

Istraživanje gustoće naseljenosti i distribucije veličina trpova na odabranim lokacijama u srednjem Jadranu

Zorkić, Renata

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:012917>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-02**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu

Sveučilišni diplomski studij

Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

Renata Zorkić

**Istraživanje gustoće naseljenosti i distribucije
veličina trpova na odabranim lokacijama u srednjem
Jadranu**

Diplomski rad

Zadar, 2024.

Sveučilište u Zadru
Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu
Sveučilišni diplomski studij
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

Istraživanje gustoće naseljenosti i distribucije veličina trpova na odabranim lokacijama u
srednjem Jadranu

Diplomski rad

Student/ica:

Renata Zorkić

Mentor/ica:

doc. dr. sc. Ivana Zubak Čižmek

Zadar, 2024.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Renata Zorkić**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom Istraživanje gustoće naseljenosti i distribucije veličina trpova na odabranim lokacijama u srednjem Jadranu rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 2024.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Trpovi (Holothuroidea).....	1
1.1.1. Anatomija i fiziologija trpova	2
1.1.2. Uloga trpova u morskom ekosustavu	4
1.1.3. Razlozi ugroženosti	5
1.1.4. Izlov trpova u Jadranu	6
1.2. Holothuria tubulosa (obični trp)	7
2. Pregled literature	8
3. Cilj i svrha rada	10
4. Materijali i metode	11
4.1. Lokacija i dizajn istraživanja	12
4.2. Obrada podataka	14
5. Rezultati	15
5.1. Brojnost i gustoća naseljenosti	16
5.1.1. Razlike u brojnosti po lokacijama	17
5.1.2. Razlike u brojnosti po godinama.....	18
5.1.3. Gustoća naseljenosti	19
5.2. Distribucija veličina.....	20
5.3. Tipovi staništa.....	25
6. Rasprava	27
7. Zaključak	30
8. Literatura	32
8.1. Izvori slika	37

ZAHVALA

Prvenstveno želim zahvaliti poduzeću Janolus d.o.o. i Društvu istraživača mora – 20000 milja na ustupljenim podacima istraživanja u svrhu odrađivanja diplomskoga rada. Zahvalila bih se i svim kolegama koji su upotpunili moje studentsko iskustvo, na međusobnom bodrenju i podršci što nam je mnogo pomoglo da uopće dođe do ovog konačnog trenutka završetka studija. Moja mentorica doc. dr. sc. Ivana Zubak Čižmek zaslužuje posebnu zahvalu, jer je zbog njene predanosti mentorstvu pisanje ovoga rada bilo mnogo jednostavnije. Na kraju se najviše zahvaljujem svojim roditeljima na neizmjernej podršci tokom pisanja rada kao i kroz cijeli život.

Istraživanje gustoće naseljenosti i distribucije veličina trpova na odabranim lokacijama u srednjem Jadranu

Trpovi (Holothuroidea) koji pripadaju razredu bodljikaša (Echinodermata) su rasprostranjeni u većini svjetskih mora i oceana. Zbog svoje biologije, ekologije i ponašanja, značajno utječu na zajednice bentičkih morskih beskralješnjaka i fizikalno-kemijske procese morskog dna. Trpovi pročišćuju sediment, recikliraju nutrijente, vrše bioturbaciju te ovisno o vrsti mogu utjecati i na kemiju okolne vode. Značajni su za mnoge organizme zbog razvijanja kompleksnih simbiotskih odnosa. Zabrinutost zbog prekomjernog izlova ovih ekološki važnih organizama raste diljem svijeta. Koriste se u Kini i drugim azijskim zemljama zbog svojih ljekovitih i nutritivnih svojstava. Izlov trpova u Sredozemnom moru i sjeveroistočnom Atlantiku se povećao kao rezultat prekomjernog izlova na Indo-pacifičkom području. Zbog nekontroliranog izlova, obični trp je zaštićen u Hrvatskoj.

Ovim radom je istražena brojnost, gustoća naseljenosti i distribucija veličina trpova na odabranim lokacijama u središnjem Jadranu. Lokacije praćenja bile su Petrčane, Pakoštane i Vodice. Na dubinama od 5 do 15 metara, proučavane su prirodne oscilacije komercijalno značajnih vrsta trpova iz roda *Holothuria*. Nakon trogodišnjeg istraživanja, utvrđena je različita brojnost i distribucija veličina na lokalitetima. Brojnost je varirala od 46 do 255 jedinki po transektu (136+-47.4). Veličine jedinki kretale su se od 9 do 44 cm (21.3+-4.51 cm). Opažene varijacije mogu se djelomično pripisati razlikama u zabilježenom staništu, s najvećim jedinkama na ljušturastom sedimentnom dnu. Na svim lokacijama, brojnost se povećala u odnosu na vrijednosti iz 2019. godine, pri čemu je u Vodicama zabilježen konstantan porast. Ovo istraživanje doprinosi boljem razumijevanju brojnosti i distribucije veličina trpova, što će pomoći u očuvanju njihovih populacija u Jadranskom moru u budućnosti.

Ključne riječi: brojnost, *Holothuria*, srednji Jadran, veličina

Population density and size distribution of sea cucumbers (holothurians) at selected locations in the Central Adriatic Sea

Sea cucumbers (Holothuroidea), echinoderms, are found in most marine environments. Due to their biology, ecology, and behavioral patterns, they greatly impact benthic marine invertebrate communities and seabed physicochemical processes. Sea cucumbers cleanse sediment, recycle nutrients, bioturbate, and, depending on species, can change water chemistry. Complex symbiotic connections with them make them important for many creatures. Concerns about overfishing these ecologically important organisms are growing worldwide. Sea cucumbers are used in Chinese and other Asian cultures for their medicinal and nutritional properties. Because of Indo-Pacific overfishing, sea cucumbers are exploited in the Mediterranean and northeast Atlantic. Due to unregulated harvesting, common sea cucumbers are protected in Croatia.

This thesis examines the abundance, population density, and size distribution of sea cucumbers in chosen central Adriatic locations. The monitoring sites were Petrčane, Pakoštane, and Vodice. At 5 to 15 meters depth, commercially significant *Holothuria* sea cucumber species were examined for natural oscillations. After three years of research, the sites had different abundance and size distributions. The abundance ranged from 46 to 255 individuals per transect (136 ± 47.4). Individual sizes ranged from 9 to 44 cm (21.3 ± 4.51 cm). Observed variations can be partially attributed to differences in recorded habitat, with the largest individuals found on shelly sediment bottoms. At all sites, abundance increased compared to 2019 values, with Vodice showing a consistent increase. This study is improving our understanding of the abundance and size distribution of sea cucumbers, which will help sustain their populations in the Adriatic Sea in the future.

Key words: abundance, *Holothuria*, central Adriatic sea, size

1. Uvod

1.1. Trpovi (*Holothuroidea*)

Trpovi (*Holothuroidea*), koji pripadaju razredu bodljikaša (*Echinodermata*), imaju veliku ekološku važnost u bentoskim zajednicama morskih beskralježnjaka (Preston, 1993., Uthicke i Karez, 1999., Uthicke, 2001., Bruckner i sur., 2003.). Rasprostranjeni su u većini mora i oceana. Najzastupljeniju vrstu, običnog trpa (*Holothuria tubulosa*), možemo pronaći u Sredozemnom moru i Atlantskom oceanu (Tortonese i Vadon, 1987., Koukouras i sur., 2007.). Čimbenici koji utječu na distribuciju trpova su intenzitet svjetlosti, razina energije gibanja mora, dostupnost hrane, fluktuacija saliniteta, prisutnost grabežljivaca te karakteristike supstrata (Webb i sur., 1977., Conand i Chardy, 1985., Bulteel i sur., 1992., Conand, 1994., Hamel i Mercier, 1996. a, Rodgers i Bingham, 1996., Zhou i Shirley, 1996.). Pretežito nastanjuju sedimentno pjeskovito dno.



Slika 1. *Holothuria tubulosa*, obični trp (preuzeto s BioLib.cz)

1.1.1. Anatomija i fiziologija trpova

Trpovi su pretežito tamnih boja poput crne, smeđe ili maslinasto zelene, zbog melanina, dok su za svjetlije pigmente na koži zaslužni karoteni (Turk, 2011.). Duljine su između tri centimetra i jednog metra, dok im promjer može doseći čak 24 centimetra. Tijelo im je izduženog oblika s peterozračnom simetrijom koja karakterizira bodljikaše. Imaju izduženi oblik zbog duljine njihove oralno-aboralne osi, koja je znatno duža od radijalnih osi. Strana na kojoj im je tijelo položeno na morsko dno je plosnata, sa ambulakralnim nožicama, dok su na gornjoj strani tijela te nožice preobražene u ticala. Na prednjem dijelu tijela se nalaze usta koja su okružena vijencem usnih ticala kojih može biti između 10 i 30 koja se uvlače u tijelo kad se ne obavlja prehrana. Kratka ticala im služe za jedenje sedimenta, a duga za lov suspendiranih čestica (Habdija i sur., 2011.).

Izvana im je tijelo obloženo debelim kožno-mišićnim mijehom sa netrepetljivom epidermom i mezodermalnim kutisom. (Turk, 2011.). Mišićni sustav trpova je vrlo dobro razvijen, zbog čega su iznimno savitljivi i pokretni (Mušin i Marukić, 2007.). Za savijanje i stiskanje tijela zaslužni su jaki kružni i uzdužni mišići koji se nalaze u donjem sloju stijenke (Turk, 2011.).

Živčani im se sustav sastoji od radijalnih živaca koji se pružaju u 5 smjerova oko ždrijelnog prstena (Zavodnik i Šimunović, 1997.). Trpovi nemaju mozak, stoga je njihov živčani sustav vrlo jednostavan (Lui, 1994.). Trpovi za disanje koriste vodena pluća i kožu (Mušin i Marukić, 2007.).

Vodena pluća kod nekih vrsta mogu služiti izlučivanju jer su respiratorna stabla povezana s kloakom oko kojih se nalaze Cuvierove cjevčice. One im daju sposobnost izbacivanja ljepljive niti s otrovnim stanicama holoturina u slučaju opasnosti, a također imaju sposobnost izbacivanja cijele utrobe koju mogu veoma brzo regenerirati (Mušin i Marukić, 2007.). Tokom izbacivanja utrobe ispuštaju jedno ili oba respiratorna stabla, gonade i crijevo (Barnes, 1987.).

Krvožilni sustav trpova se sastoji od sustava žila i kapilara. Sustav žila je povezan sa spletom kapilara i krvnih sinusa vezanih uz vodena pluća i crijevo. Uz duž crijeva se nalaze dvije glavne žile krvožilnog sustava. Neke žile mogu ritmički kontrahirati (Matoničkin, 1999.). Peterozračna građa trpova se najviše očituje u građi vodožilnog sustava. Vodožilni sustav je radijalno raspoređen te anatomske obilježava cijelo koljeno bodljikaša (Matoničkin, 1999.).

Razmnožavanje se kod ove skupine odvija spolno, vanjskom oplodnjom. Tokom oplodnje izdižu tijelo u uspravan položaj, uz njihanje tijela. Spolni otvor se nalazi na gornjem

dijelu tijela pokraj usta ili na jednom od svojih ticala. Trpovi su većinom jednospolci (Matoničkin, 1999.). Reproductivni im se sustav sastoji od jednostavne gonade. Zrele gamete se ispuštaju u morsku vodu kroz gonadopore (Purcell i sur., 2012.).

Trpovi se hrane hvatajući čestice i plankton ticalima koja su prekrivena sluzi. Nakon hvatanja, ticala guraju u usta kako bi mogli progutati hranu. Vrste koje se kreću pužu po podlozi i pipcima hvataju sediment i organski detritus (Brusca i Brusca, 2003.) Neke vrste provode bioturbaciju, što znači da pročišćuju i prozračuju sediment gutajući površinski sloj kako bi se nahranili organskom tvari koja nastaje razgradnjom uginulih organizama. Na taj način recikliraju nutrijente, pospješuju rast mikroalgi te miješaju gornje slojeve sedimenta (MacTavish i sur., 2012). Bez izvođenja bioturbacije, razina bakterijske razgradnje na dnu bi bila mnogo veća što bi dovelo do snižavanja količine kisika. Probavni sustav im je prohodan te započinje ustima oko kojih se nalaze ticala uz pomoć kojih sakupljaju hranu dok se na kraju probavila nalaze rektum i kloaka kroz koje izbacuju van ostatke (Purcell i sur., 2012).

Trpovi se pretežito ne kreću, već se stacioniraju u mekom sedimentu ili pukotinama pod stijenama. Ukoliko se kreću, to čine uz pomoć podija ili mišića vanjske stjenke tijela. Dubokomorske vrste imaju izdužene podije koje im omogućuju hodanje, dok ostale vrste imaju podije prilagođene puzanju. Neke se vrste mogu kretati plivanjem. Vrlo su fleksibilni i mogu se provlačiti kroz razne uske prolaze, ali isto tako se mogu ukrutiti po potrebi te se ne mogu pomaknuti (Barnes, 1987, Brusca i Brusca, 2003).

1.1.2. Uloga trpova u morskom ekosustavu

Izlov trpova može uvelike ugroziti stabilnost morskog ekosustava jer je njihova uloga u održavanju ravnoteže vrlo značajna. Trpovi žive na sedimentnom, pjeskovitom dnu, u koje se ukopavaju i gutaju sediment te ga na taj način miješaju i prozračuju. Organski dio sedimenta, koji je nastao raspadanjem uginulih organizama, probavljaju te tako ublažavaju negativne efekte povišene količine organskog materijala u morskom ekosustavu (Brusca i Brusca, 2003.). Smanjenjem količine organske tvari u sedimentu, trpovi štite morske cvjetnice (osobito vrstu *Posidonia oceanica*). Kada se sediment ne prozračuje, a nerazgrađene organske tvari se nakupljaju, tada sediment postaje anoksičan te zbog pomanjkanja kisika ugibaju svi pridneni oblici života. Zbog toga je uloga trpova vrlo bitna u morskom ekosustavu, osobito u današnje vrijeme kada je velik porast onečišćenja izazvan antropogenim djelatnostima. Također je bitno spomenuti da recikliraju nutrijente, hraneći se bakterijama, mikroalgama i detritusom, koji su bogati dušikom. Probavljanjem spojeva s organskim dušikom dolazi do konverzije u anorganske oblike koje trpovi iz tijela luče u obliku fosfata i nitrata. Koralji, bakterije i mikroalge će apsorbirati te spojeve. Tako se zatvara krug reciklaže nutrijenata (Uthicke i Klumpp, 1997, 1998).

1.1.3. Razlozi ugroženosti

Trpovi imaju veliku ekonomsku vrijednost budući da se komercijalno iskorištavaju i osiguravaju prihod milijunima ribara diljem svijeta. Godišnje se proda oko 10 000 tona sušenog proizvoda (Purcell i sur., 2013.). Velika potražnja na tržištu dovela je do nekontroliranog iskorištavanja populacija trpova u svijetu (Conand, 2004.). Razlog visoke potražnje jest da je proizvod u Kini smatran luksuznom prehrambenom namirnicom te se uz to koristi i u ljekovite svrhe (Conand, 1990, Conand i Byrne, 1993, Conand i sur., 2014. a). Tradicionalna kineska medicina koristi trpove zbog njihovih ljekovitih svojstava, posebno za bolesti zglobova, probleme s mokraćnim sustavom i neke vrste raka (Purcell, 2014.) Nedavna istraživanja su pokazala da trpovi sadrže visok udio proteina i važnih aminokiselina kao i neke bioaktivne komponente (Aydin i sur., 2011, Sicuro i sur., 2012., Purcell, 2014., Roggatz i sur., 2016., 2017.). Posljednjih nekoliko godina konzumacija trpova u azijskim regijama je u porastu, a ribarstvo je usmjereno na izvoz proizvoda u najmanje 70 zemalja (Purcell i sur., 2012.). Lovi se više od 66 vrsta čije cijene na tržištu dosežu čak 500 dolara po osušenom kilogramu (Purcell i sur., 2013.).

1.1.4. Izlov trpova u Jadranu

U Jadranskom moru je zabilježeno 36 vrsta trpova te su sve vrste zaštićene prema Pravilniku o zaštiti trpova (NN 76/1998). Nakon što su se tropske vrste prelovile, a potražnja sa strane azijskog tržišta i dalje rasla, došlo je do povećanja interesa za trpovima u Sredozemnom moru. Najčešće vrste koje se koriste u Jadranu su obični trp (*H. tubulosa*), plosnati trp (*Parastichopus regalis*) te mekani trp (*Holothuria forskali*) (Pravilnik o zaštiti trpova, NN 76/1998). Do 2018. godine bilo je dopušteno korištenje u onim količinama koje neće dovesti do ugrožavanja populacije na lokalnoj i državnoj razini (NN 29/2018). Od 2023. godine lovostaj trpova je od 1. siječnja do 31. prosinca što znači da je na snazi moratorij (NN 64/2023). Stabilnost morskog ekosustava može se znatno ugroziti ukoliko se trpovi prekomjerno izlovljavaju, zbog njihove iznimno važne uloge u održavanju prirodne ravnoteže u morskom okolišu. Na većim dubinama u sjevernom i srednjem dijelu Jadrana često dolazi do sakupljanja vrste *Ocnus planci* koćarskim alatima, stoga je posebno zabranjeno sakupljanje te vrste kako ne bi došlo do smanjenja brojnosti. Vrsta nije brojna u priobalnim područjima, a s obzirom da se sakupljanje trpova smije provoditi samo ručno uz pomoć autonomnog aparata za ronjenje u priobalnim područjima, moglo bi doći do smanjenja brojnosti ukoliko se vrsta sakuplja (Pravilnik o zaštiti trpova, NN 76/1998). Nedovoljna educiranost ronioca po pitanju trpova dovodi do problema kod vađenja vrste *H. tubulosa* jer ju ne uspijevaju razlikovati od drugih vrsta roda *Holothuria*, pa dolazi do vađenja i ostalih vrsta tog roda. Vrsta *Parastichopus regalis* je relativno rijetka u Jadranskom moru, a do njenog sakupljanja dolazi uglavnom slučajno pridnenim koćarenjem ili dredžanjem kod lova pridnenih vrsta riba. O ovoj se vrsti zna relativno malo stoga je sakupljanje stavlja u veoma ugrožen položaj. S obzirom na nedovoljno dobro razvijeni sustav nadzora i inspekcije izlova te vađenja komercijalnih vrsta, nekim vrstama prijete visok stupanj ugroženosti. Kako bi se problem riješio trebalo bi poboljšati nadzor koji bi kontrolirao koliko, gdje i kada se vade trpovi te pratiti da se ne premaši dozvoljena godišnja količina. Tokom zime nema nadzora stoga i zaštićena područja bivaju opustošena (Pravilnik o zaštiti trpova, NN 76/1998).

1.2. *Holothuria tubulosa* (obični trp)

H. tubulosa (Gmelin, 1788) najzastupljenija je vrsta roda *Holothuria*, kao i porodice Holothuroidea. Rasprostranjena je diljem Sredozemnog mora i Atlantskog oceana u području od Gibraltarskog prolaza do Biskajskog zaljeva (Tortonese, 1965.). U Jadranskom moru je vrlo učestala i naseljava dubine do 100 metara (Šimunović i sur., 2000.) na različitim tipovima pomičnog dna poput područja s morskim cvjetnicama, pjeskovita, muljevita i mrvičasta dna (Antoniadou, 2011.). Ova vrsta ima godišnji reproduktivni ciklus te razvoj gonada započinje u kasno proljeće s vrhuncem u ljetnim mjesecima. Vidljiva je korelacija između reproduktivnog obrasca vrste i temperature vode (Kazanidis i sur., 2010., 2014.). Mriještenje obavljaju u periodu između srpnja i rujna, dok se između listopada i siječnja odmara (Despalatović i sur., 2004.) Obični trp hrani se istaloženim ostacima organske tvari te tako doprinosi ravnoteži morskog ekosustava (Coulon i sur., 1992.).

2. Pregled literature

Vezano uz dosadašnja provedena istraživanja trpova, može se uočiti da se distribucija i brojnost vrsta trpova razlikuju ovisno o preferencijama u staništu i dubinama. Prema rezultatima istraživanja u sklopu ekspedicije „Pipeta“ koja se odvijala od 1982. do 1995. (Despalatović i sur., 2009.) uočeno je da se vrsta *H. tubulosa* češće pojavljuje na „reliktnom“ pjeskovitom dnu, nego na glinovitom „reliktnom“ pjeskovitom dnu. Maksimalna brojnost spomenute vrste se može očekivati na dubinama između 25 i 50 metara. Na temelju istog istraživanja, uočeno je da je vrsta *H. forskali* češća uz iste preferencije vrste staništa, ali na dubinama većim od 50 metara. Unatoč tome i dalje ih je znatno više u plićim područjima, za razliku od vrsta *P. regalis* i *O. planci*. Brojnost navedenih vrsta je znatno manja u hrvatskom području Jadrana od vrsti roda *Holothuria* te ih se češće nalazi na dubinama većim od 15 metara.

Može se primijetiti da preferencije staništa manjih jedinki trpova ovise i o drugim čimbenicima, poput ravnoteže u okolišu, mogućnosti pronalaska zaklona i kompleksnosti staništa zbog njihove ranjivosti. Uz postojanje skloništa trpovi u cijelom svijetu izražavaju preferenciju slabijih hidrodinamičkih aktivnosti, tj. pridnenih struja i valova (Felix i sur., 2021.).

O brojnosti vrsta roda *Holothuria* u morskim zaštićenim područjima Sredozemlja, podatci su uzeti iz rezultata istraživanja u Egejskom moru gdje je proučavan odnos između prostorno-vremenske varijabilnosti oceanografskih parametara i brojnosti vrsta roda *Holothuria* korištenjem satelitskih snimaka (Christou i sur., 2022.). Provođenjem ovog istraživanja na 25 lokacija, od kojih su 12 zaštićena morska područja, identificirane su 2 vrste roda *Holothuria*, *Holothuria poli* i *H. tubulosa*. *H. tubulosa* je među najpoznatijim vrstama porodice Holothuroidea, pa je tako česta bentoska vrsta i u Egejskom priobalju te ju se može pronaći do 100 metara dubine. Izrazito je zastupljena i rasprostranjena u Atlantskom oceanu i istočnom dijelu Sredozemnog mora (Neofitou i sur., 2019.).

Zbog nedostatka informacija o populacijama u Egejskom moru, provelo se jednogodišnje istraživanje u Pagasitikoskom zaljevu. Gustoća populacije bila je oko 9,93 jedinki/100 m², što je relativno nisko u usporedbi s drugim mediteranskim populacijama vrste, vjerojatno zbog prorijeđenosti naselja morskih cvjetnica na tom području. Veličine jedinki su varirale od 14 do 50 cm, u prosjeku 29.80 + 6.34 cm (Kazanidis i sur 2010.).

Nadalje, pregledom članaka koji opisuju rasprostranjenje vrste *H. poli* utvrđeno je da je to također bentoska vrsta koja nastanjuje Sredozemno more na dubinama od 0 do 250 metara. Nalazimo ju u tropskim i umjerenim područjima te ima iznimno veliku komercijalnu važnost na azijskom tržištu zbog povećane potražnje (Rakaj i sur. 2019., Tolon i sur. 2019., Toscano i sur. 2018.). U Egejskom moru je među najgušće naseljenim vrstama te obuhvaća 80% ukupne proizvodnje ribarstva (Gonzalez-Wanguemert i sur., 2015.).

U području Kaštelanskog zaljeva 2004. godine provedeno je istraživanje o reprodukciji vrste *H. tubulosa*, te su zabilježene prosječne veličine jedinki od 26.30 +- 5.52 cm za mužjake i 28.33 +- 7.88 cm za ženke (Despalatović i sur., 2004.).

Pregledom literature za područje Jadranskog mora nisu pronađeni znanstveni navodi o rasprostranjenosti i brojnosti trpova te ovo istraživanje predstavlja prvi korak u utvrđivanju gustoće naseljenosti i distribucije veličina trpova u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.

3. Cilj i svrha rada

Primarni cilj ovoga rada je utvrditi postojanje razlike u brojnosti jedinki i distribuciji veličina trpova između istraživanih lokaliteta u srednjem Jadranu. Uz navedene varijacije će biti ponuđeno objašnjenje s obzirom na razlike u tipu staništa. Svrha rada je pridonijeti održivijem upravljanju populacijama trpova u Jadranskom moru kroz bolje poznavanje brojnosti jedinki i distribucije veličina trpova.

4. Materijali i metode

U ovom diplomskom radu obrađeni podaci su dobiveni i prikupljeni u sklopu praćenja stanja populacije trpova provedenog u sklopu projekta „Usluga praćenja stanja populacija ježinaca i trpova“, na temelju ugovora između Ministarstva poljoprivrede i tvrtke Janolus d.o.o. Projekt je trajao tri godine (2019.-2021.).

Za istraživanje je korištena standardna metoda vizualnog cenzusa uz korištenje autonomne ronilačke opreme (Slika 2). Podaci koji su se prikupljali na svakom od transekata su vrsta, brojnost i ukupna duljina jedinki trpova unutar raspona od 2 m od linije transekta. Osim toga zabilježene su i početne i krajnje dubine transekata te je priložen i kratki opis staništa. Na svakoj se postaju ponovio isti navedeni postupak, a mjerenja su provođena od strane dva ili tri ronioca (ovisno o raspoloživosti i profilu zarona).



Slika 2. Provođenje istraživanja metodom vizualnog cenzusa uz korištenje autonomne ronilačke opreme (preuzeto s Društvo istraživača mora – 20000 milja)

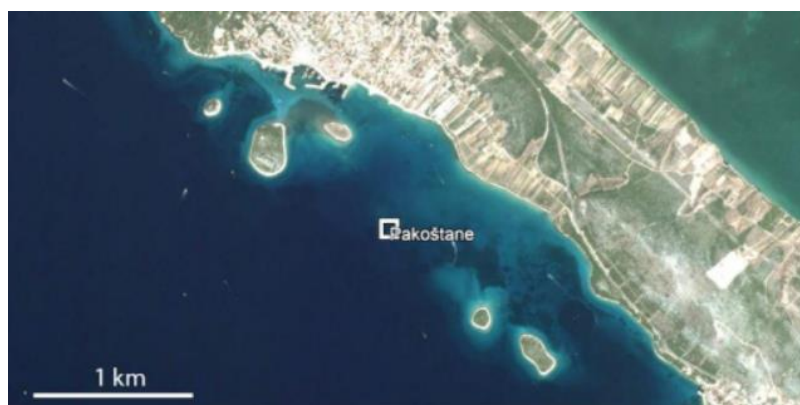
4.1. Lokacija i dizajn istraživanja

U ovom radu su obrađena 3 lokaliteta: Petrčane, Pakoštane i Vodice (Slika 3, 4, 5.). Na svakom od odabranih lokaliteta su istražene 3 postaje s određenim trajnim početnim točkama međusobno udaljenim najmanje 100 m. Svaka od njih je polazišna točka za tri transekta duljine 25 metara (Slika 6). Početne točke se nalaze na dnu prekrivenom pjeskom ili muljem i pjeskom, te na ravnoj stjenovitoj podlozi koju prekriva tanak sloj sedimenta, po mogućnosti bez prisustva makrovegetacije, s mogućim postojanjem cvjetnice *Cymodocea nodosa*.

Na lokalitetu Petrčane program praćenja je proveden na dubini koja se kreće od 5 do 9 metara. Na istraživanom području dominantni tip staništa je plitki sediment na kamenu prekriven s vrstom *C. nodosa* u varirajabilnim postotcima, što pogoduje trpovima roda *Holothuria*.

Na lokalitetu Pakoštane program praćenja je proveden na dubini koja se kreće od 5 do 10 metara. Na istraživanom području dominantni tipovi staništa su sediment na kamenu mjestimično prekriven s vrstom *C. nodosa*, te stjenovita podloga prekrivena zajednicom infralitolarnih algi, što pogoduje trpovima roda *Holothuria*.

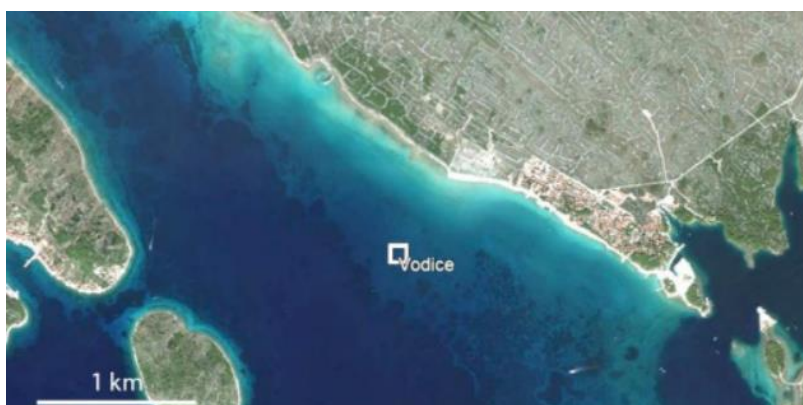
Na lokalitetu Vodice program praćenja je proveden na dubini koja se kreće od 6 do 10 metara. Na istraživanom području dominantni tip staništa je plitki sediment na kamenu mjestimice prekriven s vrstom *C. nodosa*, što pogoduje trpovima roda *Holothuria*.



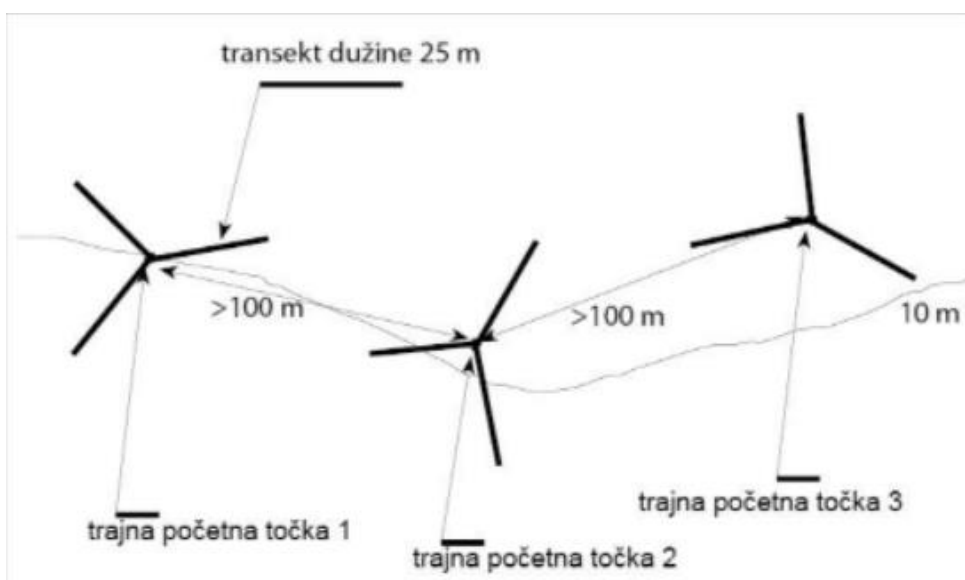
Slika 3. Lokalitet na kojem su praćene populacije trpova - Pakoštane (preuzeto iz Cvitković i sur., 2017.)



Slika 4. Lokalitet na kojem su praćene populacije trpova -Petručane (preuzeto iz Cvitković i sur., 2017.)



Slika 5. Lokalitet na kojem su praćene populacije trpova -Vodice (preuzeto iz Cvitković i sur., 2017.)



Slika 6. Shematski prikaz programa praćenja trpova po transektima i po postajama (preuzeto iz Cvitković i sur., 2017.)

4.2. *Obrada podataka*

Podaci su uneseni i obrađeni u MS Excel programu. Dodatno je korišten Jamovi softver za statističke analize (Jamovi 2.3.21.). Za sve statističke analize razina značajnosti postavljena je na $\alpha=0,05$. Testiranje normalnosti distribucije (uz zadovoljavanje uvjeta homogenosti varijanci) provedeno je Shapiro-Wilks testom. Postojanje statistički značajne razlike u brojnosti i duljinama tijela trpova između lokacija utvrđeno je ANOVA i Post-Hoc statističkim testovima (Jamovi 2.3.21.).

5. Rezultati

Istraživanjem provedenim na lokalitetima Petrčane, Pakoštane i Vodice utvrđena je prisutnost ukupno 11 092 jedinki trpova. Najveći broj jedinki utvrđen je na lokaciji Petrčane – transekt 6.2.3.21. (n=255), a najmanji na lokaciji Pakoštane - transekt 8.3.1.19. (n=46). Promatrajući sve tri lokacije, istražen je 81 transekt. Zabilježeno je u prosjeku 136 +- 47.4 jedinke.

Osim brojnosti, mjerena je i veličina jedinki. Veličina jedinki je varirala između 9 cm i 44 cm, prosječno 21.3+-4.51 cm. Najveća jedinka zabilježena je na lokaciji Pakoštane postaja 3, a najmanja na lokaciji Petrčane postaja 3.

Provedena je analiza varijance za varijablu brojnosti i za varijablu veličine, korištenjem dvosmjerne analize varijance s obzirom na lokaciju i godinu istraživanja. U obzir je uzet i čimbenik interakcije dviju varijabli.

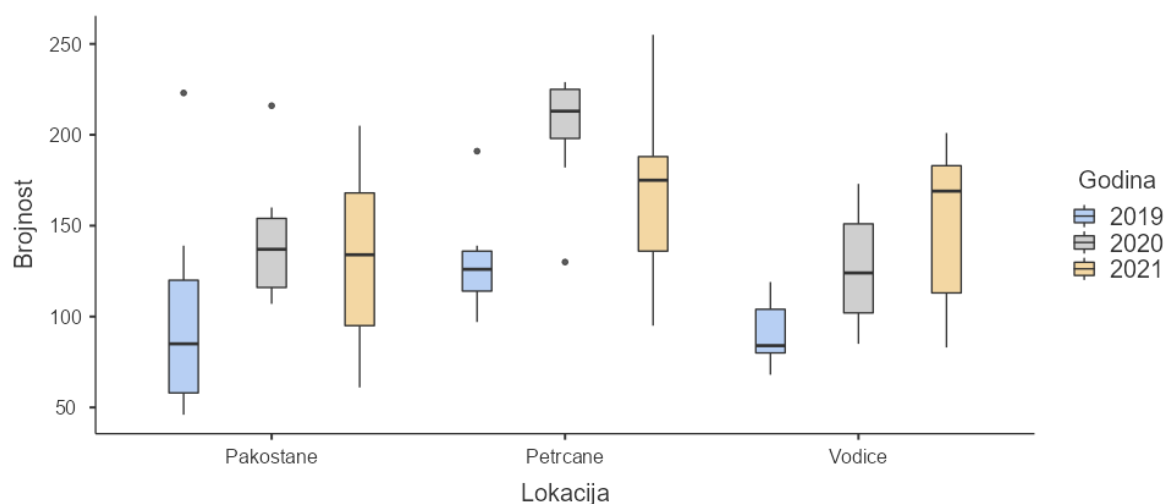
5.1. Brojnost i gustoća naseljenosti

Shapiro-Wilks testom utvrđena je zadovoljavajuća pretpostavka normalne distribucije ($p=0,023$ $W=0,964$) te homogenih varijanci. Rezultati ANOVA testa za varijablu brojnosti prikazani su u Tablici 1. Nije zabilježen statistički značajan utjecaj interakcije ($p=0,233$) te su se oba faktora (lokacija i godina) mogla tumačiti zasebno (Slika 7).

Tablica 1. Analiza varijance (ANOVA) brojnosti trpova između 3 različite lokacije i 3 godine istraživanja te njihova interakcija.

ANOVA – Brojnost

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Lokacija	33775	2	16888	12.44	< .001
Godina	41600	2	20800	15.32	< .001
Lokacija * Godina	6442	4	1611	1.19	0.324
Residuals	97758	72	1358		



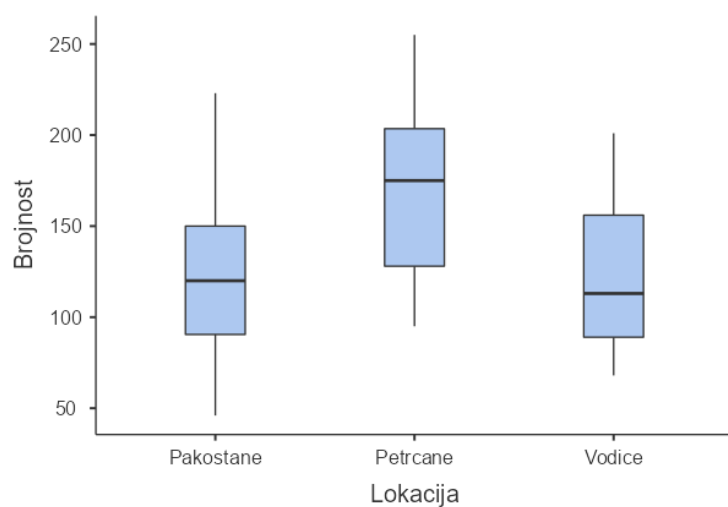
Slika 7. Box-and-whiskers plot (dijagram razdiobe) na kojem je prikazana brojnost po lokacijama kroz godine.

5.1.1. Razlike u brojnosti po lokacijama

Statistički značajne razlike u brojnosti jedinki zabilježene su između lokacija Pakoštane i Petrčane te između Petrčane i Vodice (Tablica 2, Slika 8)

Tablica 2. Post Hoc usporedba razlika u brojnosti između lokacija

Usporedba		Mean Difference	SE	df	t	ptukey
Pakoštane	- Petrčane	-43.037	10.0	72.0	-4.2914	< .001
	- Vodice	0.556	10.0	72.0	0.0554	0.998
Petrčane	- Vodice	43.593	10.0	72.0	4.3468	< .001



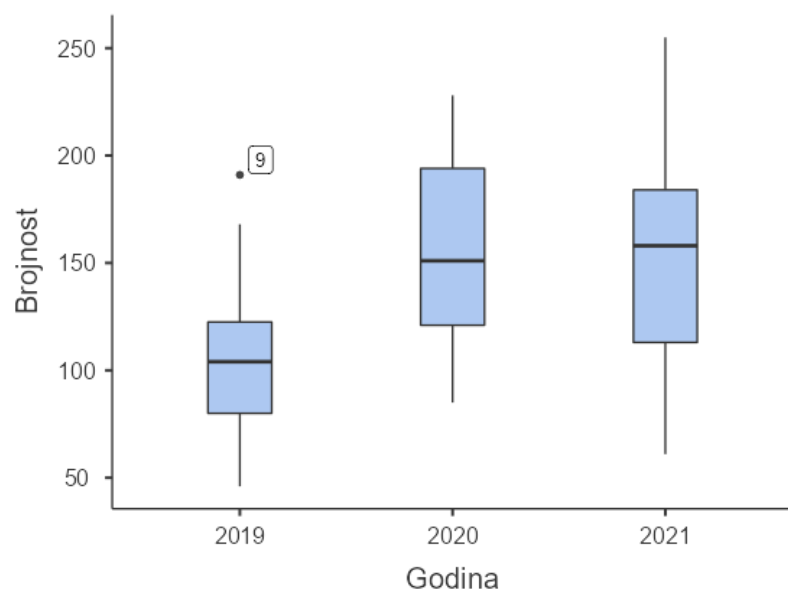
Slika 8. Dijagram razdiobe koji prikazuje distribuciju brojnosti trpova po lokacijama

5.1.2. Razlike u brojnosti po godinama

Statistički značajne razlike u brojnosti jedinki zabilježene su između godina 2019. i 2020. te između 2019. i 2021. (Tablica 3, Slika 9).

Tablica 3. Post Hoc usporedba razlika u brojnosti između godina

Usporedba							
Godina	Godina	Mean Difference	SE	df	T	Ptukey	
2019.	- 2020.	-50.52	10.0	72.0	-5.037	<.001	
	- 2021.	-45.19	10.0	72.0	-4.506	<.001	
2020.	- 2021.	5.33	10.0	72.0	0.532	0.856	



Slika 9. Dijagram razdiobe s prikazom brojnosti trpova kroz godine

5.1.3. Gustoća naseljenosti

Podaci o ukupnoj i prosječnoj brojnosti (gustoći naseljenosti) trpova po svakom pojedinom lokalitetu prikazani su u tablicama 4, 5 i 6. Kako bi podaci bili usporedivi prikazana je relativna gustoća jedinki trpova na 100 m². Najmanja prosječna gustoća zabilježena je na lokalitetu Vodice 2019. godine, a najveća na lokalitetu Petržane 2020. godine.

Tablica 4. Ukupna i prosječna brojnost jedinki trpova na 100 m² na lokalitetu Pakoštane

Pakoštane	Brojnost jedinki trpova roda <i>Holothuria</i>	
	Ukupna	Prosječna [ind./100 m ²]
2019.	842	93,6
2020.	1274	141,6
2021.	1181	131,2

Tablica 5. Ukupna i prosječna brojnost jedinki trpova na 100 m² na lokalitetu Petržane

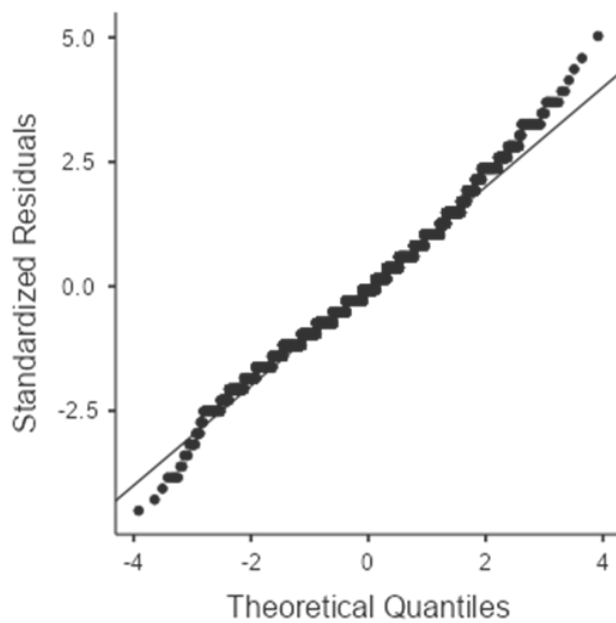
Petržane	Brojnost jedinki trpova roda <i>Holothuria</i>	
	Ukupna	Prosječna [ind./100 m ²]
2019.	1160	128,9
2020.	1777	197,4
2021.	1522	169,1

Tablica 6. Ukupna i prosječna brojnost jedinki trpova na 100 m² na lokalitetu Vodice

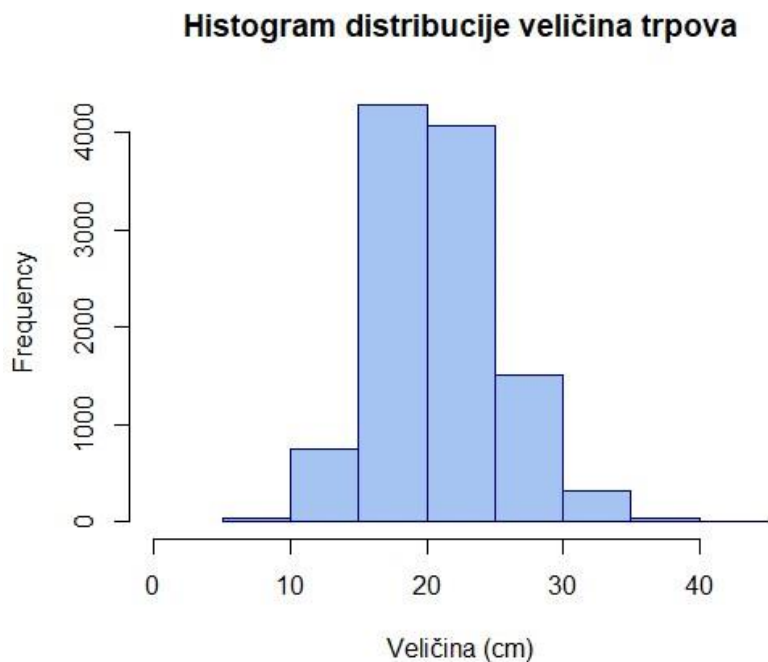
Vodice	Brojnost jedinki trpova roda <i>Holothuria</i>	
	Ukupna	Prosječna [ind./100 m ²]
2019.	816	90,7
2020.	1131	125,7
2021.	1335	148,3

5.2. *Distribucija veličina*

Za potrebe analize razlike u veličini trpova, također je provedena analiza varijance (ANOVA). Pretpostavke normalnosti distribucije i homogenosti varijance su prihvaćene s obzirom na veliki broj opažanja (>10 000) i nemogućnost provođenja testova na tako velikom uzorku. Izrađen je i Q-Q plot kako bi se grafički potvrdila normalna distribucija podataka (Slika 10) Q-Q plot sortira podatke uzlazno i nakon čega ih prikazuje u odnosu na kvantile odnosno percentile izračunate na osnovu pretpostavljenog modela normalne distribucije. S obzirom da točke prikupljenih podataka padaju vrlo blizu referentne linije, možemo prihvatiti normalnu distribuciju.



Slika 10. Q-Q plot podataka o veličini trpova



Slika 11. Histogram učestalosti duljina tijela trpova.

Zabilježen je statistički značajan utjecaj interakcije dva promatrana čimbenika (lokacije i godine) ($p < 0,001$) (Tablica 7) te nije bilo moguće tumačiti utjecaj svakog od čimbenika zasebno. Uzeta je u obzir samo statistički značajna razlika u veličinama u kombinaciji utjecaja lokacije i godine.

Tablica 7. Analiza varijance (ANOVA) veličine jedinki trpova između 3 različite lokacije i 3 godine istraživanja te njihova interakcija.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Lokacija	5357	2	2678.6	148	< .001
Godina	4729	2	2364.7	130	< .001
Lokacija * Godina	8495	4	2123.8	117	< .001
Residuals	199998	11025	18.1		

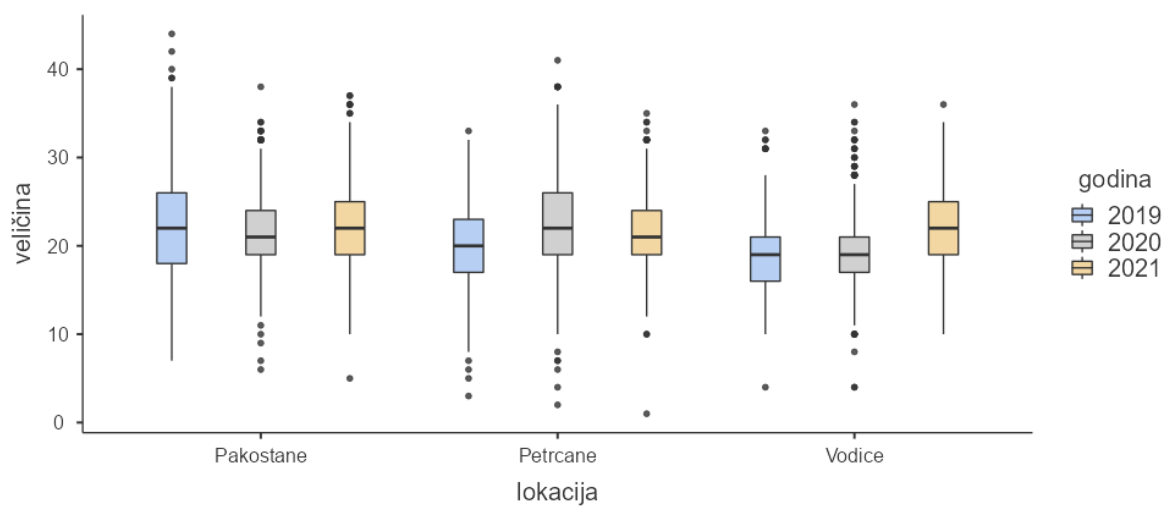
Kako bi se detaljnije istražio utjecaj interakcije, provedena je Post-Hoc analiza uz Tukey korekciju (Tablica 8). Iz rezultata je vidljivo da su statistički značajne razlike u veličinama jedinki trpova prisutne i između gotovo svih kombinacija različitih lokacija i različitih godina. Grafički prikaz razlika u veličini između lokacija, kroz godine nalazi se na slici 11.

Tablica 8. Post Hoc Usporedba - Lokacija * Godina

Comparison				Mean Difference	SE	df	t	p _{Tukey}		
Lokacija	Godina	Lokacija	Godina							
Pakoštane	2019.	-	Pakoštane	2020.	0.99813	0.189	11025	5.2757	<.001	
		-	Pakoštane	2021.	-0.07218	0.192	11025	-0.3757	1.000	
		-	Petrčane	2019.	2.02249	0.193	11025	10.4847	<.001	
		-	Petrčane	2020.	-0.57497	0.178	11025	-3.2263	0.034	
		-	Petrčane	2021.	0.51829	0.183	11025	2.8333	0.106	
		-	Vodice	2019.	3.37230	0.209	11025	16.1180	<.001	
		-	Vodice	2020.	2.78663	0.194	11025	14.3741	<.001	
		-	Vodice	2021.	-0.06994	0.187	11025	-0.3731	1.000	
		-	Pakoštane	2021.	-1.07031	0.172	11025	-6.2199	<.001	
	2020.	-	Petrčane	2019.	1.02436	0.173	11025	5.9225	<.001	
		-	Petrčane	2020.	-1.57309	0.156	11025	-10.0574	<.001	
		-	Petrčane	2021.	-0.47984	0.162	11025	-2.9662	0.074	
		-	Vodice	2019.	2.37418	0.191	11025	12.4302	<.001	
		-	Vodice	2020.	1.78850	0.174	11025	10.2765	<.001	
		-	Vodice	2021.	-1.06807	0.167	11025	-6.4014	<.001	
		2021.	-	Petrčane	2019.	2.09467	0.176	11025	11.8920	<.001
			-	Petrčane	2020.	-0.50279	0.160	11025	-3.1440	0.044
			-	Petrčane	2021.	0.59047	0.165	11025	3.5750	0.011
-	Vodice		2019.	3.44448	0.194	11025	17.7657	<.001		
-	Vodice		2020.	2.85881	0.177	11025	16.1333	<.001		
-	Vodice		2021.	0.00224	0.170	11025	0.0132	1.000		

Tablica 8. Post Hoc Usporedba - Lokacija * Godina

Comparison				Mean Difference	SE	df	t	pTukey		
Lokacija	Godina	Lokacija	Godina							
Petrčane	2019.	-	Petrčane	2020.	-2.59745	0.161	11025	- 16.1462	<.001	
		-	Petrčane	2021.	-1.50420	0.166	11025	-9.0568	<.001	
	2020.	-	Vodice	2019.	1.34982	0.195	11025	6.9339	<.001	
		-	Vodice	2020.	0.76414	0.178	11025	4.2915	<.001	
		-	Vodice	2021.	-2.09243	0.171	11025	- 12.2338	<.001	
		-	Petrčane	2021.	1.09325	0.149	11025	7.3485	<.001	
		-	Vodice	2019.	3.94727	0.180	11025	21.9140	<.001	
		-	Vodice	2020.	3.36160	0.162	11025	20.7468	<.001	
		-	Vodice	2021.	0.50503	0.154	11025	3.2734	0.029	
		2021.	-	Vodice	2019.	2.85402	0.185	11025	15.4441	<.001
			-	Vodice	2020.	2.26834	0.167	11025	13.5661	<.001
			-	Vodice	2021.	-0.58823	0.160	11025	-3.6831	0.007
Vodice	2019.	-	Vodice	2020.	-0.58567	0.196	11025	-2.9938	0.068	
		-	Vodice	2021.	-3.44224	0.189	11025	- 18.1879	<.001	
	2020.	-	Vodice	2021.	-2.85657	0.172	11025	- 16.5957	<.001	



Slika 12. Grafički prikaz razlika u veličini između lokacija, kroz godine.

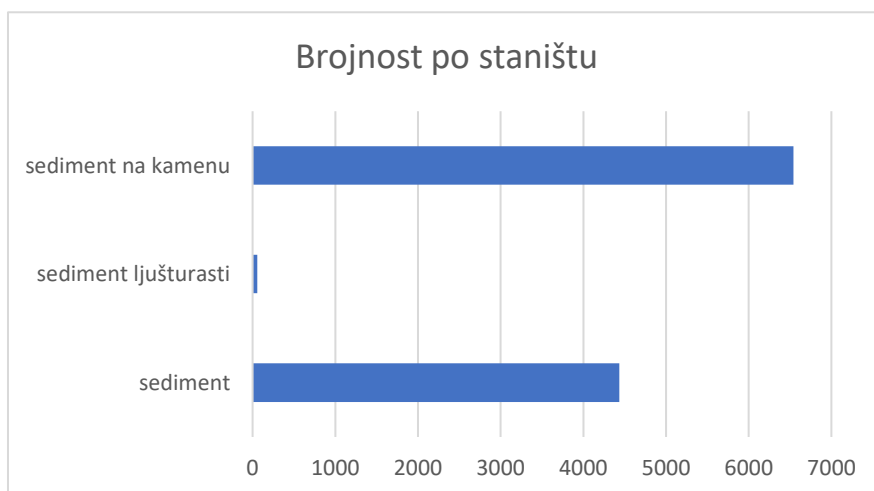
5.3. Tipovi staništa

Prilikom istraživanja utvrđeno je postojanje 3 tipa staništa na lokacijama istraživanja: uobičajeno sedimentno dno, kamenito dno prekriveno tankim slojem sedimenta i dno prekriveno ljušturastim sedimentom. Dno prekriveno ljušturastim sedimentom zabilježeno je na samo 1 transektu (Tablica 9).

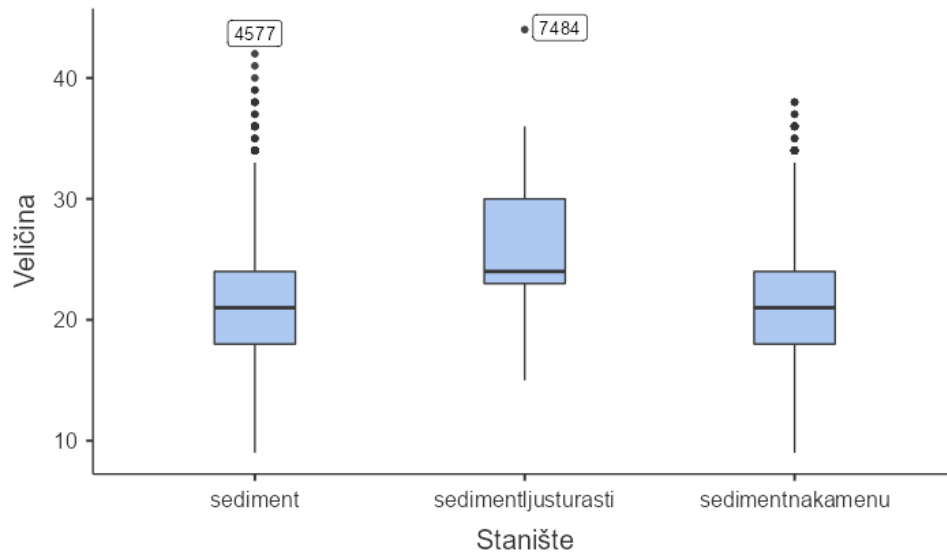
Tablica 9. Prikaz tipova staništa zabilježenog na transektima i prosječne veličine (cm) na svakom od njih

	Stanište	N transekata	N jedinki	Mean	SD
Veličina	Sediment	33	4436	21.2	4.66
	sediment ljušturasti	1	58	25.5	5.59
	sediment na kamenu	47	6544	21.4	4.33

Najveći ukupni broj jedinki zabilježen je na sedimentu na kamenu, a najmanji na ljušturastom sedimentu (Slika 13). Međutim, prosječno najveće jedinice zabilježene su na ljušturastom sedimentu (Slika 14).



Slika 13. Grafički prikaz ukupne brojnosti jedinki trpova po staništima.



Slika 14. Dijagram razdiobe raspodjele veličina jedinki trpova po staništima.

6. Rasprava

Ovo istraživanje posvećeno je proučavanju brojnosti i distribucije veličina trpova na odabranim lokacijama u srednjem Jadranu. Važno je istaknuti da, unatoč značajnom ekološkom i gospodarskom značaju ovog područja, do sada nije provedeno sustavno istraživanje kojim bi se analizirale ove specifične varijable. Stoga podaci prikupljeni u okviru ovog istraživanja pridonose znanstvenoj literaturi pružanjem prvih podataka o brojnosti i distribuciji veličina trpova na odabranim lokacijama u srednjem Jadranu. Izazovnost ovog istraživanja leži u nedostatku prethodnih radova koji bi pružili osnovu za usporedbu rezultata. Ipak, taj izostanak prethodnih studija naglašava važnost ovog rada kao doprinosa literaturi na području.

Iz tablica 4, 5 i 6 možemo uočiti kontinuirani rast brojnosti trpova roda *Holothuria* na svim lokacijama tijekom promatranog razdoblja, s izraženijim porastom između 2019. i 2020. godine, te stabilizacijom ili blagim smanjenjem u 2021. godini. Najveća vrijednost prosječne brojnosti na 100 m² jest 197,4 u Petrčanima 2020. godine. U usporedbi s vrijednostima jednogodišnjeg istraživanja u Egejskom moru gdje prosječna brojnost 9,93 jedinke na 100 m², možemo zaključiti da su na svim lokacijama kroz sve godine vrijednosti izrazito visoke.

Prosječna veličina jedinki trpova (21.3+-4.51 cm) i raspon veličina (9-44 cm) nešto je manji, ali vrlo sličan kao u Egejskom moru (29.80 + 6.34 cm u prosjeku, od 14-50 cm ukupno) (Kazanidis i sur., 2010.). Zanimljivo je primijetiti da je vrijednost prosječne veličine tijela manja nego su 2004. godine zabilježili Despalatović i suradnici na području Kaštelanskog zaljeva, 26.30 +- 5.52 cm za mužjake i 28.33 +- 7.88 cm za ženke (Despalatović i sur., 2004.).

Na grafičkom prikazu razlika u brojnosti po lokacijama kroz godine (Slika 7), jasno se uočava trend porasta brojnosti trpova kroz istraživačko razdoblje, u odnosu na početne vrijednosti. U Pakoštanima, primjećujemo značajan porast između 2019. i 2020. godine, dok se između 2020. i 2021. godine zadržava gotovo konstantna srednja vrijednost brojnosti, no s povećanim interkvartilnim rasponom. Zanimljivo je da, iako je srednja vrijednost između 2020. i 2021. godine ostala gotovo nepromijenjena, zabilježen je širi interkvartilni raspon, sugerirajući povećanu varijabilnost u brojnosti na toj lokaciji. U godini 2019. uočava se vrijednost koja je izvan granica varijabilnosti podataka, ali je unatoč tome, u prosjeku brojnost trpova najniža u toj godini. Petrčane se ističu po višim minimalnim i maksimalnim vrijednostima u usporedbi s ostalim lokacijama kroz sve godine. U 2020. godini zabilježena je najviša srednja vrijednost brojnosti, ali je i dalje uočen porast varijabilnosti u 2021. godini. Vodice predstavljaju idealan primjer kontinuiranog rasta brojnosti trpova kroz godine.

Usporedbom razlika u brojnosti između lokacija post-hoc testom (Tablica 2, Slika 8), primijećeno je da su vrijednosti između Pakoššana i Vodica relativno slične, što je dosljedno s rezultatima post-hoc testa koji nije registrirao statistički značajnu razliku između ove dvije lokacije, kao i to da smo u Petrčanima uočili da vrijednosti brojnosti odudaraju od prosječnih vrijednosti na ostalim lokacijama. Iz navedenog možemo zaključiti da neovisno o godini uzorkovanja između različitih lokacija postoje statistički značajne razlike u brojnosti trpova, što je i bilo za očekivati, uzimajući u obzir postojanje razlika u karakteristikama samih lokacija.

Za potrebe analize razlike u veličini trpova, također je provedena analiza varijance (ANOVA) između 3 različite lokacije i 3 godine istraživanja te njihove interakcije (Tablica 7), zabilježen je statistički značajan utjecaj interakcije ($p < 0,001$) te nije bilo moguće tumačiti utjecaj svakog od faktora zasebno. Uzeta je u obzir samo statistički značajna razlika u veličinama u kombinaciji utjecaja lokacije i godine.

Post-hoc analizom (Tablica 8) utvrđene su statistički značajne razlike u veličinama jedinki trpova prisutne između gotovo svih kombinacija različitih lokacija i različitih godina. Međutim, važno je primijetiti nekoliko iznimki:

- Pakoššanae 2019. - Pakoššanae 2021. ($p = 1,000$)

Nije utvrđena statistički značajna razlika u duljini tijela trpova između 2019. i 2021. godine na lokaciji Pakoššanae ($p = 1,000$) što sugerira da se duljina tijela trpova nije značajno mijenjala između ove dvije godine u Pakoššanima.

- Vodice 2019. – Vodice 2020. ($p=0,068$)

Nije utvrđena statistički značajna razlika u duljini tijela trpova između 2019. i 2020. godine na lokaciji Vodice ($p = 0,068$). Ova p-vrijednost sugerira da duljina tijela trpova nije značajno različita između ove dvije godine u Vodicama.

- Pakoššanae 2021. - Vodice 2021. ($p = 1,000$)

Nije utvrđena statistički značajna razlika u duljini tijela trpova između 2021. (Pakoššanae) i 2021. (Vodice) ($p = 1,000$) što sugerira da u 2021. godini nije došlo do promjene u duljini tijela trpova u Pakoššanima i Vodicama.

Navedene iznimke gdje nije utvrđena statistički značajna razlika u duljini tijela trpova možemo primijetiti na grafičkom prikazu razlika u veličini između lokacija, kroz godine (Slika 12). Srednja vrijednost duljina tijela trpova u Pakoššanima 2019. se ne razlikuje od vrijednosti iz 2021. na istoj lokaciji, već se samo može primijetiti smanjen interkvartilni raspon u 2021. što sugerira na manju varijabilnost duljina tijela trpova u tom periodu. Isto se primjećuje i na

lokalitetu Vodice u 2019. i 2020. godini, srednja vrijednost je ista, dok je interkvartilni raspon smanjen u 2020. U 2021. godini možemo primijetiti da Pakoštane i Vodice imaju istu srednju vrijednost, kao i interkvartilni raspon.

Na histogramu učestalosti duljina tijela trpova (Slika 11) se može primijetiti da je najučestalija veličina tijela između 15 i 25 centimetara, što je očekivano s obzirom da je prosječna veličina jedinki nešto manja od prosječnih veličina istraživanih u Kaštelanskom zaljevu 2004. (Despalatović i sur. 2004.)

Prilikom istraživanja utvrđeno je postojanje tri stanišna tipa na lokacijama istraživanja: uobičajeno sedimentno dno, kamenito dno prekriveno tankim slojem sedimenta i dno prekriveno ljušturastim sedimentom.

Analiza podataka iz Tablice 9 ukazuje na značajne razlike u brojnosti trpova na različitim stanišnim tipovima. Najveća brojnost trpova primijećena je na tankom sloju sedimenta na kamenoj podlozi, dok je najmanja na ljušturastom sedimentu. Ovi rezultati sugeriraju da odabrani Tipovi staništa imaju značajan utjecaj na brojnost populacije trpova.

Zanimljivo je primijetiti da je dno prekriveno ljušturastim sedimentom zabilježeno samo na jednom transektu. Radi se o području koje se nalazi na putanji redovne brodske linije te je izloženo povećanom pridnenom strujanju i izraženoj hidrodinamici zbog čega je i sediment krupniji. Unatoč manjoj brojnosti jedinki na takvom sedimentu, zanimljivo je uočiti da se upravo tu primjećuju najveće jedinke (Slika 14). Ovaj uvid nam sugerira da su uvjeti na ljušturastom sedimentu pogodni za razvoj i opstanak većih jedinki trpova, a s obzirom na izostanak manjih jedinki možemo zaključiti da nije pogodno stanište za njih. Pretpostavljamo da su razlike u veličini zabilježenih jedinki povezane s karakteristikama ljušturastog sedimenta, koji je krupniji i možda manje dostupan za probavu i filtriranje manjim jedinkama.

Dosadašnji nedostatak sustavnih istraživanja o brojnosti i distribuciji veličina trpova na odabranim lokacijama u srednjem Jadranu ukazuje na potrebu za ovakvim istraživanjem kako bi se popunila praznina u znanju o ovim važnim morskim organizmima. Ovo istraživanje pruža prve takve podatke čime doprinosi znanstvenoj literaturi i omogućuje daljnje istraživanje ekoloških faktora koji utječu na populaciju trpova.

Budući da postoji nedostatak znanja o biologiji i ekologiji ove vrste, potrebno je duže praćenje koje bi omogućilo bolje razumijevanje uzroka varijabilnosti u populaciji. Veći skup podataka pružio bi jasniji uvid u prirodne fluktuacije te identificirao druge faktore koji utječu na populaciju trpova. Produženo praćenje omogućilo bi pouzdanije zaključke o stanju ove vrste i potencijalnim prijetnjama.

7. Zaključak

- Identificirana su tri različita stanišna tipa na lokacijama istraživanja - dno prekriveno ljušturastim sedimentom izdvojeno je kao područje s najvećim jedinkama trpova, što ukazuje na važnost razumijevanja utjecaja stanišnih karakteristika na populaciju trpova.
- Na ovim istraživanim lokacijama gustoća naseljenosti trpova je izrazito visoka, ali s manjim prosječnim veličinama jedinki, što nam može ukazivati na to da su Petrčane, Pakoštane i Vodice stabilni lokaliteti u kojima se pruža sigurnost manjim, ranjivim jedinkama, dok im također ta stabilnost omogućava i veliku brojnost.
- Analiza podataka pokazuje rast brojnosti trpova tijekom promatranog razdoblja u odnosu na početne vrijednosti, s najizraženijim porastom između 2019. i 2020. godine. Na lokalitetu Vodice zabilježen je kontinuirani porast brojnosti tijekom promatranog razdoblja.
- Statističke analize otkrivaju značajne razlike u brojnosti i veličinama trpova između različitih lokacija i godina istraživanja, što naglašava kompleksnost faktora koji utječu na populaciju trpova u srednjem Jadranu.
- S obzirom na varijacije u brojnostima i veličinama unutar lokaliteta unatoč sličnostima u stanišnim tipovima, možemo zaključiti da zajednice trpova ovise o hidrodinamičkim svojstvima nekog područja i drugim čimbenicima poput djelovanja struja i valova i sastava podloge koje bi trebalo pratiti kontinuirano kroz dugotrajan vremenski period.
- Moguć je utjecaj klimatskih promjena na porast brojnosti i veličina trpova zbog niskog, ali ipak nezanemarivog porasta temperature, količina padalina i promjene razine mora.
- Potrebno je produžiti praćenje stanja trpova na više od tri godine kako bismo uočili fluktuacije u populaciji i razumjeli trendove.
- Poboljšanje metodologije istraživanja moglo bi se postići postavljanjem trajnih oznaka postaja unutar lokaliteta, kako bi se smanjila varijabilnost okolišnih čimbenika kroz godine (tip staništa, podloga i sl.).
- Metodologiju bi se moglo poboljšati postavljanjem *data-loggera* na lokacije kako bi se mogli pratiti podatci poput temperature i svijetlosti.

U cjelini, ovo istraživanje pruža temelj za daljnje istraživanje ekoloških procesa koji oblikuju populaciju trpova u srednjem Jadranu i ističe važnost očuvanja ovih ekosustava radi očuvanja biološke raznolikosti i ekosustavnih usluga.

8. Literatura

1. Animal Diversity Web, Holothuroidea
(<https://animaldiversity.org/accounts/Holothuroidea/>)
2. Antoniadou, C. i Vafidis D. 2011. Population structure of the traditionally exploited holothurian *Holothuria tubulosa* in the south Aegean Sea. *Cahiers de Biologie Marine*. 52, 171–175
3. Aydin, M., Sevgili, H., Tufan, B., Emre, Y. i Kose, S., 2011. Proximate composition and Pomatoschistus marmoratus. *Helgoland Marine Research*. 68, 357-371.
4. Barnes, R. 1987. *Invertebrate Zoology*. Orlando, Florida: Dryden Press.
5. Bruckner A.W., Johnson K.A. i Field J.D. 2003. Conservation strategies for sea cucumbers: can a CITES Appendix II listing promote sustainable international trade. *Beche-de-mer Information Bulletins* 18, 24–33
6. Brusca, R. i G. Brusca. 2003. *Invertebrates*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.
7. Bulteel, P., Jangoux, M. i Coulon, P. 1992. Biometry, bathymetric distribution, and reproductive cycle of the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) from Mediterranean seagrass beds. *P.S.Z.N. I: Marine Ecology*. 13: 53-62.
8. Christou, P., Domenikiotis, C., Neofitou, N. i Vafidis, D. 2022. Study of the Spatiotemporal Variability of Oceanographic Parameters and Their Relationship to *Holothuria* Species Abundance in a Marine Protected Area of the Mediterranean Using Satellite Imagery. *Remote Sensing*. 14, 5946.
9. Conand C. 2004. Present status of world sea cucumber resources and utilization: an international overview. *Advances in sea cucumber aquaculture and management* 463,13–23
10. Conand, C. i Chardy, P. 1985. Les holothuries aspidochirotés du lagon de Nouvelle-Caledonie sont-elles de bons indicateurs des structures récifales? *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress*. 5, 291-296.
11. Conand, C., 1990. The Fishery Resources of Pacific Island Countries. Part 2: Holothurians. FAO, Rome. FAO Fisheries Technical Paper, No. 272.2.
12. Conand, C., 1994. Les holothuries, ressource halieutique des lagons. *Rapport scientifique et techniques*, Centre de Noumea, Orstom. 65, 86.
13. Conand, C. i Byrne, M., 1993. A review of recent developments in the world sea cucumber fisheries. *Marine Fisheries Review*. 55, 1-13.

14. Conand, C., Shea, S. i To, A., 2014a. Beche-de-mer trade statistics for Hong Kong in 2012. SPC Beche-de-mer Information Bulletins. 34, 43-46.
15. Coulon, P., Jangoux, M. i Bulteel, P., 1992. Respiratory rate and assessment of secondary production in the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) from Mediterranean seagrassbeds. P.S.Z.N. I: Marine Ecology. 13, 63-68
16. Cvitković I., Despalatović M. i Žuljević A. 2017. Analiza dosadašnjih spoznaja i podataka o iskorištavanju trpova i ježinaca, s prijedlogom smjernica za očuvanje populacija, a vezanih uz njihovo uzimanje iz prirode i korištenje, te izrada programa za praćenje populacije trpova i ježinaca. Institut za oceanografiju i ribarstvo:1-63.
17. Dereli, H., Türk Çulha, S., Çulha, M., Özalp, B. H., i Tekinay, A. A. 2015. Reproduction and population structure of the sea cucumber *Holothuria tubulosa* in the Dardanelles Strait, Turkey. Mediterranean. Marine Science, 17(1), 47–55.
18. Despalatović, M., Grubelić, I., Šimunović, A., Antolić, B. i Žuljević, A. 2004. Reproductive biology of the holothurian *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in the Adriatic Sea. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 84, 409–414
19. Despalatović, M., Grubelić, I., Piccinetti, C., Cvitković, I., Antolić, B., Žuljević, A. i Nikolić, V. 2009. Distribution of echinoderms on continental shelf in open waters of the northern and middle Adriatic Sea. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 89(03), 585. doi:10.1017/s002531540900304x.
20. Félix P.M., Pombo A., Azevedo e Silva F., Simões T., Marques T.A., Melo R., Rocha C., Sousa J., Venâncio E., Costa J.L. i Brito A.C. 2021. Modelling the Distribution of a Commercial NE- Atlantic Sea Cucumber, *Holothuria mammata*: Demographic and Abundance Spatio-Temporal Patterns. Frontiers in Marine Science 8,675330. doi: 10.3389/fmars.2021.675330.
21. Kazanidis, G., Antoniadou, C., Lolas, A.P., Neofitou, N., Vafidis, D., Chintiroglou C. i Neofitou C. 2010. Population dynamics and reproduction of *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea: Echinodermata) in the Aegean Sea. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 90, pp 895901
22. Gonzalez-Wanguemert, M., Valente, S. i Aydin, M. 2015. Effects of fishery protection on biometry and genetic structure of two target sea cucumber species from the Mediterranean Sea. Hydrobiologia 743, 65–74.
23. Guzić, A. L. 2017. Uzgoj trpova roda *Holothuria*

24. Habdija I., Primc Habdija B., Radanović I., Špoljar M., Matoničkin Kepčija R., Vujčić Karlo S., Miliša M., Ostojić A. i Sertić Perić M. 2011. Protista-Protozoa, Metazoa Invertebrata
25. Hamel, J.-F. i A. Mercier, 1996a. Early development, settlement and growth of the sea cucumber *Cucumaria frondosa* (Holothuroidea: Echinodermata). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53,253-271.
26. Jamovi (Version 2.3) [Computer Software]. 2021.
27. Kazanidis, G., Antoniadou, C., Lolas, A.P., Neofitou, N., Vafidis, D., Chintiroglou, C. i Neofitou, C. 2010. Population Dynamics and Reproduction of *Holothuria Tubulosa* (Holothuroidea: Echinodermata) in the Aegean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* . 90, 895–901
28. Kazanidis, G., Lolas, A. i Vafidis, D. 2014. Reproductive cycle of the traditionally exploited sea cucumber *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea: Aspidochirotida) in Pagasitikos Gulf, western Aegean Sea, Greece. *Turkish Journal of Zoology* 38, 306–315.
29. Koukouras A., Sinis A.I., Bobori D., Kazantzidis S. i Kitsos M.S. 2007. The echinoderm (Deuterostomia) fauna of the Aegean Sea, and comparison with those of the neighbouring seas. *Journal of Biological Research* 7, 67–92.
30. Lui A. 1994. *Zoologija*, Školska knjiga, Zagreb.
31. MacTavish, T., Stenton-Dozey, J., Vopel, K. i Savage, C. 2012. Deposit-feeding sea cucumbers enhance mineralization and nutrient cycling in organically-enriched coastal sediments. *Public Library of Science One*, 7, 50031.
32. Matoničkin, I., Habdija, I. i Primc-Habdija, B. 1999. *Beskralješnjaci - Biologija viših avertebrata*. Školska knjiga
33. Mušin D. i Marukić M. 2007. *Iz morskih dubina*. vlast. Nakl., Korčula.
34. Neofitou, N., Lolas, A., Ballios, I., Skordas, K., Tziantziou, L. i Vafidis, D. 2019. Contribution of Sea Cucumber *Holothuria Tubulosa* on Organic Load Reduction from Fish Farming Operation. *Aquaculture.*, 501, 97–103.
35. Pravilnik o lovostaju trpova (Holothuroidea), NN 29/2018
36. Pravilnik o zaštiti riba i drugih morskih organizama i kriterijima za utvrđivanje visine naknade za počinjene štete, NN 64/2023
37. Pravilnik o zaštiti trpova, NN 76/1998

38. Preston G.L. 1993. Beche-de-mer. In: Nearshore marine resources of the Southern Pacific: information for fisheries development and management. Institute of Pacific Studies, Fiji, Forum Fisheries Agency, Solomon Islands, International Centre for Ocean Development, Canada, pp 371–407
39. Purcell, S.W., Mercier, A., Conand, C., Hamel, J.F., Toral-Granda M.V., Lovatelli, A. i Uthicke, S. 2013. Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. *Fisheries Research* 14(1), 34–59.
40. Purcell, S.W., 2014. Value, market preferences and trade of beche-de-mer from Pacific Island sea cucumbers. *Public library of Science One* 9 (4), 95075.
41. Purcell, S.W., Mercier, A., Conand, C., Hamel, J.F., Toral-Granda, M.V., Lovatelli, A. i Uthicke, S. 2013. Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. *Fish and Fisheries* 14, 34–59
42. Purcell, S.W., Mercier, A., Conand, C., Hanel, J.F., Toral-Granda, V., Lovatelli, A., Uthicke, S., 2013. Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. *Fish and Fisheries* 14, 34-59.
43. Purcell, S.W., Samyn, Y. i Conand, C. 2012. Commercially Important Sea Cucumber of the World. FAO, Rome, p. 190. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes No. 6.
44. Purcell, W., S., Conand, C., Uthicke, S. i Byrne, M. 2016. Ecological roles of exploited sea cucumbers. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 54, 367-386
45. Rakaj, A., Fianchini, A., Boncagni, P., Scardi, M. i Cataudella, S. 2019. Artificial Reproduction of *Holothuria Polii*: A New Candidate for Aquaculture. *Aquaculture* 498, 444–453.
46. Rodgers, S. A. i Bingham, B.L. 1996. Subtidal zonation of the holothurian *Cucumaria lubrica* (Clark). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*.204, 113-129.
47. Roggatz, C., Gonzalez-Wangüemert, M., Pereira, H., Rodrigues, M., da Silva, M., Barreira, L.M., Varela, J. i Custodio, L., 2016. First report of the nutritional profile and antioxidant potential of *Holothuria arguinensis*, a new resource for aquaculture. *European Natural Product Research Journal* 30, 2034-2040.
48. Roggatz, C., Gonzalez-Wangüemert, M., Pereira, H., Vizzeto-Duarte, C., Rodrigues, M., Barreira, L., da Silva, M., Varela, J. i Custodio, L., 2017. A first glance into the nutritional properties of the sea cucumber *Parastichopus regalis* from the Mediterranean Sea (SE Spain). *Natural Product Research Journal* 32(1),116-120

49. Sicuro, B., Piccino, M., Gai, F., Abete, M.C., Danieli, A., Dapra, F., Mioletti, S. i Vilella, S., 2012. Food quality and safety of Mediterranean sea cucumbers *Holothuria tubulosa* and *Holothuria polii* in Southern Adriatic Sea. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*. 7, 851-859.
50. Tolon, M.T. i Engin, S. 2019. Gonadal Development of the Holothurian *Holothuria Polii* (Delle Chiaje, 1823) in Spawning Period at the Aegean Sea (Mediterranean Sea). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36, 379–385.
51. Tortonese E. i Vadon C. 1987. Oursins et Holothuries. In Fischer W., Bouchon M.L., Scneider M. (eds) Fiches FAO d'identification des espe`ces pour les besoins de la peche (revision 1)—Me´diterrane´e et Mer Noire. Zone de peche 37. Rome: FAO publications, pp. 743–760.
52. Toscano, A. i Cirino, P. 2018. First Evidence of Artificial Fission in Two Mediterranean Species of Holothurians: *Holothuria Tubulosa* and *Holothuria Polii*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 18, 1141–1145.
53. Turk T. 2011. Pod površinom mediterana, Školska knjiga.
54. Uthicke S. 2001.a Interactions between sediment-feeders and microalgae on coral reefs: grazing losses versus production enhancement. *Marine Ecology Progress Series* 210,125–138
55. Uthicke S. 2001.b Nutrient regeneration by abundant coral reef holothurians. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 265(2),153–170.
56. Uthicke S. i Karez R. 1999. Sediment patch selectivity in tropical sea cucumbers (Holothurioidea: Aspidochirotida) analysed with multiple choice experiments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 236,69–87.
57. Webb, K. L., DuPaul, W.D. i D'Elia, C.F. 1977. Biomass and nutrient flux measurements on *Holothuria atra* populations on windward reef flats at Enewetak, Marshall Islands. *Proceedings: third International Coral Reef Symposium*. 1, 409-416.
58. Zavodnik D. i Šimunović A. 1997. Beskralježnjaci morskog dna Jadrana, Svjetlost Sarajevo
59. Zhou, S. i Shirley, T.C. 1996. Habitat and depth distribution of the red sea cucumber *Parastichopus californicus* in southeasts Alaska Bay. *Alaska Fisheries Research Bulletin* 3, 123-131.

8.1. *Izvori slika*

1. BioLib.cz (<https://www.biolib.cz/en/image/id188028/>) (pristupljeno: 27.5.2022.)
2. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Analiza dosadašnjih spoznaja i podataka o iskorištavanju trpova i ježinaca, s prijedlogom smjernica za očuvanje populacija, a vezanih uz njihovo uzimanje iz prirode i korištenje te izrada programa za praćenje populacije trpova i ježinaca, Split, 2017.
3. 2000 milja, Društvo istraživača mora, Može li izlov trpova ugroziti priobalni ekosustav Jadrana? (<http://www.drustvo2000milja.hr/moze-li-izlov-trpova-ugroziti-priobalni-ekosustav-jadrana/>) (pristupljeno: 27.5.2022.)
4. Jamovi (Version 2.3) [Computer Software]. (2021.)