

VIŠEGODIŠNJA ISTRAŽIVANJA DJELOVANJA EUTROFIKACIJE NA KOPEPODE PRIOBALNOG PODRUČJA JADRANSKOG MORA

Dubravka REGNER
Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split

Izvod

U radu se donose rezultati višegodišnjih istraživanja djelovanja eutrofikacije na kopepode istočnog priobalnog područja Jadranskog mora.

Pritom je analizirano sezonsko kretanje sastava vrsta kao i promjene broja vrsta kroz višegodišnje razdoblje.

Praćene su sezonske i višegodišnje oscilacije broja kopepoda na m^3 , a razmatrane su i vrijednosti indeksa raznolikosti kopepoda. Iz višegodišnjih rezultata istraživanja uočeno je nastupanje nekih negativnih efekata eutrofikacije na planktonsku zajednicu kopepoda.

Abstract

LONG-TERM INVESTIGATIONS OF COPEPODS FROM THE EASTERN COASTAL ADRIATIC

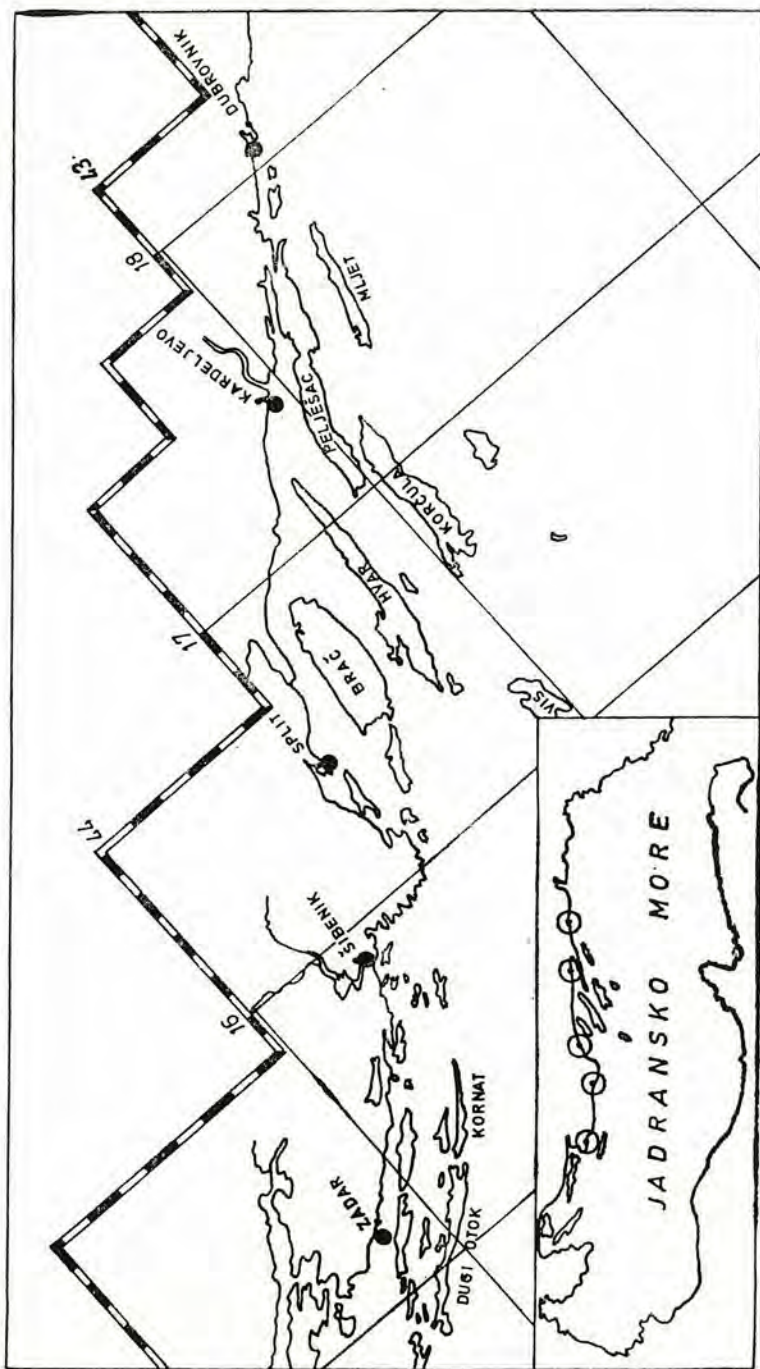
This paper gives the results of a seven-years period investigations on the copepods in the eastern part of Adriatic Sea.

The seasonal and multiannual changes in the qualitative and quantitative composition of the copepods are discussed.

From the above mentioned results, the appearance of some negative effects of eutrophication on the copepod community is noticed.

UVOD

Istraživanja i kontrolu kvalitete priobalnog mora dijela istočno-jadranske obale, Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu provodi od 1976. do 1982. godine. Ova istraživanja poduzeta su u cilju dobivanja uvida u ekološku situaciju i stanje kvalitete priobalnog mora od Zadra do Dubrovnika, višegodišnjim sistematskim praćenjem (monitoring) fizikalnih, kemijskih i bioloških parametara.



Sl. 1. Područje istraživanja

Fig. 1. The area under investigations

U ovom radu donose se rezultati proučavanja kopepoda kvantitativno dominantne skupine mrežnog zooplanktona, koji ujedno predstavljaju i glavnu hranu ekonomski važnih riba.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA, MATERIJAL I METODIKA

Materijal za ova istraživanja sakupljen je sezonski, kroz sedmogodišnje razdoblje, na postajama ispred luka Zadra, Šibenika, Splita, Kardeljeva i Dubrovnika (sl. 1). Dubina istraživanih postaja kretala se oko 30 m, osim na postaji Kardeljevo, gdje je iznosila oko 20 m.

Zbog tako malih dubina, te utjecaja s kopna, kolebanja hidrografskih parametara — temperature, saliniteta, gustoće, prozirnosti i boje mora, pokazuju veliku promjenljivost tokom godine (Stojanoski, Vukadin i Zvonarić, IOR, Split, 1982). Najveće oscilacije, tj. razlike između minimalnih i maksimalnih vrijednosti nađene su za većinu hidrografskih parametara na postaji Šibenik (tab. 1).

Tab. 1. RAZLIKE IZMEĐU MAKSIMALNIH I MINIMALNIH VRIJEDNOSTI TEMPERATURE, SALINITETA I PROZIRNOSTI MORA NA ISTRAŽIVANOM PODRUČJU

Tab. 1. THE DIFFERENCES BETWEEN MAXIMAL AND MINIMAL VALUES OF TEMPERATURE, SALINITY AND TRANSPARENCY OF THE SEA AT THE INVESTIGATED AREA

Postaje Station	T°C	Sal. ‰	Prozirnost/m Transparency/m
Zadar	8,78	0,73	9
Šibenik	8,36	33,54	22
Split	8,39	4,34	5
Kardeljevo	7,30	25,71	6
Dubrovnik	7,12	7,17	12

Uzorci zooplanktona uzimani su sezonski, vertikalnim potezima »Hensen«-ove planktonske mreže (73/100, svila br. 3), od dna do površine. Konzerviranje materijala provedeno je neutraliziranim 2% formolom.

Podaci o biomasi kopepoda dobijeni su brojanjem poduzoraka (1/20 kompletne lovine), a zbog rjeđih vrsta pregledana je cijela lovina.

REZULTATI I DISKUSIJA

Tokom šestogodišnjih istraživanja nađeno je u priobalnom području preko 60 vrsta kopepoda, od kojih se neke obuhvatilo pod zajedničkim imenom roda (tab. 2). Iako je broj vrsta na prvi pogled relativno mali, moramo ovdje imati u vidu da se radilo sezonski, sa dubine od oko 30 m do površine, što se svakako odrazilo na broj vrsta. Iz dobivenih rezultata po područjima može se vidjeti da je na svim postajama broj vrsta i sastav prilično sličan. U ovim plitkim priobalnim dijelovima prevladavaju naime neritske vrste uobičajene za postaje obalnih područja, a povremena pojava pelagičnih kopepoda pretežno kroz zimu (ponekad i ljeti) svakako ukazuju na periodično dolaženje vode otvorenog Jadrana prema obali. Ova pojava u skladu je sa sistemom strujanja u Jadranskom moru (Zore - Armanda, IOR, Split, 1974) te jačom ulaznom strujom iz otvorenog južnog Jadrana kroz zimske mjesece.

Tab. 2. SASTAV KOPEPODA NA POSTAJAMA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA
 Tab. 2. THE COMPOSITION OF COPEPODS AT THE INVESTIGATED AREA

Vrste Species	Zadar	Šibenik	Split	Karde- ljevo	Dubrov- nik
<i>Calanus helgolandicus</i> (Claus)	+	+	+	+	+
<i>Calanus tenuicornis</i> Dana	+	+	+	+	+
<i>Nannocalanus minor</i> (Claus)	+	+	+	—	+
<i>Eucalanus elongatus</i> Dana	+	—	+	+	—
<i>Neocalanus gracilis</i> (Dana)	—	—	+	—	—
<i>Paracalanus pygmaeus</i> Claus	—	+	+	+	+
<i>Paracalanus nanus</i> G. O. Sars	+	+	—	—	—
<i>Paracalanus parvus</i> (Claus)	+	+	+	+	+
<i>Paracalanus denudatus</i>	—	—	—	—	+
<i>Calocalanus pavo</i> (Dana)	+	+	+	+	+
<i>Calocalanus styliremis</i> Giesbrecht	+	—	—	—	—
<i>Calocalanus contractus</i> Farran	+	—	—	+	+
<i>Ischnocalanus plumulosus</i> (Claus)	—	—	+	+	+
<i>Mecynocera clausi</i> Thompson	+	+	+	+	+
<i>Clausocalanus mastigophorus</i> (Claus)	+	+	+	—	+
<i>Clausocalanus lividus</i> Frost & Fleminger	+	+	+	+	+
<i>Clausocalanus arcuicornis</i> (Dana)	+	+	+	+	+
<i>Clausocalanus jobei</i> Frost & Fleminger	+	+	+	+	+
<i>Clausocalanus pergus</i> Ferran	+	+	+	+	+

<i>Clausocalanus parapergens</i> Frost & Flem.	+	+	+	+	+
<i>Clausocalanus furcatus</i> (Brady)	+	+	+	+	+
<i>Ctenocalanus vanus</i> Giesbrecht	+	+	+	+	+
<i>Aetideus armatus</i> (Boeck)	—	—	+	—	—
<i>Euaetideus giesbrechti</i> Cleve	—	—	—	—	+
<i>Diaixis pygmaea</i> (T. Scott)	+	+	+	+	+
<i>Centropages typicus</i> Kröyer	+	+	+	+	+
<i>Centropages kröyeri</i> Giesbrecht	+	+	+	+	+
<i>Isias clavipes</i> (Boeck)	+	+	+	+	+
<i>Temora stylifera</i> (Dana)	+	+	+	+	+
<i>Temora longicornis</i> (Müller)	+	+	+	+	—
<i>Lucicutia flavicornis</i> (Claus)	—	+	+	+	+
<i>Candacia armata</i> (Boeck)	+	+	+	+	+
<i>Pontella lobiancoi</i> (Canu)	—	+	+	+	+
<i>Pontella mediterranea</i>	+	+	—	—	+
<i>Pontellina plumata</i> (Dana)	—	—	—	—	+
<i>Labidocera wollasteni</i> (Lubbock)	+	+	+	+	+
<i>Acartia clausi</i> Giesbrecht	—	+	—	—	—
<i>Acartia latisetosa</i> Kriczaguin	—	+	—	—	—
<i>Oithona</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Microsetella norvegica</i>	+	—	+	—	—
<i>Macrosetella gracilis</i> (Dana)	+	—	—	+	+
<i>Euterpina acutifrons</i> (Dana)	+	+	+	+	+
<i>Clytemnestra rostrata</i> (Brady)	+	+	—	+	+
<i>Oncaea</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Sapphirina nigromaculata</i>	+	—	—	—	—
<i>Sapphirina</i> sp.	+	—	+	+	+
<i>Copilia quadrata</i> Dana	+	—	+	+	—
<i>Corycaeus typicus</i> (Kröyer)	+	+	+	+	+
<i>Corycaeus flaccus</i> (Giesbrecht)	+	+	+	+	+
<i>Corycaeus latus</i> (Dana)	+	—	—	—	+
<i>Corycaeus brehmi</i> (Stoyer)	+	+	+	+	+
<i>Corycaeus furcifer</i> Claus	—	+	+	+	+
<i>Corycella rostrata</i> Claus	+	+	+	+	+
<i>Corycaeus limbatus</i> Brady	—	—	+	—	—
<i>Caligus rapax</i>	+	+	—	—	+

Na tab. 3 može se vidjeti da je broj vrsta na svim postajama najveći u hladnijem periodu godine, te se uz kopepode *Acartia clausi*, *Centropages typicus*, *Centropages kröyeri*, *Temora stylifera*, *Paracalanus parvus* i *Ctenocalanus vanus*, pojavljuju i vrste otvorenog mora: *Neocalanus gracilis*, *Eucalanus elongatus*, *Clausocalanus parapergens*, *Clausocalanus parapergeus*, *Lucicutia flavicornis*, *Euterpina acutifrons*, *Clytemnestra rostrata* i druge. Najmanje vrsta nađeno je tokom ljeta, za vrijeme preovladajućeg W smjera površinske struje koji tjera površinsku vodu od obale prema otvorenom moru.

Tab. 5. SEZONE POJAVE NAJVEĆEG I NAJMANJEG BROJA PRIMJERAKA KOPEPODA NA m³ NA ISTRAŽIVANIM POSTAJAMA

Tab. 5. THE SEASONS OF APPEARANCE OF MAXIMUM AND MINIMUM NUMBER OF COPEPODS AT THE INVESTIGATED STATIONS

Postaje — Stations	max	min
Zadar	<i>ljet</i> o, jesen	zima
Šibenik	<i>ljet</i> o, jesen	zima
Split	proljeće, <i>ljet</i> o	jesen
Kardeljevo	<i>ljet</i> o, jesen	zima
Dubrovnik	proljeće <i>ljet</i> o	jesen

Minimum broja kopepoda javlja se na svim postajama u hladnijem periodu godine — u jesen ili zimu. Pojava ljetnjeg maksimuma svakako predstavlja upozorenje na negativno djelovanje eutrofikacije u plitkim, relativno zatvorenim područjima ispred luka većih gradskih naselja naše obale.

Nadalje, kroz višegodišnji period, na postaji ispred Zadra uočeno je zadnje godine istraživanja znatno povećanje ukupnog broja primjeraka — za preko 40% u odnosu na dosadašnju najvišu vrijednost iz 1976. godine (tab. 6).

Tab. 6. BROJ PRIMJERAKA KOPEPODA NA m³ NA POSTAJAMA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Tab. 6. THE NUMBER OF COPEPODS/m³ AT THE INVESTIGATED STATIONS

Postaje — Stations	Godina — Year				
	1976-77.	1977-78.	1978-79.	1979-80.	1980-81.
Zadar	541	419	528	436	754
Šibenik	401	253	370	239	381
Split	348	365	408	419	460
Kardeljevo	293	595	535	358	333
Dubrovnik	568	330	311	489	359

Na postajama Šibenika i Kardeljeva broj kopepoda naizmjenično raste i opada, dok je ispred Splita u laganom, ali znatnom porastu. I ovo je svakako činjenica koja upozorava na djelovanje eutrofikacije, te možemo ovdje zaključiti da su promjene u broju kopepoda mnogo drastičnije no u sastavu.

Na djelovanje eutrofikacije na svim postajama ukazuje, međutim, rezultat da jedna od dominantnih vrsta — *Acartia clausi*, čini i do 70% ukupnog broja kopepoda. Najizraženija je ova pojava

Tab. 3. SEZONE POJAVE NAJVEĆEG I NAJMANJEG BROJA VRSTA KOPEPODA NA ISTRAŽIVANIM POSTAJAMA

Tab. 3. THE SEASONS OF APPEARANCE OF MAXIMUM AND MINIMUM NUMBER OF COPEPOD SPECIES AT THE INVESTIGATED STATIONS

Postaja — Station	max	min
Dubrovnik	zima, proljeće	ljetno
Kardeljevo	zima, proljeće	ljetno
Split	zima, proljeće	ljetno
Šibenik	jesen, zima	proljeće, ljetno
Zadar	proljeće	ljetno

Kroz višegodišnji period (tab. 4) vidi se znatno variranje broja vrsta po pojedinim postajama i ono je najveće na postaji ispred Šibenika, a najmanje na plitkoj postaji kod Kardeljeva.

Tab. 4. BROJ VRSTA KOPEPODA PO GODINAMA NA POSTAJAMA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Tab. 4. THE OSCILLATIONS OF NUMBER OF COPEPOD SPECIES AT THE INVESTIGATED STATIONS IN 1976-1981 PERIOD

Postaje — Stations	Godina — Year				
	1976-77.	1977-78.	1978-79.	1979-80	1980-81.
Zadar	26	31	32	31	37
Šibenik	22	34	34	28	29
Split	34	31	39	29	32
Kardeljevo	29	35	35	33	32
Dubrovnik	29	37	40	35	37

Ohrabrujuće međutim djeluje činjenica da i pored godišnjih oscilacija broja vrsta nije primjećen izostanak nekih kopepoda za koji bi mogli pretpostaviti da bi bio uzrokovan pogoršanjem faktora sredine.

Praćene su i promjene broja kopepoda na m³. Sezonski promatrano, zapaženo je da se na svim postajama osim proljetnog ili jesenjog, javlja i ljetnji maksimum brojnosti, koji inače nije uobičajen u umjerenom pojasu u kome se nalazimo (tab. 5).

kod Šibenika u ljeto 1981. što svakako predstavlja narušavanje uobičajenog stanja u kvantitativnim odnosima. Naime, prema našim višegodišnjim rezultatima istraživanja kopepoda u priobalnim vodama (Regner, D. 1970, 1973, 1976a, 1980), 5 do 6 dominantnih vrsta zajedno mogu dostići ovako visoku zastupljenost među ostalim kopepodima, a ne samo jedna, kao što je to ovdje slučaj.

U ovom radu praćen je i indeks raznolikosti kopepoda, kao kvantitativni izraz strukture ove skupine. Sezonski promatrano, ovaj indeks najviši je na svim postajama u hladnijem razdoblju godine (tab. 7), što je u skladu sa našim dosadašnjim istraživanjima, duž jadranske obale (Regner, D. 1977b i 1980).

Tab. 7. SEZONE POJAVE NAJVIŠEG I NAJNIŽEG INDEKSA RAZNOLIKOSTI NA POSTAJAMA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Tab. 7. THE SEASONS OF APPEARANCE OF MAXIMUM AND MINIMUM DIVERSITY INDEX AT THE INVESTIGATED STATIONS

Postaje — Stations	d max	d min
Zadar	proljeće	ljeto
Šibenik	zima	proljeće
Split	zima	ljeto
Kardeljevo	zima	ljeto
Dubrovnik	zima	ljeto

Kroz višegodišnji period, najviša vrijednost indeksa raznolikosti konstatirana je ispred Dubrovnika (tab. 8). Najniža vrijednost nađena je na postaji ispred Šibenika, gdje je kroz zadnje dvije godine zapaženo opadanje indeksa raznolikosti, što potvrđuje da se ova postaja nalazi pod najjačim utjecajem eutrofikacije.

Tab. 8. INDEKS RAZNOLIKOSTI KOPEPODA NA POSTAJAMA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Tab. 8. THE DIVERSITY INDEX OF COPEPODS AT THE INVESTIGATED STATIONS

Postaje Stations	Godine — Years				
	1976-77.	1977-78.	1978-79.	1979-80.	1980-81.
Zadar	3,97	4,97	4,95	4,94	5,43
Šibenik	3,50	5,97	5,58	4,93	4,71
Split	5,64	5,08	6,32	4,64	5,06
Kardeljevo	4,93	5,32	5,41	5,44	5,34
Dubrovnik	4,41	6,22	6,79	5,49	6,12

Iz svih ovih iznesenih podataka o istraživanju kopepoda duž srednjeg dijela istočno-jadranske obale, može se prema tome vidjeti da je došlo do određenih promjena kroz višegodišnji period. Tako se na postaji Zadar kako smo već prije konstatirali, broj kopepoda znatno povisio, a na postaji Šibenik sastav kopepoda uz izrazitu dominantnost vrste *Acartia clausi* (do 70% ukupnog broja primjeraka) i opadanje indeksa raznolikosti ukazuju na podmaklo negativno djelovanje eutrofikacije. Na području Splita broj kopepoda je u porastu, a na postajama Kardeljevo i Dubrovnik u znatnom opadanju. Najugroženija je prema tome postaja ispred Šibenika, a obzirom na plitkoću područja, trebalo bi posebnu pažnju obratiti i na postaju Kardeljevo. Na ugroženu opću ekološku situaciju ispred Šibenika koja se kako vidimo znatno odrazila i na skupinu kopepoda, ukazuju i znatno povišene vrijednosti hranjivih soli u odnosu na ostale postaje, povećana koncentracija teških metala u sedimentima, porast koncentracije fenola u moru, visoke vrijednosti primarne produkcije, te veća zagađenost fekalnim otpadnim vodama (IOR — Split, Studije i elaborati 52, 1982). Svi ovi dobijeni rezultati za različite parametre potvrđuju korisnost i potrebu za provođenjem organiziranih višegodišnjih istraživanja, jer se samo praćenjem cjelokupne ekološke situacije može u pravom momentu upozoriti na promjene koje nastaju djelovanjem zagađenja.

ZAKLJUČCI

1. Kroz period od 1976. do 1981. godine najveće promjene u zajednici kopepoda nastale su na postaji Šibenik. One se, u pogledu kvalitativnog sastava, ogledaju u opadanju vrijednosti indeksa raznolikosti i izrazitoj dominantnosti vrste *Acartia clausi*, a u kvalitativnom smislu u pojavi trećeg ljetnjeg maksimuma.

2. Po ugroženosti slijedi postaja Kardeljevo, gdje se kroz višegodišnji period ukupni broj kopepoda nalazi u opadanju.

3. Na postaji Split zapaža se trend porasta broja kopepoda, a ova je pojava još drastičnije izražena na postaji kod Zadra.

4. Najslabije promjene konstatirane su na postaji ispred Dubrovnika, ali je i ovdje nađen neuobičajeni ljetnji maksimum broja primjeraka kopepoda.

5. Sve ove registrirane promjene na zajednici kopepoda ukazuju na nužnost organiziranih višegodišnjih istraživanja duž istočno-jadranske obale.

LITERATURA

- Regner, D. 1970. Istraživanje fluktuacije planktonskih kopepoda srednjeg Jadrana, Magistarski rad, Zagreb, 1974.
- Regner, D. 1973. Sezonska raspodjela kopepoda u srednjem Jadranu u 1971. *Ekologija*, 8 (1): 139-146.
- Regner, D. 1976a. On the copepods diversity in the Central Adriatic in 1971. *Rapp. Comm. int. Mer Medit.*, 23 (9): 95-96.
- Regner, D. 1976b. Investigations of copepods in the coastal areas of Split and Šibenik. *Acta Adriatica*, 17 (2): 1-19.
- Regner, D. 1979. Sezonska i višegodišnja dinamika populacije kopepoda srednjeg Jadrana, Disertacija, Zagreb, 188 p.
- Studije i elaborati, IOR — Split, 1974. Oceanografska istraživanja mora kod Splita, 5.
- Studije i elaborati, IOR — Split, 1982. Kontrola kvalitete priobalnog mora (Vir — Konavle) 1981-1982 god., 52.

LONG-TERM INVESTIGATIONS OF COPEPODS FROM THE EASTERN COASTAL ADRIATIC

Dubravka REGNER
Institute of Oceanography and Fisheries, Split

Summary

The studies of copepods as the best represented net zooplankton group were done within the researches and control of coastal sea quality carried out by the Institute of Oceanography and Fisheries, Split from 1976 to 1982.

Material was collected on seasonal basis by »Hensen« net (73/100, silk No 3) by vertical hauls from bottom to surface at stations in front of the Zadar, Šibenik, Split, Kardeljevo and Dubrovnik harbours.

Species composition was studied for every separate year and attention was given to the changes in the number of species over the five-year period. Maximum number of species was recorded from all stations in the colder part of the year, and minimum in the warmer part of the year. This is in agreement with the hydrography of the area. The greatest ranges of the long-term variations in the number of species were recorded from Šibenik, Zadar, Dubrovnik and Split are following. These ranges were lowest at Kardeljevo station. The changes in the number of copepods per m³ were also established. It was observed that spring and/or autumn maximum was very often accompanied by the summer one, which is indicative of some changes in the seasonal pattern of copepod oscillations. Over the period of investigations the number of copepods considerably increased in the area of Zadar, it alternatively increased and decreased in Šibenik, slightly decreased in Split, alternatively increased and decreased in Kardeljevo and mainly decreased in Dubrovnik.

Species diversity index as an expression of the quantitative structure of copepod group was also observed. The highest species diversity index was recorded from Dubrovnik, somewhat lower from Split, then from Šibenik and Zadar, and the lowest from Kardeljevo. Species diversity index was highest at all stations in the colder part of the year. The highest differences between years were recorded at Šibenik station.

These long-term data show that adverse effects of pollution are already felt and therefore the observations of ecology of the eastern Adriatic coast area are not only useful but indispensable.