

INSTITUT ZA OCEANOGRAFIJU I RIBARSTVO, SPLIT



Projekt

**PROCJENA OBILNOSTI POPULACIJA NAJVAŽNIJIH VRSTA SITNE
PLAVE RIBE U JADRANSKOM MORU METODOM OBJEKTIVNE
ANALIZE (VPA) (PELMON-VPA 2007.)**

Split, 2007.

INSTITUT ZA OCEANOGRFIJU I RIBARSTVO, SPLIT

**PROCJENA OBILNOSTI POPULACIJA NAJVAŽNIJIH VRSTA
SITNE PLAVE RIBE U JADRANSKOM MORU METODOM
OBJEKTIVNE ANALIZE (VPA)**

PELMON-VPA 2007.

Suradnici na Projektu:

Dr. sc. Gorenka Sinovčić, znanstveni savjetnik

Mr. sc. Vanja Čikeš Keč, novak

Mr. sc. Barbara Zorica, novak

Ivica Šaškor, tehničar

Voditeljica Projekta:

Dr. sc. Gorenka Sinovčić

Ravnateljica Instituta:

Dr. sc. Ivona Marasović

SADRŽAJ

1. Cilj i svrha Projekta	4
2. Uvod	5
3. Materijal i metode	10
4. Rezultati i diskusija	15
4.1. Dužinska i dobna struktura srdele	15
4.2. Dužinsko-maseni odnos srdele	18
4.3. Dužina prvog spolnog sazrijevanja srdele	20
4.4. Procjena populacije srdele	22
4.5. Dužinska i dobna struktura inćuna	31
4.6. Dužinsko-maseni odnos inćuna	33
4.7. Dužina prvog spolnog sazrijevanja inćuna	35
4.8. Procjena populacije inćuna	36
5. Zaključci i preporuke	43
6. Citirana literatura	44

**PROCJENA OBILNOSTI POPULACIJA NAJVAŽNIJIH VRSTA SITNE
PLAVE RIBE U JADRANSKOM MORU METODOM OBJEKTIVNE ANALIZE (VPA)**

PELMON-VPA 2007.

SRDELA



INĆUN



1. CILJ I SVRHA PROJEKTA

Glavni je cilj projekta „Procjena obilnosti populacija najvažnijih vrsta sitne plave ribe u Jadranskom moru metodom objektivne analize (VPA)“, koji je nastavak međunarodnog projekta AdriaMed „*Data collection and biological sampling system on small pelagics in the Adriatic Sea*“ praćenje stanja i dobivanje uvida u kvalitativno i kvantitativno stanje biozaliha najvažnijih vrsta sitne plave ribe: srdele i inćuna (brgljuna) u Jadranskom moru, uz nalaz bioloških parametara.

Temeljna svrha predloženog istraživanja je da procjenjujući obilnost odnosno veličinu populacija gospodarstveno najvažnijih vrsta sitne plave ribe postavi osnove za održivo i osmišljeno gospodarenje temeljeno na znanstvenim spoznajama o dinamici populacija najvažnijih vrsta sitne pelagične plave ribe u zemljopisnoj

subregiji Jadranskog mora GSA 17 u kojem se obavlja ribolov od strane jadranskih zemalja: Hrvatske, Italije i Slovenije, koje zajednički iskorištavaju resurse Jadranskog mora. Stoga se nameće obveza ovim zemljama - zajedničko upravljanje djeljivim resursima na temeljima znanstvenih spoznaja, poštujući oprezni pristup („precautionary approach“). Projekt se zaista i odvijao u okviru aktivne međunarodne suradnje između zemalja-korisnica obnovljivih biozaliha Jadranskog mora.

S obzirom da su srdela i inćun strateški važni resursi Jadranskog mora, rezultati predstavljaju osnovu za pravilno, dugoročno i održivo gospodarenje njihovim populacijama.

2. UVOD

Srdela *Sardina pilchardus* i inćun (brgljun) *Engraulis encrasicolus* su najbrojnije i jedne od najvažnijih ribljih vrsta za gospodarstvo svih zemalja uz Jadransko more (Sinovčić *et al.*, 1991., Sinovčić, 1994a). Osim toga, one su od ključne važnosti za ekosustav čitava Jadrana - nalaze se pri samom dnu ekološke ili hranidbene piramide. Direktno se hrane fitoplanktonom tj. biljnim i zooplanktonom odnosno životinjskim planktonom, a obje su vrste, posebice srdela, hrana mnogim većim ribama, glavonošcima, pticama i sisavcima. Čovjek im je najveći i najopasniji predator - posebice zbog sve efikasnijih ribolovnih alata koje svojim znanjem sve više usavršava.

Stokove srdele i inćuna u Jadranskom moru iskorištavaju: Albanija, Hrvatska, Italija, Slovenija i neznatno Crna Gora. Druge vrste sitne plave ribe – skuša *Scomber scombrus*, plavica (lokarda) *Scomber japonicus*, papalina *Sprattus sprattus*, iglica

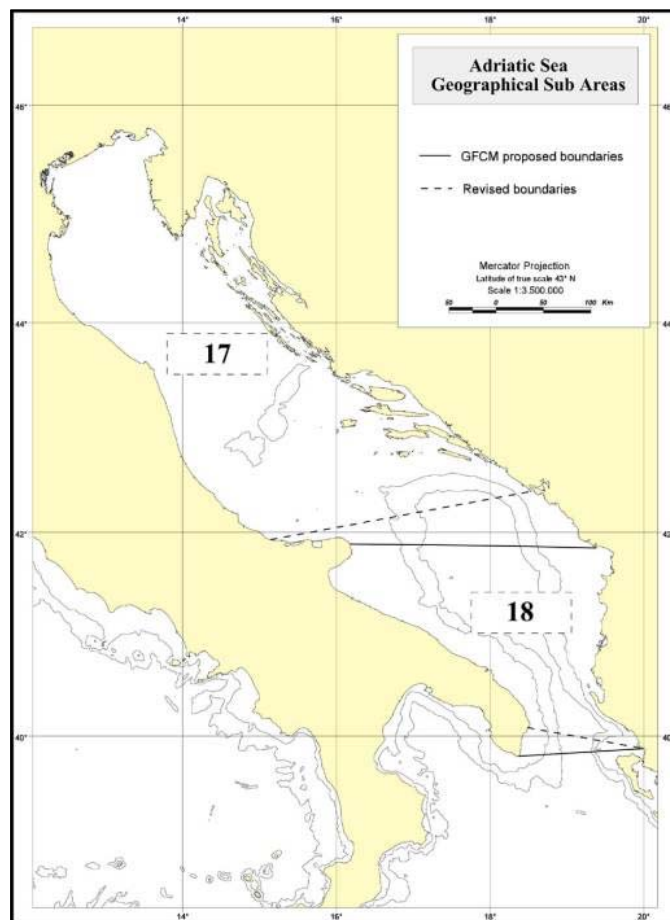
Bellone bellone i srdela golema *Sardinella aurita* su znatno slabije zastupljene. Papalina se lovi uglavnom samo u sjevernom Jadranu (Sinovčić, *et al.*, 1991.; Zorica *et al.*, 2004a), srdela golema se u posljednje vrijeme udomaćila u srednjem i južnom Jadranu (Sinovčić, *et al.* 2004a i b; Zorica *et al.*, 2004b). Skuša, lokarda, papalina, iglica i srdela golema nisu evidentirane u hrvatskoj ribolovnoj nacionalnoj statistici u posljednjih 10 godina, što nije slučaj za Italiju i Sloveniju.

Ribolov sitne plave ribe je razvijen s obje strane Jadrana, međutim, glavninu lovina inćuna ostvaruje talijanska flota, dok je flota Hrvatske i Slovenije više orijentirana na iskorištavanje srdele. U Sloveniji ulovi srdele iznose cca 90% od njihova ukupnog ulova a u Hrvatskoj 65%. Dok je za Italiju ulov srdele manje značajan, ulov ove vrste je za Sloveniju i Hrvatsku od velike važnosti. U prošlosti je često utjecao na razvoj pojedinih područja na način da se u razdobljima bogatih lovina doseljavalo novo stanovništvo iz unutrašnjosti. Gradila su se nova naselja uz more, te škole, dvorci i crkve. Iz tih je razloga pelagička riba ne samo gospodarstveno važna - zbog količina ukupnog ulova, prerađivačke industrije, kaveznog prehranjivanja tune, nego i zbog socijalnih razloga - broja uključenih ribara.

Opaženo je da je rasprostranjenost srdele pomaknuta više prema hrvatskoj i slovenskoj obali tako da je srdela najvažnija i najzastupljenija vrsta u hrvatskom i slovenskom dijelu Jadrana (Sinovčić *et al.*, 1991). Tijekom pedesetsedmogodišnjeg razdoblja (1950.-2007.) je učešće pelagične ribe u ukupnim lovinama Hrvatske bilo između 29% (1955.) i 96% (1990.), s prosječnom vrijednošću učešća u posljednjem desetgodišnjem razdoblju (1998.-2007.) od 76,9 %. U talijanskom ribolovnom moru je

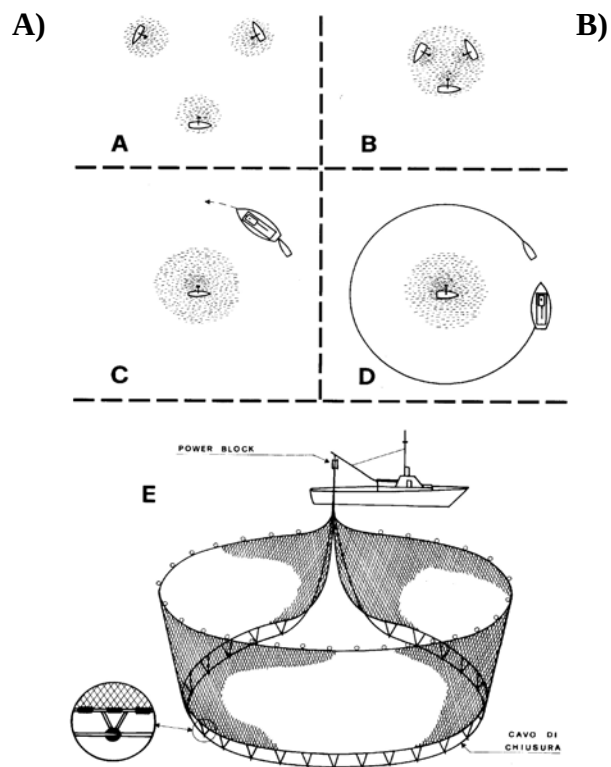
zastupljeniji inćun kojega Talijani inače preferiraju. Lovine srdele su u talijanskim lovinama u razdoblju 1975.-2007. kolebale između 2 201 (2005.) i 59 076 tona (1981.), u posljednjih 10 godina (1988.-2007.) od 2 001 (2005.) do 15 470 tona (1997.). Lovine inćuna su u talijanskim lovinama u razdoblju 1975.-2007. kolebale između 3 375 (1987.) i 57 328 tona (1980.), a u posljednjih deset godina (1998.-2007.) – između 16 256 (2002.) do 35 431 (2007.). Slovenske lovine srdele su u razdoblju 1982.-2007. bile između 252 (2005.) i 6 550 tona (1983.), a u posljednjih deset godina su općenito zabilježeni najniži ulovi u čitavom promatranom razdoblju – lovine srdele su kolebale između 248,6 tone (2007.) i 1 787,8 tona (1998.). Lovine inćuna su u istom razdoblju bile između 51,4 (1997.) i 454 tone (2005.).

Najveći su se ulovi inćuna ostvarivali tijekom ljeta, kada se inćun mrijesti (Sinovčić, 1978., 1992., 1994.b, 2000.a; Sinovčić i Zorica, 2006.; Sinovčić *et al.*, 2007.), što je nepovoljno za populaciju ove vrste, a srdele tijekom jeseni i u proljeće - u vrijeme maturacije i nakon mriješćenja, odnosno u vrijeme migracija, iako je najveći indeks abundacije zabilježen tijekom zimskih mjeseci na istočnoj strani Jadranskoga mora (Alegria Hernandez, 1983.; Sinovčić, 2001a, 2003., 2006.; Sinovčić *et al.*, 2007.), za vrijeme najintenzivnijeg mriješćenja ove značajne vrste (Mužinić, 1954.; Sinovčić, 1983., 1983.-84., 2000b, 2001.a i b; Sinovčić *et al.*, 2003., 2008.).

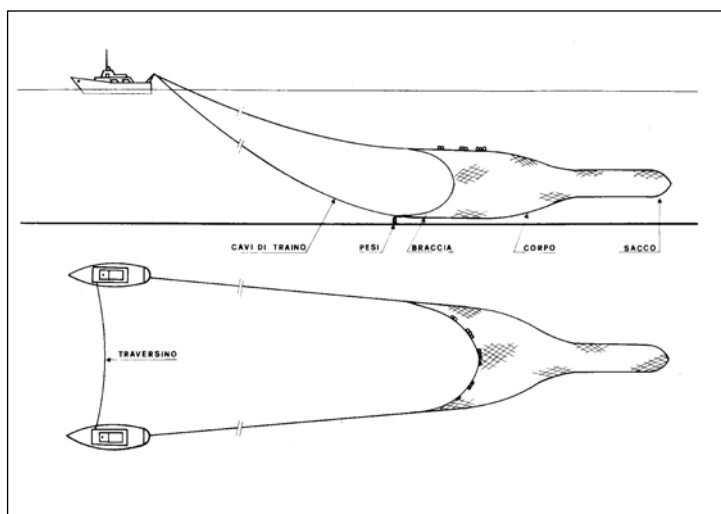


Slika 1. Zemljopisne subregije u Jadranskom moru - GSA 17 i 18

Područja upravljanja u Jadranskom moru su zemljopisne subregije GSA 17 i GSA 18. GSA 17 uključuje sjeverni i srednji Jadran s južnom granicom koju čini spojница sa zapadne strane ušće rijeke Saccina a s istočne hrvatsko-crnogorska granica. Na njega se nastavlja GSA 18.



Slika 2. Ribolov srdele i inćuna plivaricom sa svim fazama ribolova (A) te istresanje ribe iz mreže na palubu ribarskog broda nakon ulova (B)



Slika 3. Ribolov srdele i inćuna pelagičkom kočom

U Jadranskom moru se koriste dva tipa alata za ulov plave ribe: mreže plivarice uz prethodno privlačenje ribe svjetlom, i pelagičke koče koju može za sobom vući jedan ili dva broda (Slike 2. i 3.).

Hrvatska je flota, koja je orjentirana na ribolov sitne pelagičke ribe, raširena uzduž istočnojadranske obale od Umaga do Dubrovnika, talijanska od Trsta do Vieste, slovenska od Pirana do Kopra. U Hrvatskoj se najviše pelagičke ribe lovi od Istre do uključivo srednjodalmatinskih otoka.

3. MATERIJAL I METODE

Uzimanje uzoraka srdele i inćuna (brgljuna) kao i obrada istih temelji se na *Planu rada* iz okvira međunarodnog projekta «*Data collection and biological sampling system on small pelagics in the Adriatic Sea*». Na projektu su radili znanstvenici Hrvatske, Italije, Slovenije i Albanije od 2001.-2005. god. Projekt je uključivao procjenu populacija srdele i inćuna temeljem VPA metode (Virtual Population Analysis /Metoda objektivne analize/), koja je jedna od metoda dinamike populacije, a upotrebljava se u procjenama obilnosti populacija. Bazira se na ustvrđivanju broja jedinki svake dobne grupe koja biva odstranjena ribolovom iz mora tijekom životna ciklusa, što određuje procjenu stvarnog broja jedinki svake dobne grupe koja ostaje u moru. Dobna struktura koja se odražava na otolitima mijenja se tijekom vremena djelovanjem ribolovnih aktivnosti. U modelu se koriste i ostali biološki parametri, uz dužinu i težinu i uz parametre rasta još i dužinsko-maseni odnos, postotno učešće pojedinih dobnih grupa u ukupnoj količini ulova, srednja težina ribe pri određenoj starosti, ukupni ulov i broj jedinki po kilogramu težine,

koeficijenti smrtnosti: ukupna, prirodna i ribolovna, te nivo iskorištavanja. VPA metoda je prihvaćena širom svijeta i koristi se već desetljećima. Mada vrlo zahtjevna, posebno je cijenjena jer je jedna od rijetkih metoda procjena populacija koja koristi veliki broj značajnih bioloških parametara (dužina, masa, starost, stadiji zrelosti gonada, ukupna i prirodna smrtnost, koeficijent rasta, najveća moguća dosegnuta dužina i masa tijekom života ribe, nivo iskorištavanja). Međutim, zbog potrebe korištenja znatnog broja bioloških parametara, složenosti postupaka, potrebnog velikog znanja i znanstvenog iskustva, neki je rjeđe koriste dajući prednost mnogo jednostavnijim metodama – jer ne koriste biološke parametre do kojih je mukotrpno doći. Međutim, ove jednostavnije metode su manjkave jer ne uzimaju u obzir biološke značajke populacije ispitivane vrste kao objekta istraživanja. K tome su i puno skuplje jer se temelje na korištenju skupih uređaja.

U cilju uhodavanja metodologije, održano je i nekoliko međunarodnih radionica. Radionica o biološkom uzorkovanju je održana u Institutu za oceanografiju i ribarstvo u Splitu.

Uzorkovanje komercijalnih lovina se obavljalo u lukama iskrcaja lovina, koji punktovi su određeni kroz AdriaMed projekt, a način uzorkovanja, sakupljanja podataka je koherentan s metodologijom primijenjenoj u ranije obavljenim i objavljenim zajedničkim radovima znanstvenika Albanije, Hrvatske, Italije i Slovenije (Cingolani *et al.*, 2003. *a i b*, 2004. *a i b.*, 2005. *a i b*). Luke iskrcaja lovina su u Italiji: Trst, Chioggia, Porto Galibardi, Cesenatico, Cattolica, Ancona, u Sloveniji: Izola a u Hrvatskoj: Rovinj, Zadar i Postira. Na hrvatskoj strani Jadrana se još uzimaju i uzorci iz Kaštelanskog zaljeva, iz šireg područja Rijeke kao i šireg područja otoka Brača,

Hvara, Korčule, Visa i Dugog otoka. Također su se jednom mjesečno uzimali uzorci iz estuarija. Istraživanje u estuarijima se provodilo zbog istraživanja novačenja, mogućnosti uočavanja moguće pojave i praćenja snažne dobne klase, koja se naknadno odražava na biomasu, odnosno ulov u nadolazećim godinama. Na taj se način nastojalo ostvariti što potpuniji uvid u ukupnu strukturu populacija ispitivanih vrsta. Mjesto ulova u odnosu na rezultate analiza je irelevantno. Bitno je bilo u analize uključiti što šire područje istraživanja iz GSA 17 radi što bolje zastupljenosti što šireg dužinskog, starosnog i masenog raspona vrsta. Postojanje organiziranih, veleprodajnih punktova (veletržnica) kao što je slučaj u Italiji ili pak u Sloveniji bi i u Hrvatskoj olakšalo preuzimanje ribe i organizaciju poslova na prikupljanju uzoraka, što, nažalost, ni do danas nije u funkciji.

Obrada uzoraka se obavljala na način da se jednom mjesečno iz svakog od glavnih mjesta iskrcavanja izdvojila po jedna kašeta srdele i inćuna iz koje se zatim analizirala svaka pojedinačna jedinka ribe. Uzorci lovina srdele i inćuna su analizirani obzirom na dužinu (točnost 0,1 cm) i masu (točnost 0,01g), pri čemu je totalna dužina ribe svrstavana u polucentimetarske razrede i svedena na donju granicu dužinskih razreda. Sekcijom glave ribe su iz baze lubanje vađeni otoliti na kojima se odražava rast ribe, i pohranjivani pod određenim rednim brojem u plastične flakone. Naknadno se iz otolita pomoću binokularne lupe očitavala starost svake pripadajuće jedinke. Seciranjem trbušne šupljine, pregledom gonada je određivan spol ribe. Spol je određen makroskopski na temelju oblika, izgleda i strukture gonada (Sinovčić, 1978., 2000. a; Sinovčić *et al.*, 2006., 2008.). Određivani su stadiji zrelosti gonada pomoću makroskopske skale (Sinovčić, 1978., 1998., 2000. a; Sinovčić *et al.*, 2008.).

Budući da se inćun mrijesti tijekom ljetnih mjeseci (Sinovčić, 1978., 1992., 2000a.), prema dogovoru je 1. lipnja uzet kao datum početka računanja dobi inćuna, a 1. siječnja za srdelu, budući da se tada odvija najintenzivnije mriješćenje srdele (Sinovčić, 1983.-84.; 1984., 2001. b.). Odnos između totalne dužine (LT) i mase (W) je ispitan pomoću GM funkcionalne regresije (Le Cren, 1951.): $\log W = \log a + b \log LT$.

Uzimali su se podaci o mjesečnim ulovima brodova (ulovi po brodovima su vođeni šifrirano) i analizirali njihovi mjesečni ulovi. Vrste riba su se također vodile pod šiframa, isto kao i luke iskrcaja.

Kod srdele i inćuna se analizom stadija zrelosti gonada došlo do minimalnih dužina spolnog sazrijevanja i vrijednosti pri kojoj je 50%, ili čak u postotku i više od polovine populacije spolno zrelo. Takvi parametri su bitni pri određivanju minimalne lovne dužine. Ispod takvih znanstveno utvrđenih dužina se jedinke ne bi smjelo loviti. Na takav način ih zaštitujemo omogućivši im da se barem jedanput izmrijeste. U tu su svrhu analizirane jedinke koje su imale najnaprednije stadije zrelosti gonada (stadiji V i VI) u vrijeme maksimalne spolne aktivnosti - u prosincu za srdelu te u lipnju za inćuna. Vrijednosti krivulja su izračunate prema jednadžbi: $P_{(x)} = \frac{a}{1 + e^{b+cx}}$, u kojoj je $P_{(x)}$ proporcija spolno zrelih jedinki u odnosu na nezrele za svaki dužinski interval, prosječna dužina svake dužinske grupe; a , b i c su konstante.

Asimptotska vrijednost dužine (L_{∞}) i koeficijent rasta (K) su se izračunali iz srednjih vrijednosti dužina svake pojedine dobne grupe a estimativne vrijednosti su se računale prema jednadžbi von Bertalanffy-a koja je modificirana prema Beverton-u i Holt-u (1956). (L_t): $L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]$, gdje K označava koeficijent rasta a t_0 =

teoretsku starost pri dužini ribe L_t , (starost formiranja otolita). Vrijednost t_0 je izražena jednačinom: $t_0 = t + 1/K \ln (L_\infty - L_t) / L_\infty$.

Koeficijent ukupne smrtnosti (Z) se izračunao izrazom Beverton-a i Holt-a (1956.): $Z = \frac{K(L_\infty - \bar{L})}{\bar{L} - L'}$, gdje K i L_∞ su konstante iz von Bertalanffy-eve jednačine rasta, odnosno L_∞ je asimptotska vrijednost dužine a K koeficijent rasta, $\bar{L}$ = srednja vrijednost dužine ribe određene dobne grupe, dok L' = je najmanja dužina ribe u uzorku.

Koeficijent prirodne smrtnosti je dobiven jednačinom Pauly-a (1980.):

$\ln M = -0,0152 - 0,279 \ln L_\infty + 0,6543 \ln K + 0,463 \ln T$, Taylor-a (1959.): $M = 0.996/A_{0.95}$ i

Richter–Efanov-a (1976.): $M = \frac{1.521}{X^{0.72}} - 0.155$, gdje T označava prosječnu temperaturu

mora, A starost pri kojoj vrsta dostiže 95% svoje maksimalne dužine, X je starost pri kojoj je glavina populacije potpuno spolno zrela. Koeficijent ribolovne smrtnosti (F) je izračunat temeljem razlike između ukupne (Z) i prirodne smrtnosti (M), a razina iskorištavanja (E) je dobivena iz izraza Beverton-a (1963.): $E = F/Z$. Evidentiran je ulov po brodovima. Ribolovni napor je standardiziran (Santojani *et al.*, 2002.) upotrebom generaliziranog linearnog modela kao što su sugerirali Hilborn i Waters (1992.).

Procjena populacije srdele i inćuna je izvedena upotrebom VPA (Virtual Population Analysis) metode, koja je metoda dinamike populacije bazirana na analizama starosne učestalosti u ukupnim lovinama (Hilborn i Waters, *ibid.*). Kombinacijom ovog ribolovnog napora s odgovarajućim ulovom, ulov po jedinici napora je dobiven za istu flotu.

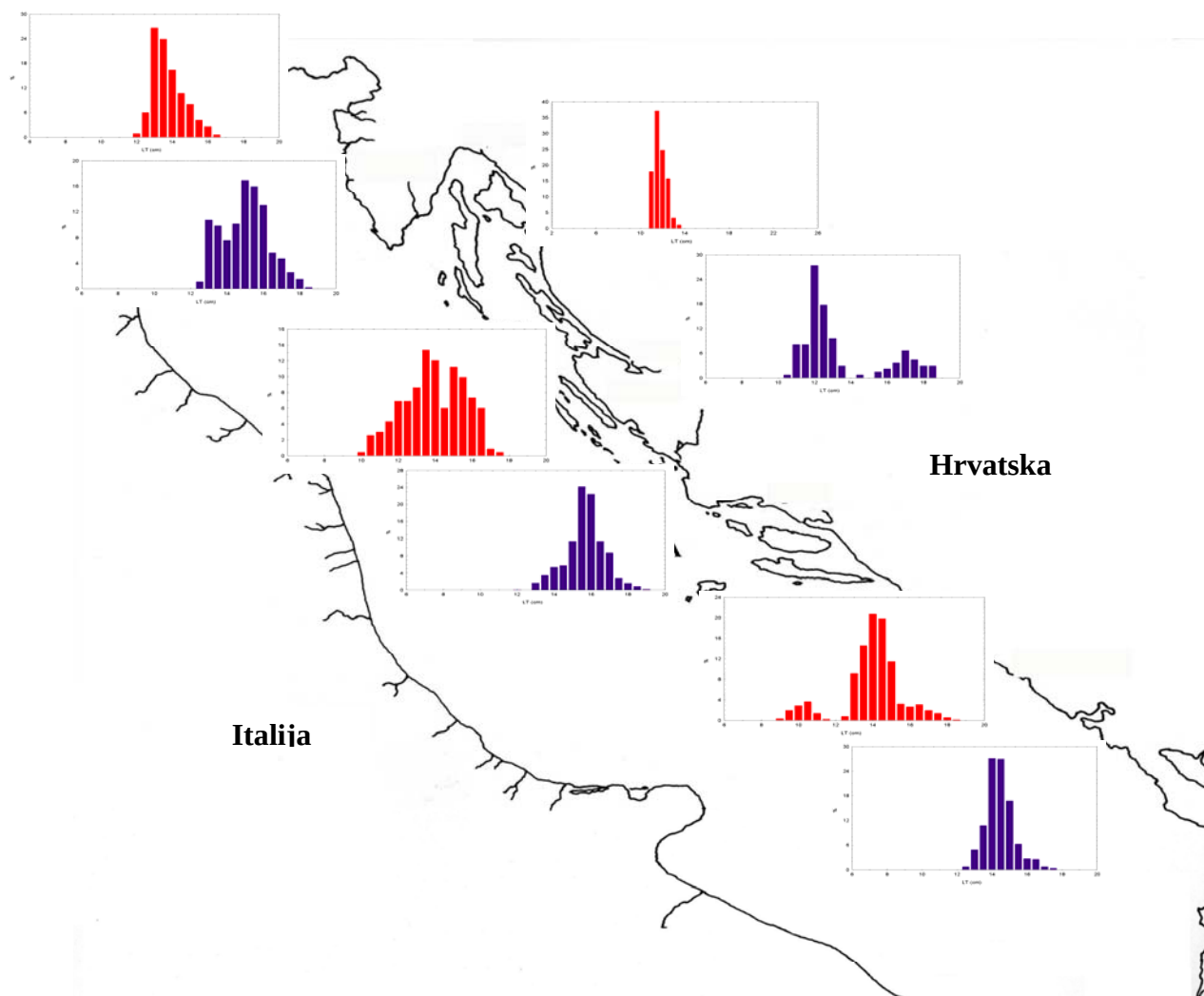
Pojedinačno, ulovi su raspoređeni u starosne grupe, tako da je dobiven ulov po jedinici napora po starosti, jer se ova metoda temelji na pristupu određivanja broja jedinki svake dobne skupine koja biva odstranjena kroz životni ciklus, što određuje procjenu stvarnog broja jedinki svake dobne skupine. Pri procjeni se koristila verzija 3,2 sofosa paketa MAFF-VPA (Ministry of Agriculture, Fishery and Food UK) (Darby i Flatman, 1994.).

4. REZULTATI I DISKUSIJA /srdela/

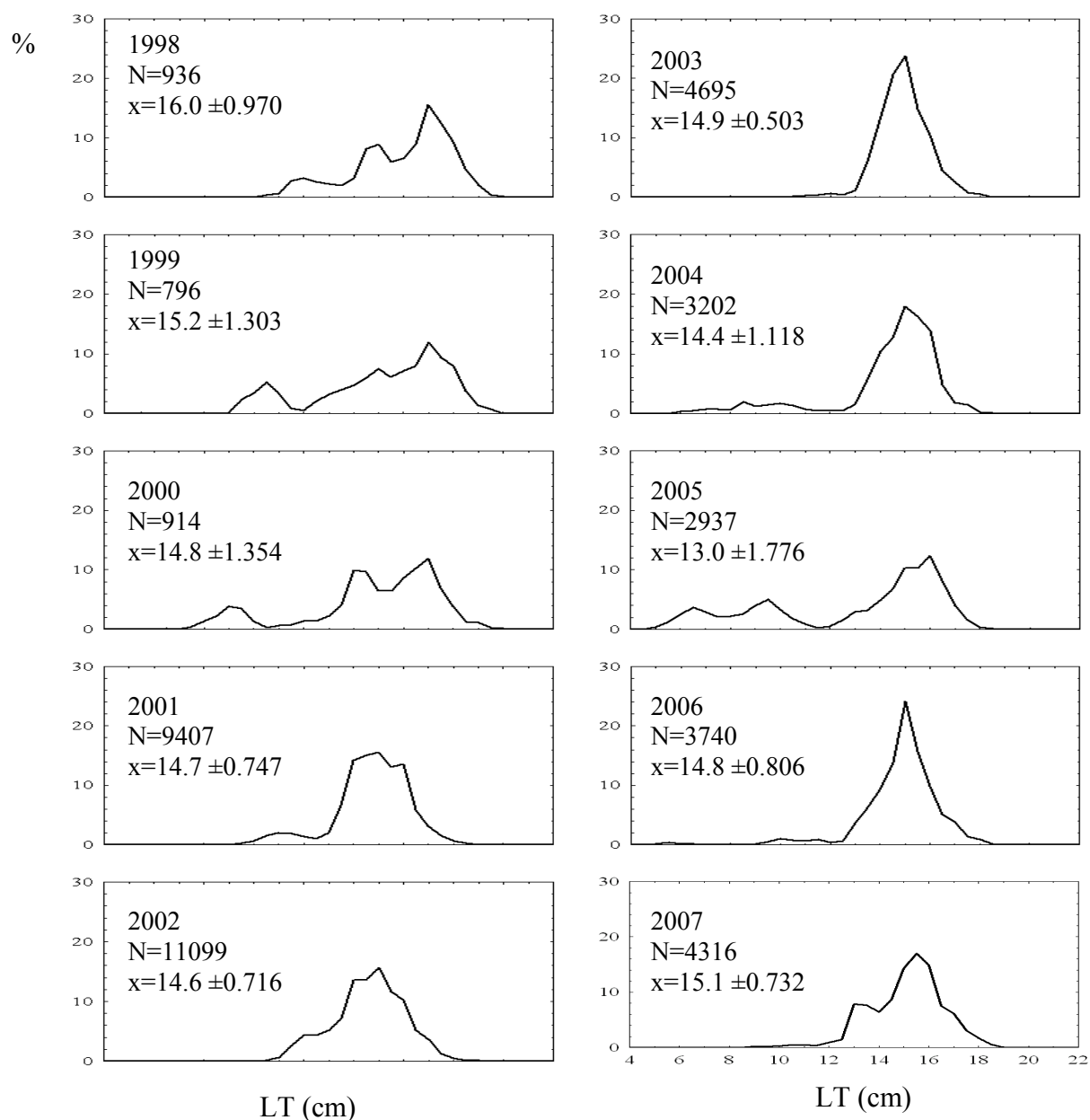
4.1. Dužinska i dobna struktura srdele

Dužine analiziranih jedinki su bile raspona između 7,5 i 19,5 cm. Iz slikovnog prikaza (Slika 4.) je evidentno da je riba najmanjih dužina koja je ujedno i najmlađa, bila evidentirana u području estuarija. Najveća i najstarija srdela je potjecala iz lovina koju su ostvarivali ribari na otvorenu moru. Najizrazitija dužinska i starosna heterogenost srdele je zabilježena u području sjevernog Jadrana i estuarija, najmanja u području otvorenog mora srednjeg Jadrana.

Ukoliko promatramo raspodjele dužina srdele u svakoj pojedinačnoj godini istraživanja posljednjeg desetgodišnjeg razdoblja, tada vidimo da su se njihove prosječne dužine u pojedinačnim uzorcima kretale u cjelini u uskom rasponu - između $13,0 \pm 1,776$ i $16,0 \pm 0,970$ (Slika 5.). Isto tako je evidentno da se tijekom posljednjih 10 godina, koje je razdoblje dulje od čitava životnog ciklusa srdele, nije u Jadranskom moru pojavila ni jedna snažna dobna grupa koja bi mogla znatnije utjecati na porast biozaliha (biomasa) ove vrste, te posredno i na njezin ulov u nadolazećim godinama, što je biološki zabrinjavajuće.



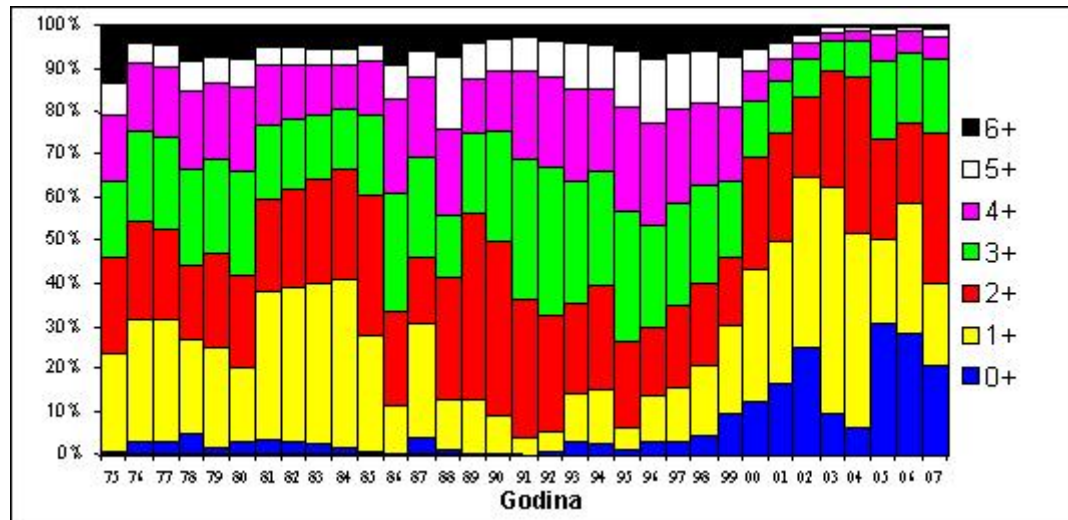
Slika 4. Dužinska raspodjela sredele *Sardina pilchardus* u Jadranskom moru po područjima tijekom 2007. god.



Slika 5. Dužinska raspodjela srdele *Sardina pilchardus* iz uzoraka lovina ostvarenih u Jadranskom moru tijekom razdoblja 1998.-2007. god.

Prosječne vrijednosti dužine su uglavnom bile između od 14,4 i 15,2 cm izuzev u 1998. god. kada je zabilježena najveća prosječna dužina ($16,0 \pm 0,970$), te 2005., kada je zabilježena najmanja prosječna dužina srdele ($13,0 \pm 1,776$) ali i

najveći raspon dužina (od 5,0 do 19,0 cm). Najmanji je raspon dužina zabilježen 2003. god (od 10,0 cm do 19,5 cm) te 1998. god. 10,5 do 20,0 cm). Modalne dužine su najčešće bile od 15,0 cm (2001.-2004. te 2006.), zatim od 15,5 cm (2007.) te od 17,0 cm (1998.-2000.)(Slika 5.).



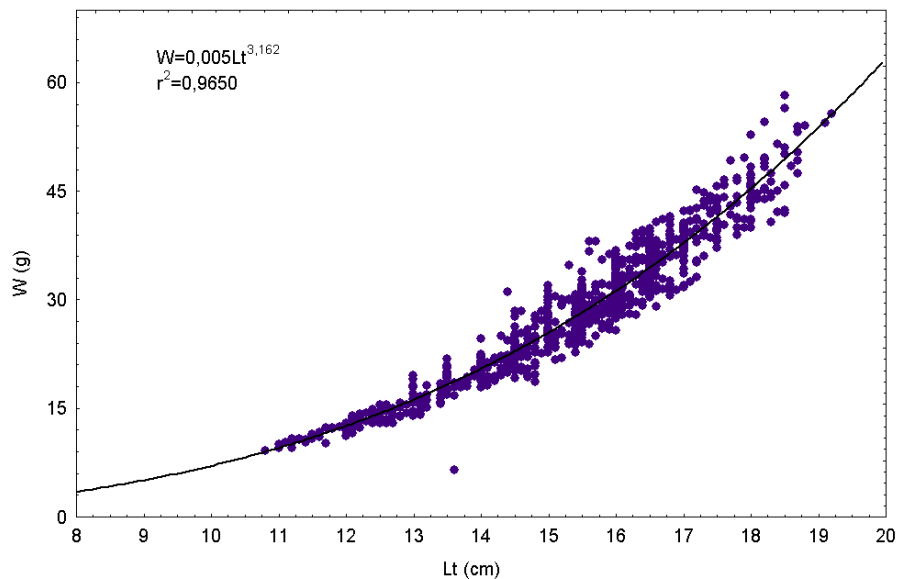
Slika 6. Dobna raspodjela srdele *Sardina pilchardus* iz uzoraka lovina ostvarenih u Jadranskom moru tijekom razdoblja 1975. - 2007.

Kolebanje starosne strukture srdele u Jadranskome moru kroz čitavo promatrano razdoblje je prikazano na slici 6. iz koje je očito da je posljednjih godina zabilježena slaba zastupljenost srdele starijih godišta: 5+ i posebice 6+ <.

4.2. Dužinsko-maseni odnos srdele

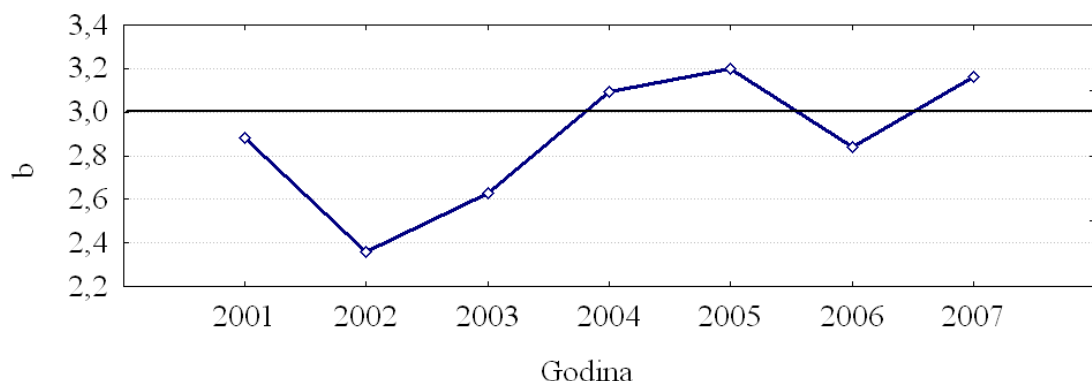
Temeljem dužinsko-masenog odnosa srdele izraženog jednadžbom: $W = 0,005 L^{3,162}$ ($r^2=0,9650$) ustvrđena je pozitivna alometrija ($b=3,162$) (Slika 7.) –

proporcionalno veći maseni od dužinskog rasta, koje vrijednosti su inače kolebale iz godine u godinu (Slika 8.), što je u skladu s ranijim istraživanjima (Sinovčić, 1984., 2001.b; Sinovčić *et al.*, 2004.b). Koeficijent a dužinsko masenog odnosa srdele je u 2007. iznosio 0,005 a koeficijent determinacije (r^2) između dužine i mase srdele bio vrlo visok i značajan ($r^2 = 0,9650$).



Slika 7. Dužinsko (L) – maseni (W) odnos srdele *Sardina pilchardus* iz uzoraka lovina ostvarenih u Jadranskom moru tijekom 2007.

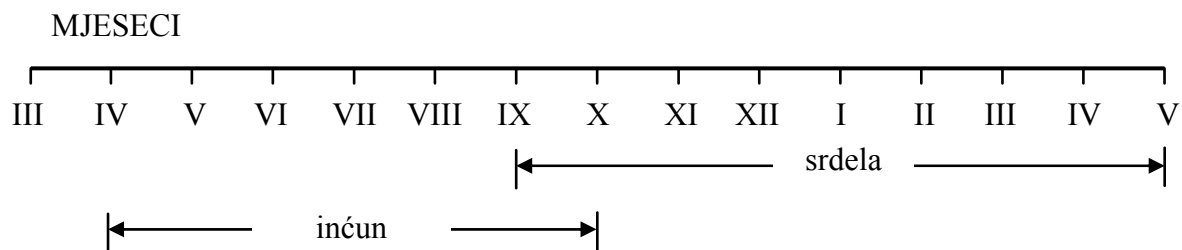
Međutim, alometrijski indeks dužinsko-masenog odnosa se mijenjao tijekom promatranog razdoblja 2001.– 2007. ukazujući i na negativnu alometriju u dužinsko-masenom odnosu srdele tijekom 2001.-2003. i u 2006. god. ali i na pozitivnu alometriju u 2004., 2005. i u 2007. godini.



Slika 8. Kolebanje alometrijskog indeksa b srdele iz uzoraka lovina ostvarenih u ribolovnom moru Hrvatske tijekom razdoblja 1998.-2007.

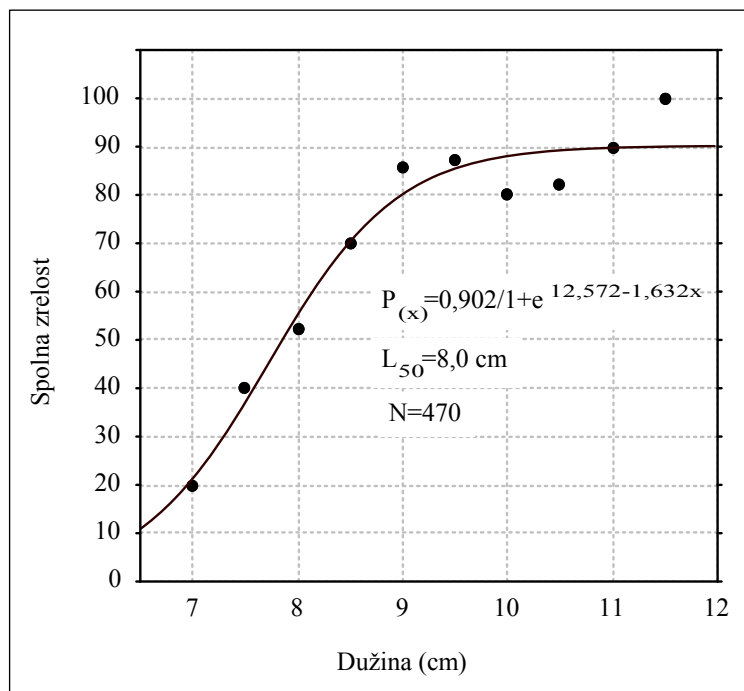
4.3. Dužina prvog spolnog sazrijevanja srdele

Analiza podataka o stanju gonada obuhvaća slijed mjesečnog kretanja gonada mužjaka i ženki srdele tijekom godine. Na taj se način došlo do podataka o trajanju spolnog ciklusa srdele (Slika 9.) iz kojih je očito da je spolni ciklus u ovoj godini započeo u rujnu i trajao do svibnja. Najintenzivnije je mriješćenje (stadiji zrelosti gonada V i VI) bilo tijekom studenog, prosinca, siječnja i veljače.



Slika 9. Vrijeme mriješćenja srdele i inćuna

Temeljem stvarnih vrijednosti učešća najnaprednijih stadija zrelosti gonada (V i VI) u pojedinim dužinskim razredima srdele su izračunate najmanje dužine pri kojima je 50% ili više u postotku ($50\% \leq$) populacije srdele bilo spolno zrelo. Takvi parametri su bitni pri određivanju minimalnih lovni dužina ispod kojih dužina je jedinke srdele zabranjeno loviti. Na takav način zaštitujemo i najmlađe adultne jedinke omogućavajući im da se barem jedanput izmriju.



Slika 10. Dužina prvog spolnog sazrijevanja (učešće najnaprednijih stadija zrelosti gonada) srdele *Sardina pilchardus* iz uzoraka lovina ostvarenih u estuarijima hrvatskog dijela Jadranskog mora tijekom njezina maksimalnog mriještenja

U svrhu određivanja minimalnih dužina prvog spolnog sazrijevanja su analizirane jedinke koje su imale najnaprednije stadije zrelosti gonada (stadiji V i VI) u vrijeme maksimalne spolne aktivnosti, a to je u prosincu za srdelu te u lipnju za

inćuna. Iz izračunatih i stvarnih vrijednosti prikazanih na slici 10. je očito da je 50% populacije srdele bilo spolno zrelo kod 8,0 cm, a 80% kod 9,0 cm, a 90% kod 11,0 cm. Najmanje spolno zrele jedinke su zabilježene u dužinskom razredu od 7,0 cm. To se događa pri kraju prve godine života, što se slaže s dosadašnjim rezultatima istraživanja (Sinovčić, 1983., 1983.-84., 1984.; 1990., 2001.*a* i *b*; Sinovčić *et al.*, 2003.).

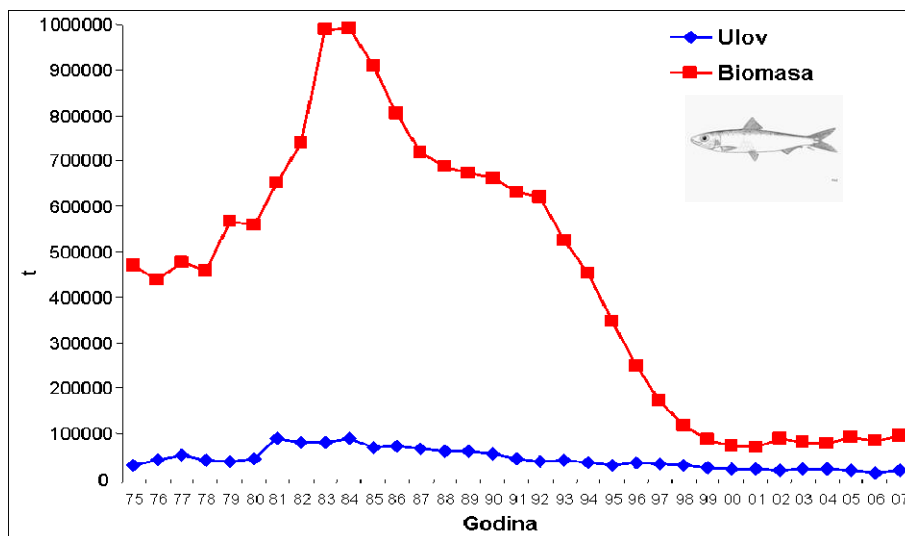
Ove su dužine korištene kod donošenja Naredbe o zaštiti riba i drugih morskih organizama Zakona o morskom ribarstvu, gdje su dane minimalne dužine gospodarstveno najvažnijih vrsta, ispod kojih dužina je određene vrste zabranjeno loviti. Minimalna lovna dužina za srdelu je 10,0 cm. K tome je od 15. prosinca 2006. uvedena vremenska zabrana korištenja ribolovnih alata za ulov plave ribe od 15. prosinca do 15. siječnja, kada se srdela intenzivno mrijestila. Vrijeme najintenzivnije spolne aktivnosti se mijenja iz godine u godinu u ovisnosti od kolebanja čimbenika sredine (Sinovčić, 1994.*b*, 1995.; Sinovčić i Alegria, 1997.)

Izračunale su se vrijednosti parametara rasta srdele. Oni su iznosili kako slijedi: koeficijent rasta srdele $K=0,5$; asimptota njezine dužine $L_{\infty}=20,5$ i mase $W_{\infty}=66,6$ te starost pri formiranju otolita $t_0=-0,5$.

4.4. Procjena populacije srdele

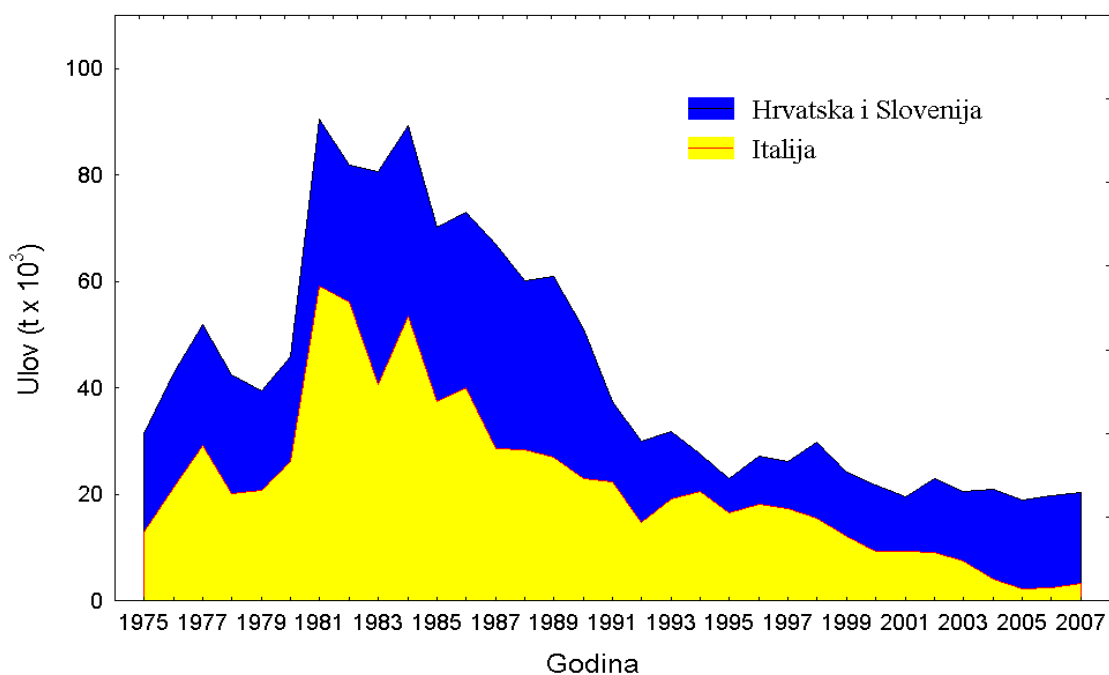
Metoda VPA se temelji na konceptualnom pristupu da broj jedinki svake dobne grupe koja se ribolovom odstranjuje iz naselja predočava stvarni broj jedinki istih dobnih grupa u moru. U svrhu procjene obilnosti populacije srdele su se koristili svi prethodno navedeni parametri. VPA metoda je osjetljiva na točnost ustvrđivanja

prosječne dužine svake dobne grupe, a manje glede koeficijenata smrtnosti (Pelletier, 1990.). Ipak, da bi se što više izbjegle proračunske greške, koeficijent prirodne smrtnosti (M) smo računali temeljem tri metode, metodom Pauly-a (1980), Taylor-a (1959.) i Richter-Efanov-a (1976.). Pri ocjeni prirodne smrtnosti se upotrebljavala prosječna vrijednost temeljena uporabom navedenih metoda zbog smanjenja moguće greške, mada pogreške mogu biti prisutne i kao posljedica migracija ove vrste. Stoga su uzorci uzimani tijekom čitave godine na širokom području subregije GSA 17 obuhvaćajući uzorcima lovina čitavo područje. Time se, gledajući u cjelini, učinak migracija gubi te su na taj način pogreške svedene na najmanju moguću mjeru. Uključivanjem svih izračunatih parametara je procijenjena biomasa populacije srdele u Jadranskom moru (GSA 17), a iznosi su prikazani na slici 11.



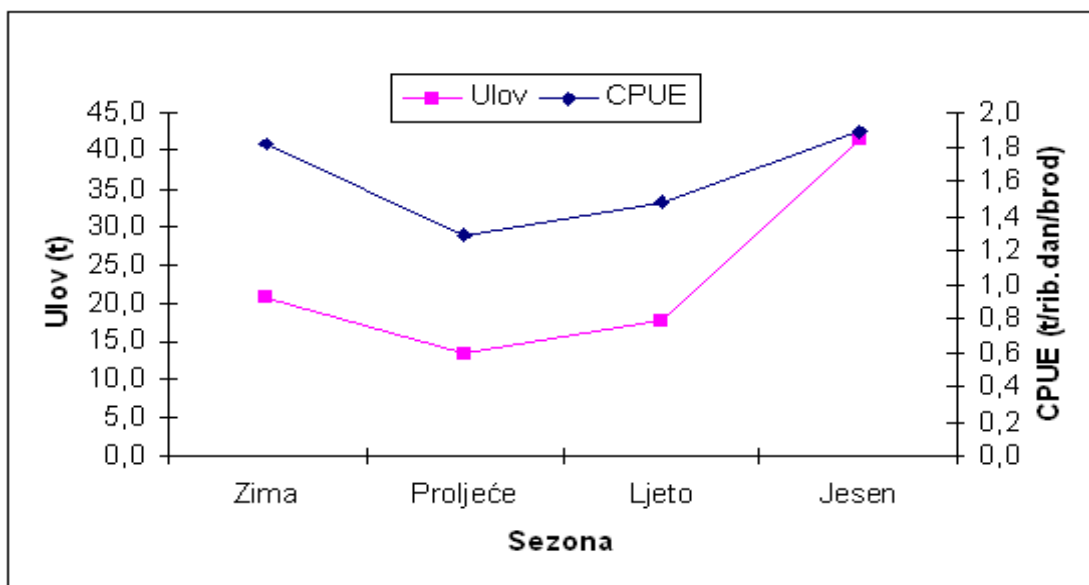
Slika 11. Fluktuacije procijenjenih količina (biomase) srdele u Jadranskom moru.

Kako je prethodno navedeno, godišnje su ukupne lovine srdele u čitavu Jadranskom moru kolebale između 18 974,1 tonu ulovljenu tijekom 2005. god. i 89 213 tona koje su ulovljene tijekom 1984. god. Ako promatramo kolebanje lovina srdele u hrvatskom dijelu Jadranskoga mora, tada vidimo da su one kolebale između 6 377 tona ostvarenih u 1995. god. do 40 044 tone ostvarene tijekom 1983. god. U posljednje četiri godine (2004.-2007.) lovine su u Hrvatskoj kolebale oko iznosa od cca 16 000 tona. Italija i Slovenija su ostvarile najniže iznose lovina tijekom tri posljednje godine (2005. - 2007. god.). U tom su se razdoblju lovine Italije kretale od 2 201 (2005.) do 3 179 tona (2007.) a lovine Slovenije između 252,1 (1005.) i 297,7 (2006.) tona (Slika 12.). Ovakvi ulovi su odraz biomase srdele u čitavu Jadranu (Slika 11.).

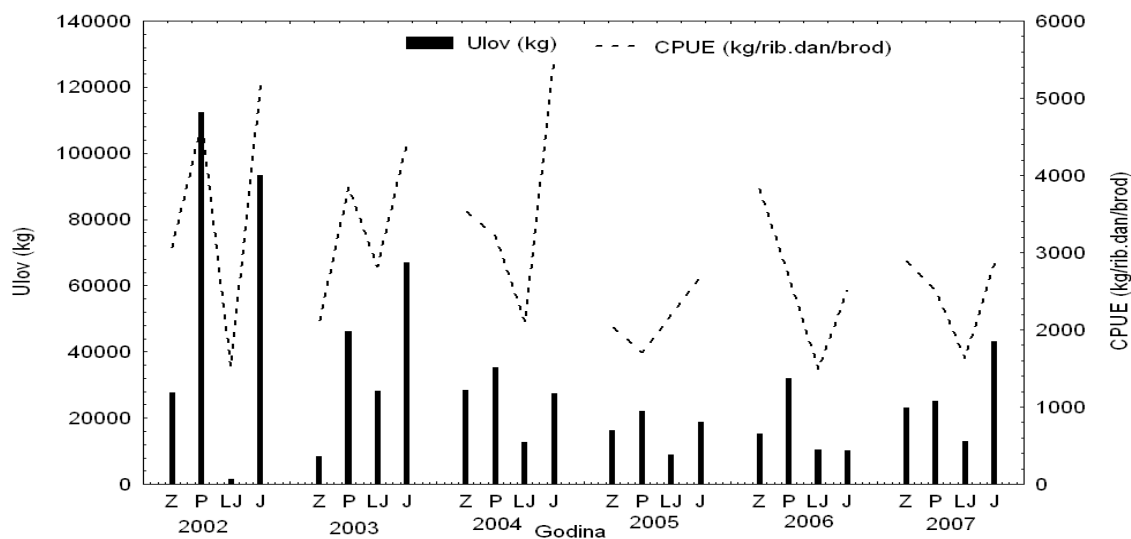


Slika 12. Kolebanje lovina srdele u ribolovnim područjima Italije, Hrvatske i Slovenije prikazane zajedno, te ukupno tijekom razdoblja 1975.-2007.

Gustoću naselja najbolje odražava indeks abundancije (*CPUE*) koji je pokazao sezonski karakter fluktuacija tijekom razdoblja 2002.-2007. (Slike 12. i 13.a i b). Najveća gustoća naselja (ulov/brod/rib.dan) je opažena u jesen i zimi, u vrijeme predmaturacije, maturacije i mriješćenja srdele, što nije dobro za populaciju srdele. Najniže vrijednosti gustoće su zabilježene ljeti i u proljeće, u vrijeme mirovanja u njezinu spolnom ciklusu, u koje vrijeme su ostvarene i najniže lovine ove značajne pelagičke vrste. Ukoliko promatramo godišnja kolebanja ukupnih iznosa ulova po jedinici napora (*CPUE*) tada vidimo da su oni postepeno opadali tijekom razdoblja 2002.-2007., utječući istovremeno na ostvarene lovine tijekom istog razdoblja (Slika 13.b).



Slika 13a. Sezonsko kolebanje prosječnih vrijednosti indeksa abundancije (*CPUE*) (—◆—) i lovina srdele (—■—) (razdoblje 2002. - 2007.) iz uzoraka lovina hrvatskog dijela Jadranskog mora.

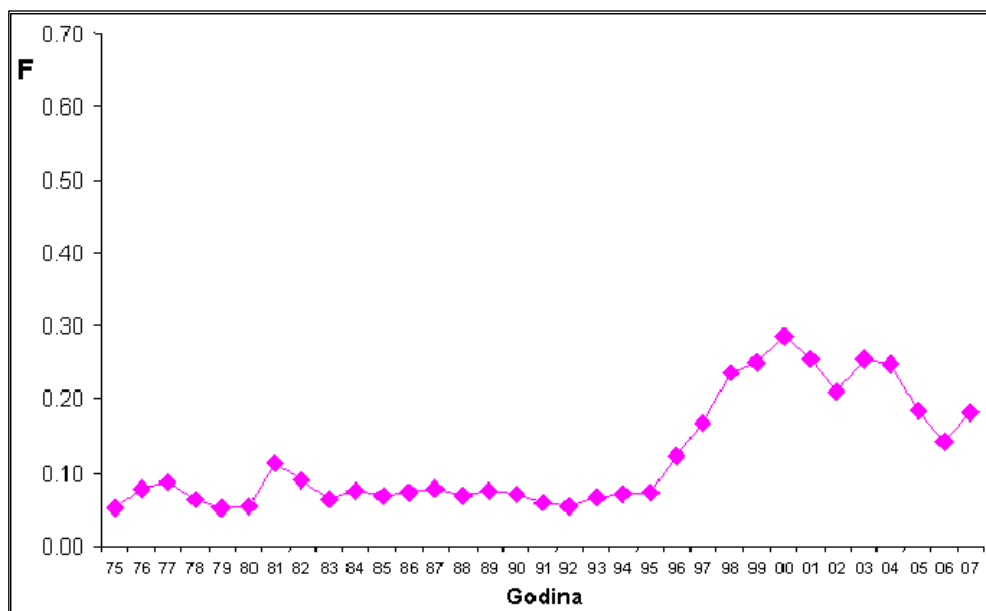


Slika 13b. Sezonsko kolebanje indeksa abundancije (CPUE) (---) i lovina srdele (■) iz uzoraka lovina ostvarenim u hrvatskom dijelu Jadranskog mora u svakoj godini istraživanja u razdoblju 2002. - 2007.

Kako je prethodno navedeno, tijekom izvođenja VPA programa se koristio Laurec-Shepherd modificirani model (Laurec i Shepherd, 1983.; Pope i Shepherd, 1985.) s ustvrđenim iznosima godišnjeg ribolovnog mortaliteta (F) za najstariju starosnu skupinu, tj. 6+<. Procjena ovog parametra je dobivena iz razlike ukupne (Z) i prirodne smrtnosti (M).

Prirodna smrtnost izračunata kao srednja vrijednost iz iznosa izračunatih pomoću jednadžbi Pauly-a (1980), Taylor-a (1959.) i Richter-Efanov-a (1976.).

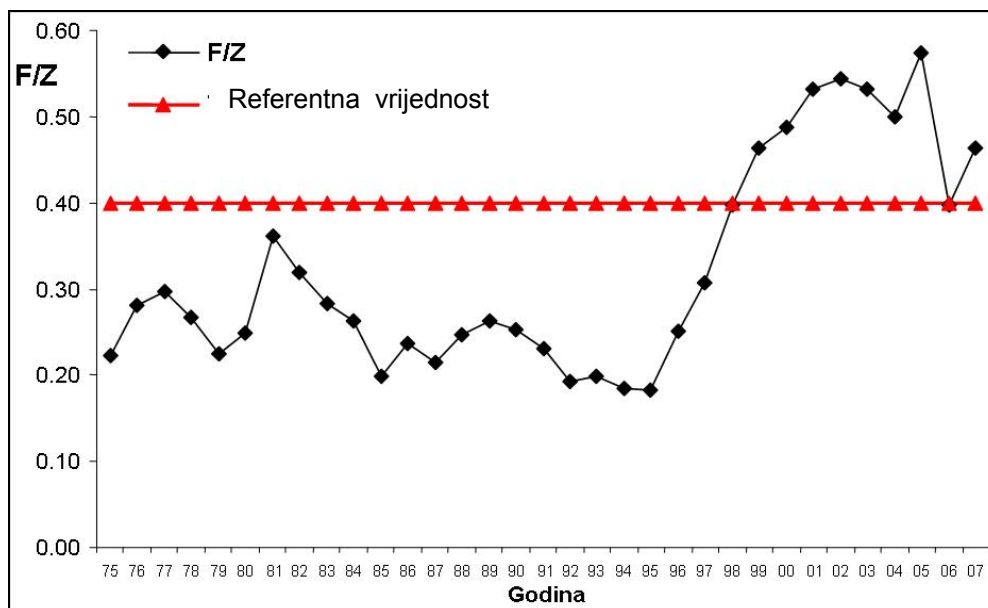
Izračunata je vrijednost iznosila $M = 0,6$ što je u skladu s ranijim istraživanjima (Sinovčić, 1991., 2001.b). Pretpostavilo se da je godišnja lovnost po svakoj dobnoj skupini konstantna kroz čitavo vremensko razdoblje.



Slika 14. Kolebanje ribolovne smrtnosti srdele u Jadranskomu moru tijekom razdoblja 1975.- 2007.

Nisu evidentirani trendovi u razlikama između logaritma lovnosti po dobnoj skupini i očekivanog proizašlog iz VPA programa. Kako nema potpuno podesne metode za procjenu godišnjeg ribolovnog napora za najstariju dobnu grupu, izračunata je srednja vrijednost za najstarije dobne grupe, koja se odnosila na period 1998.-2007. uz pretpostavku da je bila jednaka za sve dobne grupe. Kolebanje ribolovne smrtnosti je prikazano na slici 14.

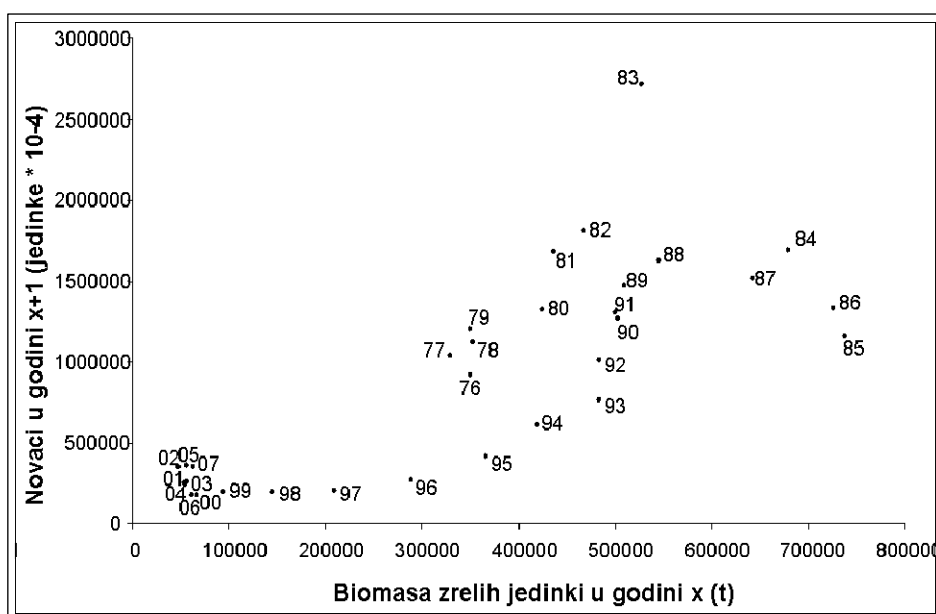
Temeljem izračunatih vrijednosti koeficijenta ukupne smrtnosti (Z) i prirodne smrtnosti $M=0,6$ je dobiven godišnji koeficijent ribolovne smrtnosti, iz kojih se vrijednosti dobio nivo eksploatacije ($E=F/Z$).



Slika 15. Kolebanje nivoa iskorištavanja srdele u Jadranskom moru tijekom razdoblja 1975.-2007.

Izračunate vrijednosti nivoa eksploatacije (E) se nalaze na slici 15. gdje je prikazano kolebanje njegovih godišnjih iznosa počevši od 1975. god. Oni su uspoređeni s vrijednošću 0,4 (Patterson, 1992.) kao referentne vrijednosti za ove vrste sitne pelagičke ribe. Iz navedenog slikovnog prikaza se vidi da je nivo eksploatacije fluktuirao između 0,19 (1995. god.) i 0,37 (1981. god.), koje vrijednosti su bile ispod referentnih vrijednosti. U 1998. god. je taj iznos bio neznatno ispod referentne vrijednosti, dosegnuvši najviše iznose nakon tog razdoblja. Vrijednosti veće od 0,4 zabilježene u razdoblju 1999.-2007. ukazuju na veće iskorištavanje nego što bi to trebalo biti dozvoljeno.

Iz slike kolebanja ribolovne smrtnosti, kao i slike kolebanja nivoa eksploatacije je evidentno da su ribolovna smrtnost kao i nivo eksploatacije srdele bili posebno visoki krajem 1990.-tih te sve do 2007. god. Tijekom 2006. god. su bili u okviru graničnih vrijednosti a 2007. su porasli. Vrijednosti blizu praga su dobivene godinu prije opadanja biomase srdele, i u godini kada je nivo eksploatacije bio blizu praga uz istovremeni blagi porast veličine populacije srdele.



Slika 16. Novačenje (obnavljanje) populacije srdele u Jadranskom moru tijekom razdoblja 1975. - 2007.

Istovremeno promatrajući i iznose novaka, odnosno novačenje ili obnavljanje (regruatcija) populacije srdele (Slika 16.) ulazom mladih jedinki u stok ove vrste, vidimo da je ono bilo snažno tijekom 80.-tih godina prošloga stoljeća, a posebno snažno sredinom osamdesetih. Najniži iznosi su zabilježeni u posljednjim godinama

opažanja, slično kao što je bilo u 90.-tim godinama prošlog stoljeća. Kako je istovremeno biomasa populacije srdele u posljednje vrijeme prilično niska (Slika 11.), o tome bi itekako trebalo povesti računa, posebice ako se uzme u obzir posljednje razdoblje, kada je novačenje ove gospodarstveno vrlo važne vrste bilo izrazito slabo.

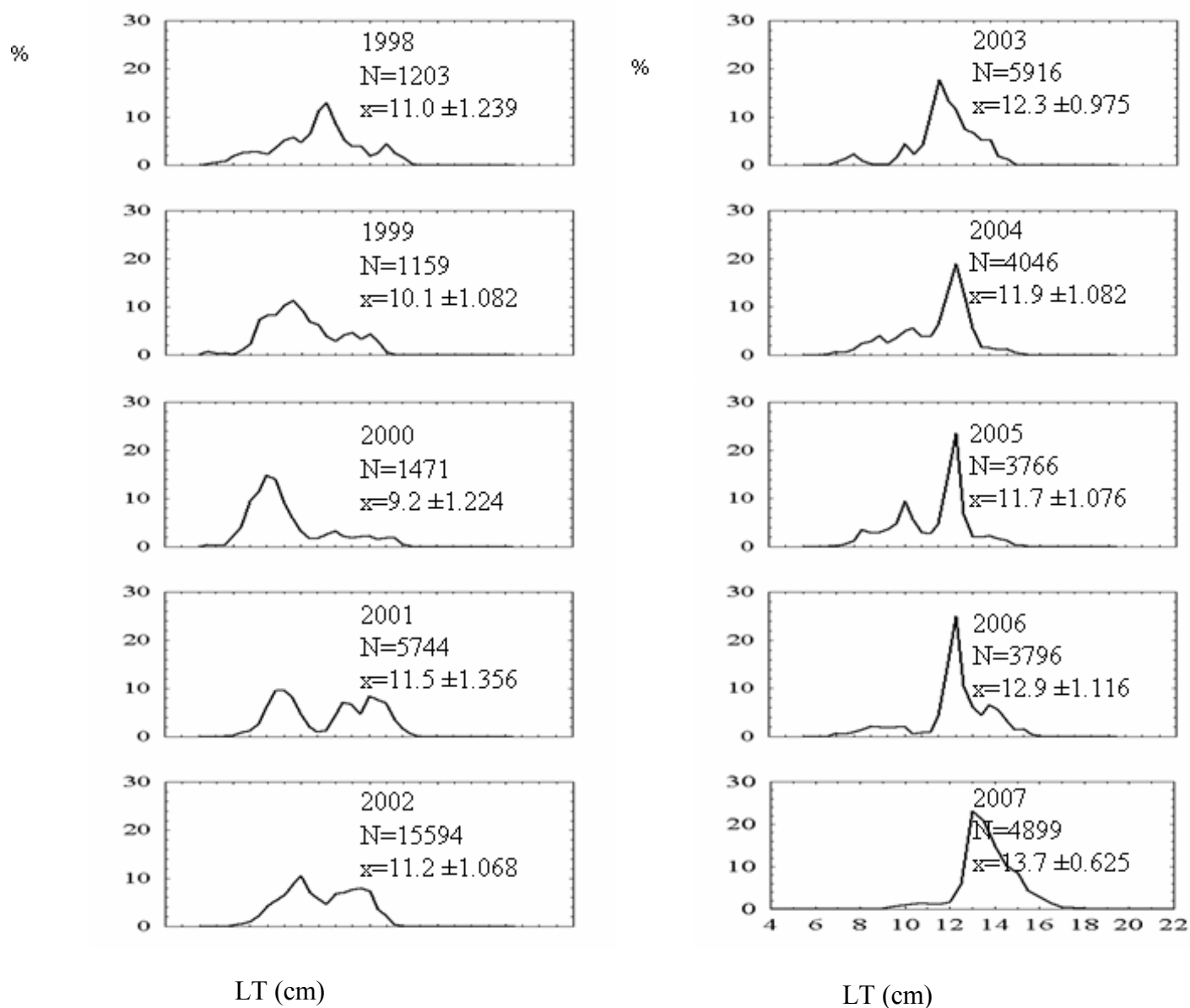
Trendovi ulova srdele ukazuju na znatnu sličnost s trendovima izračunatih vrijednosti veličine populacije (biomase) srdele (Slike 11. i 12.). Evidentno je njihovo naglo značajno opadanje koje je uslijedilo nakon razdoblja 1983.-1984. god. Tijekom 1983.-1984. god. su zabilježeni najviši iznosi biomase i ulova u čitavu Jadranu. Oni su postepeno opadali tijekom kraćeg razdoblja 1989.-1992., ali nakon toga su nastavili naglo opadati do najnižih iznosa biomase zabilježenih tijekom 2001. god, a ukupnog ulova tijekom 2005. god. Tada je zabilježen najniži, ikad do tada zabilježeni ulov u čitavu Jadranu tijekom 32.-godišnjeg promatranja (18 974 tone). Ni ulov u 2007. god. nije bio mnogo veći (20 327 tona). U posljednjih osam godina biomasa srdele fluktuirala u razini niskih vrijednosti, kao posljedica niske biomase srdele, što se odrazilo i na ukupni ulov u Jadranskom moru (Slika 12.).

Naime, vrlo niske razine novačenja (regrutacije) u posljednje vrijeme izgleda da su najviše utjecale na ovakvo stanje stoka, što je u skladu s ranijim istraživanjima (Sinovčić, 1991. 2001. *a i b*; 2003.; Sinovčić i Alegria, 1997.; Santojani, *et al.*, 2003.; Cingolani *et al.*, 2003.*b*, 2004.*b*, 2005.*b*; Sinovčić *et al.*, 2007., 2008.), mada su neki autori pokušati objasniti fluktuacije biomase srdele i utjecajem nekih drugih čimbenika okoliša (Županović, 1968., Vučetić i Kačić, 1973.; Karlovac *et al.*, 1974.; Vučetić, 1975.; Sinovčić, 1995.; Sinovčić i Alegria, 1997.). Niti kolebanje nivoa eksploatacije ne govori u prilog pozitivnih trendova iskorištavanja ove veoma

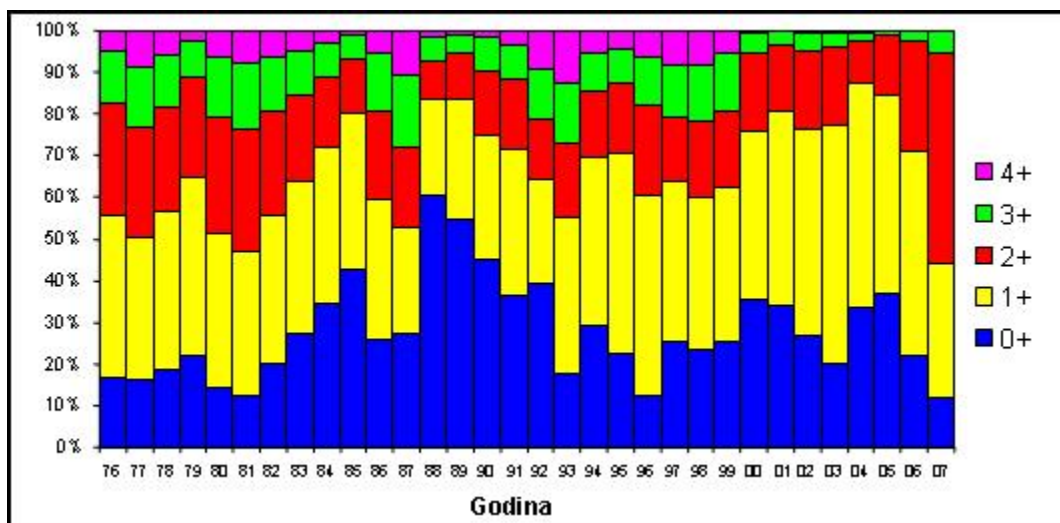
značajne i tražene riblje vrste u svim zemljama uz Jadransko more, a treba uzeti u obzir da je srdela vrlo primamljiva hrana mnogim predatorima: većim ribama, glavonošcima, sisavcima i pticama jer joj je meso bez vezivnog tkiva i kao takvo vrlo mekano, sočno i ukusno. Dakle, ova vrsta ima značajan broj predatora, od kojih je ipak najveći – čovjek. Stoga nikako ne bi bilo mudro povećati postojeći ribolovni napor, što je u skladu s sprovođenjem održivog iskorištavanja ove značajne pelagične riblje vrste.

4.5. Dužinska i dobna struktura inćuna (brgljuna)

Analizom dužinskih grupa inćuna je opaženo da je njihov raspon u 2007. bio između 8,0 i 18,5 cm s prosječnim dužinama između $9,2 \pm 1,224$ cm (2000.) i $13,7 \pm 0,625$ (2007.) (Slike 4. i 17.). Ukupna je prosječna dužina inćuna svih analiziranih jedinki iznosila $11,75 \pm 1,177$. Dobna struktura inćuna je prezentirana na slici 18., s najvećom zastupljenošću dobnih grupa 0+ i 1+. Najveća dužinska i starosna heterogenost brgljuna je zabilježena u području sjevernog Jadrana a najmanja u području estuarija i u uzobalju (Slika 4.). Isto tako je evidentno da je riba najmanjih dužina bila prisutna u području estuarija. Najveći i najstariji inćun je potjecao iz lovina koju su ostvarivali ribari na otvorenu moru.



Slika 17. Dužinska raspodjela inćuna *Engraulis encrasicolus* iz uzoraka lovina ostvarenih u hrvatskom dijelu Jadranskog mora tijekom razdoblja 1998.-2007. god.



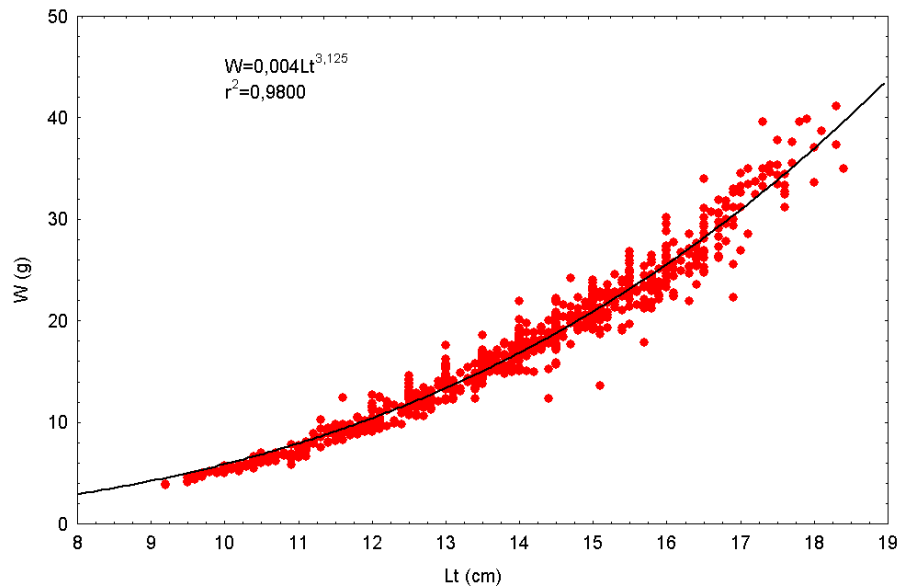
Slika 18. Dobna raspodjela inćuna *Engraulis encrasicolus* iz uzoraka lovina ostvarenih u Jadranskom moru u razdoblju od 1975. do 2007. god.

4.6. Dužinsko maseni odnos inćuna

Temeljem dužinsko-masenog odnosa inćuna izraženog jednadžbom: $W = 0,004 L^{3,125}$ ($r^2 = 0,9800$) tijekom 2007. ustvrđena je pozitivna alometrija ($b = 3,125$) (Slika 19.) – proporcionalno veći maseni od dužinskog rasta, što je u skladu s ranijim istraživanjima (Sinovčić, 1992., 1998., 1999., 2000a, 2004.; Sinovčić 2004.). Koeficijent a je iznosio 0,004 dok je koeficijent determinacije (r^2) između dužine i mase inćuna je bio vrlo visok i značajan ($r^2 = 0,980$).

Ukoliko promatramo kolebanje dužinsko-masenog odnosa tijekom razdoblja 2001.-2007. tada vidimo da su iznosi alometrijskog indeksa b bili takvi da su uglavnom ukazivali na pozitivno alometrijski rast srdele, mijenjajući se u

pojedinin godinama istraživanja od negativne alometrije (2006.) preko izometrije (2004.) do pozitivne alometrije (2001.-2003., te u 2005. i 2007. god.).



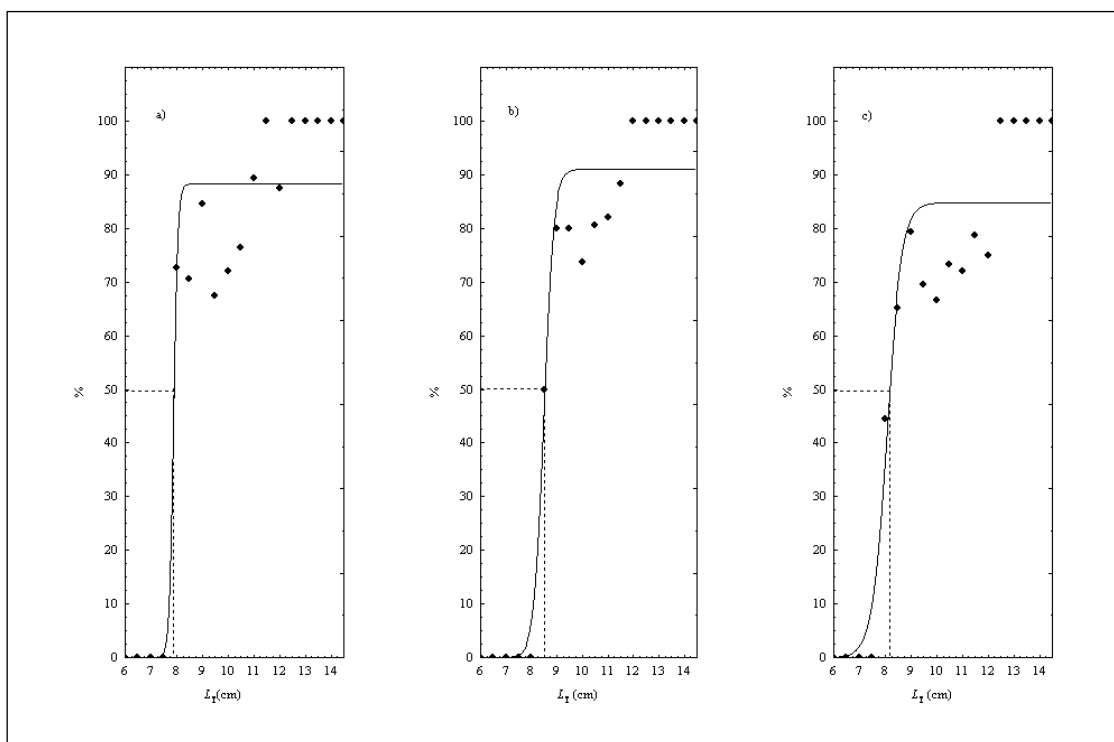
Slika 19. Dužinsko (L) – maseni (W) odnos inćuna *Engraulis encrasicolus* iz uzoraka lovina ostvarenih u hrvatskom dijelu Jadranskog mora tijekom 2007.



Slika 20. Kolebanje dužinsko-masenog indeksa (b) inćuna iz uzoraka lovina ostvarenih u hrvatskom dijelu Jadranskog mora tijekom razdoblja 2001.- 2007.

4.7. Dužina prvog spolnog sazrijevanja inćuna

Analizirani su stadiji zrelosti gonada inćuna, a temeljem njih su izračunate minimalne dužine pri kojima su jedinke inćuna spolno sazrijevale po prvi put, kao i vrijednosti pri kojoj je 50% odnosno 75% ili s većim postotkom populacija spolno zrela. Takvi parametri su bitni pri određivanju minimalnih lovni dužina ispod kojih je jedinke ove riblje vrste zabranjeno loviti. Na takav način je potrebno jedinke određene vrste zaštititi od prekomjernog iskorištavanja omogućujući im da se barem jedanput izmrijeste. U tu su svrhu analizirane jedinke koje su imale najnaprednije stadije zrelosti gonada (stadiji V i VI) u vrijeme maksimalne spolne aktivnosti - u lipnju (Sinovčić, 1978., 1992., 2000.a). Iz izračunatih i stvarnih vrijednosti prikazanih na slici 21. je očito da su se najmanje jedinke koje su bile spolno zrele nalazile u dužinskom razredu od 7,0 cm; 50% populacije inćuna je spolno zrelo kod 8,0 cm; 80% kod 9,5 cm, a 90% kod 10,0 cm. To se događa pri kraju prve godine života inćuna, što je u skladu s ranijim istraživanjima (Sinovčić, 1988., 1992.; 1998.; 1999., 2000.a, 2004.; Zorica *et al.*, 2007.). Ova je vrijednost dužine inćuna korištena kod donošenja Naredbe o zaštiti riba i drugih morskih organizama Zakona o morskom ribarstvu, u kojem su navedene minimalne dužine gospodarstveno najvažnijih vrsta ispod kojih je određene vrste zabranjeno loviti.



Slika 21. Dužina prvog spolnog sazrijevanja (a) mužjaka:

$P_{(x)} = 0,8830/1 + e^{(97,6311 - 12,3961 X)}$, $r^2 = 0,9607$, $S.E. = 0,0784$; (b) ženki:

$P_{(x)} = 0,9105/1 + e^{(44,5946 - 5,2529 X)}$, $r^2 = 0,9805$, $S.E. = 0,1038$ i (c) svih jedinki:

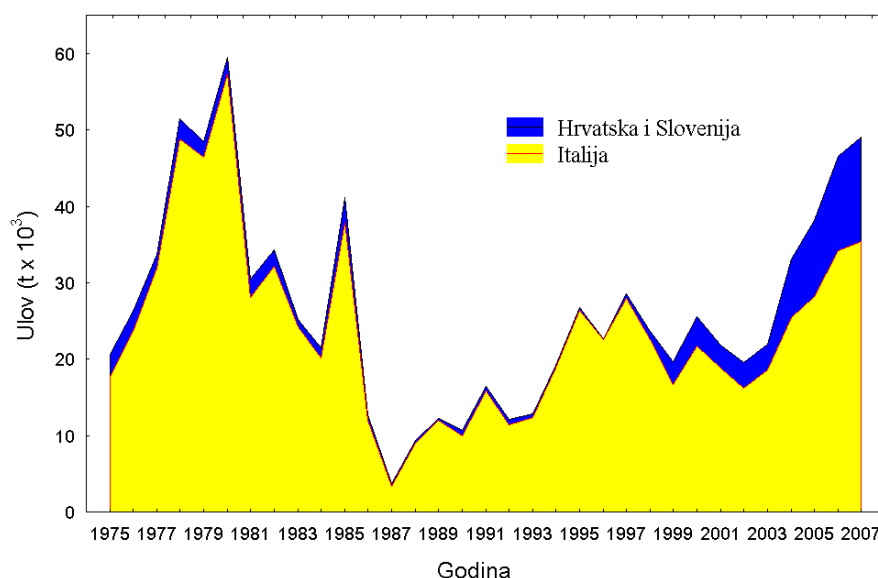
$P_{(x)} = 0,8481/1 + e^{(28,1261 - 3,4823 X)}$, $r^2 = 0,9506$, $S.E. = 0,0407$ inćuna *E. encrasicolus* iz

uzoraka lovina ostvarenih u estuariju tijekom razdoblja istraživanja.

4.8. Procjena populacije inćuna

Godišnje ukupne lovine inćuna su tijekom razdoblja 1975.-2007. u Jadranskom moru kobile između 3 783 tone (1987. god.) i 49 037,2 tona ostvarenih tijekom 2007. god. (Slika 22.). Međutim, ako promatramo kolebanje lovina inćuna u hrvatskom ribolovnom moru, tada vidimo da su one kobile između 220 tona ostvarenih u 1996. god. i rekordnih 13 200 tona ostvarenih tijekom 2007. god. U Italiji je također ulov inćuna bio visok tijekom 2007. god. (35 431 tona), ali ipak za

38% manji nego je bio krajem 1970.-tih, posebice tijekom 1980. god. (57 328 tona). Slovenija također bilježi dobre ulove u posljednje dvije godine (2006. i 2007. god.: 410.0 odnosno 407,7 tona).

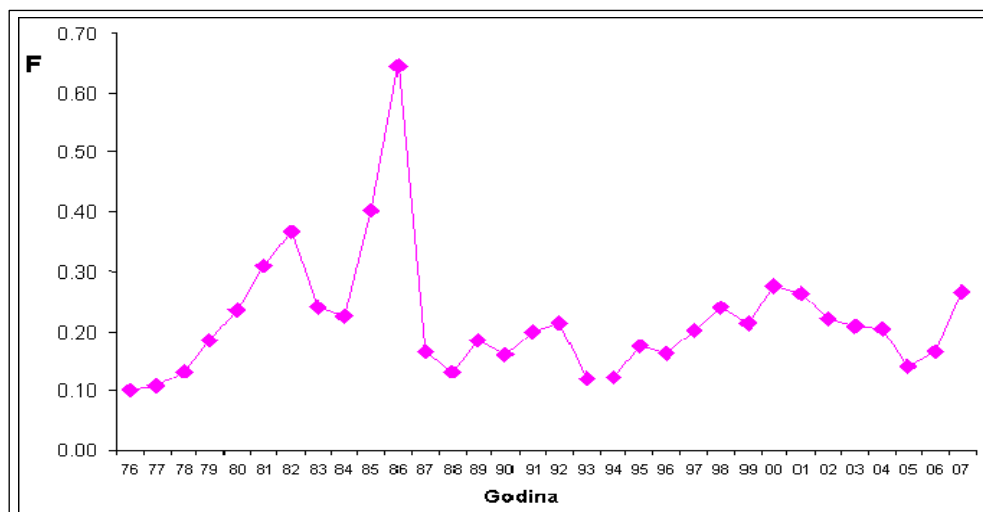


Slika 22. Kolebanje lovina inćuna u ribolovnom moru Hrvatske i Slovenije (zajednički prikaz) i Italije u GSA 17 tijekom razdoblja 1975.-2007.

Kako je prethodno navedeno, tijekom izvođenja VPA programa se koristio modificirani model Laurec-Shepherd-a (Laurec i Shepherd, 1983.; Pope i Shepherd, 1985.) s ustvrđenim iznosima godišnjeg ribolovnog mortaliteta (F) za najstariju starosnu skupinu, tj. 3 i 4 (Santojani *et al.*, 2002.). Procjena ovog parametra je dobivena iz razlike ukupne (Z) i prirodne smrtnosti (M).

Prirodna se smrtnost izračunala kao prosječna vrijednost dobivenih pomoću jednadžbi Taylor-a (1959.) i Richter – Efanov-a (1976.). Izračunata vrijednost je bila $M = 0,6$ što je u skladu s ranijim istraživanjima (Sinovčić, 1992., 1999., 2000.a;

2001.a). Pretpostavilo se da je godišnja lovnost po svakoj dobnoj skupini konstantna kroz čitavo vremensko razdoblje. Nisu evidentirani trendovi u razlikama između logaritma lovnosti po dobnoj skupini i očekivanog, proizašlog iz VPA programa. Kako nema potpuno podesne metode za procjenu godišnjeg ribolovnog napora za najstariju dobnu grupu, izračunala se srednja vrijednost za dobne grupe 3+ i 4+ uz pretpostavku da je ona bila jednaka za sve dobne grupe. Kolebanje ribolovne smrtnosti je prikazano na slici 23.

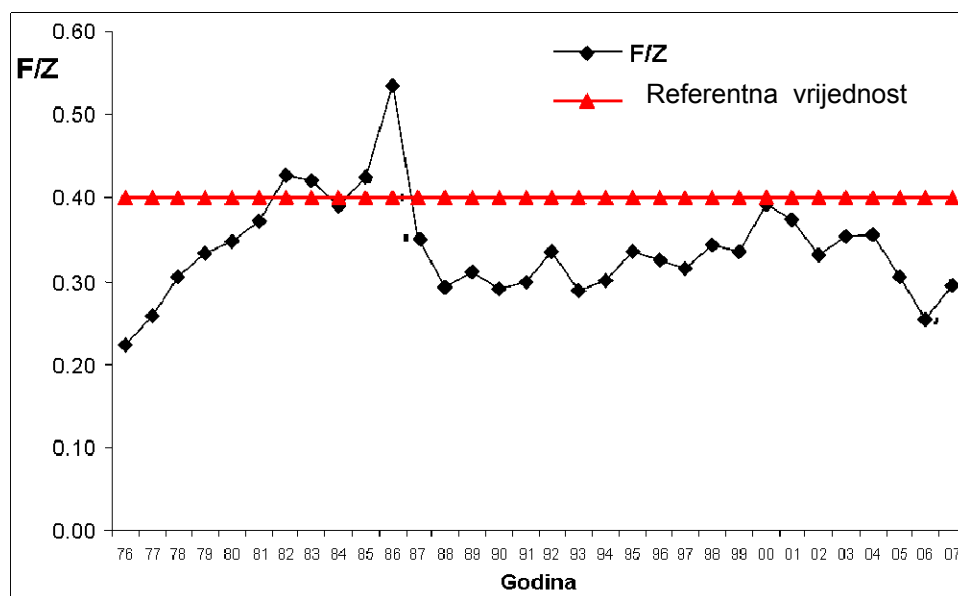


Slika 23. Kolebanje ribolovne smrtnosti inćuna u Jadranskom moru

(GSA 17) tijekom razdoblja 1976.- 2007.

Temeljem izračunatih vrijednosti koeficijenata ukupne smrtnosti (Z) i prirodne smrtnosti $M=0,6$ je dobiven godišnji iznos koeficijenta ribolovne smrtnosti (F) a nivo eksploatacije (E) iz odnosa $E = F/Z$. Kolebanje iznosa nivoa eksploatacije je prikazano na slici 24. Iz slike kolebanja ribolovne smrtnosti, kao i slike kolebanja

nivoa eksploatacije je evidentno da je ribolovna smrtnost inćuna bila visoka 1982., te posebice u 1986. god., što se odrazilo na nivo eksploatacije (Slika 24.).

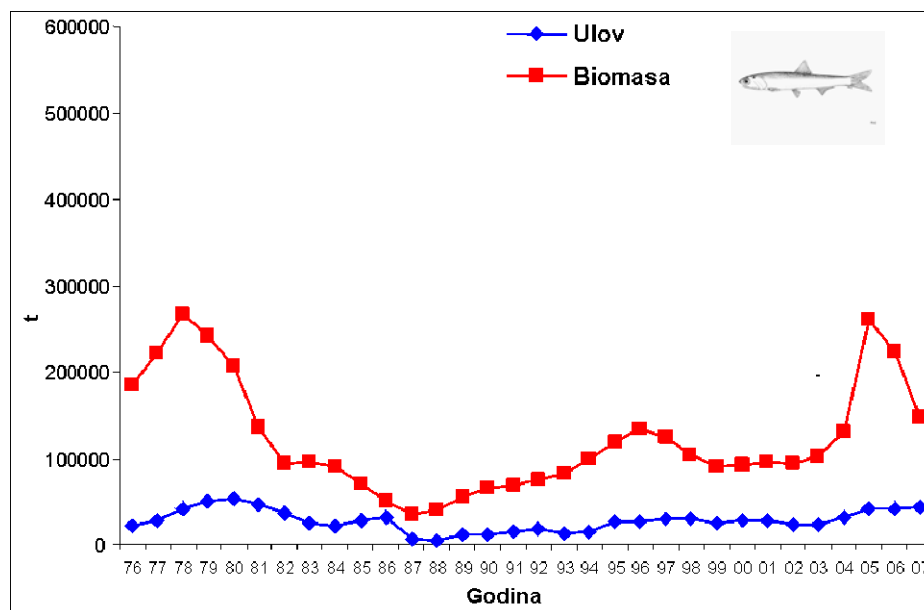


Slika 24. Kolebanje nivoa eksploatacije inćuna u Jadranskom moru tijekom razdoblja 1976.-2007.

Iz slike godišnjih kolebanja biomase inćuna je evidentno (Slika 25.) da je njegova biomasa bila najviša krajem 70.-tih i početkom 80.-tih godina prošlog stoljeća. Nakon toga je biomasa inćuna u Jadranskom moru bila u opadanju dosegnuvši najniže vrijednosti tijekom 1987. i 1988. god, što se odrazilo i na lovine. Vrlo niski iznosi lovina bilježe sva ribolovna područja Jadranskog mora (Slika 22.).

Nivo eksploatacije je u pojedinim godinama uspoređen s vrijednošću 0,4 (Patterson, 1992.) kao referentnoj vrijednosti za ove vrste sitne pelagičke ribe; vrijednosti veće od 0,4 ukazuju na veće iskorištavanje nego što bi to trebalo biti

dozvoljeno tijekom 1982. i 1983. god. te u 1985. i 1986. Nivo eksploatacije fluktuirao između 0,22 (1976.) i 0,53 (1986. god.). Vrijednosti su bile uglavnom ispod ili jednake referentnoj vrijednosti.

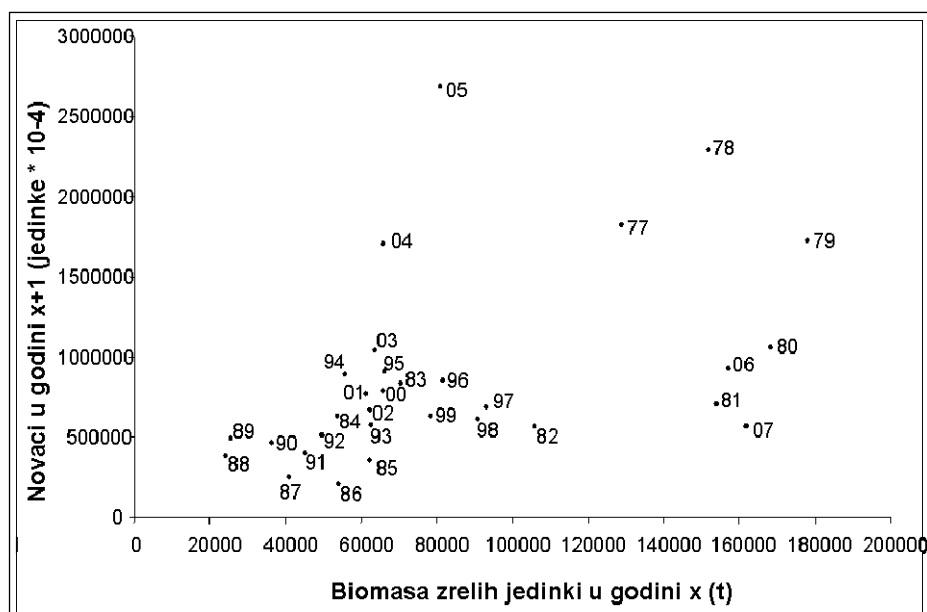


Slika 25. Kolebanje procijenjenih vrijednosti veličine populacije incuna, 1976.-2007.

U godinama 1982. i 1983. su iznosi bili iznad, a tijekom 1986. god. izrazito iznad referentne vrijednosti od $E=0,40$. Vrijednosti iznad praga su prethodile izrazitom padu biomase incuna, što se odrazilo na veličinu biomase incuna i njegove ulove (Slike 22. i 25.). Nakon toga je uslijedio blagi porast biomase i posljedično njegova ulova uz kolebanje ribolovnog napora i nivoa eksploatacije, koje vrijednosti su bile ispod referentnih vrijednosti. Zapravo, vrijednosti veličine populacije incuna prati trend

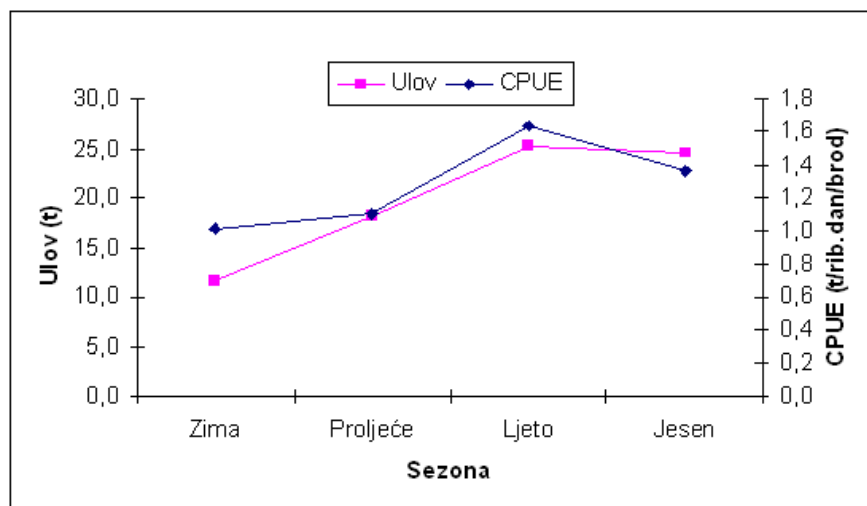
njegova ulova - kolaps biomase inćuna je nastupio 1987. god., što se odrazilo na ulove u svim ribolovnim područjima Hrvatske, Italije i Slovenije. Izrazito visoka biomasa je zabilježena krajem 1970.-tih i početka 1980. tih. Nakon toga je uslijedio izraziti pad do 1987., te nakon toga postupni, zatim izraziti porast od 2003. do 2005. god. a nakon toga opet pad biomase inćuna. Dakle, minimalni je iznos biomase i ulova opažen tijekom 1987. god. Visoki su iznosi ribolovnog napora zabilježeni prije 1987. ali je evidentna vrlo niske razine regrutacije u istoj godini i godini prije toga. Oni su, izgleda, najviše odgovorni za kolaps stoka (Santojani *et al.*, 2003.). Mada je biomasa u posljednje vrijeme bilježila porast, ipak iznosi biomase nisu onakvi kakvi su bili prije kolapsa, a u posljednje dvije godine je populacija ponovno u opadanju (Slika 25.). Fluktuacije biomase inćuna su se odrazile na količine ulova ove značajne vrste a novačenje je u opadanju, o čemu bi trebalo voditi računa, tim više što inćun i srdela zauzimaju istu ekološku nišu - nalaze se zajedno na obitavalištima i hranilištima, na ribolovnim područjima, gdje se love zajedno u lebdećim kočama i plivaricama. U posljednje se vrijeme ipak naziru fluktuacije biomase inćuna uz istovremeni pad veličine njegove populacije tijekom 2006. i posebice tijekom 2007. god. (Slika 25.).

Istodobno promatrajući i iznose novačenja (regrutacije) populacije inćuna (Slika 26.) ulaskom mladih jedinki u stok ove vrste, vidimo da je ono bilo snažno krajem 70.-tih godina i početkom 80.-tih godina prošloga stoljeća. Niski iznosi su zabilježeni u posljednjim godinama opažanja, slično kao što je bilo početkom 80.-tih godina prošlog stoljeća.



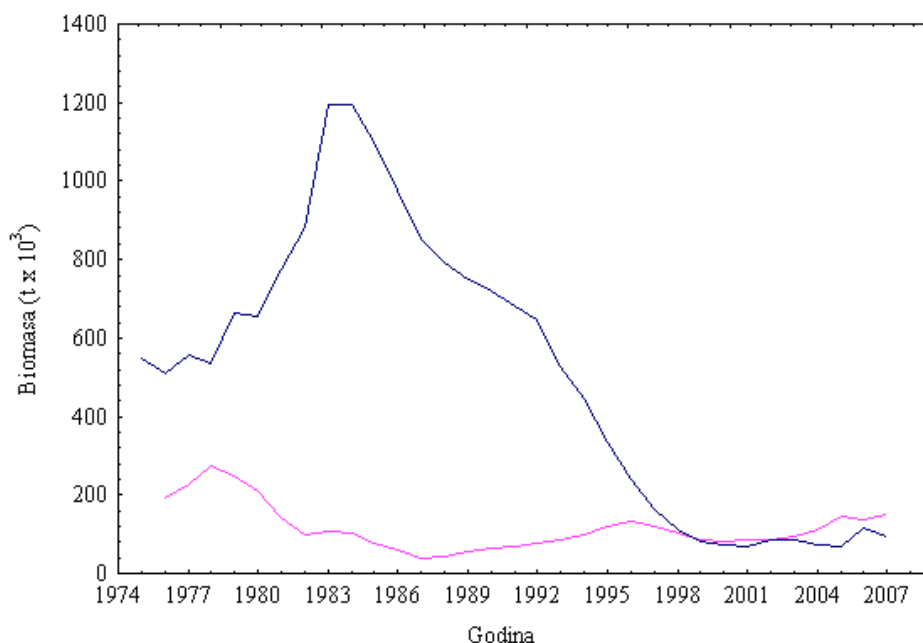
Slika 26. Novačenje (obnavljanje) populacije inćuna u Jadranskom moru tijekom razdoblja 1975.-2007.

Iznosi gustoće populacije inćuna (*CPUE*) pokazuju sezonsko obilježje (Slika 27.) – najveća je gustoća opažena tijekom ljeta i u jesen, u vrijeme mriješćenja inćuna, što nije dobro za populaciju ove vrlo značajne pelagičke vrste.



Slika 27. Sezonsko kolebanje prosječnih vrijednosti indeksa abundancije (*CPUE*) (—◆—) i lovina srdele (—◆—) (razdoblje 2002. - 2007.) iz uzoraka lovina hrvatskog dijela Jadranskog mora.

Općenito govoreći srdela i inćun su pokazali alternacije u fluktuacijama biomase u razdoblju 1975. – 2007. (Slika 28.).



Slika 28. Kolebanje biomase srdele (—) i inćuna (—) u Jadranskom moru tijekom razdoblja 1975.-2007.

5. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Srdela i inćun su dvije najbrojnije i najznačajnije pelagičke vrste u Jadranskom moru;

- zauzimaju istu ekološku nišu - nalaze se zajedno na obitavalištima i hranilištima, odnosno lovištima - love se zajedno
- biomase njihovih populacija pokazale su alternacijski odnos – u godinama visoke biomase srdele opada biomasa inćuna i *vice versa*
- najveća je gustoća obiju populacija i ostvarenih lovina zabilježena u vrijeme njihova mriješćenja, što je posebno važno s aspekta njihove zaštite.

Treba voditi računa posebice o tome da je:

- biomasa srdele u posljednje vrijeme bila niska a obnavljanje njezine populacije slabo uz visoku razinu eksploatacije
- biomasa inćuna opadala u posljednje dvije godine, te da su
- fluktuacije inćuna izraženije u posljednje vrijeme nego su to bile u prethodnom razdoblju.

Imajući u vidu sve izneseno, preporuča se pažljivo pristupiti iskorištavanju populacija srdele i inćuna poštujući princip opreznog pristupa („precautionary approach“) u gospodarenju ovim, za gospodarstvo svih zemalja uz Jadransko more najbrojnijim i najvažnijim pelagičnim ribljim vrstama, posebice vodeći računa da se kontroliraju njihove lovne dužine i ne povećava postojeći ribolovni napor sve dok traje ovakvo nepovoljno stanje. Moguće bi bilo dobro efikasnije zaštititi srdelu u vrijeme maksimalnog mriještenja – barem tijekom prosinca i siječnja.

6. CITIRANA LITERATURA

Alegria Hernández, V. 1983. Assessment of pelagic fish abundance along the eastern Adriatic coast with special regard to sardine (*Sardina pilchardus*, Walb.) population. Acta Adriat., 24: 55-95.

Beverton, R.J.H., Holt, S.J. 1956. A review of methods for estimating mortality rates in fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling. Rapp. P.- V. Réun. CIEM, 140 (1) : 67-83.

Beverton, R.J.H. 1963. Maturation, growth and mortality of clupeid and engraulid stocks in relation of fishing. Rapp. P.- V. Réun. CIEM, 154 : 44-67.

Cingolani, N., Kariš, T., Sinovčić, G., Kapedani, E. 2003. Anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L.) stock assessment in the Adriatic Sea:1975-2002.). AdriaMed Occasional Papers (Eds. Mannini, P., Massa, F. i Milone, N.), 1: 12.

Cingolani, N., Kariš, T., Sinovčić, G., Kapedani, E. 2003. Sardine (*Sardina pilchardus*, L.) stock assessment in the Adriatic Sea:1975-2002.). AdriaMed Occasional Papers (Eds. Mannini, P., Massa, F. i Milone, N.), 1: 11.

Cingolani, N., Santojanni, A., Arneri, E., Berlardinelli, A., Colella, S., Donato, F., Giannetti, G., Sinovčić, G., Zorica, B. 2004. Sardine (*Sardina pilchardus*, Walb.) stock assessment in the Adriatic Sea: 1975-2003. Paper presented at the GFCM-SAC Working Group on Small Pelagic Species (Malaga, 6. – 7 svibnja 2004). AdriaMed Occasional Papers, 13: 09 pp.

Cingolani, N., Santojanni, A., Arneri, E., Berlardinelli, A., Colella, S., Donato, F., Giannetti, G., Sinovčić, G., Zorica, B. 2004. Anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L.) stock assessment in the Adriatic Sea: 1975-2003. Paper presented at the GFCM-SAC Working Group on Small Pelagic Species (Malaga, 6th-7th May 2004). AdriaMed Occasional Papers, 14: 10 pp.

Cingolani, N., Santojanni, A., Arneri, E., Berlardinelli, A., Colella, S., Donato, F., Giannetti, G., Sinovčić, G., Zorica, B., Marčeta, B. 2005. Sardine (*Sardina pilchardus*, Walb.) stock assessment in the Adriatic Sea: 1975-2004. Paper presented at the GFCM-SAC Working Group on Small Pelagic Species (Rim,26.-30. rujna 2005).

Cingolani, N., Santojanni, A., Arneri, E., Berlardinelli, A., Colella, S., Donato, F., Giannetti, G., Sinovčić, G., Zorica, B., Marčeta, B. 2005. Anchovy (*Engraulis*

encrasicolus, L.) stock assessment in the Adriatic Sea: 1975-2003. Paper presented at the GFCM-SAC Working Group on Small Pelagic Species (Rim, 26.-30. rujna 2005).

Darby, C.D., Flatman, S. 1994. Virtual Population Analysis: version 3.1 (Windows/Dos) user guide. Info. Tech. Ser. MAFF direct. Fish. Res., Lowestoft, 1: 85pp.

Hilborn, R., Waters, C. J. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty. Chapman i Hall, 570 pp.

Karlovac, J., Pucher-Petković, T. Vučetić, T., Zore-Armanda., M. 1974. Procjena bioloških resursa na osnovi planktona. Acta Adriat., 16 (9): 157-184.

Laurek, A., Shepherd, J.G. 1983. On the analysis of catch and effort data. Cons Int Explor Mer, 41: 81-84.

Le Cren, E.D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). J Anim Ecol., 20:201-219.

Mužinić, R. 1954. Contributon à l'étude de l'oecologie de la sardina (*Sardina pilchardus* Walb.) dans l'Adriatique orientale. Acta Adriat, 5: 1-219.

Patterson, K. 1992. Fisheries for small pelagic species: an empirical approach to management targets. Rev. Fish Biol. Fish., 2:321-338.

Pauly, D. 1980. A selection of simple methods for assessment of tropical fish stocks. FAO Fisheries Circular, 729: 54p.

Pelletier, D. 1990. Sensitivity and variance estimators for virtual population analysis and equilibrium yield per recruit model. Aquat. Living Res., 3:1-12.

Pope, J., Shepherd, G.J. 1985. A comparison of various methods for turning VPA's using effort data. Cons. Int. Explor. Mer., 42: 129-151.

Richter, V.A., Efanov, N. 1976. One of the approaches to estimation of natural mortality of fish population. ICNAF Res. Doc., 76 (8): 12 pp.

Ricker, W.E. 1975. Handbook of computations for biological statistics of fish populations. Fish. Res. Board Can. Bull., 119: 1-300.

Santojani, A., Cingolani, N., Arneri, E., Giannetti, G., Belardinelli, A., Donato, F., Colella, S. 2002. Calculation of small pelagic catch per unit effort in the Adriatic Sea. Biol. Mar. Medit., 9 (1):89-95.

Santojani, A., Arneri, E., Bary C., Belardinelli, A., Cingolani, N., Giannetti, G., Kirkwood, G. 2003. trends of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) biomass in the northern and central Adriatic Sea. Sci Mar., 67(3):327-340.

Sinovčić, G. 1978. On the ecology of anchovy, *Engraulis encrasicolus* (L.), in the Central Adriatic. Acta Adriat., 19 (2) : 32.

Sinovčić, G. 1983. The fecundity-age relationship of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.) in the Central Adriatic. Rapp. Comm. int. Mer. Méditerran., 28: 31-32.

Sinovčić, G. 1983-84. Fecundity of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb). in the Central Adriatic. Nova Thalassia, 6: 351-363.

Sinovčić, G. 1984. Summary of biological parameters of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.), from the Central Adriatic. FAO Fish. Rep., 290: 147-148.

Sinovčić, G. 1988. Age and growth of anchovy, *Engraulis encrasicolus* (L.), in the Middle Adriatic. Rapp. Comm. int. Mer Medit., 31 (2) : p 266.

Sinovčić, G. 1990. The length-weight and condition factor as ageing functions of anchovy in the Middle Adriatic. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 32 (1) : p. 271.

Sinovčić, G. 1991. Stock size assessment of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.) population from the central eastern Adriatic on the basis of VPA method. Acta Adriat., 32(2):869-884.

Sinovčić, G. 1992. Biologija i dinamika populacije brgljuna, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) u Jadranu. Disertacija, PMF Sveučilišta u Zagrebu (mimeo), 163 p.

Sinovčić, G. 1994a. Morsko ribarstvo Republike Hrvatske - stanje i projekcije razvoja. Pomorski zbornik, 32 : 503 - 520.

Sinovčić, G. 1994b. Značaj poznavanja ciklusa mriještenja, vremena i načina iskorišćivanja pelagičkih vrsta riba u svrhu njihove zaštite. Morsko ribarstvo, 46 (3-4) : 65 - 69.

Sinovčić, G. 1995. Dugoročno promatranje utjecaja čimbenika okoliša na abundanciju i veličinu srdele, *Sardina pilchardus* (Walb.) u istočnom dijelu Jadrana. Morsko ribarstvo, 47 (2) : 33-38.

Sinovčić, G. 1998. The population dynamics of the juvenile anchovy, *Engraulis encrasicolus* (L.) under the estuarine conditions (Novigrad Sea-Central eastern Adriatic. Cah. Options Méditerran., 35 : 273-282.

Sinovčić, G. 1999. Some ecological aspects of juvenile anchovy, *Engraulis encrasicolus* (L.) under estuarine conditions (Novigrad Sea - Central eastern Adriatic). Acta Adriat., 40 (Suppl.) : 99-108.

Sinovčić, G., 2000a. Anchovy, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758): biology, population dynamics and fisheries case study. Acta Adriat. 41(1):1-54.

Sinovčić, G. 2000b. Responsible exploitation of the sardine *Sardina pilchardus* (Walb.), population in the coastal region of the Adriatic Sea. Period. biol., 102: 47-54.

Sinovčić, G. 2001a. Biotic and abiotic factors influencing sardine *Sardina pilchardus* (Walb.) abundance in the Croatian part of the eastern Adriatic. In Priority Topics to Small Pelagic Fishery Resources of the Adriatic Sea. FAO-MiPAF Scientific Cooperation to Support Responsible Fisheries in the Adriatic Sea, GCP/RER/ITA/TD-03, Mannini, P., Massa, F. i Milone, N. (eds.), Termoli, AdriaMed Techn. Doc., 82-86.

Sinovčić, G. 2001b. Small pelagic fish from the Croatian fishing grounds. In: Mannini, P., F. Massa & N. Milone (Eds), Priority Topics to Small Pelagic Fishery Resources of the Adriatic Sea. FAO-MiPAF Scientific Cooperation to Support Responsible Fisheries in the Adriatic Sea. GCP/RER/ITA/TD-03, Mannini, P., Massa, F. i Milone, N. (eds.). Termoli, AdriaMed Technical documents pp. 53-58.

Sinovčić, G. 2003. Long-term investigations of small pelagic fish in the Adriatic Sea. U: Mediterranean biological time series. CIESM Worksh Monogr., F. Briand (ed.), Monaco, 22: 89-92.

Sinovčić, G. 2004. Growth and length-weight relationship of the juvenile anchovy, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus 1758), in the nursery ground (Zrmanja River estuary-eastern Adriatic Sea). J. Appl. Ichthyol., 20(1):79-80.

Sinovčić, G. 2006. Marine Fisheries and its renewable resources in the Republic of Croatia. /Morsko ribarstvo i njegovi obnovljivi resursi u republici

Hrvatskoj/. Proceedings-First conference on marine technology (Rožanić, I. Ed.), Rijeka, :184-202.

Sinovčić, G., Alegria, V. 1997. Variations in abundance and size of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.) in the Eastern Adriatic. *Oceanol Acta*, 20: 201-206.

Sinovčić, G., Zorica, B. 2006. Reproductive cycle and minimal length at sexual maturity of *Engraulis encrasicolus* (L.) in the Zrmanja River estuary (Adriatic Sea, Croatia). *Estuar. Coast Shelf. Sci.*, 69: 439-448.

Sinovčić, G., Alegria, V., Jardas, I. 1991. Biološka osnova pelagijskog i priobalnog ribolova Jugoslavije. The biological potential of Yugoslav pelagic and coastal fisheries (in Croatian, English summary). *Pomorski zbornik*, 29 : 383 - 408.

Sinovčić, G., Zorica, B., Čikeš Keč, V. 2003. First sexual maturity of sardine, *Sardina pilchardus*, Walb., in the eastern Adriatic Sea. *Period. biol.*, 105: 401-404.

Sinovčić, G., Franičević, M., Čikeš Keč, V. 2004a. Unusual occurrence and some aspects of biology of juvenile gilt sardine (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) in the Zrmanja River estuary (eastern Adriatic). *J. Appl. Ichthyol.*, 20: 53-57.

Sinovčić, G., Franičević, M., Zorica, B., Čikeš Keč, V. 2004b. Length-weight and length-length relationships for ten pelagic fish species from the Adriatic Sea (Croatia). *J. Appl. Ichthyol.*, 20: 156-158.

Sinovčić, G., Čikeš Keč, V., Zorica, B. 2007. Pojavljivanje, struktura, rast i prva spolna zrelost srdele, *Sardina pilchardus* (Walb., 1792.) u području estuarija rijeke Krke. Zbornik radova sa skupa «Rijeka Krka i Nacionalni park "Krka" – prirodna i kulturna baština, zaštita i održivi razvitak », 979-988.

Sinovčić, G., Čikeš Keč, V., Zorica, B. 2008. Population structure, size at maturity and condition of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb., 1792), in the nursery ground of the eastern Adriatic Sea (Krka River estuary, Croatia). Estuar. Coast. Shelf Sci., 76 (4):739-744.

Taylor, C.C. 1959. Temperature and growth. The Pacific razor clam. J. Cons. int. Explor. Mer, 25: 93-101.

Vučetić, T., Kačić, I. 1973. Seasonal and annual fluctuations of zooplankton and echo traces abundance in the fishing ground of the Central Adriatic. GFCM Stud. Rev., 53: 19-38.

Vučetić, T. 1975. Synchronism of the spawning seasons of some pelagic fishes (sardine, anchovy) and the timing of the maximal food (zooplankton) production in the Central Adriatic. Publ. Staz. Zool. Nap., 39: 347-365.

Zorica, B., Sinovčić, G., Franičević, M., Čikeš Keč, V. 2004a. Length-weight relationship and biometry of sprat *Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758), in the Zrmanja River estuary (eastern Adriatic). Rapp. Comm. Int. Mer MÉR Médit., 37, p. 438.

Zorica, B., Sinovčić G., Franičević M., Čikeš Keč, V. 2004b. Biometric analysis of gilt sardine, *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847, in the eastern Adriatic. Sea. Rapp. Comm. Int. Mer MÉR Médit., 37, p. 462.

Zorica, B., Sinovčić, G., Čikeš Keč, V. 2007. The application of the otolith weight as an estimator of age in the anchovy, *Engraulis encrasicolus*. Cah. Biol. Mar. 48 (3) : 271-276.

Županović, Š. 1968. On the causes of fluctuations in sardine catches along the eastern coast of the Adriatic Sea. Anali Jadr. Inst., 4: 401-491.