

# 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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:807444>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-15**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

MASOVNE POJAVE ŽELATINOZNIH ORGANIZAMA U MORU

MASS OCCURRENCE OF GELATINOUS ORGANISMS IN THE SEA

SEMINARSKI RAD

Petra Lučić

Preddiplomski studij biologije  
(Undergraduate Study of Biology)

Mentor: doc. dr. sc. Petar Kružić

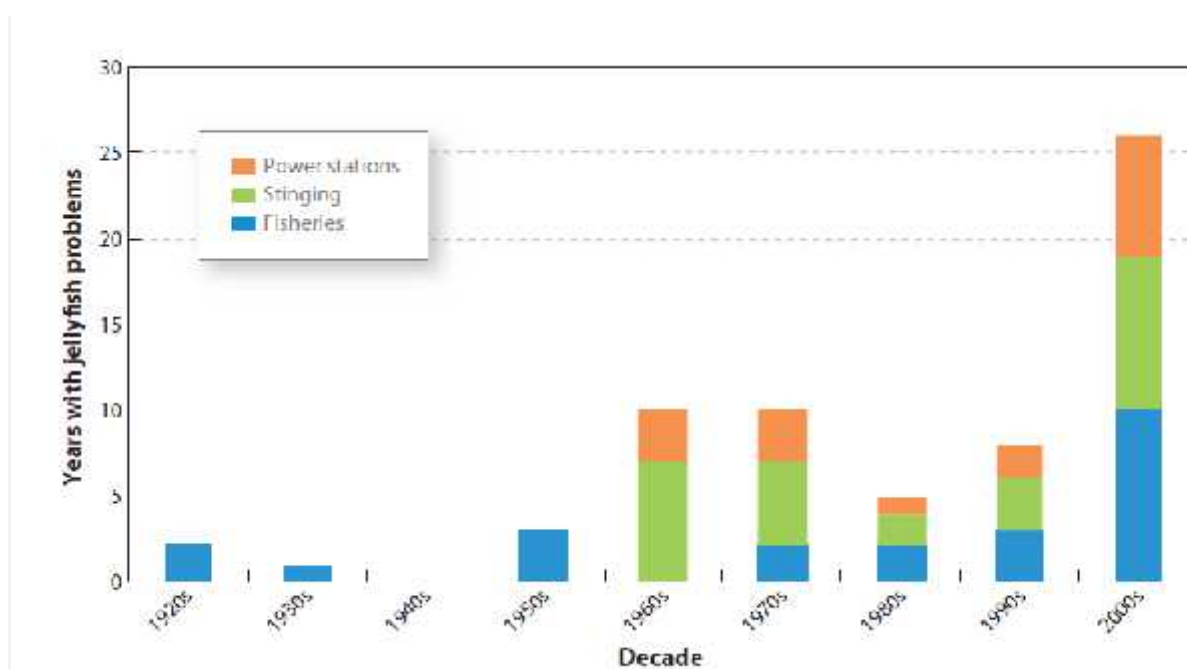
Zagreb, 2012.

## 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. TRENUTA NI UVJETI SVJETSKIH MORA.....	12
3.1. Jadransko more .....	14
4. ZAKLJU AK .....	17
5. PREDVI ANJA ZA BUDU NOST .....	18
6. SAŽETAK .....	19
7. ABSTRACT .....	19
8. LITERATURA.....	21

## 1. UVOD

Prekomjerna brojnost karnivornih želatinoznih organizama direktno utječe na nekoliko važnih privrednih aktivnosti: turizam (Fenner i sur., 2010), ribarstvo zbog zaopljenja mreža (Nagata i sur., 2009, Dong i sur., 2010), akvakulturu ubijaju i mlade ribe u kavezima (Doyle i sur., 2008, Delannoy i sur., 2011), industriji za opljenjem filtera u postrojenjima za proizvodnju i desalinizaciju vode i rashladnim uređajima pogona (Daryanabard i Dawson, 2008). Svi ovi problemi u znatnom su porastu posljednjih godina (Slika 1.)



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 očit. Njihove gustoće pokazuju dramatičnu fluktuaciju izmeđ u pojedinih godina, što otežava raspolaganjem dostupnih podataka i povezivanje s mogućim uzrocima pojava. 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 skalama. Nove analize indiciraju da su populacije meduza imale trend rasta poslije 1950.-tih za 70% unutar nekoliko velikih morskih ekosustava (Purcell, 2012). Radna grupa za praćenje meduza američkog nacionalnog centra za ekološke analize i sinteze (NCEAS) je analizirala podatke iz cijelog svijeta da provjere 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 nenamjerno pospješila 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.

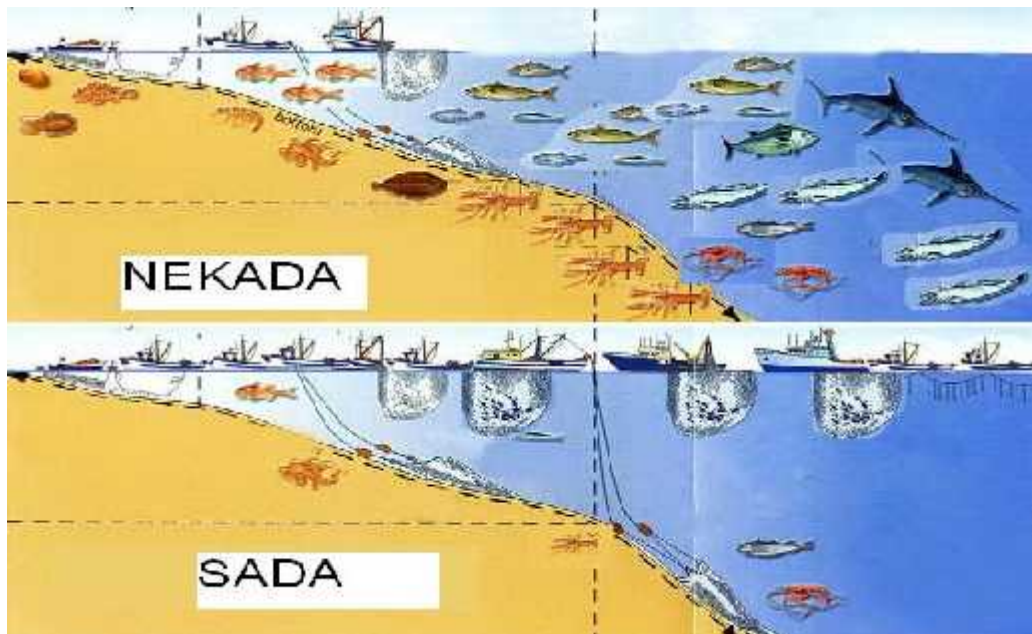
### 2.2. Mekušci

Eksploatacija 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.

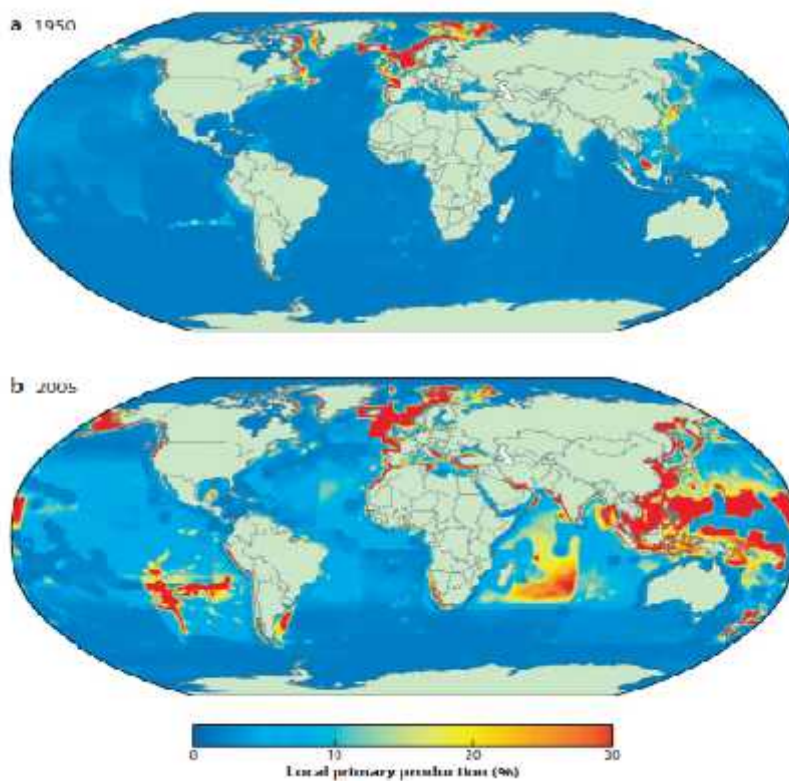
### 2.3. Riba

Progresivno širenje ribarstva na otvoreno more zahtijevalo 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 primijećen na različitim biotičkim vrstama, kao i smanjenje veličine ribe i poremećaje u trofičkim lancima ishrane.



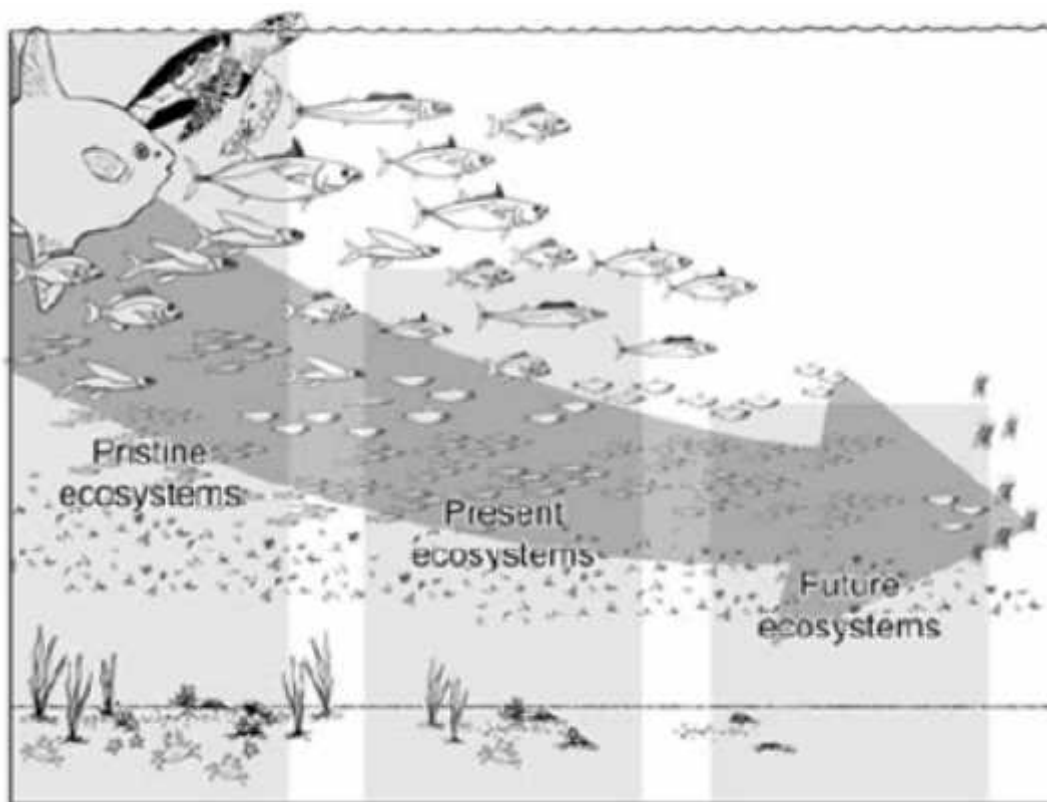
Slika 2. Shematski prikaz pristupa izlova morskih organizama u prošlosti i danas.



Slika 3. Svjetska primarna produkcija povezana sa sustavnim morskim ribarstvom prikazana u postocima na određenim područjima. (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 izme u 1950. i 2006.godine porasli za 8.8 puta ([http:// www. seaaroundus.org](http://www.seaaroundus.org)). Npr. zooplanktivorna riba je bila funkcionalna skupina ribarstva u sjevernom Jadranu, a me u najve im je izlovima u cijelom Sredozemlju (Palomera i sur., 2007), što ukazuje na ozbiljne posljedice unutar ekosustava zbog prelova. Meduze imaju veliki utjecaj na niže komponente hranidbenog lanca, ali vra aju veoma malo energije u ekosustav u usporedbi s malom ribom (Slika 4). Glavnina morskih pelagi kih 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 izlu evine, ve je to uglavnom teku i amonijak koji se razgradnjom unutar vodenog stupca ponovno vra a u ciklus primarne proizvodnje. Stoga, dominacija meduza smanjuje produkciju kralježnjaka važnih za ljudsku populaciju, ali i znatno osiromašuju život na morskome 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 sli na, s rasponom preklapanja od 0,2% do 73,4% ( Purcell, 2012) i od 84% do 89% za ktenofore (Darvishi i sur., 2004). Daskalov i sur., (2007) definira dvije velike promjene u Crnom moru između 1950. i 2000. godine. Prva, smanjenje veličine 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 populacija zooplanktivorne ribe. Nakon 1990.-tih ribarstvo je značajno 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 trofičke mreže.

U akvatoriju istočne Kine ribarstvo raste od 1990-2002., uzrokujući i 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 značajno okrenulo prema predstavnicima porodice Stromatoidae, 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 kornjake uhvaćene u mreže, oštećene brodovima, zadavljene najlonima, itd. Predatori meduza uključuju 124 vrste riba, uključujući i komercijalne vrste, te 34 vrste drugih životinja (Purcell i Arai, 2001).

## **2.6. Unos nutrijenata**

Uzroci prekomjernog unosa nutrijenata u obalne vode su krčenje šuma, povećani uzgoj stoke, umjetna gnojiva i promjena prirodne drenaže terena. Otpadne vode su se uvijek ulijevale u more, ali višestrukim porastom stanovništva, uz ogromno korištenje deterenata, 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. Krčenje šuma**

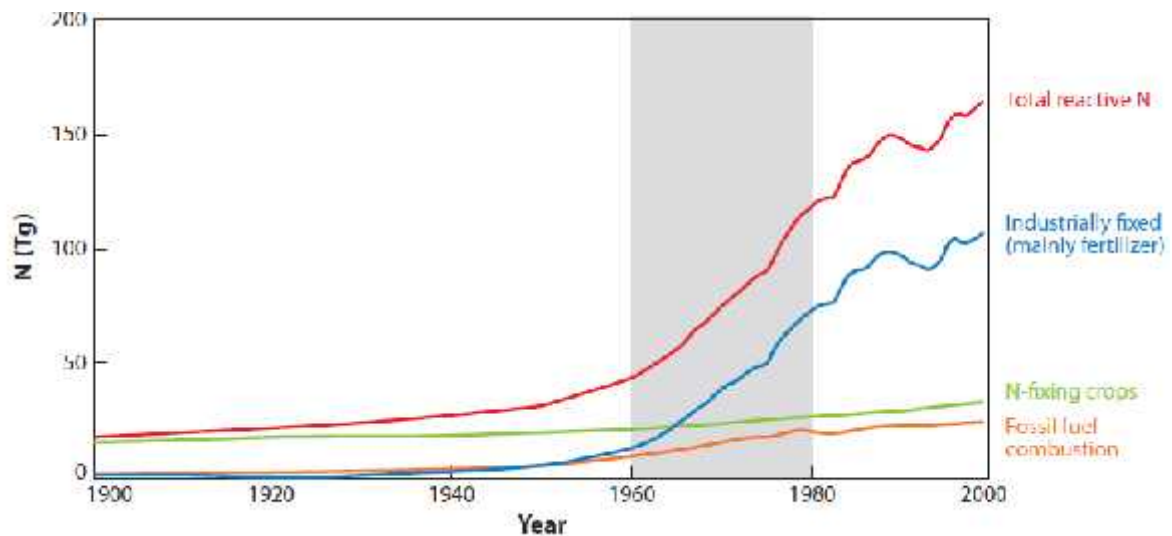
Različite vremenske skale ljudskog narušavanja prirode je jasno ako usporedimo prošlost razvoja različitih regija: sjeverni Jadran i Chesapeake Bay, sjeverna Amerika. U području sjevernog Jadrana prvobitna krčenja zbog ispaše i agrikulture su započela prije 3000 godina.



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 Chesepake zaljev (1608.): veliko kr enje šume nastaje polovinom 18. stolje a, što je uzrokovalo veliku sedimentaciju zaljeva. 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 zapo elo 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 biološki 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 izlijevaju na ulicu stolje ima bez ikakvih tretmana; odvodi su generalno upotrjebljeni nakon 1880.-te, a rijeke su postale glavni prihvatni za njihov daljnji odvod. Stanovništvo Ameri ke 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 nemogu a za mnoge ljude zemalja u razvoju, kao i ruralnog i siromašnog stanovništva razvijenih zemalja. Ispuštanje neobra enog kanalizacijskog materijala direktno u estuarije je bilo uobi ajena praksa Indije. Veliki broj zemalja u razvoju, kao Indija, imaju veliki broj kanala kojim odvede 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 ve e biomase na svim trofi kim razinama. Pove anje hrane inicira brži rast polipa i meduza, te pove anu nespolnu i spolnu reprodukciju. Eutrofikacija tako er uzrokuje kompleksne promjene u hranidbenoj mreži. Veliki broj primjera ukazuje da pove ani N:P odnos mijenja fitoplanktonsku zajednicu s dominacijom dijatomeja preferiraju i flagelatsku hranidbenu mrežu, što može potencirati prekomjernu pojavu meduza (Purcell, 2007). Eutrofikacija je tako er povezana s redukcijom dužine tijela zooplanktonskih zajednica (dominiraju manje vrste), što može biti loše za ribe (vizualni predatori preferiraju ve i plijen), a pogodovati meduzama (nevizualni predatori koji uzimaju plijen svih veli inskih frakcija). Ishrana skuše 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 mezopelagi ne meduze *Periphylla periphylla* u norveškim fjordovima 1970-tih povezana je s porastom eutrofikacije. Ove meduze tako er pridonose porastu eutrofikacije jer direktno izlu uju i koriste nutrijente i DOM (Pitt i sur. 2009), tj. njihove simbiotske zooksantele koriste veliku koli inu izlu enih nutrijenata.

## **2.9. Hipoksija**

Smanjenje otopljenog kisika u obalnim područjima je jedna od serijskih posljedica eutrofikacije. Broj obalnih postaja na kojim je opažena hipoksija dramati no 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 eg 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). Prihvat planula *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 omogućeava 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) primjerci. 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 hipoksičnom priodnom sloju je također bila velika (Kolesar i sur., 2010). Karnivorni želatinozni zooplankton može proizvesti indirektno hipoksičnu hranu i se velikom količinom zooplanktona smanjuju mogućnost eliminacije fitoplanktona, a nepoždene umrle mase fitoplanktona tonu u bentos; njihova bakterijska razgradnja stvara anoksični sediment iz kojeg se opet mogu realizirati nutrijenti za ponovni nagli rast fitoplanktona i ponovnog uspostavljanja hipoksičnog na morskom dnu. Ovaj scenarij je bio opažen u fjordovima Danske, gdje su mase meduze *A. aurita* uzrokovale recipročno pojavljivanje hipoksičnog uz dno (Moller i Risgaard, 2007). Sličan scenarij događao se i u Cheseapeake zaljevu kada dominiraju ktenofore, a nikad kada su meduze brojnije (Purcell i Decker, 2005).

Drugi primjer pozitivne povratne veza hipoksičnog i želatinozne mase je njihova razgradnja nakon uginuća gdje se oslobađaju anorganski i organski nutrijenti i stvaraju hipoksično-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 također počeli izgrađivati luke. Luke predstavljaju idealno stanište za sesilne stadije hidro i skifomeduza, i mnogo je vrsta zabilježeno upravo u lukama. Osim toga, luke i lagune s uzgojnim kavezima stvaraju mirne, eutroficirane 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 također predstavljaju nova kvalitetna staništa za prihvat polipa, kao i nasipi i brane. Zbog klimatskih promjena, te podizanja razine mora i sve češćih 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](http://www.annualreviews.org)). Danas je mnogo dokaza o pronosu planktonskih žarnjaka u nova staništa, a sigurno najdramati nije posljedice dogodile su se u Crnom moru introdukcijom ktenofore *Mnemiopsis leidy* odakle se proširila na Sredozemno more sve do mora sjeverne Europe.

### **2.12. Klimatske promjene**

Po etak modifikacije koli ine atmosferskog ugljika zapo ela 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 najtoplija 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 Celzijeve, 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: *Cynea quinquecirrha* u Chesepeake zaljevu, *Aurelia. aurita* i *Cynea* 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 gustoći i zooplanktona što ukazuje na „top-down“ efekt.

Eksperimentalni podaci su u velikom broju primjera pokazali da povišenje temperature poveća nespolno razmnožavanje meduza i strobilaciju polipa (Purcell, 2012), ali to nije pravilo. Npr. polipi vrste *A. aurita* u Crnom moru imaju veću 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 većine vrsta strobilacija je masovnija kad je temperatura, svjetlost i planktonska produkcija veća. U svakom slučaju, zatopljavanje oceana može povećati brojnost mnogih želatinoznih vrsta, i promijeniti njihovo sezonsko vrijeme, te dužinu i raspodjelu pojavljivanja.

### **2.13. Kombinacija efekata**

Svi prethodno navedeni imbenici u obalnim područjima djeluju zajedno. Kako mogu utjecati na gustoću i populaciju meduza i ktenofora nije dovoljno poznato, ali djeluju sinergijski (Kirby i sur., 2009). Analize temperature sjevernog mora od 1449. do 2005. godine i usporedbe s biomasom matine plove bakalara se podudaraju: porast temperature i prelov ribe su uzrok promjena trofičkih kaskada što je dovelo do naglog povećanja brojnosti meduza nakon 1980.-tih. Nova generacija mladih primjeraka je osobito značajno palo u Irskom moru, a prethodilo je prelov haringe 1970.-tih godina. Biomasa meduza pozitivno korelira s porastom temperature, saliniteta i biomasom kopepoda, a negativno s kišnim razdobljem od veljače 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 počele prelovom ribe, najprije velikih vrsta (hrane se manjim ribama) već od 1973. godine, a zatim planktovorne ribe tijekom 1980.-tih. Eutrofikacija je započela u ranim 1970.-tim, a intenzivno obogaćivanje nutrijentima tijekom 1980.-tih je smanjeno tijekom 1990.-tih. Toplo razdoblje je zamijenjeno hladnijim nakon 1980.-tih, a zatopljenje je obnovljeno nakon 1995. godine. Nesretan unos ktenofore *M. leidy* je registriran početkom 1980. godine, ali gustoća i populacija se dramatično porasle 1989. godine, upravo u vrijeme kolapsa ribarstva i klimatskih promjena. *M. leidy* je bila dominantan „top-predator“ u tom ekosustavu sve do 1998. godine kada se pojavio predator vrste *M. leidy*, druga ktenofora, *Beroe ovata*. Oguz i sur., (2008) su zaključili da je kombinacija prelova ribe, eutrofikacija i klimatske promjene uzrok kolapsa male plave ribe (in unum), te prekomjerne pojave brojnosti ktenofore *M. leidy*.

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 prosječan porast temperature mora za 1.7<sup>0</sup>C izme u 1976. i 2000. godine, povećanje unosa anorganskog dušika i fosfora, te smanjenje silicija što je uzrokovalo i velike eksplozije brojnosti toksinih dinoflagelata. Premda direktna istraživanja nisu urađena, svi navedeni čimbenici mogu biti uzrok masovnih pojava meduza u ovom dijelu Azije.

### 3.

### TRENTUTA NI UVJETI

#### SVJETSKIH MORA

Na Zemlji danas živi oko 7 milijardi ljudi, 27 puta više od 14 st. prije Krista od kada datiraju pouzdani podaci. Najmnogoljudnije zemlje kroz povijest bile su Azija, Indija, Europa i Afrika. Danas te regije naseljava oko 70% ukupne populacije. Tisuće godina ljudske eksploatacije prirodnih dobara u tim područjima znatno se odrazilo na okoliš što bi danas mogao biti uzrok problema prekomjernih masovnih pojava želatinoznih organizama. Promjene u okolišu su znatno veće u Europi i Aziji u usporedbi s sjevernom Amerikom, pored ubrzane industrijacije 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. Halpern i sur. (2008) su postavili kombinaciju antropogenih efekata da bi identificirali njihov utjecaj na morske ekosustave (Slika 8). Glavni čimbenici utjecaja su klimatske promjene (temperatura, slanost, UV, zakiseljavanje), organsko i anorgansko zagađivanje, nekoliko metoda pelagičnog ribanja i košarenje, komercijalne brodarstvo, te invazivne vrste. Zaključili su da su najjači i utjecajni čimbenici klimatske promjene i prelov ribe. Oni nisu uključili neke druge čimbenike kao što su hipoksične zone, obalna industrija, akvakultura i sedimentacija. Šest od 10 najviše pozicioniranih čimbenika utjecaja na okoliš se podudara s područjima gdje imamo prekomjerne brojnosti meduza ili ktenofora.

Isto isto Beringovo more je označeno 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 moguće antropogene utjecaje stoljeća 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 1-2<sup>0</sup>C. Ktenofora *M. leidy* 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. leidy* 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 kolovožu 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 praćenja i istraživanja želatinoznih organizama u injeno je u južnom i sjevernom Jadranu, što je povezano s specijalističkim timovima istraživača koji djeluju na tom području. Uz istu obalu masovne pojave želatinoznih organizama uglavnom su bile sporadične i kratkotrajne, a najveći problemi zabilježeni su u krajnjem dijelu sjevernog Jadrana, Tršćanskom zaljevu.

četiri meroplanktonske skifomeduze, *Aurelia aurita*, *Chrysaora hysoscella*, *Cotylorhiza tuberculata* i *Rhizostoma pulmo*, te za to područje ne tipična holoplanktonska vrsta *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 periodičnim pojavljivanjem eksplozija od 8-12 godina za svaku vrstu; drugi od 1960.-tih u vremenskim intervalima od samo 8 godine za svaku vrstu. Osobito masovne bile su pojave *A. aurita* (Slika 6), te *R. pulmo* (Slika 7) koja je uzrokovala velike ekonomske štete u ribarstvu. Mase ove velike meduze, s mogućom težinom većom od 5 kg, potpuno su paralizirale ribarstvo sjeveroistočnog dijela sjevernog Jadrana 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 podru jima u kojim je iskorištavanje morskih resursa stoljetno i intenzivnije, ova skifomeduza prepoznaje kao podru je osobitih hidro-klimatskih uvjeta, te ubrzanom 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 Kotorskom zaljevu zabilježena je masa ktenofore *Bolinopsis vitrea* (Slika 9). Ova vrsta je uobičajena u Sredozemnom moru i do tada se nalazila samo u pojedinačnim primjercima. Velika brojnost ktenofora eliminirala je zooplankton što je omogućilo nekontroliranu proliferaciju fitoplanktona (dijatomeja), te na kraju intenzivnom cvatnjom u srpnju, u glavnom dijelu turističke sezone (Lučić i sur., 2012). Sam Kotorski zaljev je pod jakim antropogenim utjecajem i povećanom eutrofikacijom u kojem glavni problem predstavlja nezadovoljavajuće 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 pravljenju i dojavu meduza u moru upravo zbog ekonomskih posljedica i ljudskog zdravlja.



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

#### 4. ZAKLJUČAK:

1. Velika ljudska populacija Azije, Europe i Afrike crpe bogatstva obalnog mora više od 3000 godina, a ta područja i danas udovoljava 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 započeli su 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 veze 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 pozitivan efekt na prekomjernu brojnost želatinoznih organizama zbog smanjenja kompeticije u ishrani (zooplankton).

5. Eutrofikacija je progresivni globalni problem s mnogo mogućih 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 pokretač. Visoke vrijednosti mnogih meduza povezane su s povećanim nespolnim razmnožavanjem njihovih polipa u toplijim uvjetima. Populacije meduza i ktenofora fluktuiraju s klimatskim ciklusima, a koje su danas u porastu zbog zatopljanja oceana.
7. Za nekoliko područja s jakim antropogenim djelovanjem nisu zabilježene prekomjerne populacije želatinoznih organizama, moguće i zbog nepostojanja monitoringa i relevantnih podataka.
8. Količine raspoložive hrane određuje brojnost želatinoznih organizama i ribe. Premda globalno zatopljenje i povećanje saliniteta kontinuirano smanjuje oceansku produkciju, unos nutrienata u obalnim područjima je stabilan i suprotstavlja se tom efektu.

## 5. PREDVIĐANJA ZA BUDUĆNOST:

1. Ljudska populacija i iskorištavanje obalnog područja će konstantno rasti. U sukobu interesa između ljudske ekonomije i zaštite okoliša, ekonomija će prevladati. Stoga, sve antropogeni imbenici koji su spomenuti će se vjerojatno intenzivirati. Usprkos naporu za obnovu okoliša, prijašnji uvjeti se neće obnoviti. Mi bi trebali razumjeti kako će sadašnji ekosustavi mijenjati pod stalnim antropogenim utjecajem.
2. Očito je da će 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 povećati napore i opsege istraživanja.
3. Klimatske promjene uzrokovane ljudskom djelatnošću će se nastaviti. Solarni i lunarni ciklusi upravljaju Zemljom. Kada se ciklusi promjene u budućim dekadama, temperature eocena će dostići nove maksimume. Želatinozni organizmi pozitivno odgovaraju na porast temperature i bit će potrebno znatno bolje razumjeti moguće posljedice zatopljanja.
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 mogućih uzroka prekomjerne pojave karnivornih želatinoznih organizama. Riba koja jede zooplankton je u kompeticiji s meduzama i što je ribe manje, veća je količina hrane za meduze. Također, dobro je poznato da su meduze otpornije od mnogih vrsta riba, osobito u smislu znatno veće tolerancije na smanjenje kisika. Nedostatak kisika u oceanima je sve češće primijećeno, i proporcionalan porastu eutrofikacije, odnosno porastu organske tvari u morima. Rezultat je sve veće tonjenje organske tvari prema dnu gdje ga razgrađuju mikroorganizmi uz veliki utrošak kisika što često dovodi do hipoksičnih uvjeta. Klimatske promjene i porast površinske temperature mogu dodatno smanjiti koncentracije otopljenog kisika i samo manji dio kisika potrošenog u većim dubinama za razgradnju organske tvari može biti nadoknađeno. Stoga, povećanje štetnog djelovanja meduza predstavlja kombinaciju stresnih promjena morskih ekosustava uzrokovanim klimatskim promjenama koji za posljedicu donose promjene u klasičnoj hranidbenoj mreži: fitoplankton-zooplankton-riba. Iz novo-nastalih uvjeta utjecaja sinergetskog djelovanja prekomjernog ribarstva i povećanja eutrofikacije, koriste se 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, Barber´a C, Fernandez-Jover D. 2011. Detection of an unusual presence of the cubozoan *Carybdeamarsupialis* 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. leidy*) 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
- Erlanson 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, Bogunovič 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. Agassis, 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, Olivar 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. searoundus.org](http://www.searoundus.org)

[www.focus.it/meduse](http://www.focus.it/meduse)