27–44

Purcell JE, Decker MB. 2005. Effects of climate on relative predation by scyphomedusae and ctenophores on copepods in Chesapeake Bay. *Limnol. Oceanogr.* 50:376–87

Richardson AJ, Bakun A, Hays GC, Gibbons MJ. 2009. The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. *Trends Ecol. Evol.* 24:312–22

Saha JK, Panwar N, Srivastava A, Biswas AK, Kundu S, Subba Rao A. 2010. Chemical, biochemical, and biological impact of untreated domestic sewage water use on Vertisol and its consequences on wheat (*Triticum aestivum*) productivity. *Environ. Monit. Assess.* 161:403–12

Shoji J, Masuda R, Yamashita Y, Tanaka M. 2005. Effect of low dissolved oxygen concentrations on behavior and predation rates on fish larvae by moon jellyfish *Aurelia aurita* and by a juvenile piscivore, Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*. *Mar. Biol.* 147:863–68

Swartz W, Sala E, Tracey S, Watson R, Pauly D. 2010. The spatial expansion and ecological footprint of fisheries (1950 to present). *PLoS One* 5:e15143

Uye SI. 2010. Human forcing of the copepod-fish-jellyfish triangular trophic relationship. *Hydrobiologia* 666:71–83

Went AEJ. 1962. Historical notes on the oyster fisheries of Ireland. *Proc. R. Ir. Acad.* 62:195–223

<http://www.annualreviews.org>

<http:// www. seaaroundus.org>

www.focus.it/meduse