

INSTITUT ZA OCEANOGRFIJU I RIBARSTVO, SPLIT



Projekt

**PROCJENA OBILNOSTI POPULACIJA NAJVAŽNIJIH VRSTA SITNE
PLAVE RIBE U JADRANSKOM MORU METODOM OBJEKTIVNE
ANALIZE (VPA) (PELMON-VPA 2008.)**

Split, 2008.

INSTITUT ZA OCEANOGRFIJU I RIBARSTVO, SPLIT

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

PELMON-VPA 2008.

Suradnici na Projektu:

Dr. sc. Gorenka Sinovčić, znanstveni savjetnik

Dr. sc. Vanja Čikeš Keč, novak

Dr. 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	20
4.3. Dužina prvog spolnog sazrijevanja srdele	22
4.4. Procjena populacije srdele	24
4.5. Dužinska i dobna struktura inćuna	34
4.6. Dužinsko-maseni odnos inćuna	38
4.7. Dužina prvog spolnog sazrijevanja inćuna	40
4.8. Procjena populacije inćuna	46
5. Zaključci i preporuke	53
6. Citirana literatura	54

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

PELMON-VPA 2008.

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 pelagične 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 da zajednički upravljaju 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, odnosno na početku hranidbenog lanca. 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

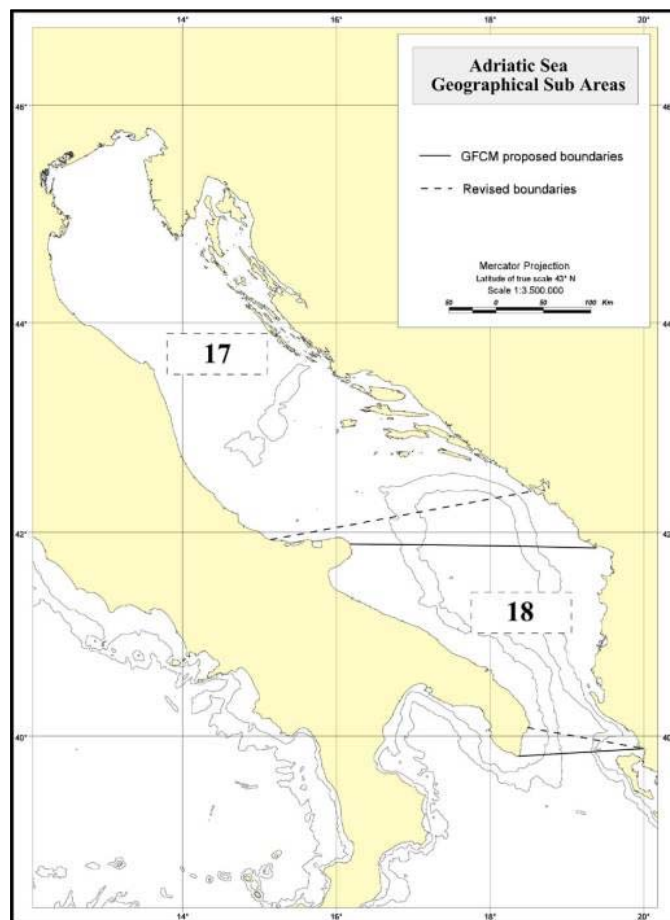
Bellone bellone i srdela golema *Sardinella aurita* su znatno slabije zastupljene. Papalina se lovi uglavnom samo u sjevernom Jadranu (Sinovčić, *et al.*, 1991.; Zorica *et al.*, 2004a), srdela golema se u posljednje vrijeme udomaćila u srednjem i južnom Jadranu (Sinovčić, *et al.* 2004a i b; Zorica *et al.*, 2004b, Mustać i Sinovčić, 2009a). Skuša, lokarda, papalina, iglica i srdela golema nisu evidentirane u hrvatskoj ribolovnoj nacionalnoj statistici u posljednjih 10 godina, što nije slučaj u Italiji i Sloveniji.

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 75%. 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.-2008.) je učešće pelagične ribe u ukupnim lovinama Hrvatske bilo između 29% (1955.) i 96% (1990.), s prosječnom vrijednošću učešća u posljednjem

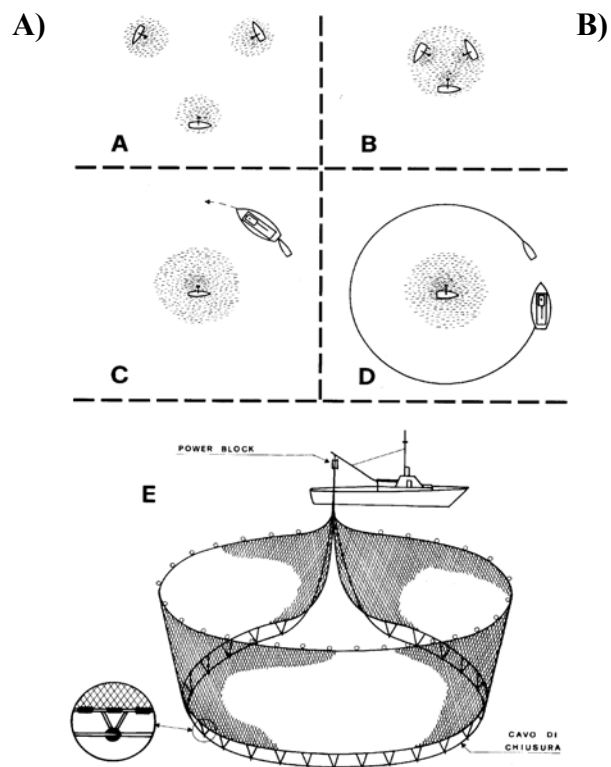
desetgodišnjem razdoblju (1999.-2008.) od 75 %. U talijanskom ribolovnom moru je zastupljeniji inćun kojega Talijani inače preferiraju. Lovine srdele su u talijanskim lovinama u razdoblju 1975.-2007. kolebale između 2 201 (2005.) i 59 076 tona (1981.), u posljednjih 10 godina (1989.-2008.) od 2 001 (2005.) 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 (1999.-2008.) – između 16 256 (2002.) do 35 431 (2007.). Slovenske lovine srdele su u razdoblju 1982.-2008. 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.). U 2008. godini je slovenski ulov srdele iznosio 305,8 tona. 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.).

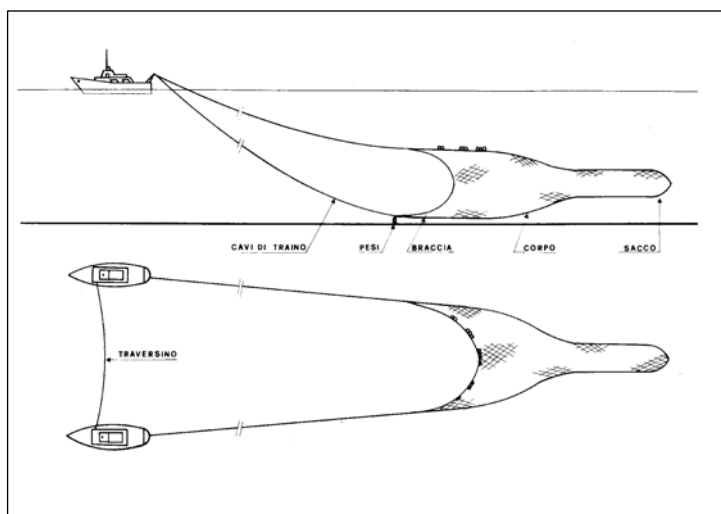


Slika 1. Zemljopisne subregije u Jadranskom moru - GSA 17 i 18

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 spojnica 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 koće 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 luke 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 utvrđivanju 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 dobni 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 jedinki srdele i inćuna što šireg dužinskog, starosnog i masenog raspona. 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.

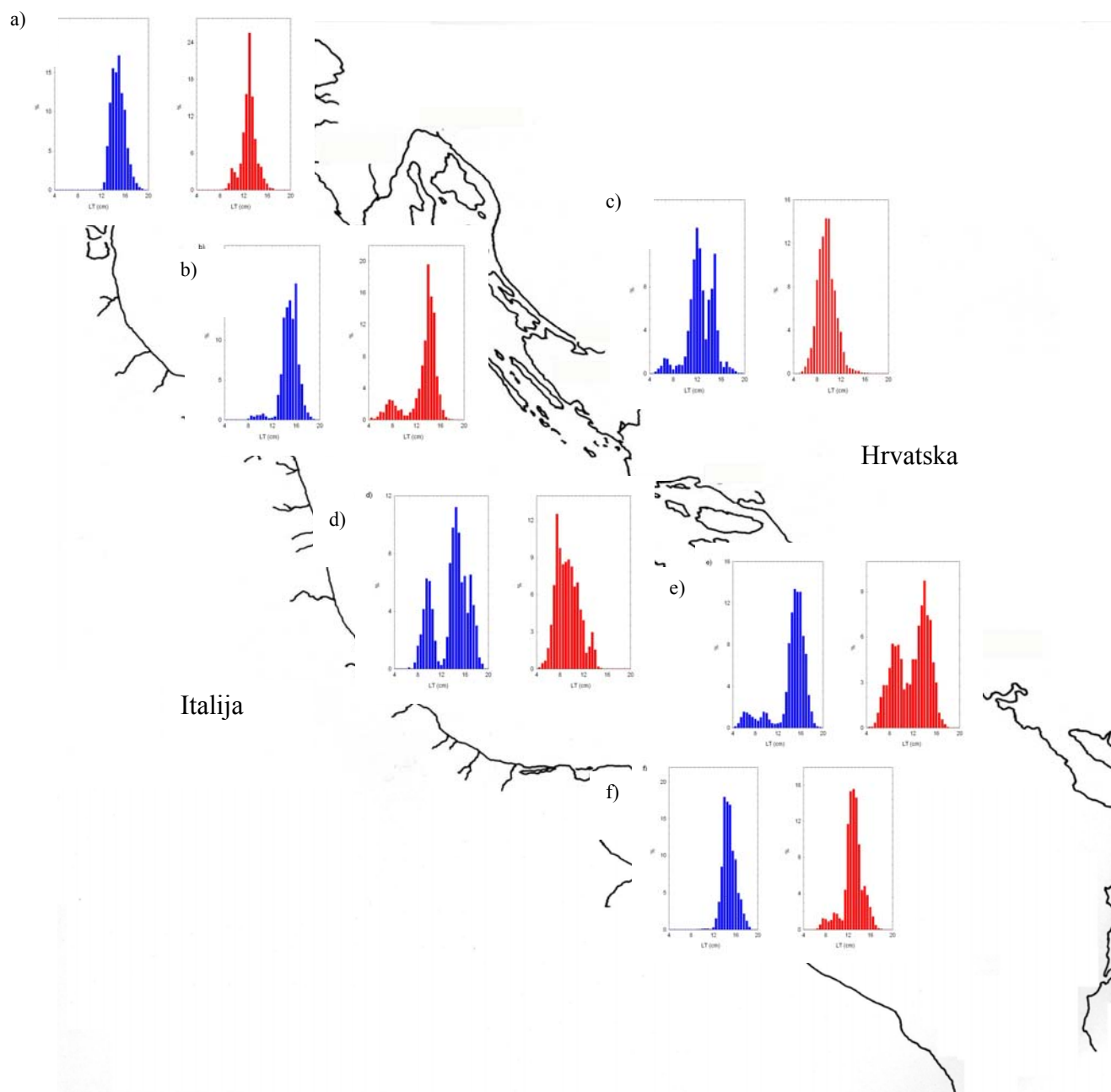
Pojedinačno, ulovi su raspoređeni u starosne grupe, tako da je dobiven ulov po jedinici napora po starosti, jer se ova metoda temelji na pristupu određivanja broja jedinki svake dobne skupine koja biva odstranjena kroz životni ciklus, što određuje procjenu stvarnog broja jedinki svake dobne skupine. 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

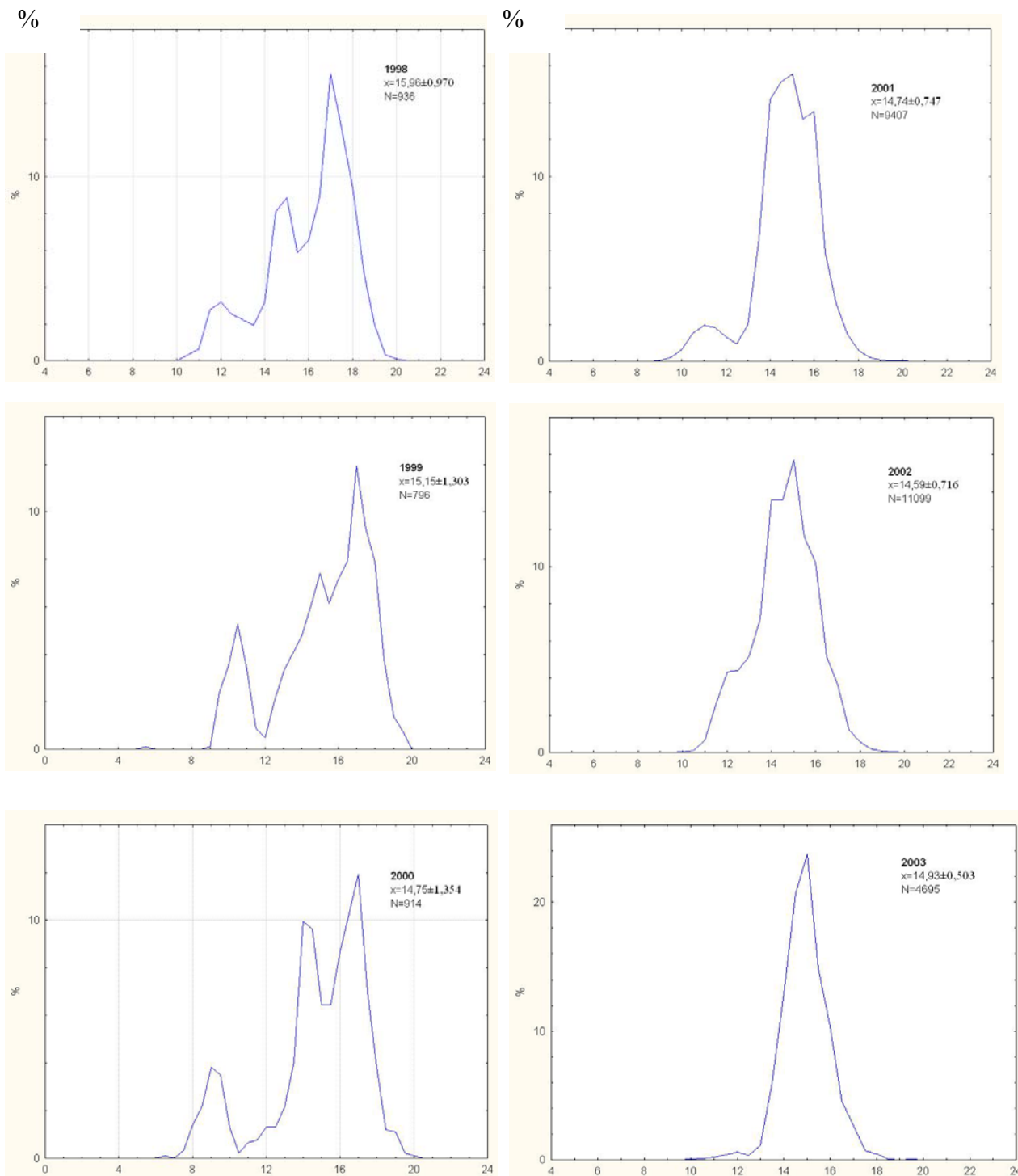
SRDELA

4.1. Dužinska i dobna struktura srdele

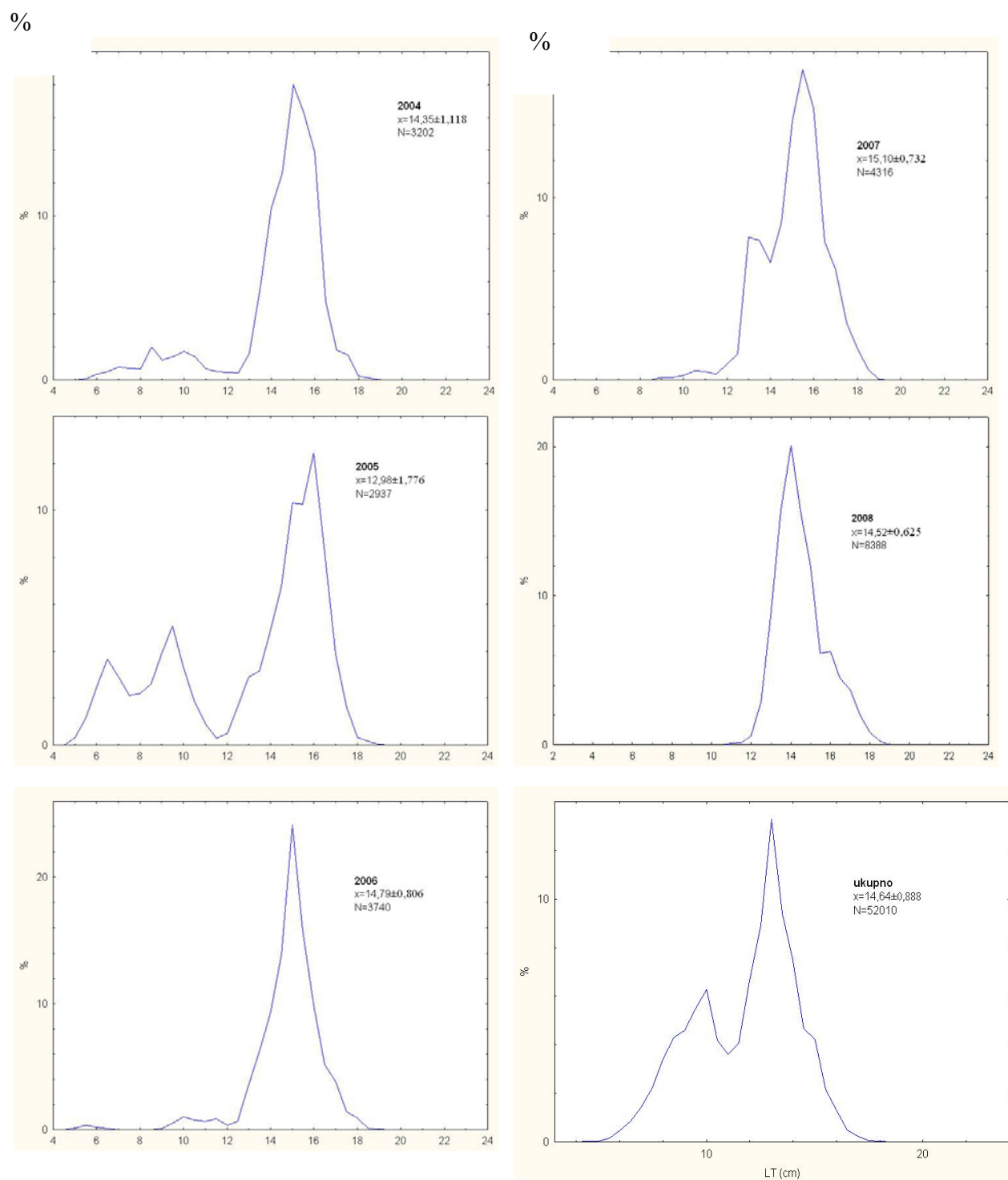
Prosječne vrijednosti dužine srdele su se u čitavom jedanaestgodišnjem vremenu promatranja vrlo malo mijenjale iz godine u godinu - samo unutar granica od 0,8 cm. Uglavnom su bile između od 14,4 i 15,2 cm izuzev u 1998. god. (Slika 4.), kada je zabilježena najveća prosječna dužina ($16,0 \pm 0,970$), te 2005., kada je zabilježena najmanja prosječna dužina srdele ($13,0 \pm 1,776$). Raspon dužina je općenito bio između 5,0 i 20,0 cm. Najveći je raspon dužina - od 5,0 do 19,0 cm zabilježen 2005. god., a najmanji tijekom 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 5a , b). U 2008. god je raspon totalnih dužina srdele bio 9 cm – kretao se između 10,5 i 19,5 cm sa srednjom vrijednošću od $14,52 \pm 0,625$ i modalnom dužinom od 14,0 cm. Općenito su modalne dužine srdele najčešće bile od 15, 16 i 17 cm (Slika 4).



Slika 4. Dužinska raspodjela srdele *Sardina pilchardus* (plavi histogrami) i inćuna (crveni histogrami) tijekom 2008. god. u Jadranskom moru po područjima: *a* - Istra; *b* - kanalsko područje; *c* - estuariji; *d* - Kastelanski zaljev; *e* - uzobalje; *f* - područje otvorenog mora.



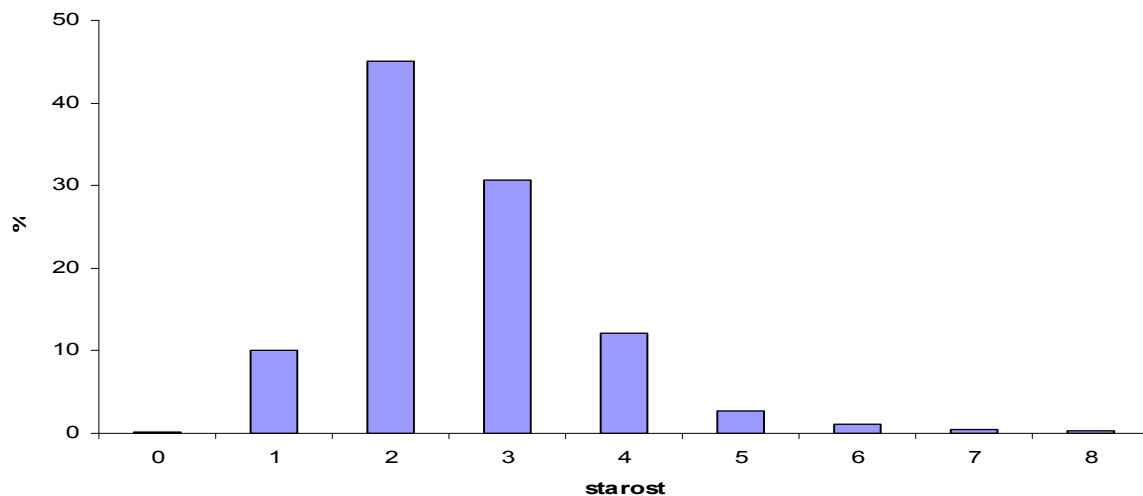
Slika 5a. Dužinska raspodjela srdele *Sardina pilchardus* iz uzoraka lovina ostvarenih u ihrvatskom dijelu Jadranskog mora u svakoj godini istraživanja tijekom razdoblja 1998, - 2003. god.



Slika 5b. Dužinska raspodjela srdele *Sardina pilchardus* iz uzoraka lovina ostvarenih u hrvatskom dijelu Jadranskog mora u svakoj godini istraživanja tijekom razdoblja 2004.-2008. god., te ukupno.

Riba najmanje dužine je zabilježena u području estuarija, najveća u kanalskom području te u području Istre. Najmanja modalna vrijednost totalne dužine je zabilježena tijekom 2008. god.

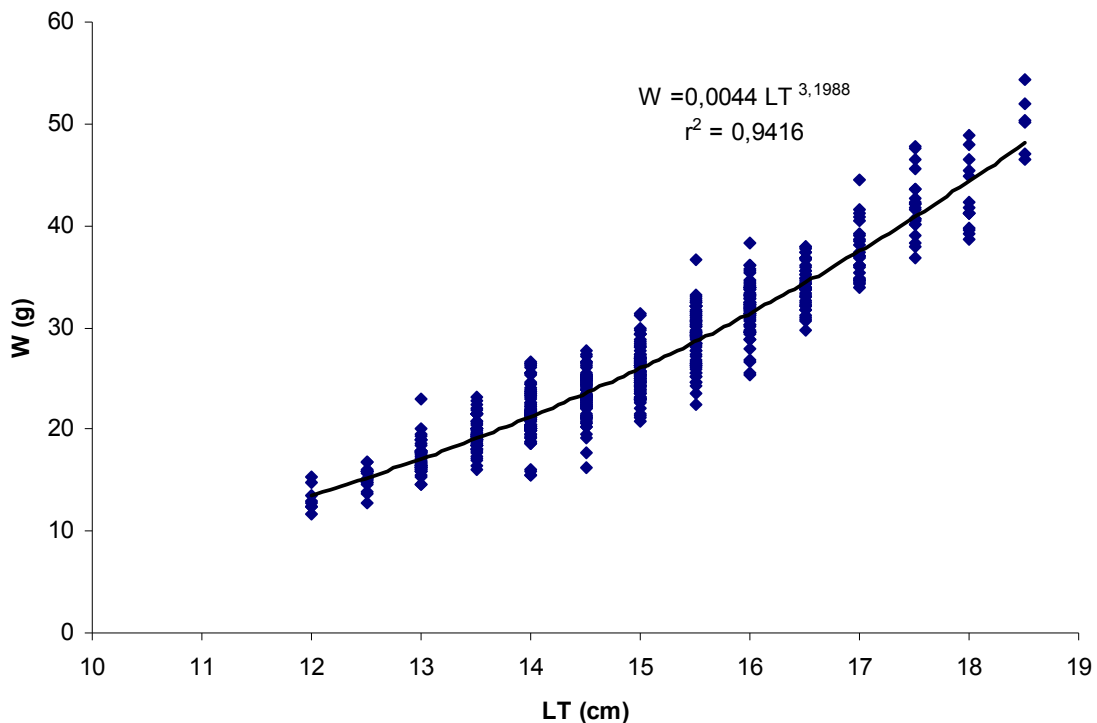
Starosna struktura srdele u Jadranskom moru tijekom 2008. god. je prikazano na slici 6. Iz slikovnog prikaza je očito da su najzastupljenije dobne grupe srdele bile od 2+ godina starosti (45,2%) i 3+ (31,3 %). Slaba zastupljenost srdele starijih godišta: 5+ i posebice 6+, 7+ i 8+ je evidentna (Slika 6).



Slika 6. Dobna raspodjela srdele *Sardina pilchardus* iz uzoraka lovina ostvarenih u hrvatskom dijelu Jadranskog mora tijekom 2008. god

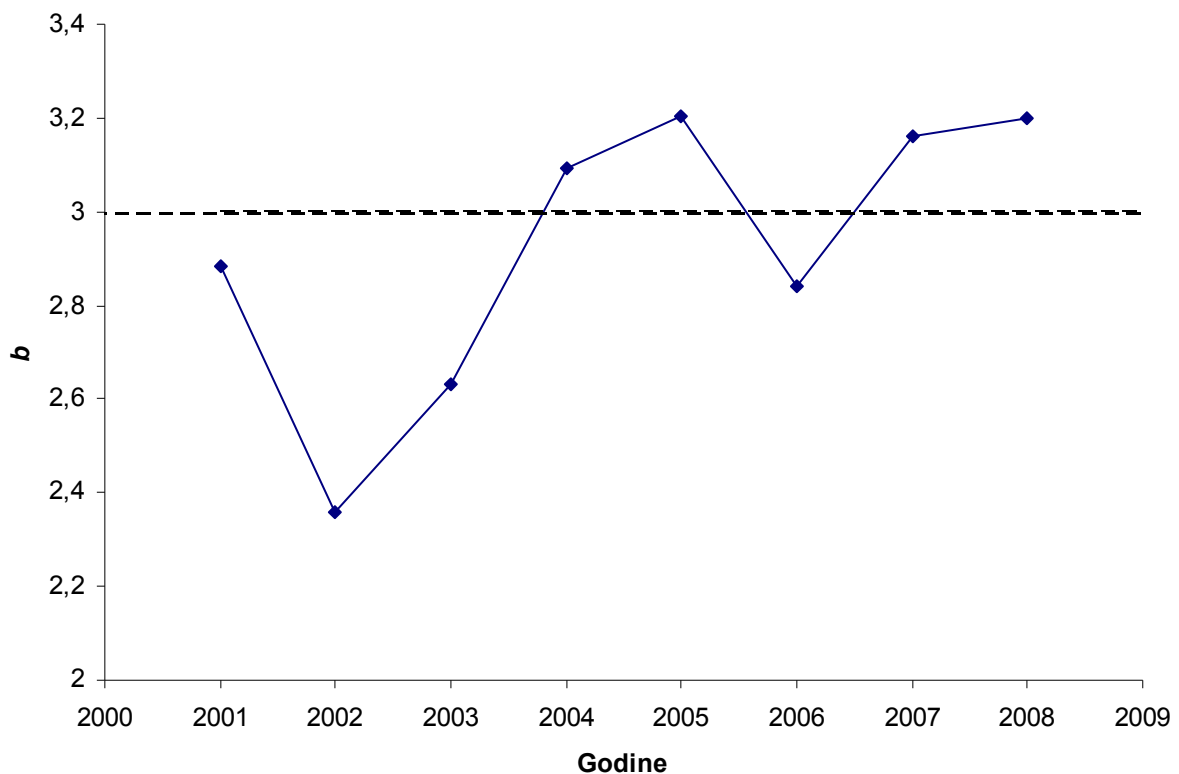
4.2. Dužinsko-maseni odnos srdele

Temeljem dužinsko-masenog odnosa srdele izraženog jednadžbom: $W = 0,0044 L^{3,1988}$ ($r^2=0,9416$) ustvrđena je pozitivna alometrija ($b=3,1988$) (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; Mustać I Sinovčić, 2009.a). Koeficijent a dužinsko masenog odnosa srdele je u 2008. iznosio 0,0044 a koeficijent determinacije (r^2) između dužine i mase srdele bio vrlo visok i značajan ($r^2 = 0,9416$).



Slika 7. Dužinsko (L) – maseni (W) odnos srdele *Sardina pilchardus* iz uzoraka lovina ostvarenih u hrvatskom dijelu Jadranskog mora tijekom 2008. god.

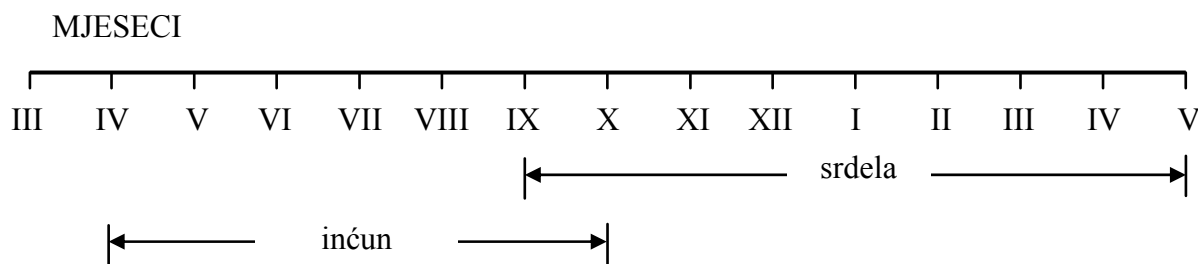
Međutim, ako promatramo kretanje alometrijskog indeksa dužinsko-masenog odnosa osam godina unatrag, tada vidimo da je on varirao tijekom razdoblja: od 2001. do 2008., ukazujući na pozitivnu alometriju u 2004., 2005. 2007. , i u 2008. godini, ali i na negativnu alometriju u dužinsko-masenom odnosu srdele tijekom razdoblja 2001.-2003., te u 2006. god.



Slika 8. Kolebanje alometrijskog indeksa b srdele iz uzoraka lovina ostvarenih u ribolovnom moru Hrvatske tijekom razdoblja 2001.-2008. god.

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.). Spolni ciklus srdele u 2008. god. započeo u rujnu i trajao do svibnja. Najintenzivnije je mriješćenje u vremenu u kojemu su bilježeni najnapredniji stadiji zrelosti gonada (V i VI) bilo tijekom studenog, prosinca, siječnja i veljače.



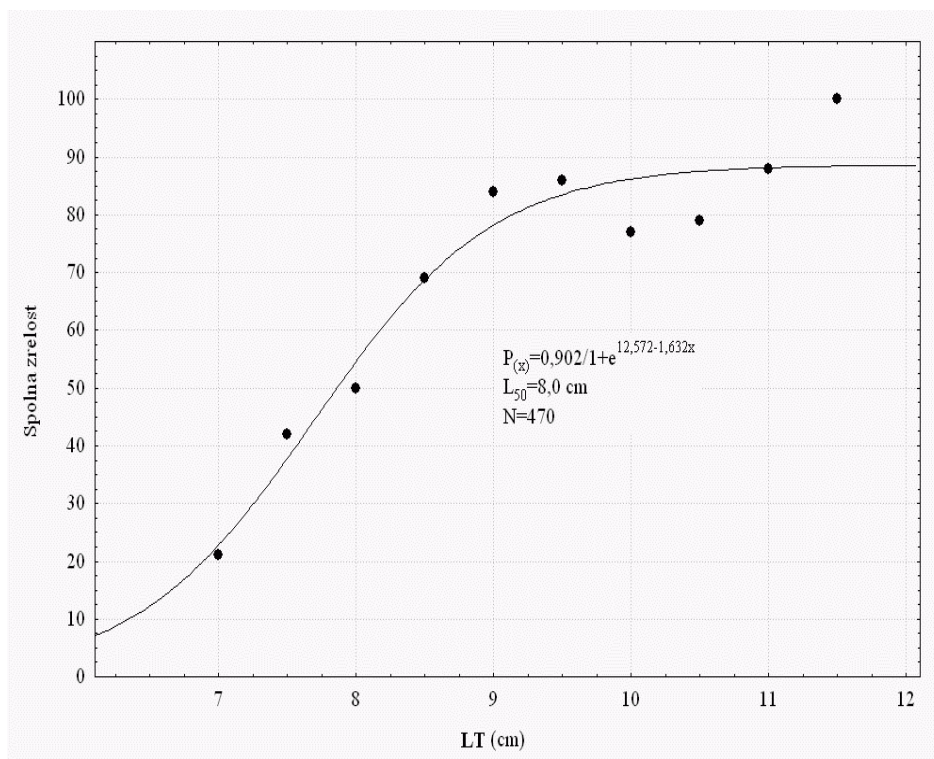
Slika 9. Vrijeme mriješćenja srdele i inćuna u hrvatskom dijelu Jadrana

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 ($50\% <$) 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 zaštićujemo i najmlađe adultne jedinke omogućavajući im da se barem jedanput izmriješte tijekom svoga životnog vijeka.

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 bilo za srdelu u prosincu. 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 je dužina jedinke 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 najintenzivnije 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 $K=0,46$; asimptota njezine dužine $L_{\infty}=20,5$ i mase $W_{\infty}=66,6$ te starost pri formiranju otolita $t_0=-0,5$.



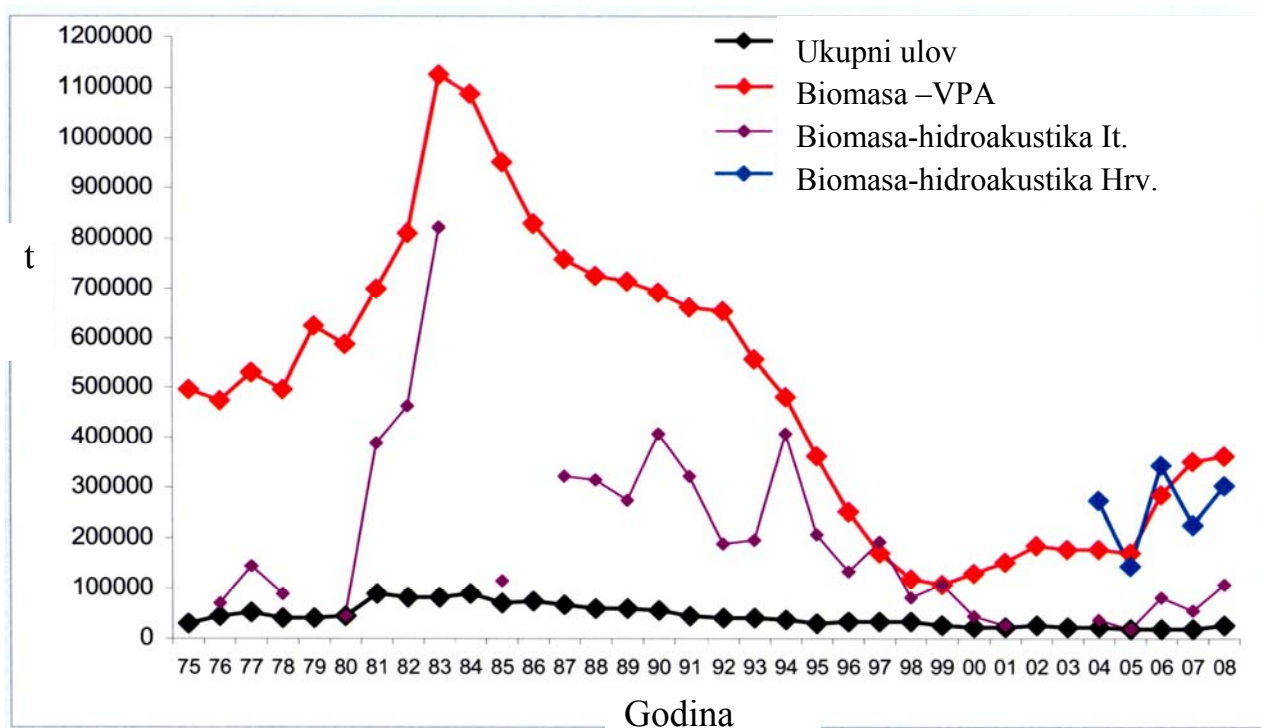
Slika 10. Dužina prvog spolnog sazrijevanja (učešće najnaprednijih stadija zrelosti gonada) srdele *Sardina pilchardus* iz uzoraka lovina ostvarenih u estuarijima hrvatskog dijela Jadranskog mora tijekom njezina maksimalnog mriješćenja

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 dobni grupa u moru. U svrhu procjene obilnosti populacije srdele su se koristili svi prethodno navedeni parametri. VPA metoda je osjetljivija 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) se računao temeljem tri metode, metodom Pauly-a (1980), Taylor-a (1959.) i Richter-Efanov-a (1976.). Pri ocjeni prirodne smrtnosti tijekom 2008. god. se koristio vektorski M .

Budući da pogreške mogu biti prisutne i kao posljedica migracija ove vrste, uzorci srdele i incuna su uzimani tijekom čitave godine na širokom području subregije GSA 17 obuhvaćajući uzorcima lovina čitavo područje (Slika 4.). Time se, gledajući u cjelini, učinak migracija nastojao svesti na najmanju moguću mjeru.

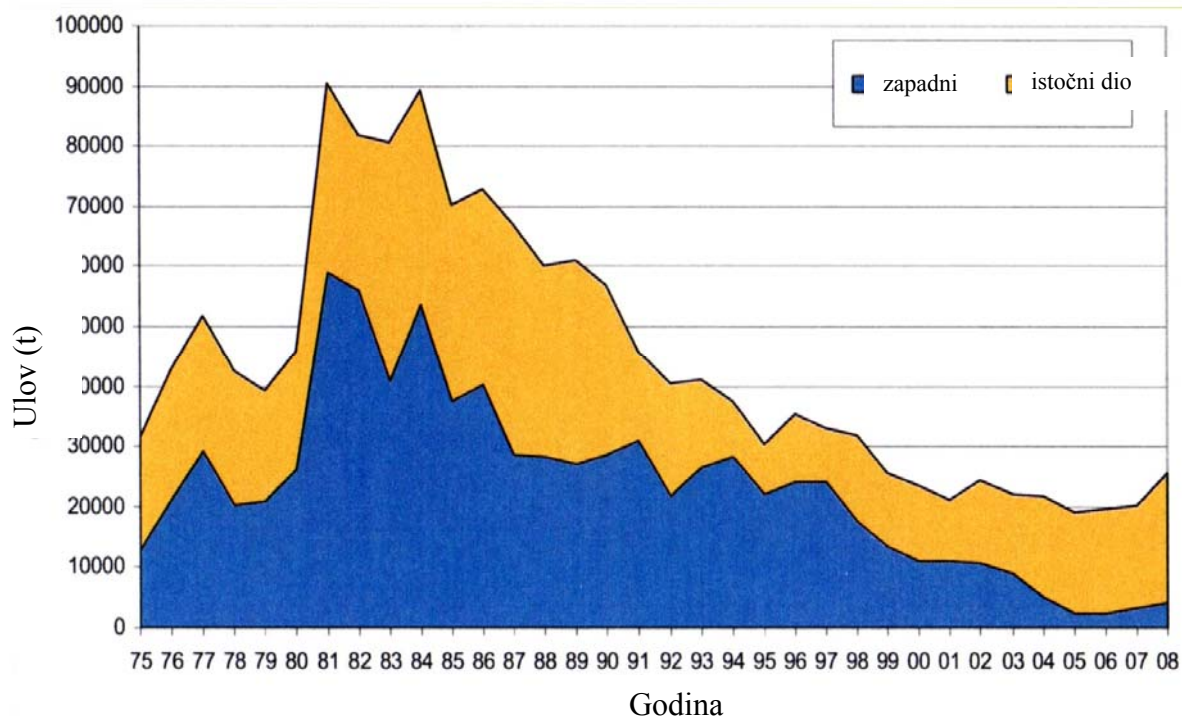


Slika 11. Obimnost procijenjene populacije srdele u Jadranskom moru (GSA 17) tijekom razdoblja 1975-2008. god.

Uključivanjem svih izračunatih parametara u model, procijenjena je biomasa populacije srdele u Jadranskom moru (GSA 17), a iznosi su prikazani na slici 11. Nadalje, na slici je prikazana i biomasa srdele u Jadranskom moru (GSA 17) izračunate temeljem VPA metode uz prilagodbu s vrijednostima dobivenih hidroakustičnom metodom za zapadni i istočni dio Jadranskog mora, uz prikaz ukupna ulova ostvarenog u Jadranskom moru.

Iz slikovnog prikaza je očito da je procijenjena količina srdele u najvećem dijelu Jadranskoga mora (GSA 17) neznatno porasla tijekom 2008. god. u odnosu na iznose tijekom 2006. i 2007. god., što se pozitivno odrazilo na njezine ulove u istočnom dijelu Jadrana (Slika 12), posebice u ribolovnom moru Republike Hrvatske (Slika 13).

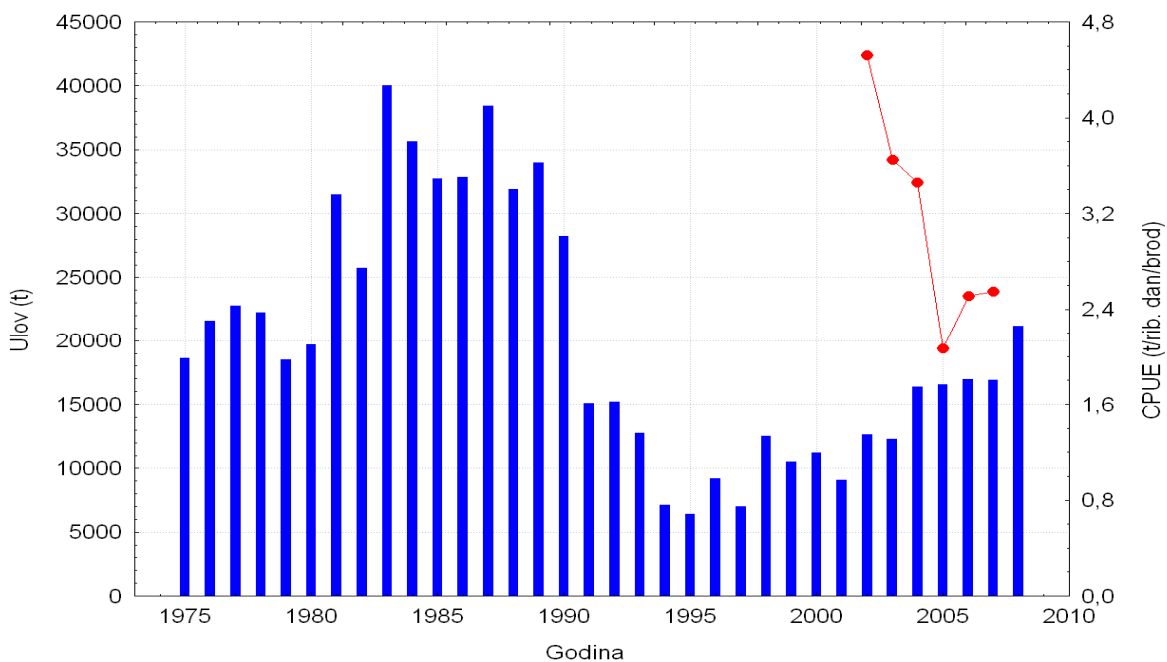
Kako je prethodno navedeno, godišnje su ukupne lovine srdele u čitavu Jadranskom moru kolebale između 18 974,1 tonu ulovljenu tijekom 2005. god. i 9 213 tona koje su ulovljene tijekom 1984. god. Ako promatramo kolebanje lovina srdele u hrvatskom dijelu Jadranskoga mora, tada vidimo da su one kolebale između 6 377 tona ostvarenih u 1995. god. do 40 044 tone ostvarene tijekom 1983. god. U posljednjih pet godina (2004.-2008.) lovine su u Hrvatskoj kolebale oko iznosa od cca 16 000 tona, osim u 2008. god., kada je iznos ostvarenih lovina bio 21 194 tone. Italija i Slovenija su ostvarile općenito najniže iznose lovina tijekom četiri posljednje godine (2005. - 2008. god.). U tom su se razdoblju lovine Italije kretale od cca 2 20 (2005.) do 3 200 tona (2008.) a lovine Slovenije između 252,1 (1005.) i 305,8 (2008.) tona (Slika 12.). Ovakvi ulovi su odraz veličine biomase srdele u čitavu Jadranu (Slika 11.).



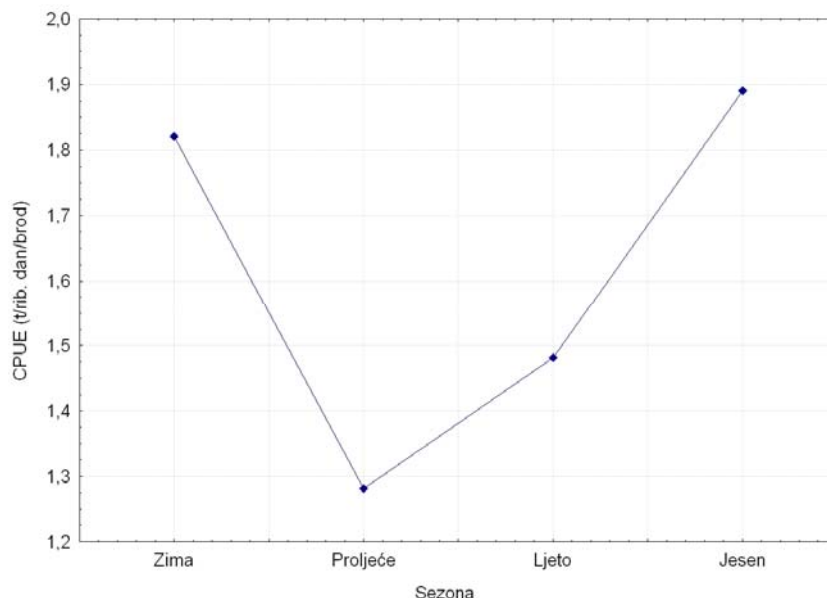
Slika 12. Kolebanje lovina srdele u ribolovnim područjima Italije, Hrvatske i Slovenije prikazane zajedno, te ukupne lovine ostvarene tijekom razdoblja 1975.-2008.

Gustoću naselja najbolje odražava indeks abundancije (*CPUE*) koji je pokazao sezonski karakter fluktuacija tijekom promatranog razdoblja (Slike 13. i 14.). Najveća gustoća naselja (ulov/brod/rib.dan) je opažena u jesen i zimi, u vrijeme predmaturacije, maturacije i mriješćenja srdele, što je najnepovoljnije vrijeme u smislu očuvanja za populaciju ove vrste. 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 najznačajnije pelagičke vrste.

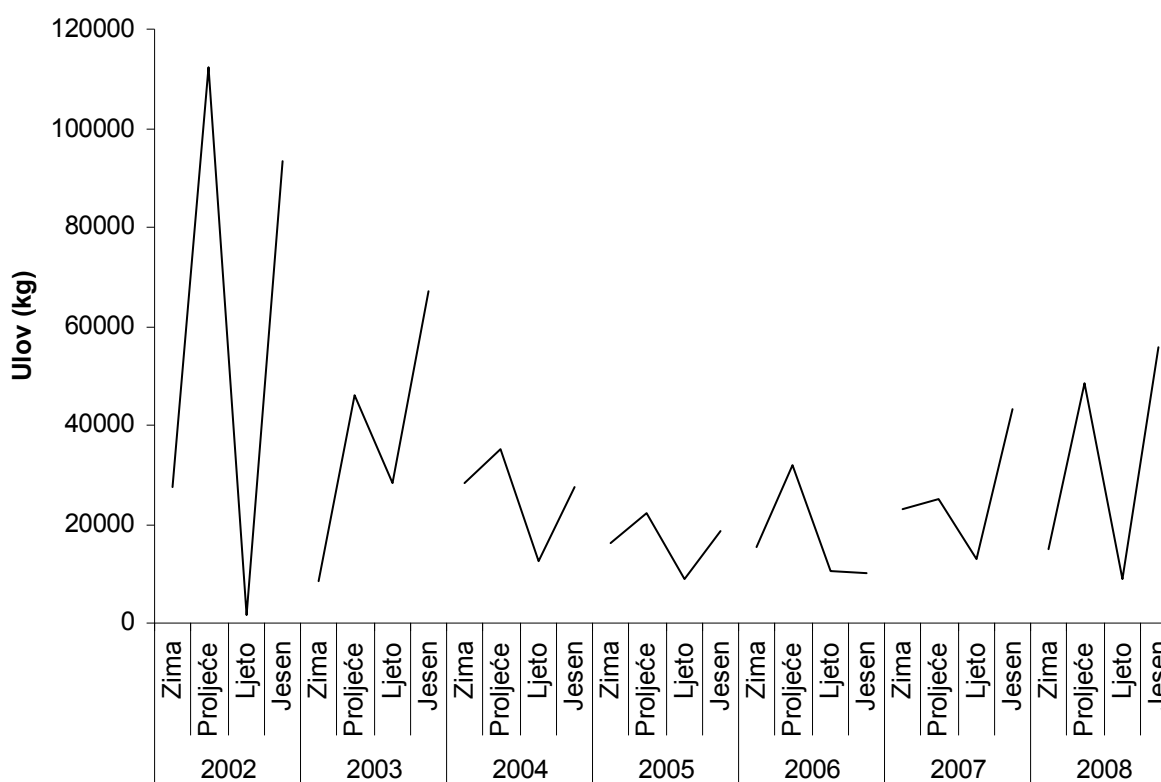


Slika 13. Fluktuacije ulova (■) i abundacije (—) srdele u hrvatskom dijelu Jadranskog mora tijekom razdoblja istraživanja.



Slika 14. Sezonsko kolebanje prosječnih vrijednosti indeksa abundancije (CPUE) srdele iz uzoraka lovina hrvatskog dijela Jadranskog mora tijekom svih godina istraživanja.

Ukoliko promatramo godišnja i sezonska kolebanja ukupnih iznosa ulova srdele (Slika 15), tada vidimo da su ulovi postepeno opadali tijekom razdoblja 2002.-2007., s najvećim prosječnim lovinama ostvarenima tijekom proljeća (2002-2006.) a tijekom 2007. i 2008. u jesen, što nije dobro za populaciju ove vrste, jer se u jesen ona počima mrijestiti. Najniže su lovine zabilježene u svim godinama promatranja tijekom ljeta, kada je i abundancija srdele slabo izražena.

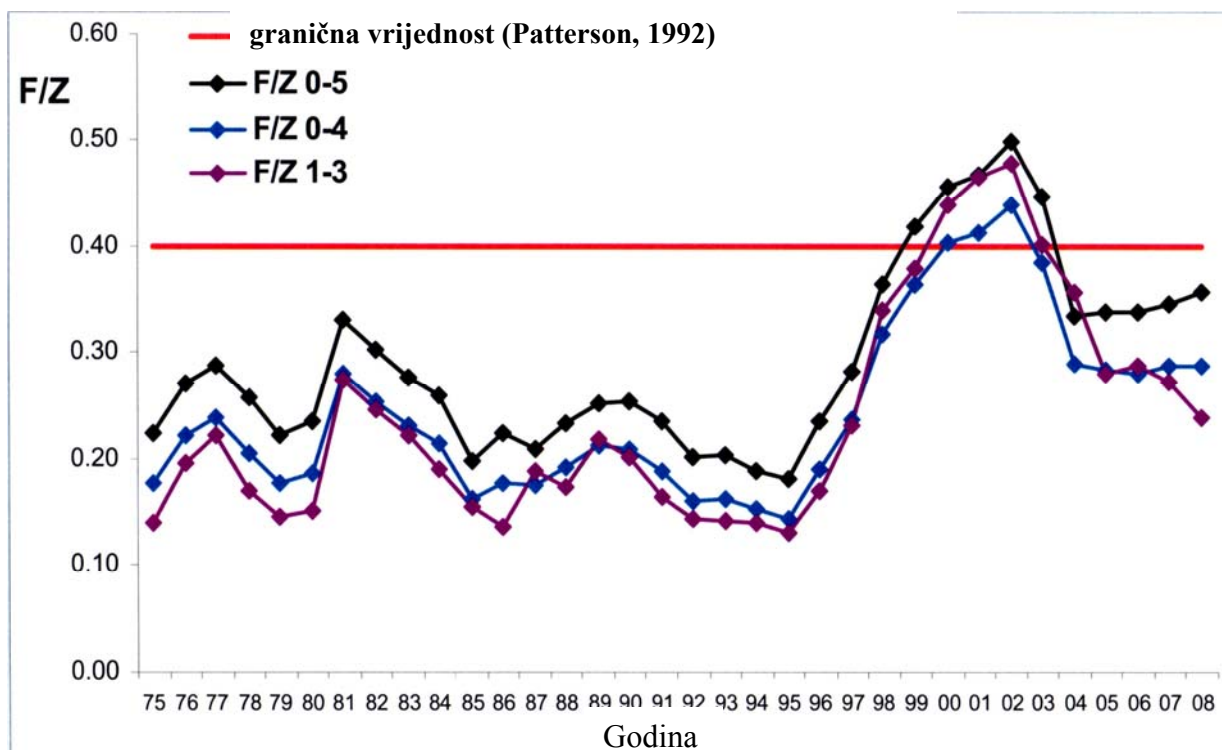


Slika 15. Sezonsko višegodišnje kolebanje lovina srdele iz uzoraka lovina ostvarenim u hrvatskom dijelu Jadranskog mora u svakoj od godina istraživanja u razdoblju 2002. - 2008.god.

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.),

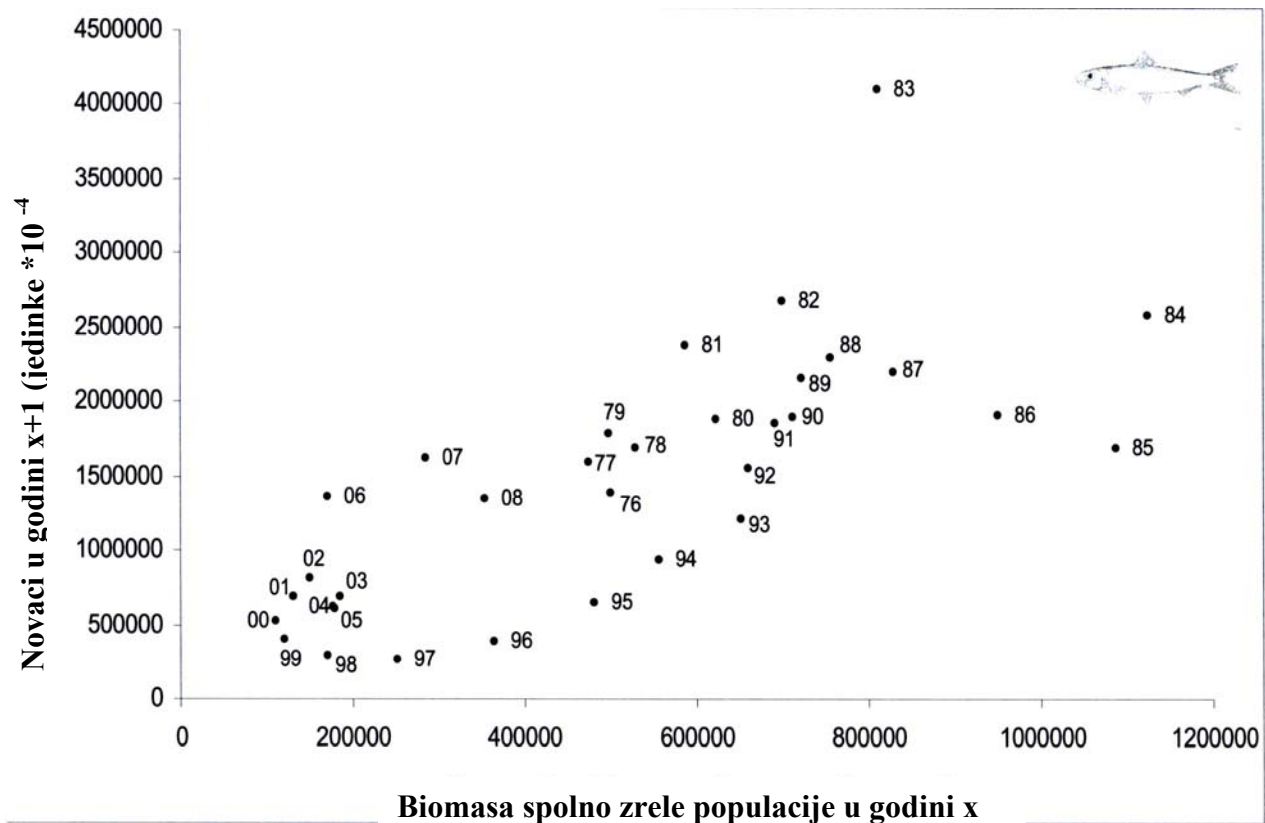
što je u skladu s ranijim istraživanjima (Sinovčić, 1991., 2001.b), ali i kao vektorski M . Kolebanje nivoa eksploatacije ($E=F/Z$) je prikazano na slici 16.



Slika 16. Kolebanje nivoa iskorištavanja srdele u Jadranskom moru tijekom razdoblja 1975.-2008.

Kolebanje izračunatih vrijednosti nivoa eksploatacije (E) su prikazani počevši od 1975. god. Oni su uspoređeni s vrijednošću 0,4 (Patterson, 1992.) koja je referentna vrijednost za sitnu pelagičku ribu. Iz navedenog slikovnog prikaza se vidi da je nivo eksploatacije znatno fluktuirao; sve do 1999. god. je bio ispod referentne vrijednosti. Od 2000. do 2004. god. su iznosi povećani - bili su iznad referentne vrijednosti, dosegivši najviše iznose tijekom 2003. god., što bi

moglo ukazivati na moguće veće iskorištavanje populacije nego bi to moglo biti dozvoljeno.



Slika 17. Novačenje (obnavljanje) populacije srdele u Jadranskom moru tijekom razdoblja 1976. - 2008.

Istovremeno promatrajući i iznose novaka, odnosno novačenje ili obnavljanje (regruatcija) populacije srdele (Slika 17.) ulazom mladih jedinki u stok ove vrste, vidimo da je ono bilo snažno tijekom 80.-tih godina prošloga stoljeća, a posebno snažno negdje njihovom sredinom. Najniži iznosi su zabilježeni u posljednjim godinama istraživanja, slično kao što je bilo krajem 90.-

tih godinama prošloga stoljeća. Kako je istovremeno razina biomase populacije srdele u posljednje vrijeme, mada u porastu, još uvijek nedovoljno visoka (Slika 11.), o ovim činjenicama itekako treba povesti računa, posebice ako se uzme u obzir posljednje razdoblje, u kojem je novačenje ove gospodarstveno vrlo važne vrste još uvijek dosta slabo (Slika 17).

Trendovi ulova srdele ukazuju na znatno podudaranje s trendovima izračunatih vrijednosti veličine populacije (biomase) srdele (Slike 11.-13.). Evidentno je njihovo naglo i 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 33.-godišnjeg promatranja. Ulovi su tijekom 2007. i 2008. god. bili nešto veći (Slike 11.-13.), iako još uvijek ne dosežu niti razinu ulova kakva je bila sredinom sedamdesetih, da ne govorimo o onoj kakva je bila sredinom 80.-tih godina prošlog stoljeća. Faktički, u posljednjih devet godina biomasa srdele fluktuirala na razini nižih vrijednosti, mada se od 2005. god. bilježi njezin porast kao posljedica veličine biomase srdele u moru, što se odražavalo i na ukupni ulov u Jadranskom moru. Takvo povećanje je uslijedilo nakon najniže zabilježene biomase srdele u Jadranskom moru tijekom 2005. god. (Slike 11.-13.).

Vrlo niske razine novačenja (regutacije) u posljednje vrijeme su, izgleda, 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.). Međutim, treba uzeti u obzir i činjenicu da je srdela golema, kao invazivna vrsta u Jadranskom moru u posljednje vrijeme sve brojnija vrsta (Mustač i Sinovčić, 2009a); vrlo je slična srdeli, zauzima jednaku ekološku nišu, hrani se istim organizmima, nalazi se na istim obitavalištima zajedno s njom, a agresivnija je. K tome je srdela za razliku od srdele goleme 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.

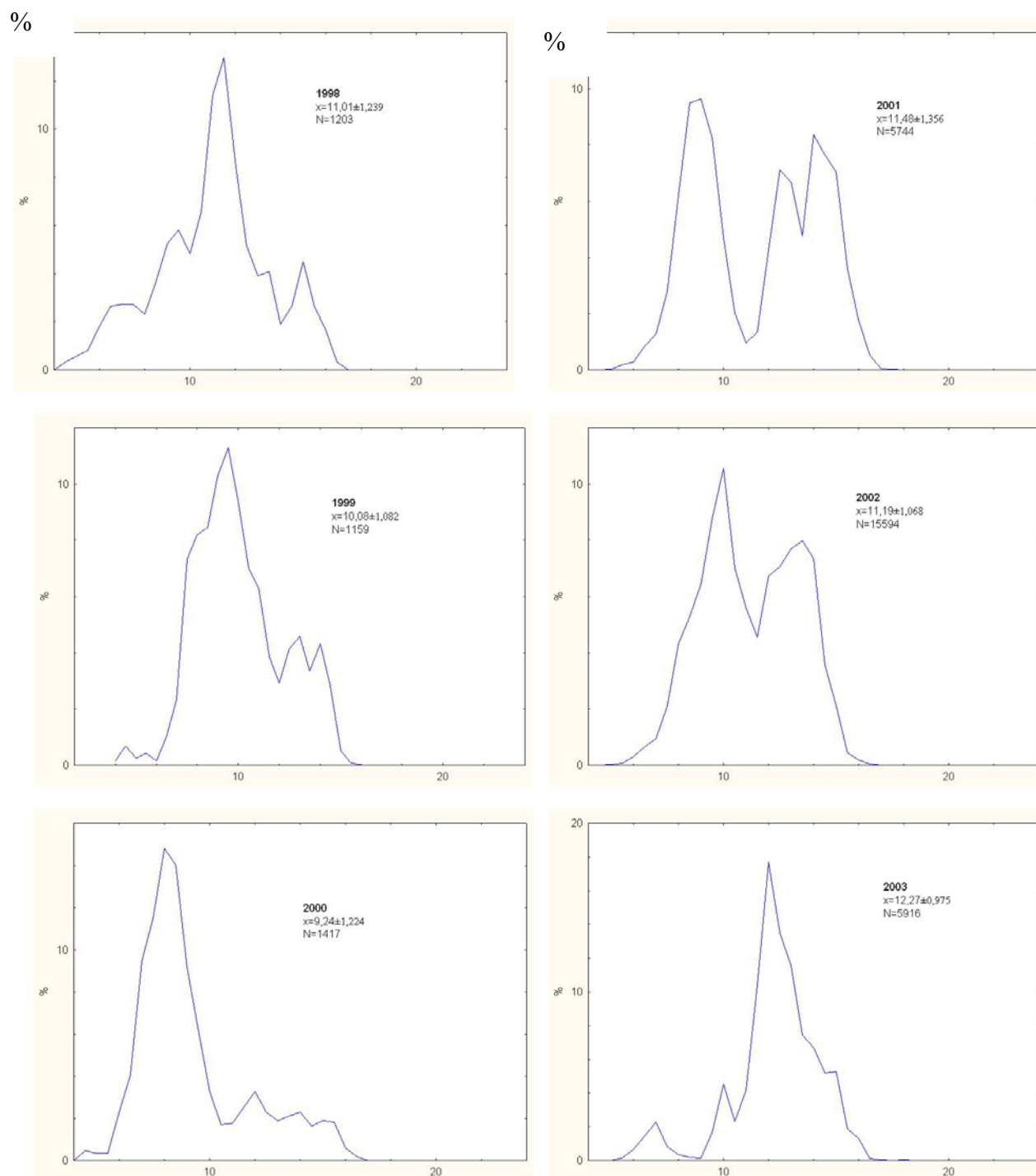
Dakle, ova vrsta ima vrlo velik i značajan broj predatora, od kojih je ipak najveći – čovjek. Stoga nikako ne bi bilo mudro povećati postojeći ribolovni napor, što je u skladu s sprovođenjem održivog iskorištavanja ove značajne pelagične riblje vrste.

INĆUN

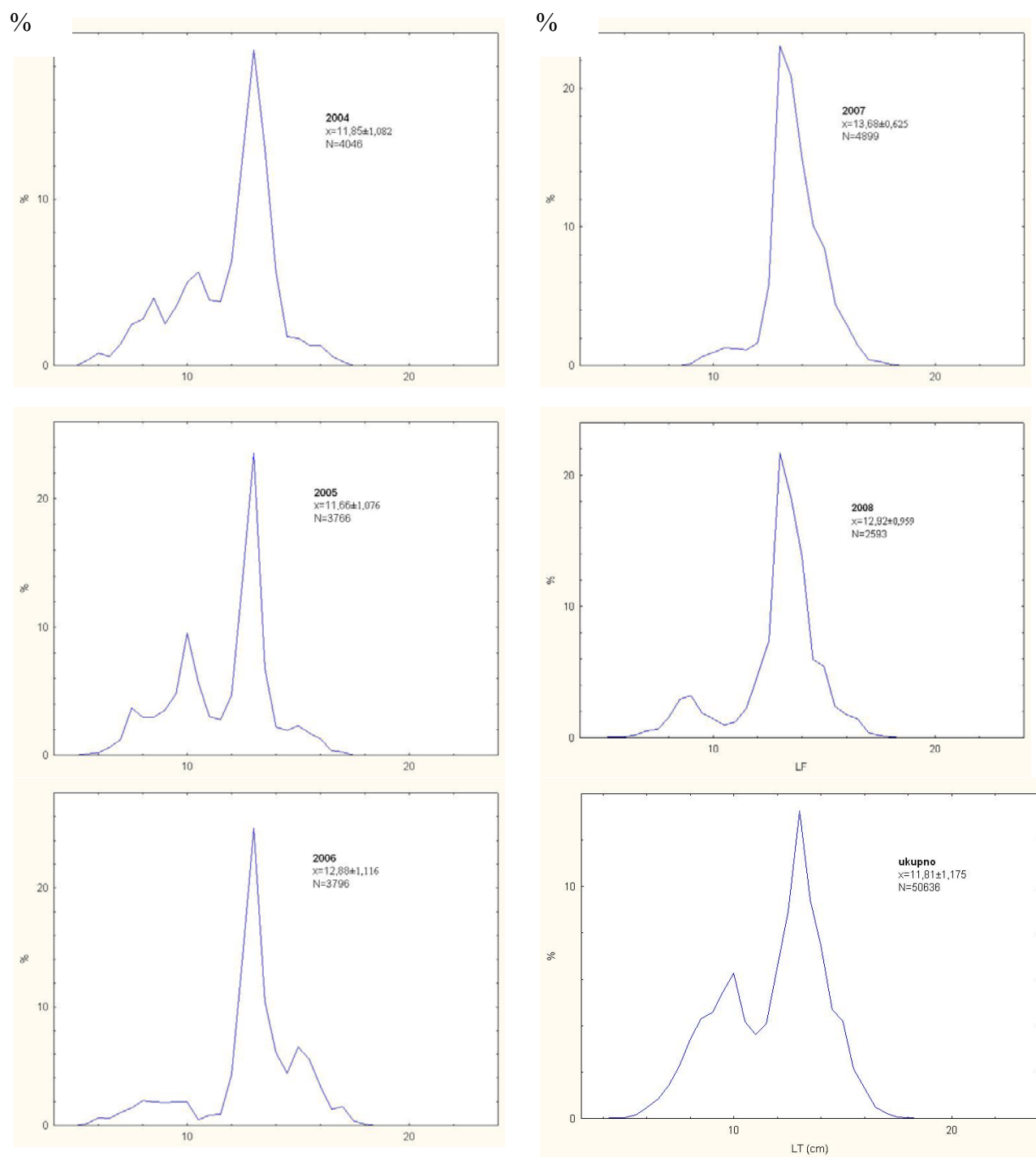
4.5. Dužinska i dobna struktura inćuna (brgljuna)

Analizom dužinskih grupa inćuna je opaženo da je njihov raspon u 2008. bio između 5,5 i 18,0 cm s prosječnom dužinom od $12,92 \pm 0,959$ cm i modalnom dužinom od 13.0 cm. Ukoliko promatramo čitavo posljednje 11-godišnje razdoblje promatranja ove vrste, tada zapažamo da su se prosječne

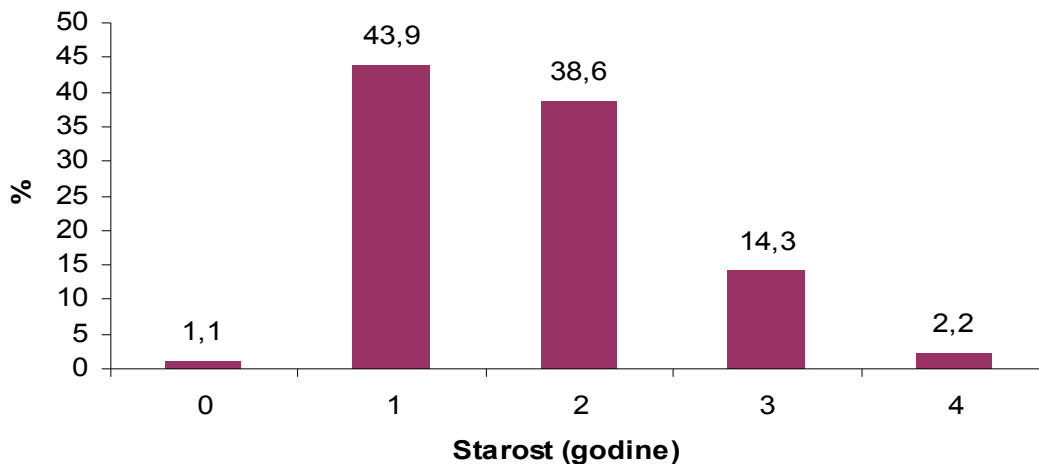
vrijednosti dužine kretale u u skom rasponu: između $9,24 \pm 1,224$ cm (2000.) i $13,7 \pm 0,625$ (2007.) (Slike 4. i 17.). Ukupna je prosječna dužina inćuna svih analiziranih jedinki bila niska - iznosila je $11,81 \pm 1,175$ cm. Dobna struktura inćuna je prezentirana na slici 19. Najzastupljenija dobna grupa bila je 1+ s zastupljenošću od 43,9% i 2+ sa zastupljenošću od 38,6%. Njamanje je bio zastupljen inćun od 0 (1,1%) i 4+ (2,2%) godina starosti. Ukoliko promatramo rezultate istraživanja tijekom posljednjeg 11-godišnjeg razdoblja tada vidimo da su se u čitavu promatranom razdoblju raspodjele dužina bile uglavnom unimodalne; modalne dužine su kolebale između 8,0 (2000.) i 13,0 cm (2004. - 2008.), a prosječne dužine kretale u vrlo uskom rasponu - između $9,24 \pm 1,224$ (2000.) i $13,68 \pm 0,625$ cm (2007.). Tijekom 2008. god. je opaženo opadanje prosječne dužine inćuna – iznosila je 12,92 cm. Najhomogeniji je stok inćuna bio u području estuarija i područja Istre (Slika 4.), gdje su zabilježeni i najmanji rasponi dužina, posebice tijekom 2007. godine. Najveća dužinska i starosna heterogenost brgljuna je zabilježena u kanalskom području i u uzobalju. 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 18a. Dužinska raspodjela incuna *Engraulis encrasicolus* iz uzoraka lovina ostvarenih u hrvatskom dijelu Jadranskog mora u svakoj od godina istraživanja tijekom razdoblja 1998.-2003. god.



Slika 18b. Dužinska raspodjela inćuna *Engraulis encrasicolus* iz uzoraka lovina ostvarenih u hrvatskom dijelu Jadranskog mora u svakoj od godina istraživanja tijekom razdoblja 2004.-2008. god., te ukupno.



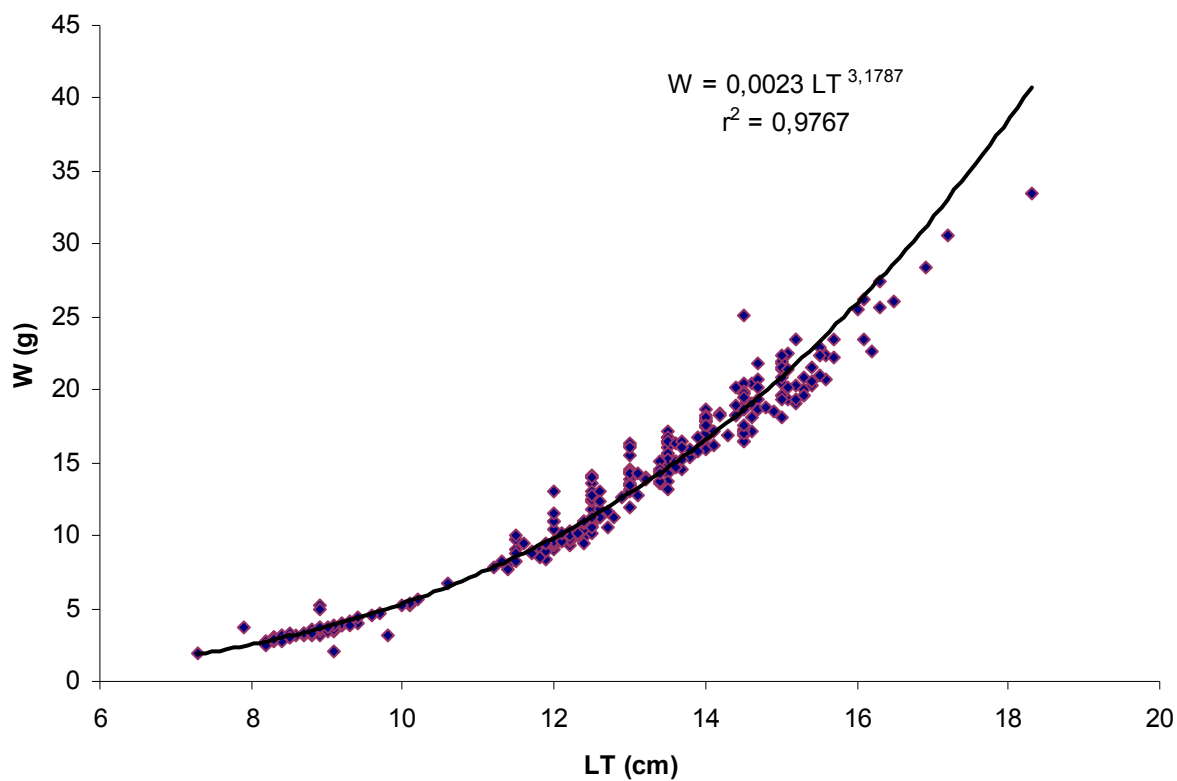
Slika 19. Dobna raspodjela inćuna *Engraulis encrasicolus* iz uzoraka lovina ostvarenih u hrvatskom dijelu Jadranskog mora u 2008. godini.

4.6. Dužinsko maseni odnos inćuna

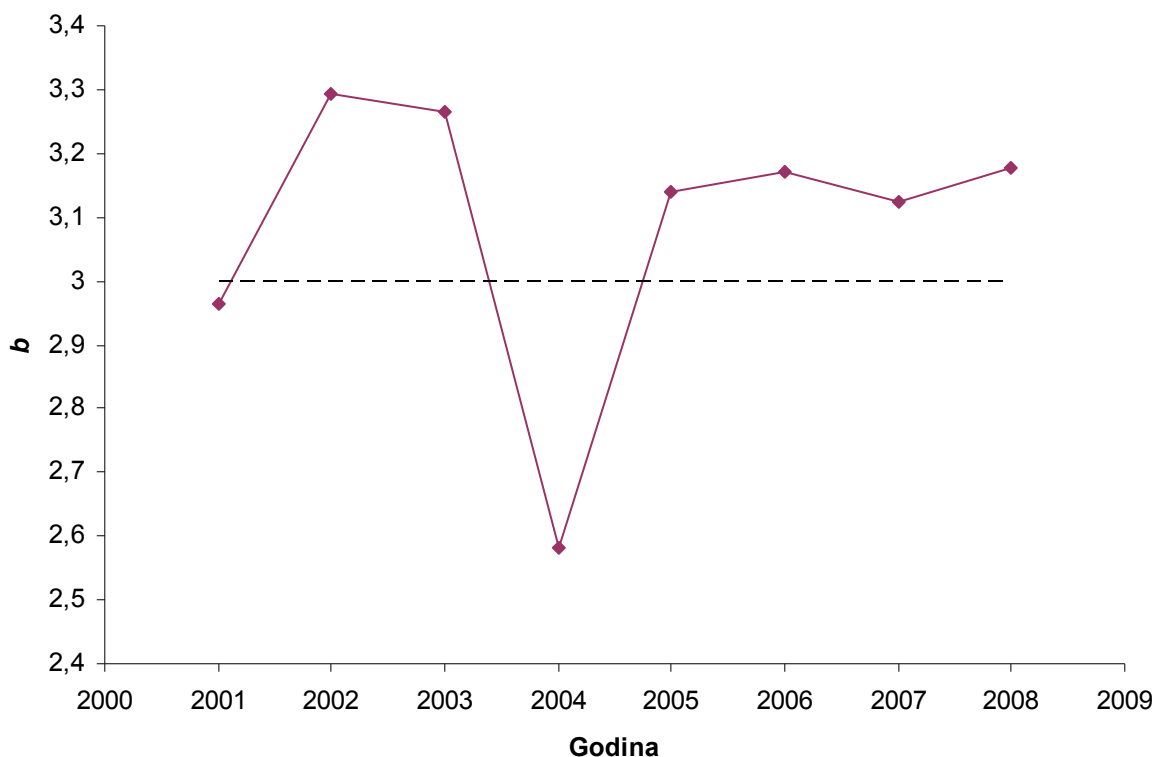
Temeljem dužinsko-masenog odnosa inćuna izraženog jednadžbom: $W = 0,0023 L^{3,1787}$ ($r^2 = 0,9767$) tijekom 2008. ustvrđena je pozitivna alometrija ($b = 3,1787$) (Slika 20.) – proporcionalno veći maseni od dužinskog rasta, što je u skladu s ranijim istraživanjima (Sinovčić, 1992., 1998., 1999., 2000a, 2004.; Sinovčić 2004.). Koeficijent a je iznosio 0,0023 dok je koeficijent determinacije (r^2) između dužine i mase inćuna je bio vrlo visok i značajan ($r^2 = 0,9767$).

Ukoliko promatramo kolebanje dužinsko-masenog odnosa tijekom razdoblja 2001.-2008 (Slika 21), tada vidimo da su iznosi alometrijskog indeksa b bili takvi da su uglavnom ukazivali na pozitivno alometrijski rast inćuna,

mijenjajući se u pojedinim godinama istraživanja od negativne alometrije (2001. i 2004.) do pozitivne alometrije (2002.-2003., te tijekom razdoblja 2005. –2008.).



Slika 20. Dužinsko (L) – maseni (W) odnos inćuna *Engraulis encrasicolus* iz uzoraka lovina ostvarenih u hrvatskom dijelu Jadranskog mora tijekom 2008. god.

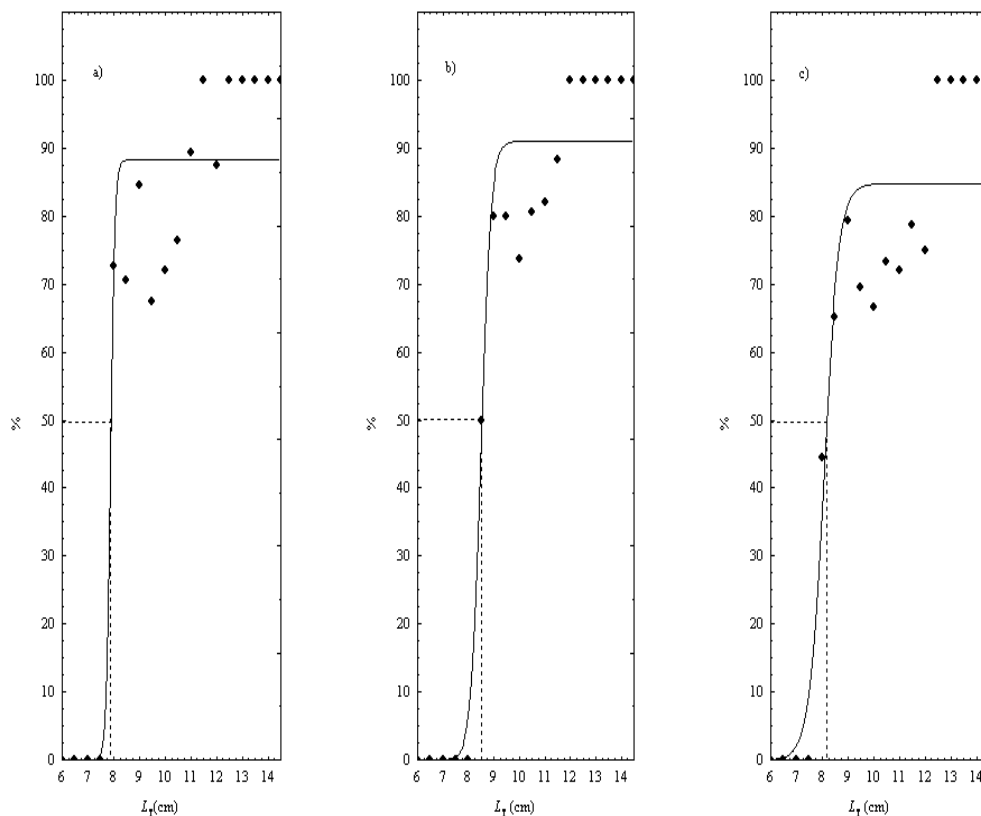


Slika 21. Kolebanje dužinsko-masenog indeksa (*b*) inćuna iz uzoraka lovina ostvarenih u hrvatskom dijelu Jadranskog mora tijekom razdoblja 2001.-2008. god.

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 izmriju. 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 22. 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 22. 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:

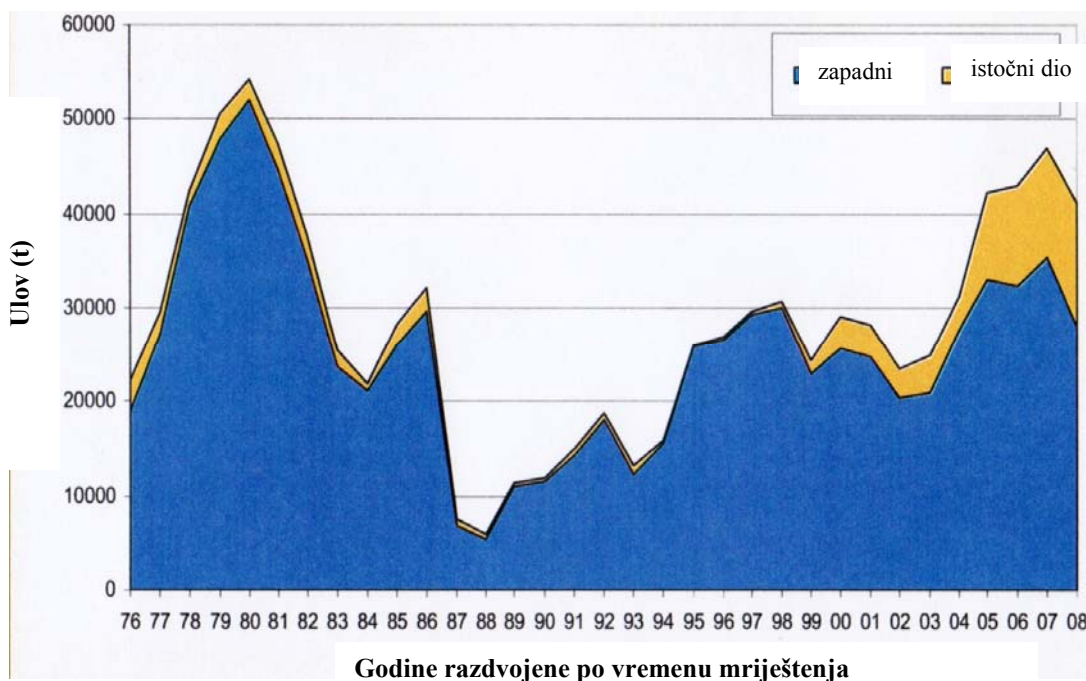
$P_{(x)} = 0,8481 / 1 + e^{(28,1261 - 3,4823 X)}$, $r^2 = 0,9506$, $S.E. = 0,0407$ inćuna *E. encrasicolus*

iz uzoraka lovina ostvarenih u estuariju tijekom razdoblja istraživanja.

4.8. Procjena populacije inćuna

Godišnje ukupne lovine inćuna su tijekom razdoblja 1975.-2008. u Jadranskom moru kolebale između 3 783 tone (1987. god.) i 49 037,2 tona ostvarenih tijekom 2007. god. (Slika 23.). Međutim, ako promatramo kolebanje

lovina inćuna u hrvatskom ribolovnom moru, tada vidimo da su one kolebale između 220 tona ostvarenih u 1996. god. i rekordnih 13 200 tona ostvarenih tijekom 2007. god. Tijekom 2008. god. je zabilježen izvjestan pad ulova inćuna – iznosio je 13 054 tone (Slika 24.). U Italiji je također ulov inćuna bio visok tijekom 2007. god. (35 431 tona), ali ipak manji nego je bio krajem 1970.-tih, posebice tijekom 1980. god. (57 328 tona). Slovenija također bilježi dobre ulove tijekom 2006. i 2007. god.: 410.0 odnosno 407,7 tona, dok je tijekom 2008. god. zabilježen znatan pad ulova ove značajne pelagičke vrste za više od 55% (183,82 tone).

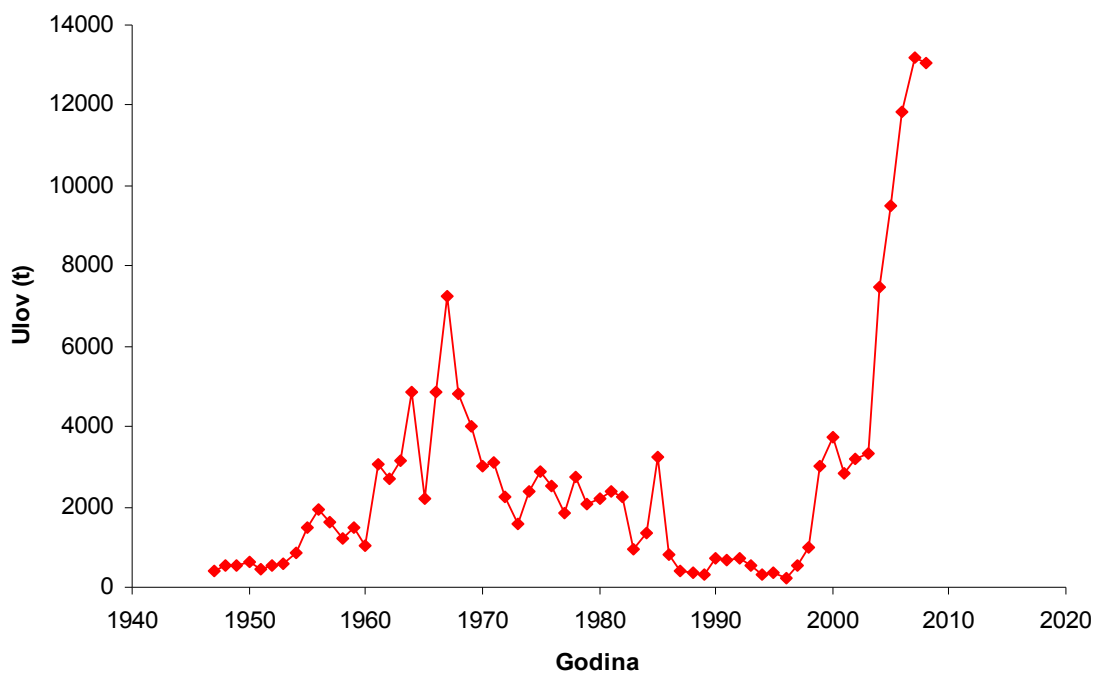


Slika 23. Kolebanje lovina inćuna u ribolovnom moru Hrvatske i Slovenije (zajednički prikaz) i Italije u GSA 17 tijekom razdoblja 1976.-2008.

Kako je prethodno navedeno, tijekom izvođenja procjene inćuna temeljem VPA metode 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.) kao vektorski M . 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. 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.

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 25. Iz prikazanih iznosa je evidentno da je nivo eksploatacije inćuna bio najviši tijekom 1986.; bio je točno na graničnoj razini.

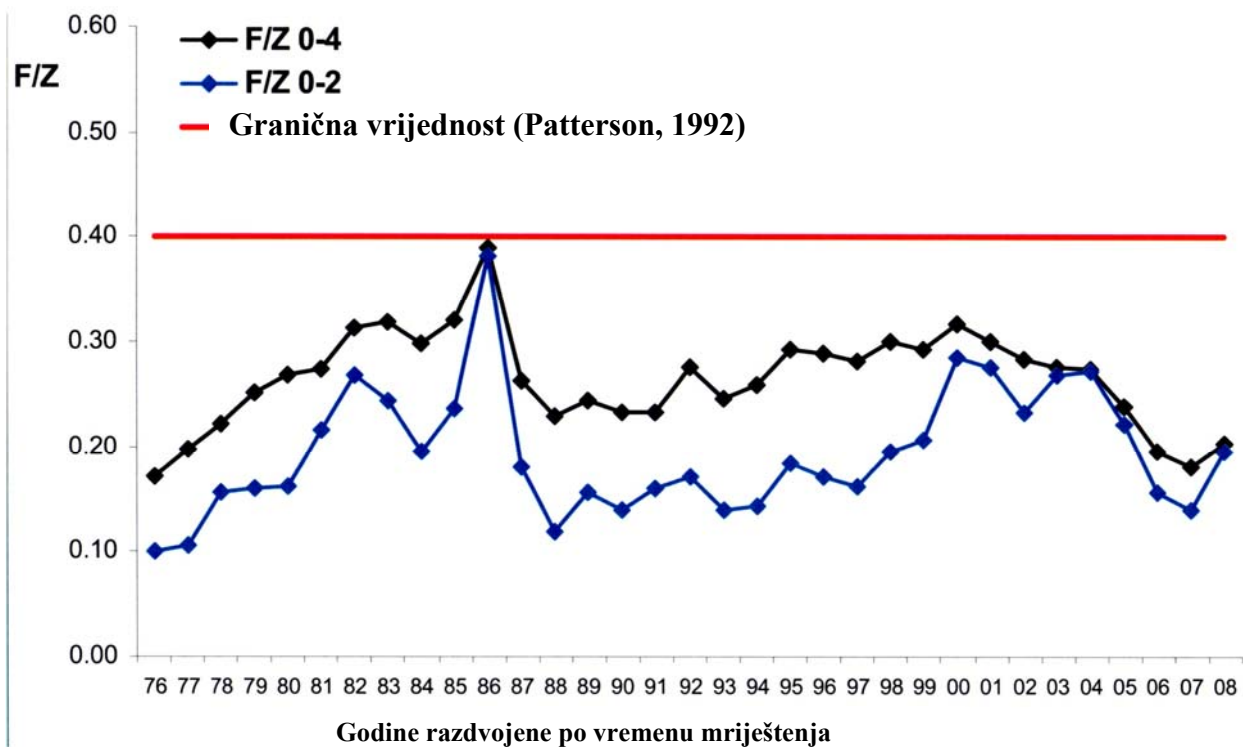


Slika 24. Kolebanje lovina inćuna, hrvatski dio Jadranskog mora, 1947.-2008. god.

Ako promatramo grafički prikaz iznosa biomase inćuna izračunat *VPA* metodom zajedno sa prilagođenim vrijednostima hidroakustičkih rezultata zapadne i istočne strane Jadranskog mora (Slika 26.), iz slike godišnjih kolebanja biomase inćuna je evidentno 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 doseguvši najniže vrijednosti tijekom 1987. i 1988. god, što se odrazilo i na lovine. Vrlo niski iznosi lovina bilježe sva ribolovna područja Jadranskog mora (Slike 23 i 24.).

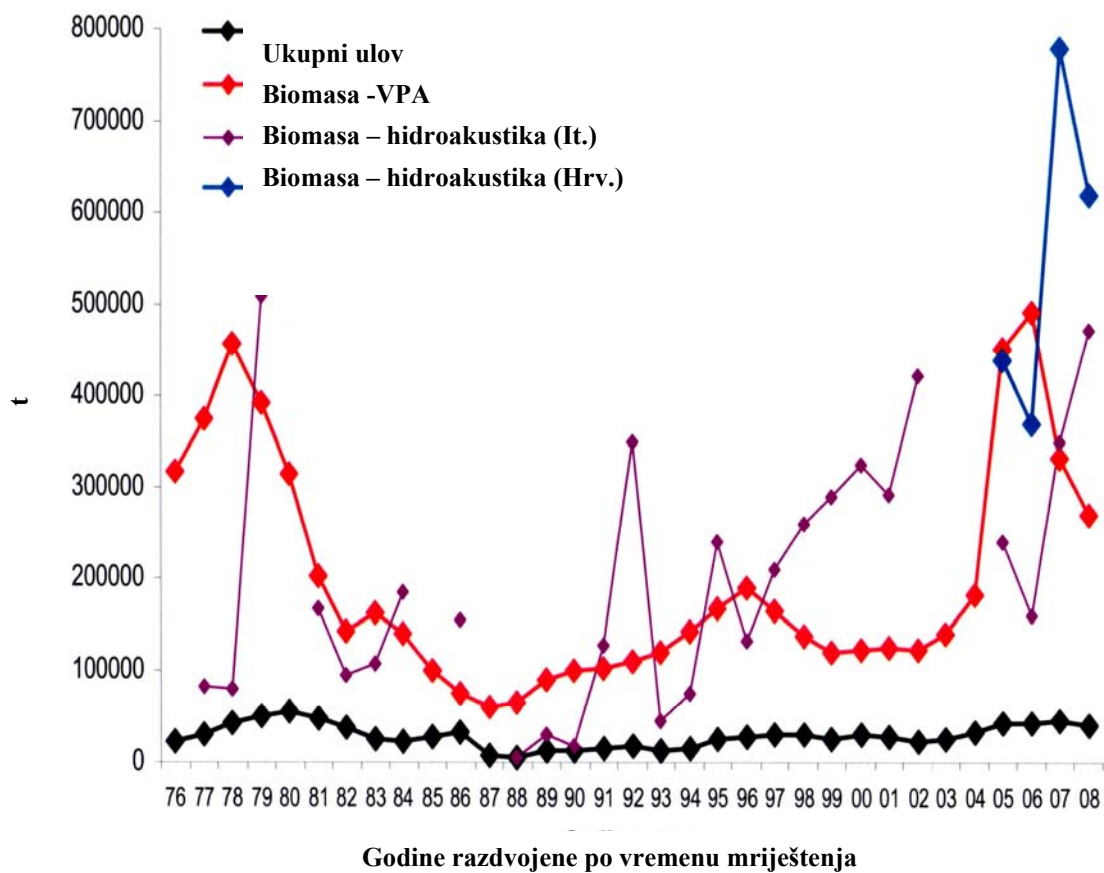
Zapravo, vrijednosti veličine populacije inćuna prati trend njegova ulova - kolaps biomase inćuna je nastupio 1987. god., što se odrazilo na ulove u svim ribolovnim područjima Hrvatske, Italije i Slovenije. Izrazito visoka biomasa je zabilježena krajem 1970.-tih i početka 1980. tih. Nakon toga je uslijedio izraziti pad do 1987., te nakon toga postupni, zatim izraziti porast od 2003. do 2007. god. a nakon toga opet pad biomase inćuna. Dakle, minimalni je iznos biomase i ulova opažen tijekom 1988. god. a najveći tijekom 1978. god.

Visoki su iznosi ribolovnog napora zabilježeni 1986., mada ispod granične vrijednosti. Međutim, evidentna je vrlo niska razina regrutacije u istoj godini i godini nakon toga. Oni su, izgleda, najviše odgovorni za kolaps stoka (Santojani *et al.*, 2003.). Mada je biomasa u posljednje vrijeme bilježila porast, ipak je u posljednje dvije godine populacija ponovno u opadanju (Slika 26.). 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 2007. i 2008. god. (Slika 26.).

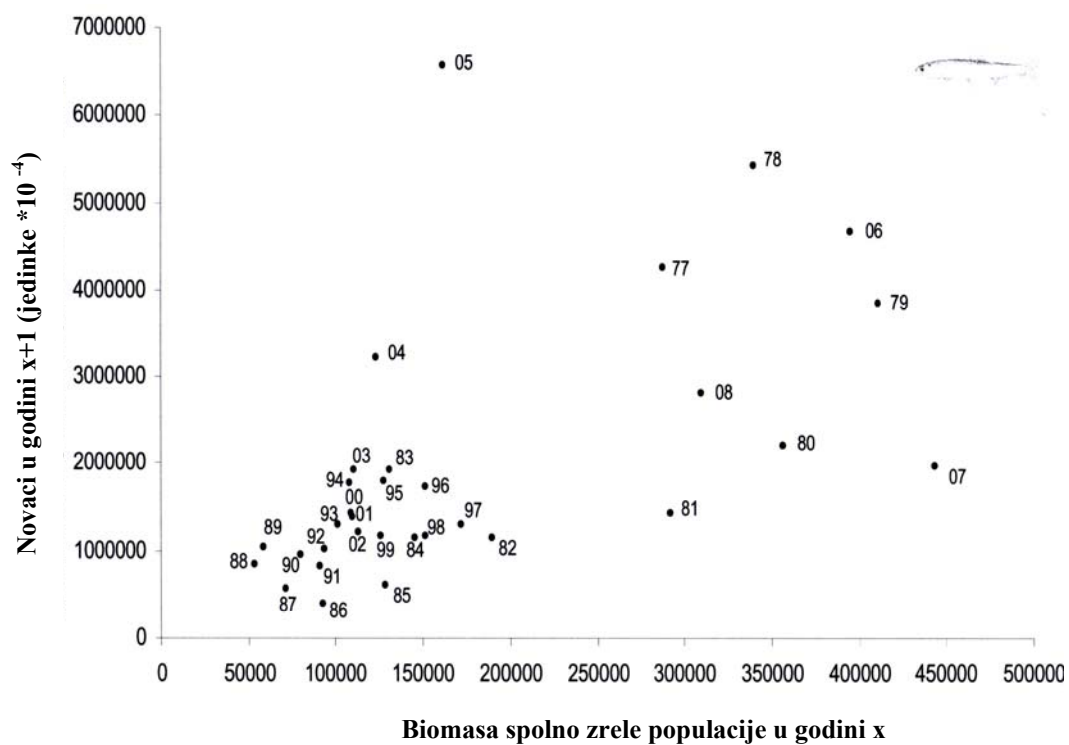


Slika 25. Kolebanje nivoa iskorištavanja inćuna u Jadranskom moru tijekom razdoblja 1976.-2008.

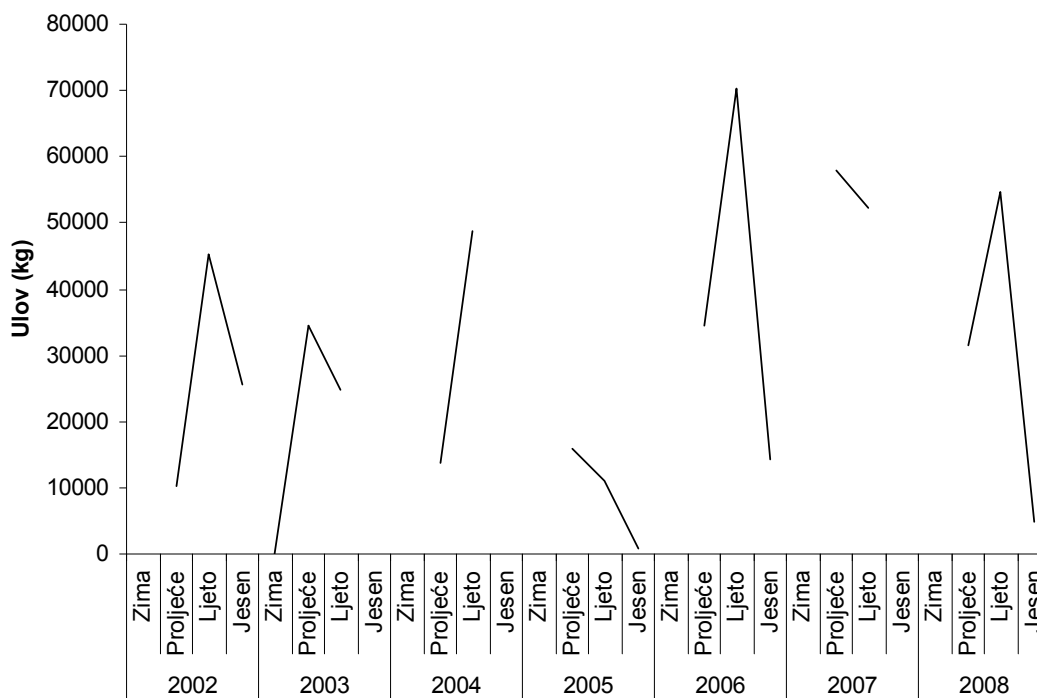
Istodobno promatrajući i iznose novačenja (regrutacije) populacije inćuna (Slika 27.) ulaskom mladih jedinki u stok ove vrste, vidimo da je ono bilo snažno krajem 70.-tih godina i početkom 80.-tih godina prošloga stoljeća. Niski iznosi su zabilježeni u posljednjim godinama opažanja, slično kao što je bilo početkom 80.-tih godina prošlog stoljeća.



Slika 26. Fluktuacije procijenjenih količina (biomase) inćuna u Jadranskom moru

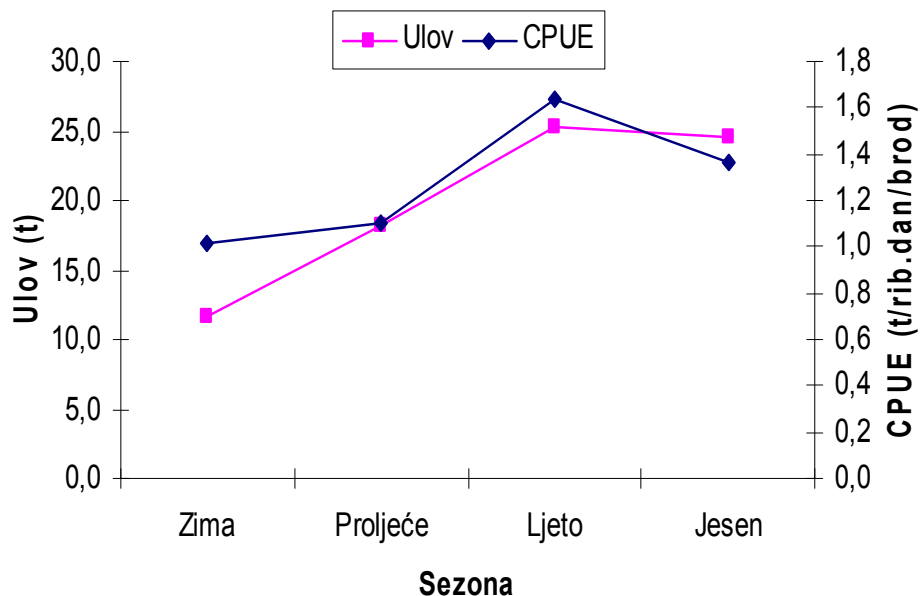


Slika 27. Novačenje (obnavljanje) populacije inćuna u Jadranskom moru tijekom razdoblja 1977.-2008.



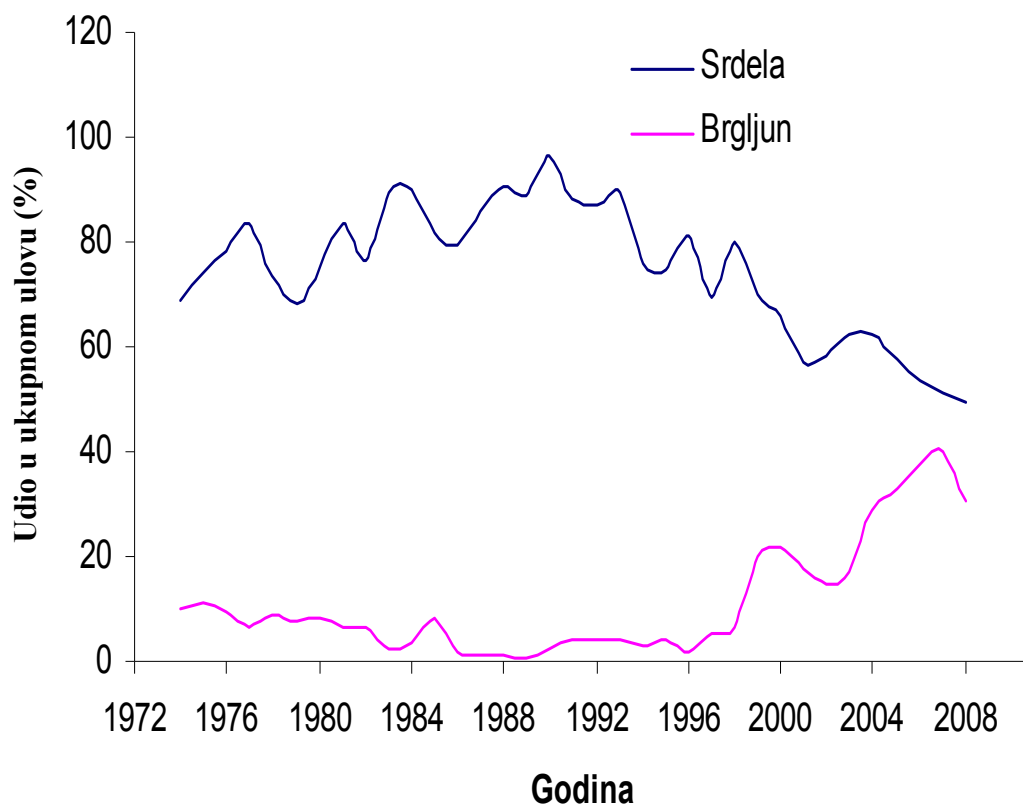
Slika 28. Sezonsko kolebanje prosječnih vrijednosti lovina incuna tijekom razdoblja 2002. - 2008. god. iz uzoraka lovina ostvarenih u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.

Iznosi lovina incuna pokazuju sezonsko obilježje (Slike 28. i 29.) – opaženo je da se najveći iznosi lovina ostvaruju tijekom ljeta, kada je i abundancija incuna najizraženija - u vrijeme njegova mriješćenja, što nije dobro za populaciju ove vrlo značajne pelagičke vrste.



Slika 29. Sezonsko kolebanje prosječnih vrijednosti indeksa abundancije (CPUE) (—◆—) i lovina inćuna (—◆—) iz uzoraka lovina hrvatskog dijela Jadranskog mora tijekom svih godina istraživanja.

Općenito govoreći, srdela i inćun su pokazali alternacije u fluktuacijama biomase u razdoblju 1975. – 2008. (Slika 30.). Naime, u godinama vrlo obilnih, bogatih lovina srdele, inćun se lovio u malim količinama i *vice versa*, što je pratilo trend njihove obilnosti u moru, odnosno veličinu njihovih populacija (Slika 30.).



Slika 30. Kolebanje udjela srdele (—) i inćuna (—) u ukupnim lovinama plave ribe u hrvatskom dijelu Jadranskog mora tijekom razdoblja 1974.-2008.

5. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

- Srdela i inćun su dvije najbrojnije i najznačajnije pelagičke vrste u Jadranu.
- 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. Takva situacija je nepovoljna za obje navedene populacije.

Treba voditi računa posebice o tome da:

- Biomasa srdele nije još uvijek dovoljno visoka a obnavljanje njezine populacije je istovremeno nedovoljno.
- Biomasa inćuna je bila u opadanju tijekom 2008. godine, što se reflektiralo na njegove ulove.
- Fluktuacije inćuna su izraženije u posljednje vrijeme nego su to bile u prethodnom razdoblju.

Imajući u vidu iznesene činjenice, 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 najbrojnim i najvažnijim pelagičnim ribljim vrstama. Pri tome treba posebno voditi računa o kontroli njihove minimalne lovne dužine. Manje jedinke se nikako ne bi smjele loviti u vrijeme vrhunca njihova mriješćenja, a postojeći ribolovni napor se ne bi trebao povećavati sve dok traje ovakvo nepovoljno stanje. Moguće bi bilo dobro efikasnije zaštititi obje vrste u vrijeme maksimalnog mriješćenja – srdelu barem tijekom prosinca i siječnja, a inćuna tijekom kolovoza.

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.

Mustać, B., Sinovčić, G. 2009a. Comparison of some biological parameters of sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1972) and gilt sardine *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) in the Zadar area. Proceeding of abstracts. Besendorfer, V. and G. Klobučar (Eds.): 228-229.

Mustać, B., Sinovčić, G. 2009b. Comparison of mesenteric and tissue fat content in relation to sexual cycle of the sardine, *Sardina pilchardus* (Walb., 1792), in the eastern Middle Adriatic fishery grounds (Croatia). J. Appl. Ichthyol. doi: 10.1111/j.1439-0426.2009.01285.

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. Méditerr.*, 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. Medit.*, 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.