

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
ODJEL ZA AKVAKULTURU
DIPLOMSKI STUDIJ MARIKULTURA

Ana Šimunović

Pokretljivost kunjke *Arca noae* (Linnaeus, 1758) u laboratorijskim
uvjetima

DIPLOMSKI RAD

Dubrovnik, 2011.

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
ODJEL ZA AKVAKULTURU
DIPLOMSKI STUDIJ MARIKULTURA

Ana Šimunović

Pokretljivost kunjke *Arca noae* (Linnaeus, 1758) u laboratorijskim
uvjetima

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

dr. sc. Nikša Glavić

Dubrovnik, 2011.

Ovaj diplomski rad izrađen je pod stručnim vodstvom dr. sc. Nikše Glavića, u sklopu diplomskog studija Marikultura na Odjelu za akvakulturu Sveučilišta u Dubrovniku.

SADRŽAJ

| | |
|---|-----------|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 1.1 Opće značajke kunjke <i>Arca noae</i> (Linnaeus,1758)..... | 1 |
| 1.2 Osnovne biološke značajke razreda školjkaša i kunjke <i>Arca noae</i> | 4 |
| 1.3. Dosadašnja istraživanja..... | 7 |
| 1.4 Svrha i cilj rada..... | 9 |
| | |
| 2. MATERIJALI I METODE..... | 11 |
| 2.1. Mjesto uzorkovanja..... | 11 |
| 2.2. Opis pokusa..... | 13 |
| 2.3. Tehnika obrade fotografija..... | 18 |
| | |
| 3. REZULTATI..... | 19 |
| 4. RASPRAVA..... | 31 |
| 5. ZAKLJUČAK..... | 35 |
| 6. LITERATURA..... | 37 |

SAŽETAK

Pokretljivost kunjke *Arca noae* (Linnaeus, 1758) u laboratorijskim uvjetima

U ovom radu opisano je pokretanje kunjke *Arca noae* (Linnaeus, 1758) u zatočeništvu laboratorijskih bazena. Kunjke su prikupljene u uvali Bjejevica tijekom svibnja 2005. godine podijeljene u 4 veličinske kategorije: dužine ljuštore < 20mm; dužine ljuštore 20-40 mm; dužine ljuštore 40-60 mm; dužine ljuštore > 60 mm. Praćenje pokretanja u četiri replikata obavljeno je fotodokumentacijom. Ukupno su obrađene 64 jedinke kroz 9216 fotografija. Statistička analiza dvorazinskom analizom varijance pokazala je da postoji značajna razlika u brzini pokretanja različitih veličinskih kategorija, te da replike i veličinske kategorije imaju statistički značajan utjecaj na brzinu pokretanja ($F=191,2584$, uz $p < 0,001$). Regresijska raščlamba je pokazala da se razmjerno više i brže pokreću manje jedinke od većih. Multipla linearna regresija dala je ovisnost brzine pokretanja o veličini i vremenu provedenom u pokusu.

Ključne riječi: Kunjka, *Arca noae*, pokretanje, laboratorijski uvjeti, fotodokumentacija

ABSTRACT

Movement of the Noah's Ark shell *Arca noae* (Linnaeus, 1758) under laboratory conditions

In this study movement of Noah's Ark shell *Arca noae* (Linnaeus, 1758) is analysed. Individuals were collected from Bjejevica bay during May of 2005. Bivalvia were divided in 4 size categories: shell length < 20mm; shell length 20-40 mm; shell length 40-60 mm; shell length > 60 mm. Monitoring of the movement was done in 4 replications using photodocumentation. Total of 64 individuals were analyzed through 9216 photographs. Two level nested ANOVA showed that there is a significant difference in velocity of movement among different size categories of shellfish, and that replicas and size categories have significant statistical influence on shellfish movement ($F=191,2584$, uz $p < 0,001$). Regressional analysis showed that smaller shellfish move more and faster than larger ones, and that shellfish move more at the beginning of the experiment. Multiple linear regression showed relationship between velocity of movement and time of experiment and shell size, and is expressed with the following equation.

Key words: Noah's Ark shell, *Arca noae*, movement, laboratory conditions, photodocumentation

1. UVOD

1.1. Opće značajke kunjke, *Arca noae* (Linnaeus, 1758)

Kunjka *Arca noae* (Linnaeus, 1758) školjkaš je iz porodice Arcidae, poznat još i pod nazivima mušula, školjak i Noina lađica. Izuzetno je varijabilan u obliku i boji. Ljušture su tamnosmeđe boje s crveno-smeđim cik-cak linijama (Poppe i Goto, 2000) (Slika 1).

Taksonomski status:

Koljeno: Mollusca

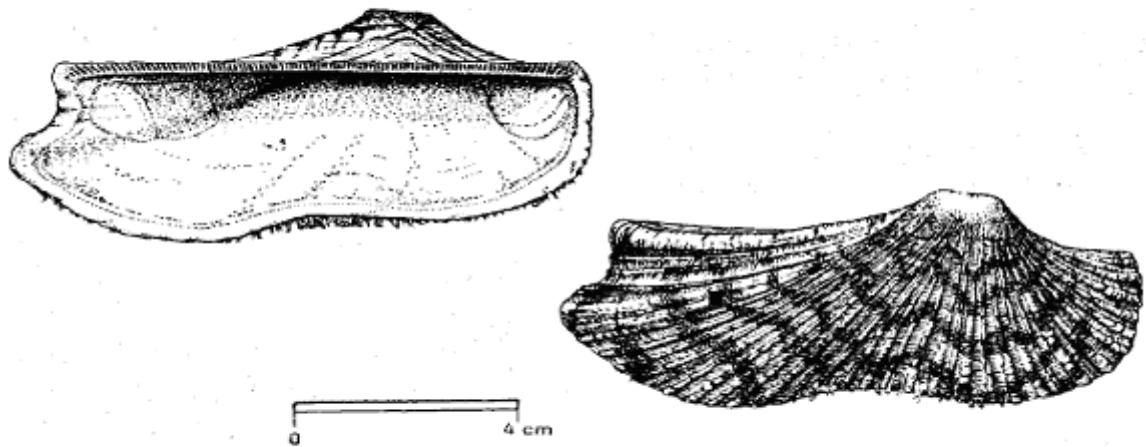
Razred: Bivalvia

Red: Arcoida

Porodica: Arcidae

Rod: *Arca*

Vrsta: *Arca noae*



Slika 1. Kunjka *Arca noae* (www.sealifebase.org).

Kunjka se komercijalno iskorištava u čitavom Sredozemlju, iako su količine relativno male zbog specifičnog načina prikupljanja. Povećani izlov i potražnja za raznim vrstama porodice Arcidae između 1991. i 2000. godine dogodio se na globalnoj razini. Zamijećen je porast ulova ovih školjkaša od 27%, i to najviše na Kubi, Venezueli, Koreji, Meksiku, Japanu, Indoneziji, Fidžiju, Filipinima i Kini. U zadnjih 10-ak godina predstavljaju važne vrste u ribarskoj industriji duž istočne obale SAD-a (McGraw i sur., 2001; Power i Walker, 2002) (Slika 2).



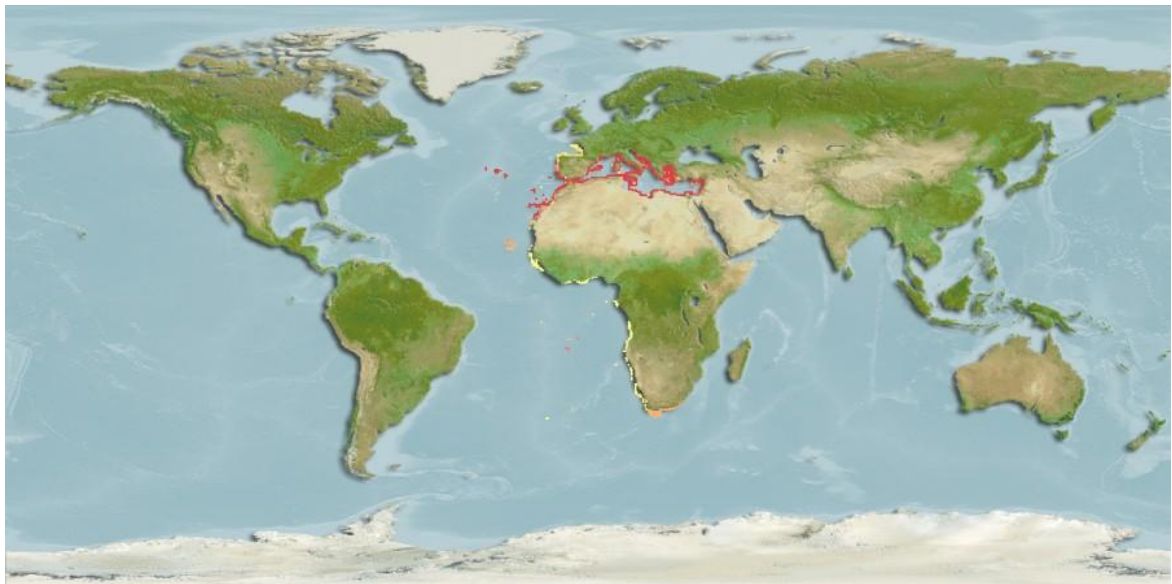
Slika 2. Prikaz ukupnog svjetskog ulova vrsta iz roda *Arca* u razdoblju od 1950. do 2008. godine (www.fao.org).

U Jadranu kunjke predstavljaju jednu od četiri najvažnije vrste školjkaša. Lovi se cijelu godinu, a najviše je izlovljavaju ronioci (Benović, 1997). Povećanje turističkih aktivnosti duž hrvatske obale je utjecalo na povećanje tržišta za morskom hranom te je to intenziviralo izlov prirodne populacije kunjki. Cijena na

lokalnom hrvatskom tržištu je 2005. godine dosegla oko 50 KN/kg, što je povećalo interes za procjenom akvakulturnog potencijala ove vrste (Peharda i sur.,2005).

Stanište i rasprostranjenost

Kunjka je vrsta školjkaša koji živi pričvršćen bisusnim nitima na tvrdim podlogama i šljunkovito-ljušturastim dnima i do dubine od preko 100 m. Rasprostranjen je u istočnom Atlantiku, Sredozemnom i Crnom moru te u zapadnom Indijskom oceanu (Poppe i Goto, 2000) (Slika 3).



Slika 3. Rasprostranjenost kunjke *Arca noae* (www.sealifebase.org)

Široko je rasprostranjen i čest u Jadranskom moru. Kao najvažniji lokaliteti rasprostranjenja kunjke u Jadranu izdvajaju se zapadna obala Istre, područje oko otoka Paga, Pašmanski kanal, Kaštelanski zaljev i Malostonski zaljev. U zaštićenim područjima (Malostonski zaljev i Mljetska jezera) prosječna gustoća naseljenosti ove vrste iznosi dvije-tri jedinke po četvornom metru, dok je u Pašmanskom kanalu, uslijed povećane eksploatacije izlovljavanjem, prosječna gustoća naseljenosti manja od jedne jed./m² (Hrs-Brenko i Legac, 1996; Peharda, 2000).

1.2. Osnovne biološke značajke razreda školjkaša i kunjke *A. noae*

Jedinke kunjke u prirodnim naseljima većinom dosežu do 70 mm dužine, ali ponekad najduža osovina može iznositi i 90 mm (Hrs-Brenko i Legac, 1996; Poppe i Goto, 2000). Istraživanjima jadranskih populacija nađeni su primjerci od 15 godina starosti, a utvrđeno je da komercijalnu veličinu od 50 mm kunjka dosegne za tri do sedam godina (Peharda i sur., 2002b, 2003).

Ljuštura je debela, poprečno napuhana. Prekrivena je fibrozim, lisnatim slojem (periostracum) koji stvara snažna radijalna rebra, a izgrađen je od konhiolina te sloja sastavljenog uglavnom od kalcijeva karbonata i tragova kalcijeva fosfata (Matoničkin, 1978). Ljuštura je prema anteriornom dijelu skraćena, a na posteriornom produžena, pa se umbo pojavljuje više prema anteriornom dijelu ljušture. Oblik ljušture je izrazito varijabilan, a najviše se odnosi na općeniti izgled kao i boju, tako da su opisane mnoge podvrste i oblici. Kako školjkaš raste ljuštura mijenja svoju konfiguraciju tijekom ontogeneze. Duplivinkularni ligament, tipičan za sve vrste kunjke, nalazi se posteriorno prema kljunu i pokazuje prirasne slojeve (Morton i Peharda, 2008).

Mišićje se sastoji od prednjeg i stražnjeg mišića zatvarača. Prednji mišić zatvarač je nešto manji od stražnjeg. Mišići stopala i bisusa nalaze se ispod brave i njihovi ožiljci su vidljivi jedino ako se ljuštura gleda s ventralne strane. Postoji par manjih prednjih mišića stopala kraj kojih se posteriorno nalazi par stražnjih mišića koji su tijekom ontogeneze migrirali u prednji dio brave. Najvažniji mišić kod kunjki je veliki parni bisalni mišić retraktor. Pretpostavlja se da se tijekom ontogeneze gubi prednji bisalni mišić, a migracijom na njegovo mjesto dolazi stražnji bisalni mišić. Zbog ove karakteristike kunjke imaju znatno bolju mogućnost pokretanja (Morton i Peharda, 2008).

Školjkaši razvijaju stopalo u ličinačkoj fazi kao trbušni izvrat. U njemu se između mišića nalaze mnogobrojne žlijezde koje izlučuju sluz. Nakon izlaska iz žlijezda sluz se u vodi skrutne u dugačka i žilava vlakna, tzv. bisus, pomoću kojih se školjkaš trajno ili privremeno učvrsti na mjestu. Stopalo kunjke je vrlo aktivno i kada se slobodne jedinke okrenu na leđa mogu se odmah vratiti i ponovno pričvrstiti u pravilnom smjeru. Njihov bisus brzo se odbacuje i u razmaku od jednog do dva dana ponovno izlučuje (Morton i Peharda, 2008).

Debljina ruba plašta je 500 μm i sastoji se od dva sloja. Na vanjskome se nalaze palijalne oči te također sadrži žlijezdano tkivo koje je odgovorno za izlučivanje periostrakuma. Kao i kod svih ostalih školjkaša, unutrašnji sloj je prekriven cilijama (Morton i Peharda, 2008).

U unutrašnjosti rub plašta sadrži palijalni živac, eozinofilične subepitelijalne žlijezdane stanice i palijalni mišić retraktor koji je podijeljen na dvije komponente koje služe pomicanju unutrašnjeg/srednjeg i vanjskog sloja plašta. Ove dvije komponente formiraju ožiljak palijalne linije na ljušturi. Palijalne oči kod kunjke *A. noae* prvi je uočio Hesse (Sullivan, 1961), koje se nalaze duž ruba plaštanih lukova ali su najbrojnije posteriorno. Činjenica je da su one fotosenzitivne zbog toga što se ljuštura zatvaraju čim sjena pređe preko plašta (Morton i Peharda, 2008).

Većina školjkaša ubraja se u skupine Filibranchia i Eulamellibranchia pa prema tome funkcionalno imaju filtrirajući način hranjenja (Matoničkin, 1978). Oni mišićnim gibanjem plašta uvlače vodu u plaštanu šupljinu, što je još jedna uloga plašta. Kod jedinki iz porodice Arcidae voda može ući u plaštenu šupljinu s anteriorne strane, ali što je važnije također i s posteriorne strane (Morton, 1996). Ovakav obrazac je pronađen kod vrsta *A. noae* i *A. tetragona* (Atkins, 1937a), a ova pojava je pojačana zbog anteriornog skraćanja i posteriornog izduženja ljuštura. Voda se uglavnom posteriorno pumpa u plaštenu šupljinu i prolazi kroz škrge koje također imaju funkciju razvrstavanja čestica hrane na svojoj površini.

Otpadne čestice se moraju izbaciti iz plaštene šupljine tako da se ulaznom vodom prenose u smjeru suprotnom od kazaljke sata i najzad upadnu u veliki otpadni trakt sa ventralne strane plaštenog ruba. Ovaj trakt nosi otpadni materijal posteroventralno na područje između rubova plašta i ljuštura gdje se izbacuje. Cilijarna strujanja upotpunjuju plaštenu i tako pomažu u uklanjanju otpadnog materijala iz plaštane šupljine (Atkins, 1937a; Morton i Peharda, 2008).

Škrge kod kunjke su listićave, homorabdične (jednostavne, glatke, sa samo jednom vrstom filamenta) i sastoje se od velikih unutrašnjih i vanjskih demibranchia (poluškrge ili škržnih listova). Obje škrge nalaze se malo iza posteriornog mišića aduktora i posteriornih rubova ljuštura kad su potpuno raširene (Morton i Peharda, 2008).

Škržna vlakanca ili listići općenito se kod školjkaša redovno izmjenjuju sa svake strane škržne osi. Kroz os uvijek prolaze dvije žile: leđna dovodna krvna žila, kojom teče deoksidirana krv u škrge, i trbušna odvodna krvna žila, koja odvodi oksidiranu krv prema srcu. Krv iz škrge ulazi u dvije pretkomore, a iz njih u jednu komoru. Stezanjem mišićne komore krv se potisne u tijelo kroz sustav arterija koje je dovode u spužvasti sustav zatona i šupljih prostora tzv. hemocel, koji okružuje utrobu i mišiće. Krv školjkaša ima važnu ulogu u ispružanju stopala. Za vrijeme aktivnog kretanja tkivo stopala se napuni krvlju stvarajući napetost koja je važna pri kretanju. Veliki stopalni zaton povezan je s trbušnim zatonom neposredno iznad njega. Na otvorima između ta dva zatona nalaze se Keberovi zalisci. Oni su zatvoreni za vrijeme kretanja zadržavajući krv u stopalu (Matoničkin, 1978).

Hranidbene tvari koje iz usta kroz kratki jednjak dođu u želudac podvrgnute su daljim promjenama. Želudac se sastoji od prostrane želučane vrećice i cjevastog želučanog nastavka čija je šupljina podijeljena parnim naborima stijenki u dva kata. Donji kat izgrađuje prolaz prema crijevu, a gornji je bogat žlijezdama i povremeno stvara enzimatski prutić (kristalni prutić), koji trepetljike okreću oko glavne osi. Kristalni prutić svojim okretanjem pomaže u miješanju sadržaja želuca, a istodobno namotava oko vrha hranidbenu sluzavu traku koja prodire iz jednjaka. Za vrijeme okretanja on također potiskuje čestice hrane, dijelom prema želučanom štitu, a djelomično prema području za razvrstavanje hrane na desnoj strani želuca. Veće čestice koje se ne mogu probaviti, trepetljike na rebrima potiskuju prema natkritoj odvodnoj cijevi kojom odlaze u crijevo. Sitne čestice, a i one koje su već djelomično razgrađene pomoću enzima, odlaze u leđno područje za razvrstavanje hrane. Odavde dođu u cjevčice lijeve ili desne žlijezde srednjeg crijeva gdje se vrši intracelularna probava (Matoničkin, 1978).

Mnoge studije o školjkašima pokazale su da spolna zrelost nastupa pri malim veličinama u ranijim fazama (Gribben i Creese, 2003), što je opaženo i kod vrsta iz porodice Arcidae. Rast i stopa mortaliteta kunjki ne ovisi o spolu (Power i Walker, 2002; Walker i Power, 2004). Većina jedinki postaju spolno zreli mužjaci tijekom prve godine života, dok se broj ženki povećava poslije druge godine (Peharda i sur., 2002, 2003).

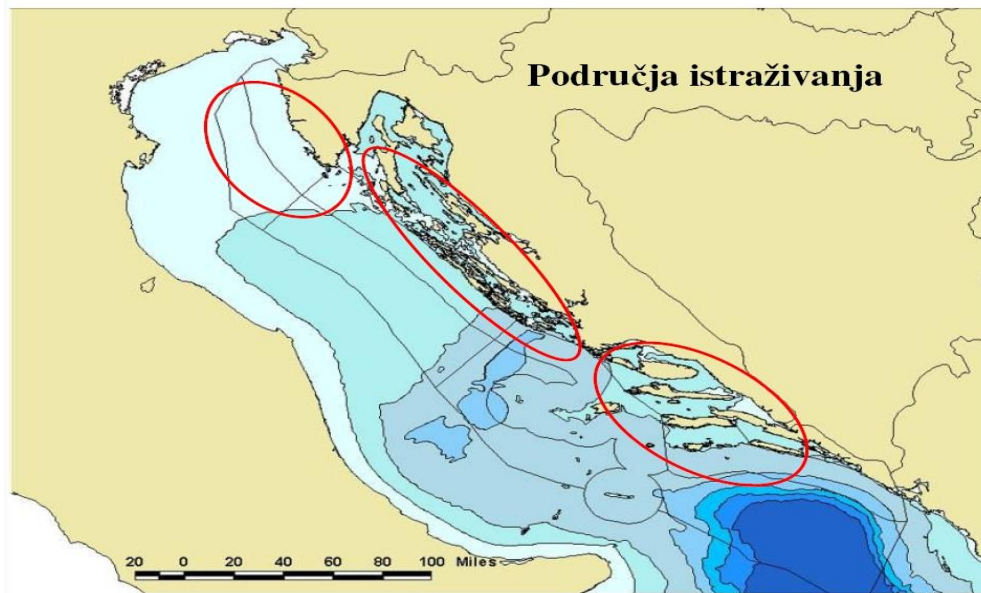
Spolovi kod kunjke su uglavnom odvojeni, iako su primjeri hermafroditizma zabilježeni u studijama Valli i Parovel (1981). Utvrđene su također i hermafroditske jedinke (2,2% populacije) (Peharda i sur., 2006). Morton i Peharda (2008) ustanovili su da mušjaci dominiraju malim veličinskim kategorijama dok ženke postaju dominantnije s povećanjem veličine što ukazuje da vjerojatno neke jedinke prolaze kroz protoandrični razvoj.

U jugoistočnom Jadranu indeks kondicije kunjke najveći je od travnja do lipnja (Peharda i sur., 2003). Rane studije Graeffe (1903) i Vatova (1928, 1949) pokazale su da se mrješćenje događa u svibnju i lipnju u Jadranu. Zadnja istraživanja spolnog ciklusa pokazala su da se kunjka u Malostonskom zaljevu mrijesti u srpnju i kolovozu (Peharda i sur., 2006).

1.3. Dosadašnja istraživanja kunjke i pokretljivosti nekih drugih vrsta školjkaša

Dosadašnja istraživanja jadranskih vrsta kunjke obuhvatila su područja označena na slici 4. Hrs-Brenko (1980) istraživala je uvjete preživljavanja populacija kunjke u sjevernom Jadranu. Peharda i sur., 2009. istraživali su rasprostranjenost i strukturu populacije kunjki u Pašmanskome kanalu. Dinamiku populacije u Malostonskom zaljevu istraživali su Peharda i sur., 2003. Ostala istraživanja u Jadranu obuhvatila su rast, razvoj i reprodukciju ove vrste školjkaša (Peharda i sur., 2002; Peharda i sur., 2006).

Američki znanstvenik Heath 1941. objavio je rad o anatomiji školjkaša iz porodice Arcidae, a istraživala se i smanjena predacija na kunjke dok su u simbiozi sa spužvom *Crambe crambe* (Marin i López Belluga, 2005).



Slika 4. Istraživana područja kunjke *Arca noae* u Jadranskom moru (Marasović i sur., 2008).

Iako su većinom sesilni organizmi poznato je da se u određenim situacijama školjkaši mogu ograničeno pokretati u životnom prostoru. Neke vrste koje su pričvršćene za podlogu jakim bisusnim nitima odbacuju svoj bisus i pokreću se izbacivanjem mišičavog stopala van ljuštura povlačeći pri tom tijelo za njim. Druge, lakših ljuštura, poput vrsta rodova *Chlamys*, *Lima* i *Pecten* izbacuju vodu iz intervalvarnog prostora kratkim i brzim zatvaranjem ljuštura i tako se u "skokovima" kratko pokreću.

Rezultati istraživanja Morton i Peharda, 2008. pokazuju da se mlađ i odrasle nepričvršćene jedinke mogu pomicati do čak 20 cm prije nego se ponovno pričvrste bisusnim nitima nakon jednog do dva dana. Nije jasno da li je agregacija jedinki primjećena na terenu rezultat skupljanja odraslih ili simultanog naseljavanja ličinki (Peharda, 2000, 2003). Pretpostavlja se da agregacija jedinki koju pokazuje kunjka u prirodnom okolišu pomaže u zaštiti od predacije.

Huang i sur., 2006., objavili su rad o pokretanju vrste *Tridacna squamosa*. Jedinke veličina od 10 do 313 mm smještene su u tankove i držane u laboratorijskim uvjetima. Pokretanje je zabilježeno i nakon pričvršćivanja za podlogu, a postojala je i velika razlika u tipovima kretanja (okretanje, prebacivanje, nema kretanja) kao i u postocima pričvršćivanja.

Jennings i Hunt, 2009. radili su na udaljenosti raspršenja mlađi školjkaša *Mya arenaria*, *Mercenaria mercenaria* i *Gemma gemma*. Udaljenost raspršenja ovisila je o veličini i vrsti jedinke te o brzini protoka vode. Kako se i pretpostavilo manje jedinke su se više raspršile nego veće.

Ansell, 1967. je objavio rad o skakanju i drugim oblicima pokretanja kod tri vrste srčanki *Cardium echinatum*, *Laevicardium crassum* i *Cardium edule*, a Amyot i Downing, 1997. su opisali sezonske varijacije u vertikalnom i horizontalnom pokretanju kod slatkovodnog školjkaša *Elliptio complanata*

1.4. Svrha i cilj rada

Cilj ovog rada bio je:

1. upotpuniti informacije i znanje o etologiji i obrascima ponašanja (pokretanja) kunjke u kontroliranim laboratorijskim uvjetima.
2. brojčano i trendom opisati razlike u brzini pokretanja različitih veličinskih kategorija kunjke.

2. MATERIJALI I METODE

2.1 Mjesto uzorkovanja

Jedinke na kojima je obavljen pokus prikupljene su tijekom svibnja 2005. na području Malostonskog zaljeva u uvali Bjejevica ($17^{\circ} 39'36.59''$ E i $42^{\circ} 52'09.34''$ N)) na dubini od 3,5-7,5m, na kamenito-pjeskovitoj podlozi (Slika 5).



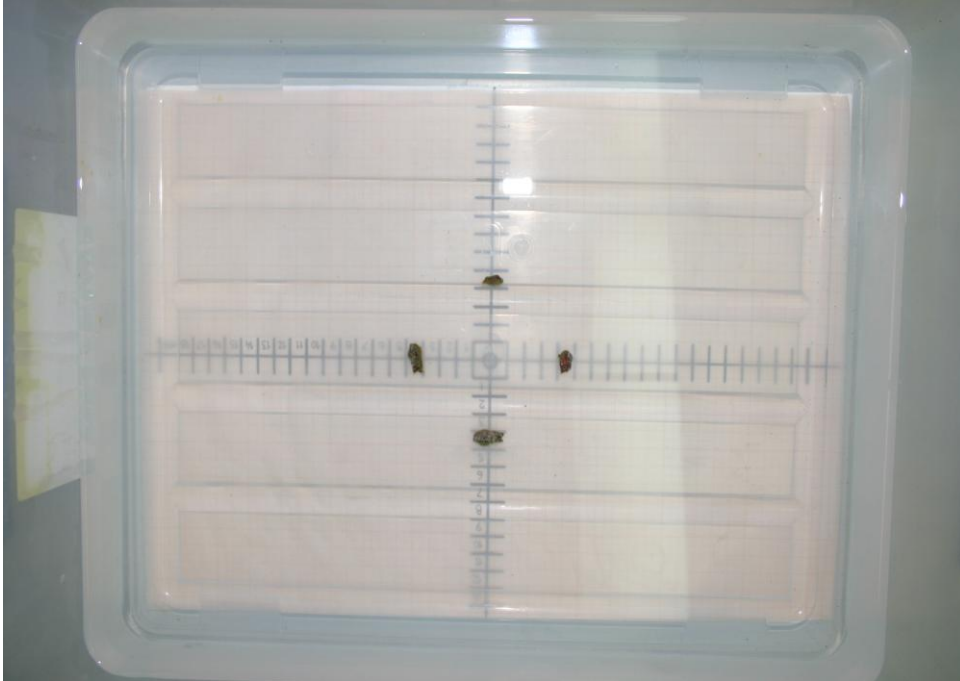
Slika 5. Postaja uvala Bjejevica (www.earth.google.com)

2.2. Opis pokusa

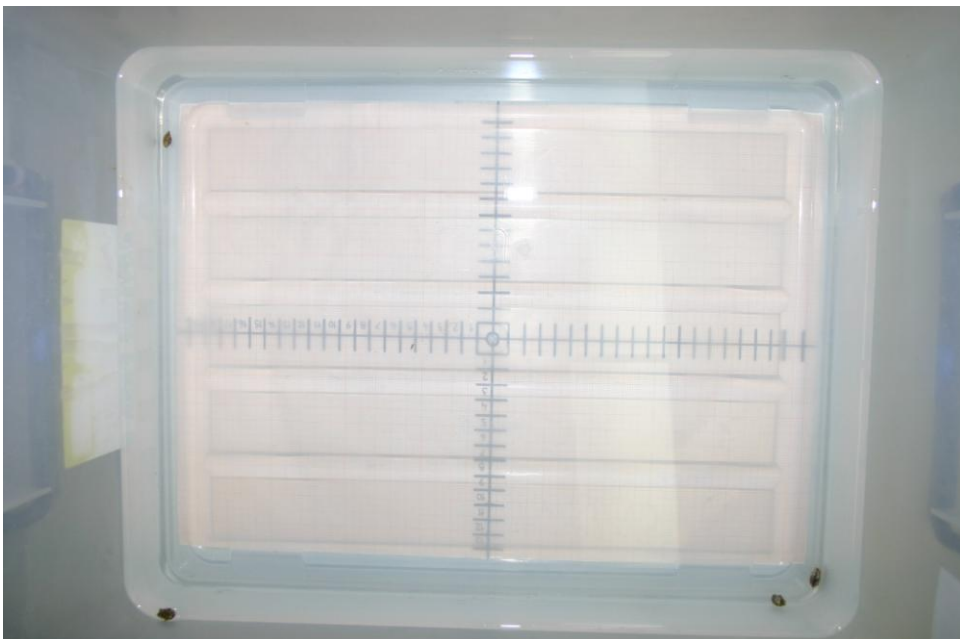
Školjkaši su doneseni u akvarij Instituta za more i priobalje Sveučilišta u Dubrovniku, zajedno s kamenjem na kojemu su bile pričvršćene i stavljene u tank sa morskom vodom zapremine $1,2 \text{ m}^3$ na aklimaciju. Aklimacija ili prilagodba je razdoblje potrebno da se donešene životinje prilagode na moguće promijenjene uvjete slanosti i temperature morske vode. Nakon pet dana aklimacije, kunjke su skinute s podloge i stavljene u zasebni spremnik iz kojeg su po potrebi uzimane i uključivane u pokus. Bisus nije odvojen od školjkaša.

Školjkaši su podijeljeni u četiri veličinske kategorije: dužine ljuštura $< 20\text{mm}$; dužine ljuštura $20\text{-}40 \text{ mm}$; dužine ljuštura $40\text{-}60 \text{ mm}$; dužine ljuštura $> 60 \text{ mm}$. Po četiri školjkaša stavljena su u prozirnu plastičnu posudu zapremine 48 litara. Ispod

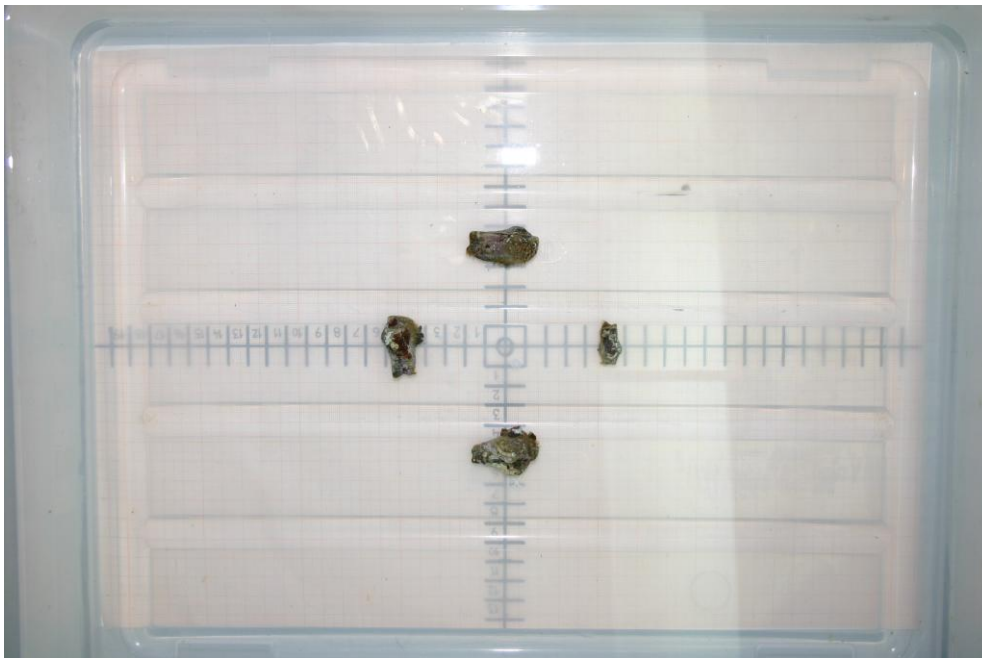
posude je postavljen milimetarski papir radi kasnije kalibracije mjerenja (Slike 6-9). Pokus je proveden u uvjetima normalne koncentracije kisika, uz zasićenost morske vode kisikom od 75-100%.



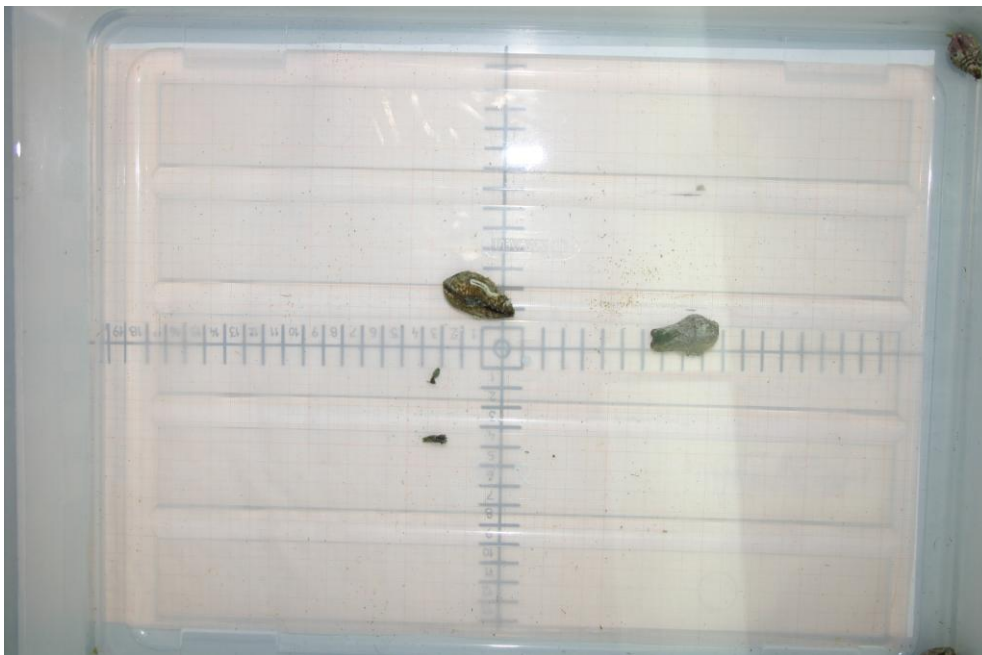
Slika 6. Početni položaj kunjke *A. noae* veličinske kategorije < 20mm.



Slika 7. Završni položaj kunjke *A. noae* veličinske kategorije < 20mm.



Slika 8. Početni položaj kunjke *A. noae* veličinske kategorije 20-40mm.



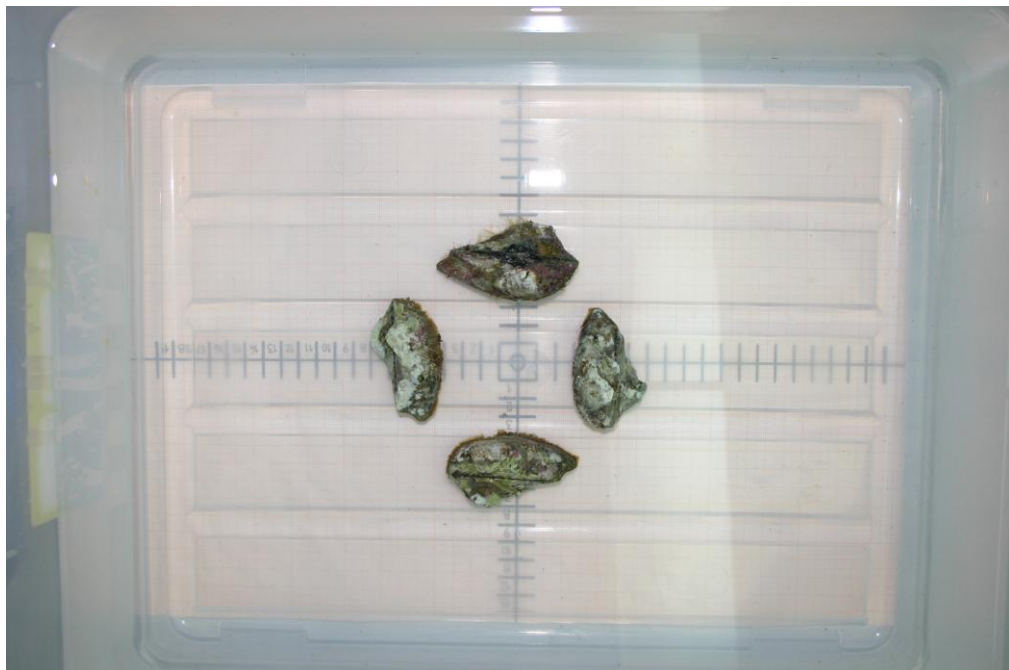
Slika 9. Završni položaj kunjke *A. noae* veličinske kategorije 20-40mm.



Slika 10. Početni položaj kunjke *A. noae* veličinske kategorije 40-60mm.



Slika 11. Završni položaj kunjke *A. noae* veličinske kategorije 40-60mm.



Slika 12. Početni položaj kunjke *A. noae* veličinske kategorije >60mm.



Slika 13. Završni položaj kunjke *A. noae* veličinske kategorije >60mm.

Praćenje pokretanja obavljeno je fotodokumentacijom. Fotoaparat (Canon D 300), povezan s računalom preko Canon remote capture programa postavljen je na postolje 25 cm iznad površine vode. Svakih 5 minuta snimana je jedna fotografija, kroz razdoblje od 48 sati. Ukupno su po svakom turnusu snimljene 572 fotografije. Pokus je ponavljan u četiri replike za svaku veličinsku kategoriju školjkaša.

2.3. Tehnika obrade fotografija

Nakon snimanja fotografije su obrađene koristeći ImageJ program za obradu slike, uz stack multi tracker aplikaciju. Program je odredio poziciju svakog školjkaša kao centroid elipse polja kontrasta i pratio je kroz niz fotografija. Pomak školjkaša izražen je kao pozicija tracker-a u 2D koordinatnom sustavu (X i Y vrijednost).

Podaci o koordinatama su prebačeni u Excel za Windows program. Brojčani podaci iz ImageJ programa dati su kao pixeli. Pretvaranje u milimetre učinjeno je kalibracijom preko milimetarskog papira te je dobiveno da je jedan milimetar jednak 3,675 pixela. Vrijednosti prijeđenog puta izražene su u milimetrima po vremenskoj osnovi (jedan sat). Podaci o prijeđenom putu i ukupnoj dužini pokretanja kroz 48 sati za svakog školjkaša obrađeni su dalje u programu Statistica za Windows v 7.1 programu.

Statistička raščlamba brojčanih vrijednosti urađena je koristeći K-S normality test za određivanje podataka unutar skupine (vrijednosti pozicije za svakog školjkaša kroz 48 sati). Dalje je korištena Nested ANOVA analiza varijance u dvije razine: utjecaj svakog pojedinačnog školjkaša unutar četveročlane skupine te utjecaj svake replike unutar četiri veličinske kategorije na strukturu podataka o pokretanju. Zatim su podaci obrađeni koristeći ponovljeno mjerenje ANOVA. Multipla regresijska analiza korištena je da bi se pokazao trend promjene brzine pokretanja kunjki u ovisnosti o veličini i vremenu u pokusu. Grafički prikaz podataka dan je uz svaku statističku metodu obrade podataka.

3. REZULTATI

Ukupno su obrađene 64 jedinke kunjke na temelju 9216 fotografija. Tijekom mjerenja kroz četiri replike najviše su se pokretali najmanji školjkaši (Tablica 1), s najvećom brzinom pokretanja unutar prve replike (3740 ± 2762 mm $48h^{-1}$). Najmanje pokretanje zabilježeno unutar druge replike veličinske kategorije 40-60 mm sa samo 59 ± 17 mm $48h^{-1}$. Najveće pokretanje izraženo u mm sat^{-1} zabilježeno je kod najmanje veličinske kategorije za prvu repliku ($77,91 \pm 57,54$ mm sat^{-1}), dok su se najmanje pokretale kunjke iz veličinske kategorije 40-60mm, druga replika ($1,22 \pm 0,35$ mm sat^{-1}).

Tablica 1. Ukupne i po satu vrijednosti pokretanja kunjke *A. noae* u mm sa srednjim odstupanjem.

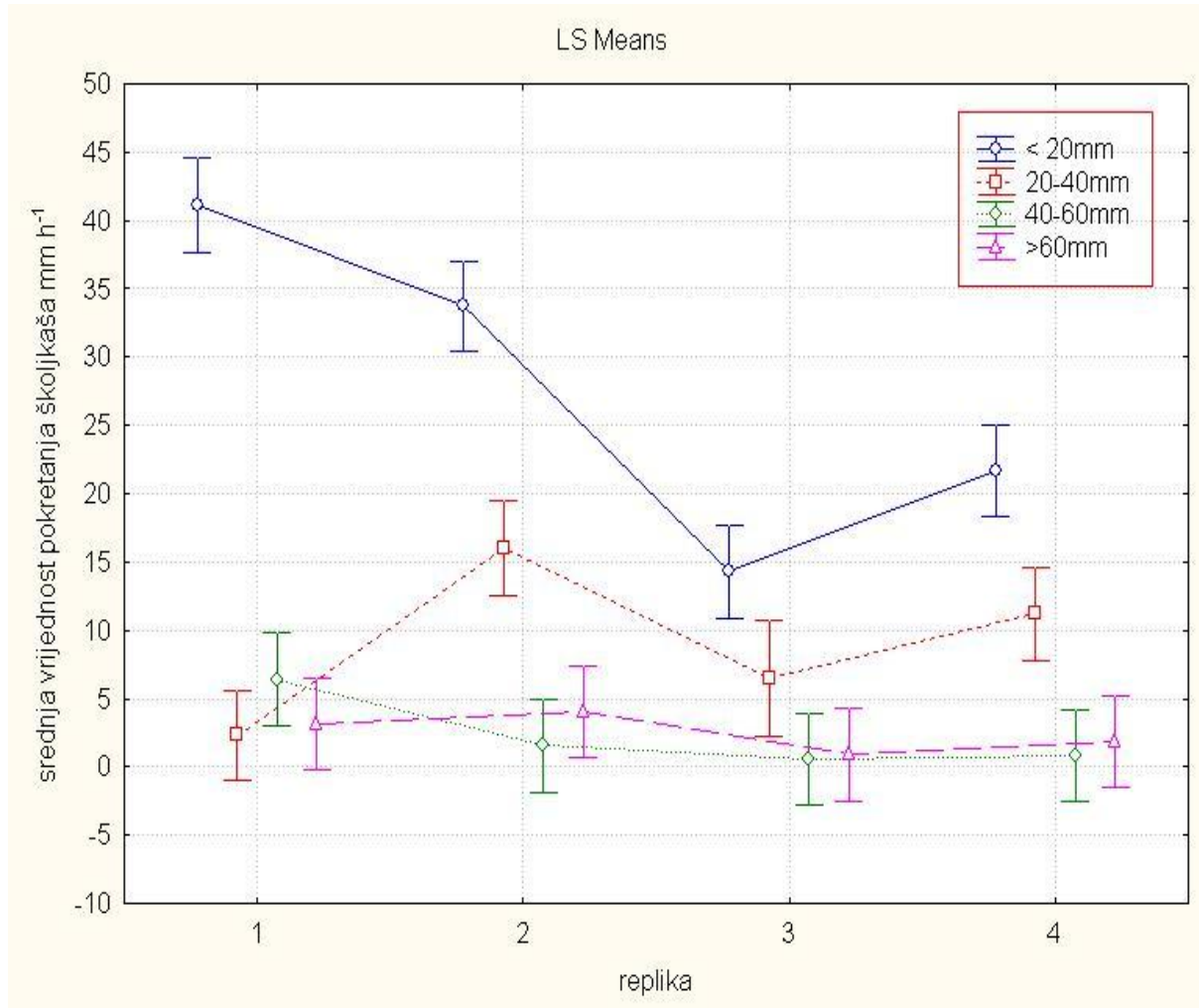
| Replika/ Vel. kategorija | <20mm | 20-40 mm | 40-60 mm | >60 mm |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| R1 – ukupno mm | 3740 ± 2762 | 225 ± 210 | 596 ± 868 | 296 ± 18 |
| R1 – mm sat^{-1} | $77,91 \pm 57,54$ | $4,68 \pm 4,37$ | $12,41 \pm 18,08$ | $6,16 \pm 0,37$ |
| R2 – ukupno mm | 3270 ± 2068 | 1423 ± 513 | 145 ± 91 | 394 ± 445 |
| R2 - mm sat^{-1} | $68,12 \pm 43,08$ | $29,64 \pm 10,68$ | $3,02 \pm 1,89$ | $8,20 \pm 9,27$ |
| R3 – ukupno mm | 1342 ± 1072 | 389 ± 504 | 59 ± 17 | 82 ± 19 |
| R3 - mm sat^{-1} | $27,95 \pm 22,33$ | $8,10 \pm 10,5$ | $1,22 \pm 0,35$ | $1,70 \pm 0,39$ |
| R4 – ukupno mm | 2058 ± 1038 | 1044 ± 1091 | 78 ± 14 | 182 ± 140 |
| R4 – mm sat^{-1} | $42,87 \pm 21,62$ | $21,75 \pm 22,72$ | $1,62 \pm 0,29$ | $3,79 \pm 2,91$ |

Analiza varijance provedena je u dvije razine: varijabilnost između pojedinih školjkaša unutar svake replike, te varijabilnost pojedinih replika unutar svake veličinske kategorije školjkaša. Vrijednosti F-testa pokazuju statistički značajan utjecaj replike na brzinu pokretanja školjkaša, ali je također, u usporedbi s utjecajem veličinske kategorije na brzinu pokretanja on relativno mali, i nalazi se u granicama značajnosti (Tablica 2.) ANOVA je pokazala s $F=191,2584$, $p < 0,001$ statistički značajan utjecaj veličinske kategorije školjkaša na brzinu njihova pokretanja.

Tablica 2. Rezultati nested ANOVA analize pokretanja kunjke *A. noae* provedene u 2 razine: razina replika i razina veličinske kategorije. Prag značajnosti za vrijednost $F=9,5884$, pouzdanost testa= 95%.

| | SS | Stupnjevi slobode | MS | F | p |
|---------------------------------|---------|-------------------|----------|----------|----------|
| Intercept | 629217 | 1 | 629217,1 | 557,9619 | 0,000000 |
| Jedinka (replika) | 8236 | 3 | 2745,5 | 2,4346 | 0,062932 |
| Replika (veličinska kategorija) | 143584 | 9 | 15953,8 | 14,1471 | 0,000000 |
| Veličinska kategorija | 647050 | 3 | 215683,4 | 191,2584 | 0,000000 |
| Pogreška | 6635424 | 5884 | 1127,7 | | |

Grafički prikaz odnosa brzine pokretanja školjkaša po veličinskim kategorijama (Least square means) dat je slikom 14. Iz grafa je vidljivo da postoji značajna razlika u brzini pokretanja između najmanjih školjkaša (<20 mm) i onih većih, dok je razlika u pokretanju velikih školjkaša (40-60 mm i > 60 mm) relativno mala. Također iz grafa na slici 14. vidljivo je da postoji značajna razlika između replika za najmanju veličinsku kategoriju (< 20 mm), dok su razlike između replika za veće školjkaše relativno male.



Slika 14. LS means graf vrijednosti brzine pokretanja kunjke *A. noae* kroz četiri replike i četiri veličinske kategorije (naznačeno u grafu).

Statistička raščlamba multiplom regresijom je pokazala da se razmjerno više i brže pokreću manji školjkaši od većih, tako da linearni model negativni predznak.

Također, zavisnost brzine pokretanja školjkaša dana je i za vrijeme provedeno u pokusu. Zavisnost je također negativna, iz čega je vidljivo da se brže i učestalije školjkaši pokreću u prvom dijelu pokusa, točnije u razdoblju između 10-og i 30-og sata. Multipla regresijska jednadžba koja opisuje ovu zavisnost data je kao:

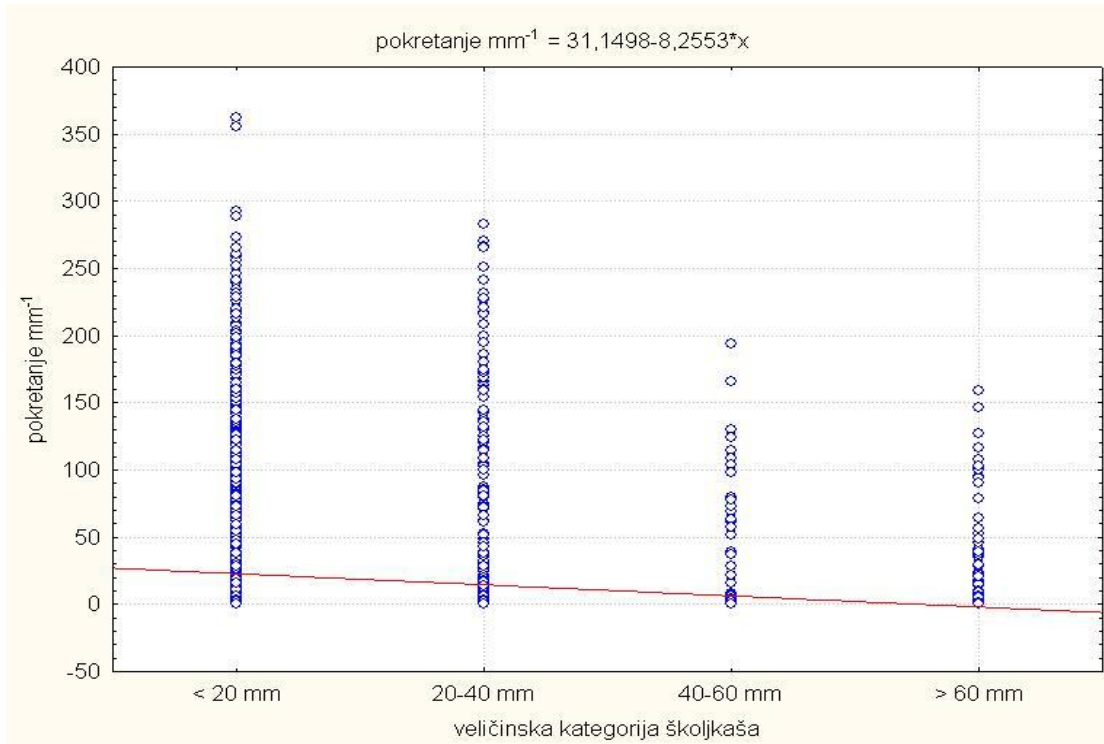
$$\text{Pokretanje mm}^{-1} = (39,96818) - (8,16379 * SL) - (-0,38423 * t)$$

Parametri regresijske raščlambe dati su u tablici 3.

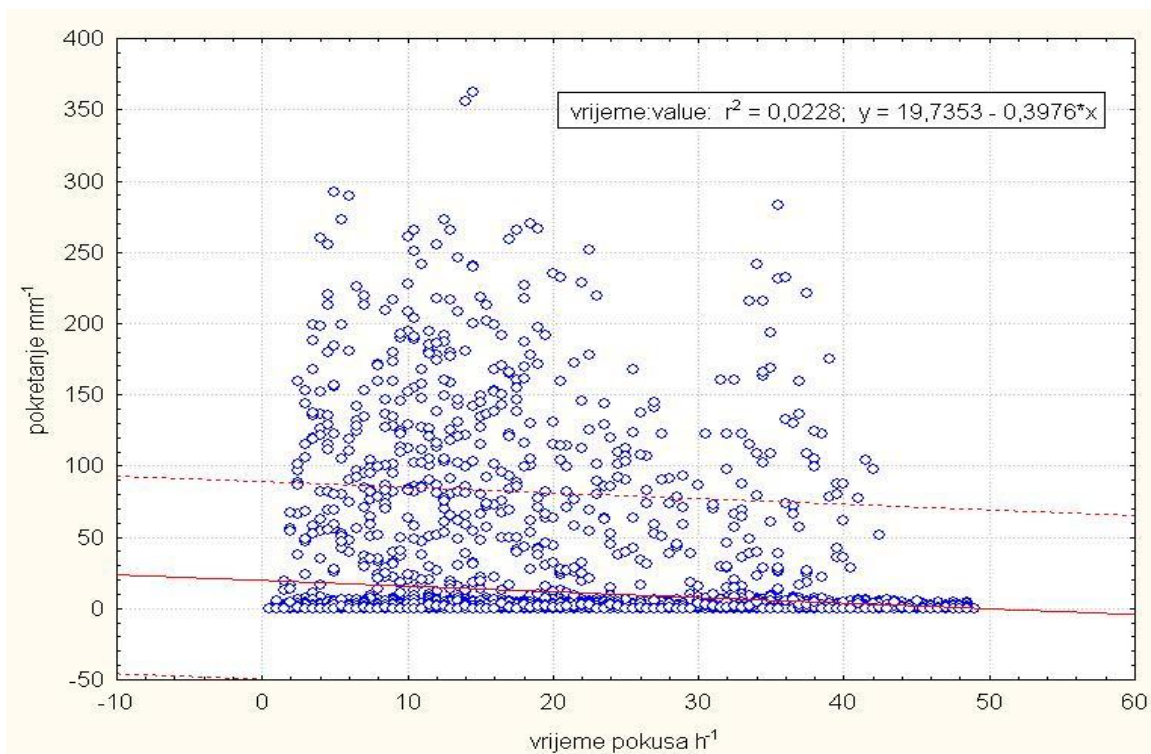
Tablica 3. Rezultati multiple regresijske raščlambe utjecaja veličine školjkaša i vremena provedenog u pokusu na pokretanje kunjke *A. noae*. B - nestandardizirani regresijski koeficijent; β – standardizirani regresijski koeficijent; t: t-statistika, odnos regresijskog koeficijenta i njegove pogreške; p: <0,001, pouzdanost testa.

| | B | B error | t | p | β | β error |
|-----------|----------|----------|----------|------|------------|---------------|
| intercept | 39,96818 | 1,322175 | 30,2291 | 0,00 | | |
| vrijeme | -0,38423 | 0,032714 | -11,7449 | 0,00 | - 0,145877 | 0,012420 |
| vel. kat. | -8,16379 | 0,394615 | -20,6880 | 0,00 | -0,256955 | 0,012420 |

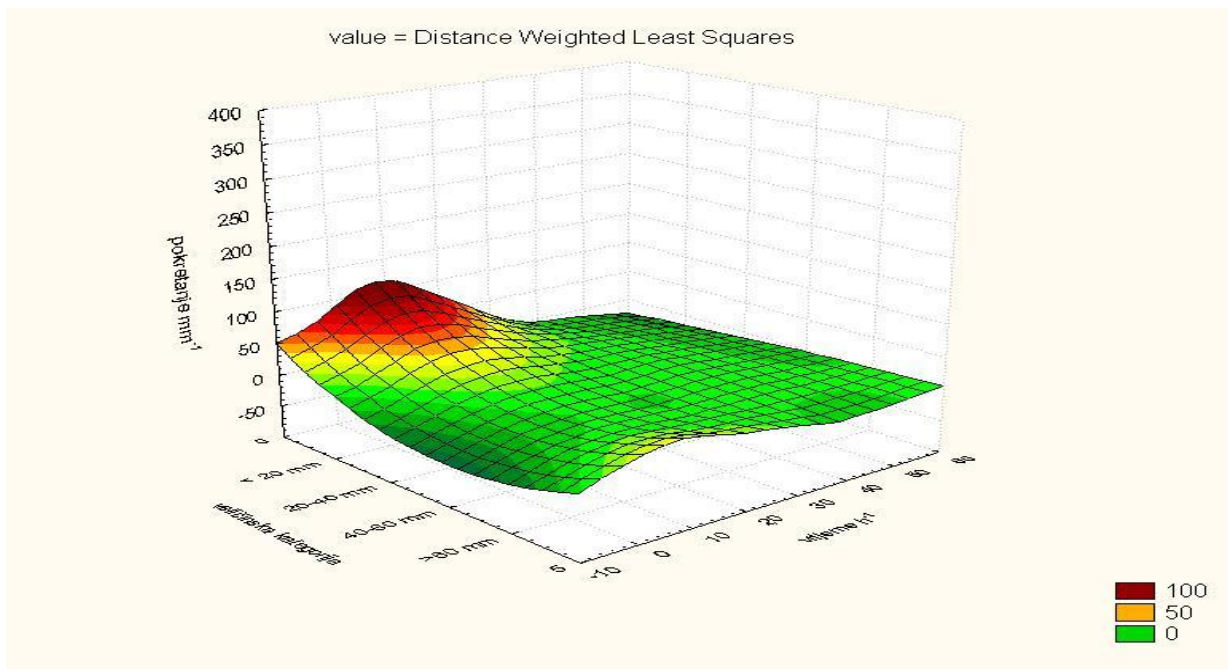
Regresijska fit-linija pokazala je negativnu ovisnost brzine pokretanja o veličini školjkaša i o vremenu trajanja pokusa. Trend s 95% pouzdanosti prikazan je na slici 15, koja opisuje ovisnost brzine pokretanja o veličinskoj kategoriji školjkaša, iz čega je vidljivo da se statistički brže i više kreću manji školjkaši od većih. Slika 16 prikazuje trend ovisnosti brzine pokretanja školjkaša o vremenu provedenom u pokusu, iz čega se vidi da je brzina pokretanja statistički veća u prvom dijelu pokusa, i da postupno opada prema kraju pokusa. Slika 17 prikazuje multiplu ovisnost brzine pokretanja školjkaša o veličini i vremenu provedenom u pokusu. Iz slike je vidljivo da postoji vršak u brzini pokretanja oko 10-tog sata provedenog u pokusu. Statistička raščlamba je pokazala da se razmjerno više i brže pokreću manji školjkaši od većih.



Slika 15. Scatterplot ovisnosti brzine pokretanja o veličini kunjke *A. noae* ($p < 0,05$).



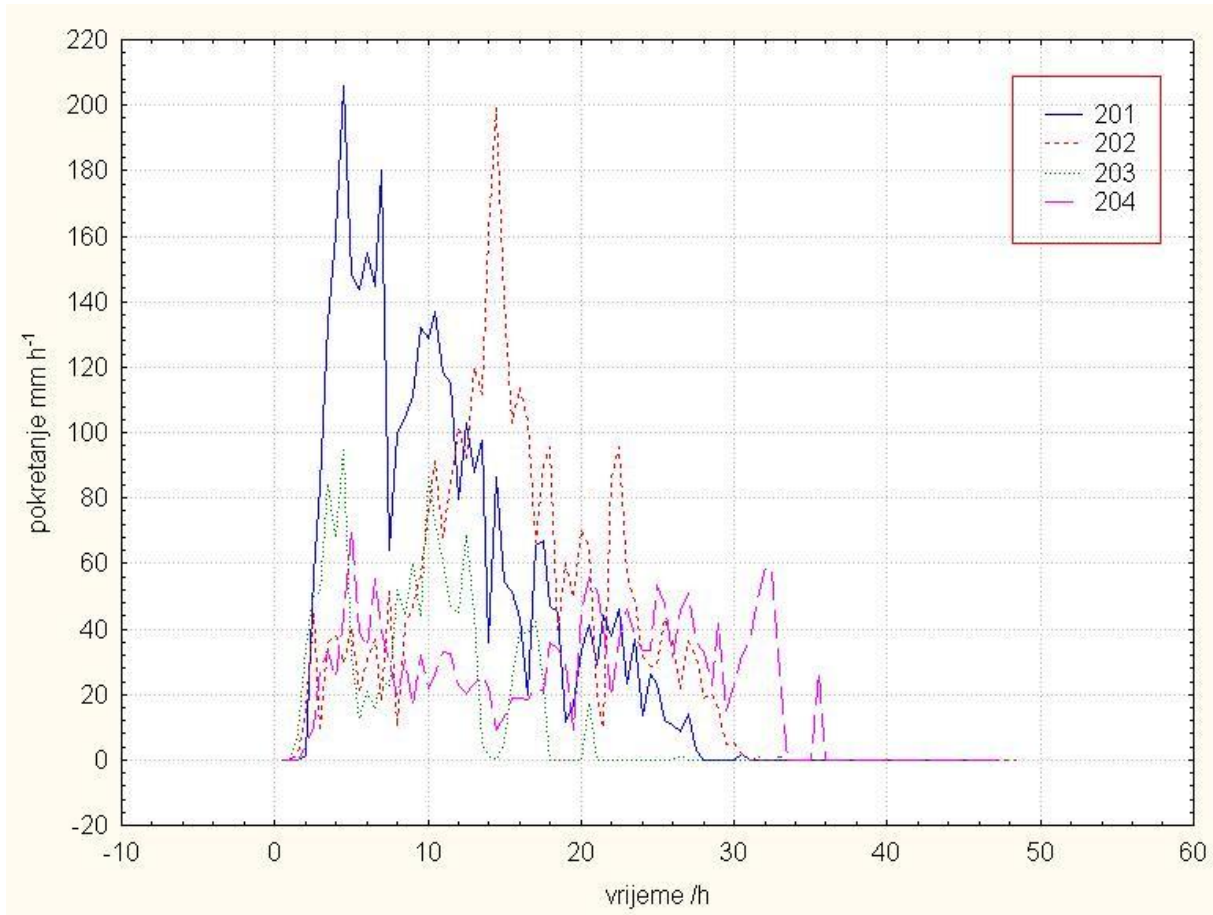
Slika 16. Scatterplot ovisnosti brzine pokretanja kunjke *A. noae* o vremenu provedenom u pokusu ($p < 0,05$).



Slika 17. Površinski prikaz multiple ovisnosti brzine pokretanja kunjke *A. noae* o veličini ljuštura i vremenu provedenom u pokusu.

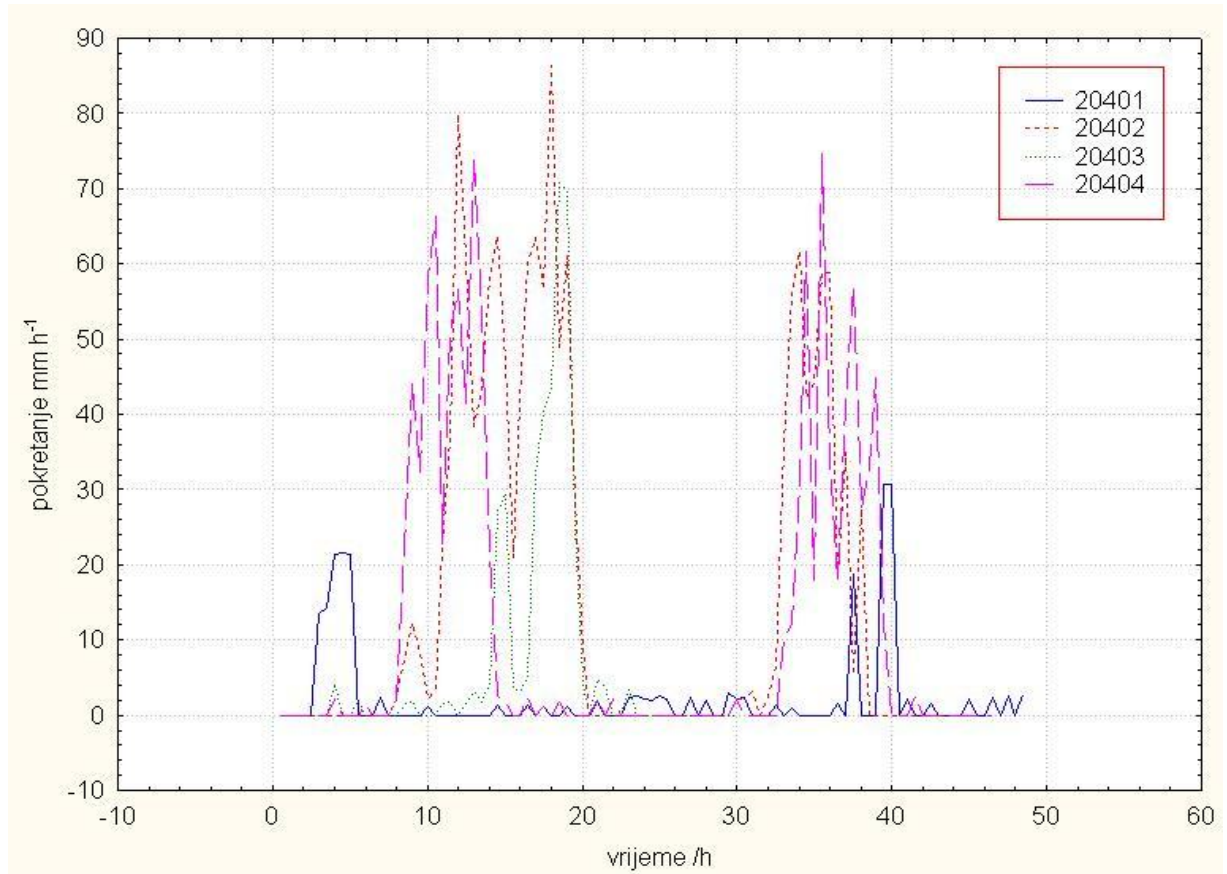
Pokretanje školjkaša kroz razdoblje od 48 sati ima svoju strukturu koja se može podijeliti na prvi dio, kada se školjkaši, postavljeni u središte bazena ne pokreću. Zatim slijedi radoblje orijentacije, kada se školjkaši uglavnom rotiraju, a nakon toga se postupno počinju pokretati. Pokretanje uglavnom završi smještanjem životinje u kut posude, kada se i prestanu pokretati do kraja mjerenja. Slike 18-21 pokazuju strukturu pokretanja školjkaša prema veličinskim kategorijama.

Školjkaši unutar prve replike veličinske kategorije < 20 mm pokazali su najvišu razinu pokretanja i to u prvih 20 sati sa pikom od 210 mm h⁻¹. Druga replika veličinske kategorije < 20 mm također ima znatno pokretanje od 10 do 25-tog sata sa pikom od 200 mm h⁻¹, dok preostale dvije replike u ovoj veličinskoj kategoriji pokazuju jednolično pokretanje (Slika 18).



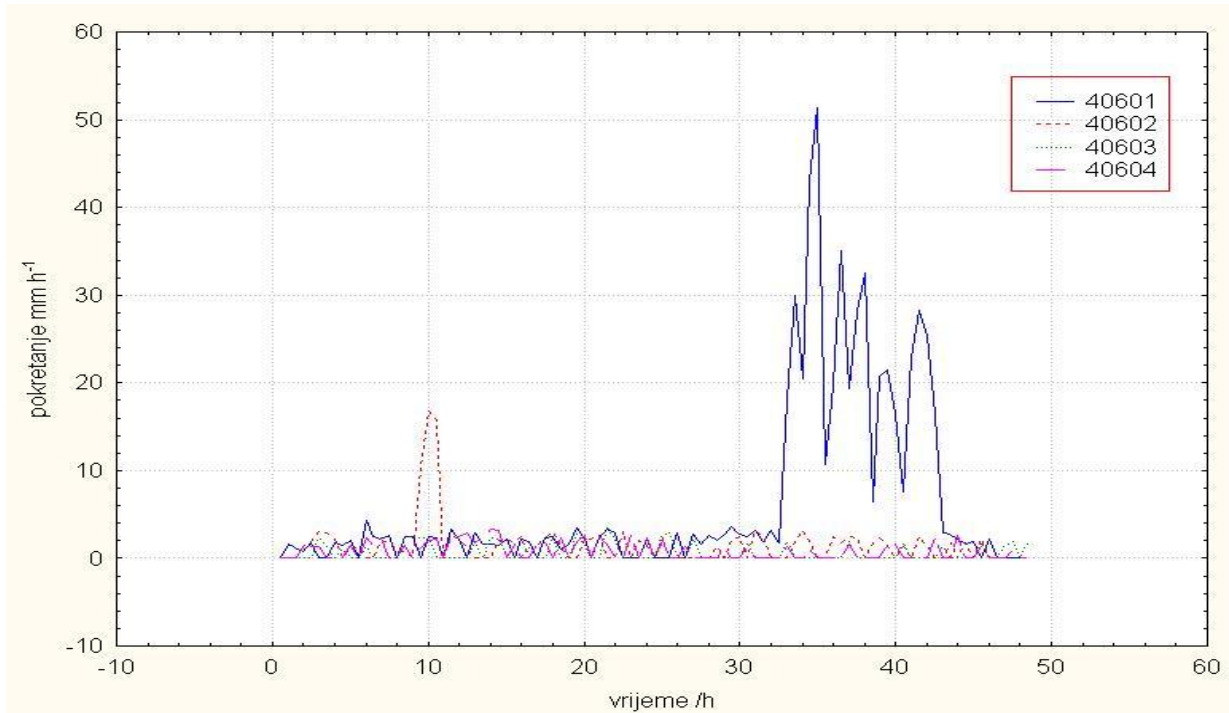
Slika 18. Struktura pokretanja kunjke *A. noae* unutar veličinske kategorije < 20mm.

Sve replike unutar ove veličinske kategorije pokazale su znatno pokretanje osim replike 20401 koja ima samo dva pika, prvi na početku, 2-6-tog sata sa 20 mm h^{-1} i drugi 40-tog sata sa 30 mm h^{-1} (Slika 19). Struktura pokretanja je bimodalna, što znači da postoje i dva razdoblja intenzivnog pokretanja sa dva vrhunca, jedno oko 10-20. sata kroz pokus, a drugo od 32-40 sata kroz pokus.



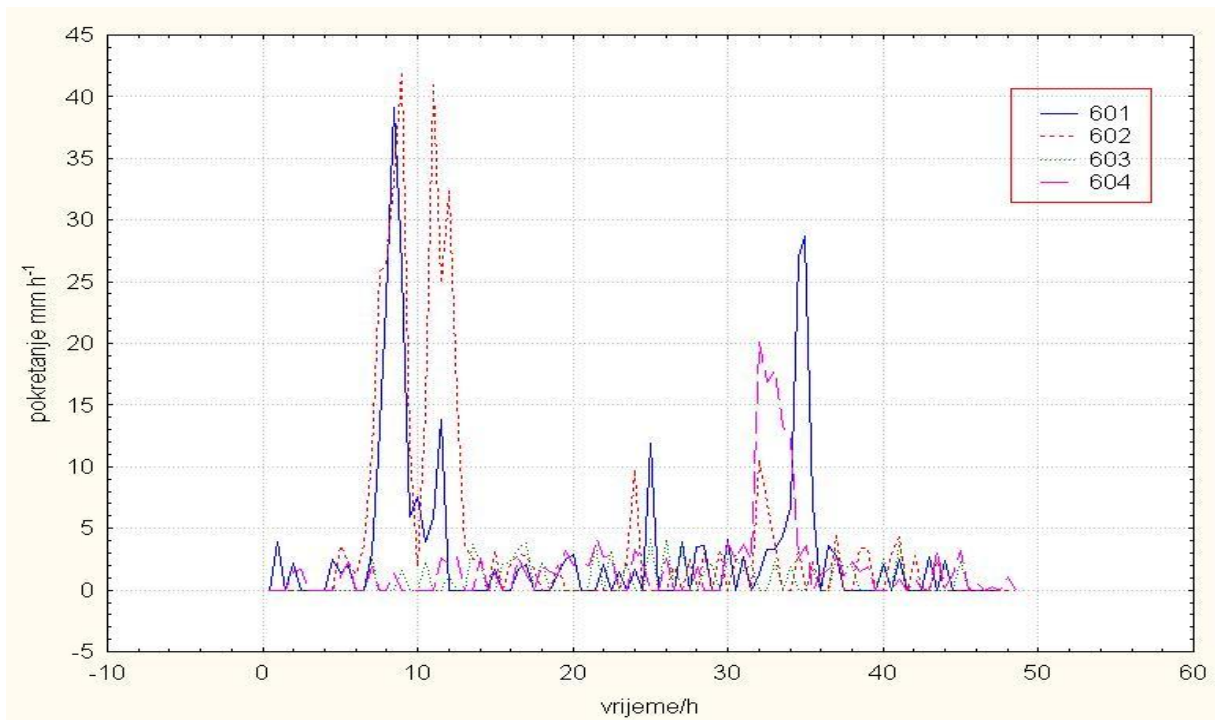
Slika 19. Struktura pokretanja kunjke *A. noae* unutar veličinske kategorije 20-40mm.

Slika 20. pokazuje neznatno pokretanje kod tri replike unutar ove veličinske kategorije s iznimkom kod replike 40601 koja je pokazala značajno pokretanje u zadnjih 16 sati trajanja pokusa s pikom od 52 mm h^{-1} .



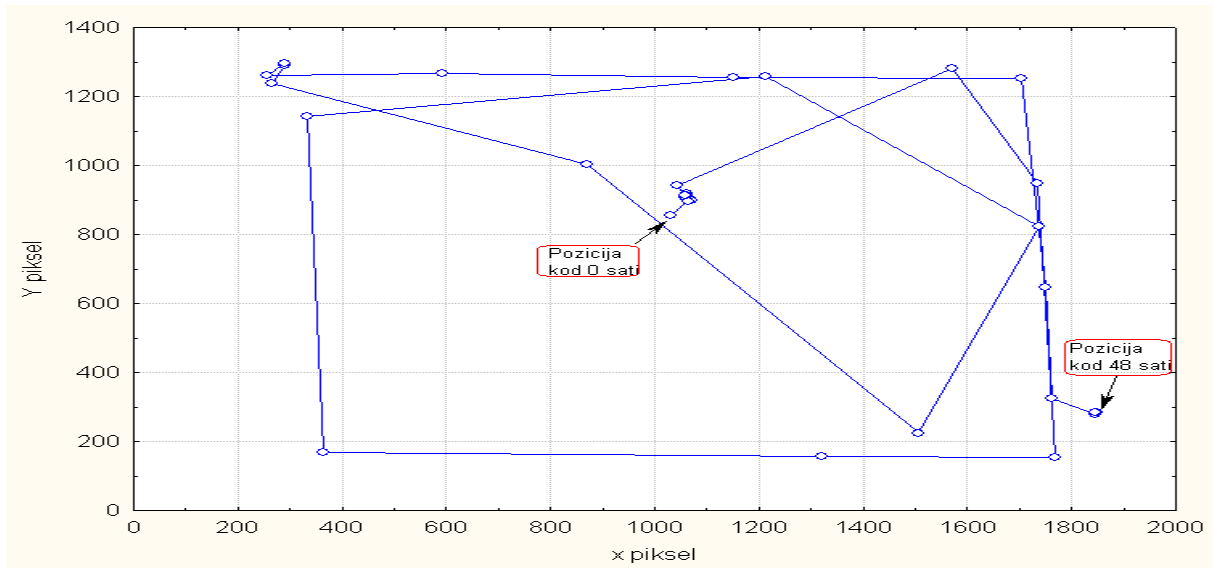
Slika 20. Struktura pokretanja kunjke *A. noae* unutar veličinske kategorije 40-60mm.

Znatno pokretanje uočeno je kod replike 601 sa najvećim pikom od 39 mm h⁻¹ te kod replike 602 s najvećim pikom od 43 mm h⁻¹ (Slika 21).

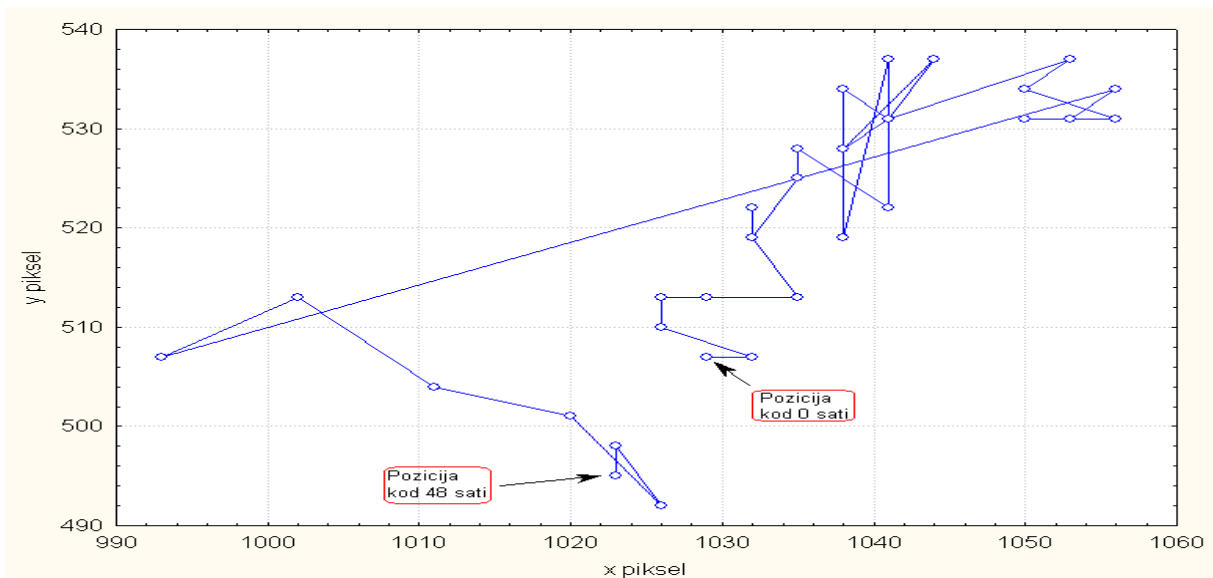


Slika 21. Struktura pokretanja kunjke *A. noae* unutar veličinske kategorije >60mm.

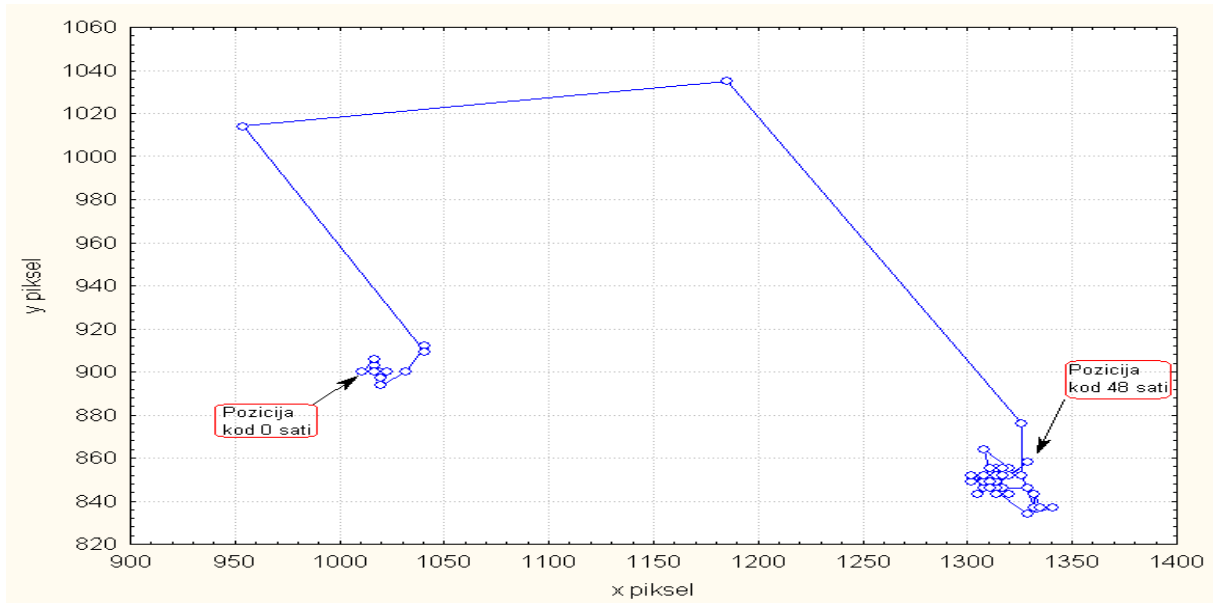
Na slikama 22-25 vide se grafički prikazi putanja pokusnih jedinki tijekom 48 sati.



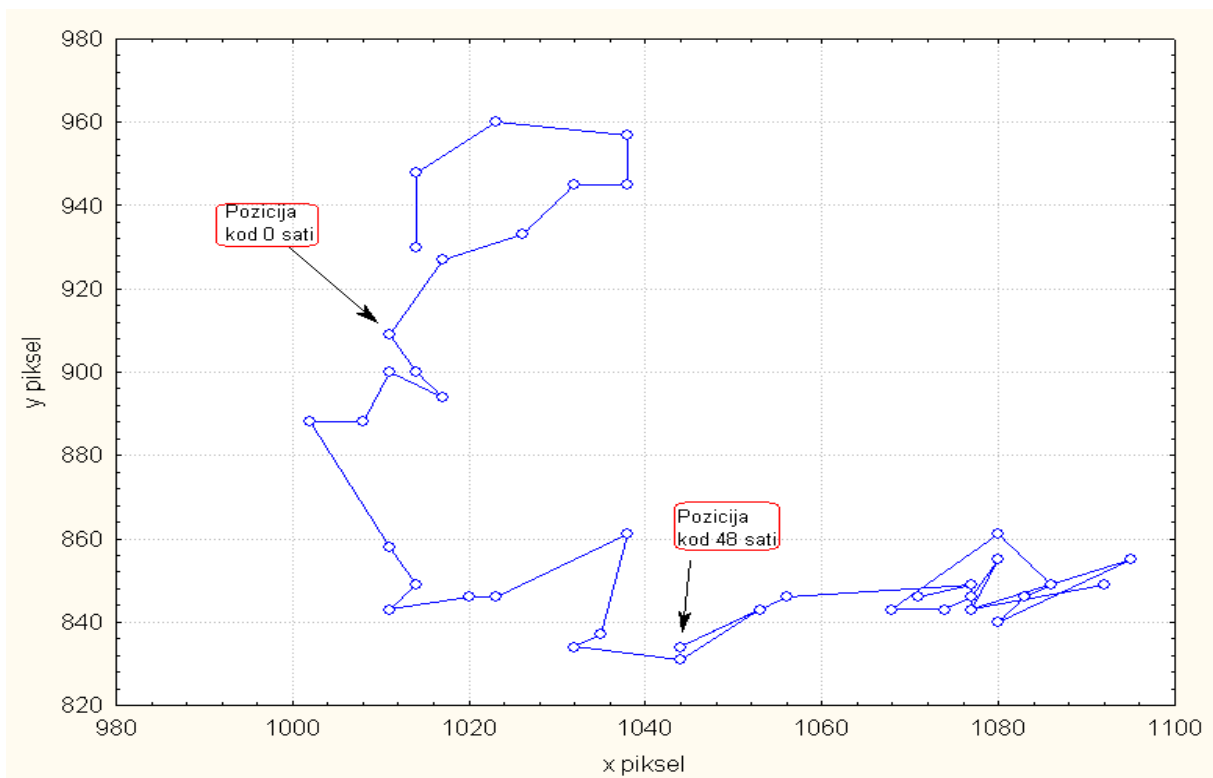
Slika 22. Putanja kunjke *A. noae* unutar veličinske kategorije < 20 mm. Slika je dimenzija 1400x2000 piksela, a pojedina točka predstavlja poziciju jedinke (x i y vrijednost) u danom vremenskom intervalu (30 min) tijekom 48 sati.



Slika 23. Putanja kunjke *A. noae* unutar veličinske kategorije 20-40 mm. Slika je dimenzija 1400x2000 piksela, a pojedina točka predstavlja poziciju jedinke (x i y vrijednost) u danom vremenskom intervalu (30 min) tijekom 48 sati.



Slika 24. Putanja kunjke *A. noae* unutar veličinske kategorije 40-60 mm. Slika je dimenzija 1400x2000 piksela, a pojedina točka predstavlja poziciju jedinke (x i y vrijednost) u datom vremenskom intervalu (30 min) tijekom 48 sati.



Slika 25. Putanja kunjke *A. noae* unutar veličinske kategorije >60 mm. Slika je dimenzija 1400x2000 piksela, a pojedina točka predstavlja poziciju jedinke (x i y vrijednost) u datom vremenskom intervalu (30 min) tijekom 48 sati.

4. RASPRAVA

Ovom studijom utvrđeno je da su jedinke kunjke *A. noae* iz veličinske kategorije < 20 mm pokazale najveće vrijednosti pokretanja, nakon toga slijedi veličinska kategorija od 20-40 mm. Veće kategorije, od 40-60 mm i >60 mm pokazale su znatno manje pokretanje od navedenih manjih. Neka prethodna istraživanja pokretanja školjkaša također su pokazala ovisnost brzine pokretanja i veličine. Tako su Huang i sur. (2006) promatrali kretanje vrste *Tridacna squamosa* u morskom akvakulturnom postrojenju Tropical Marine Science Institute (TMSI) na St. John's Island, Singapur. Jedinke veličina od 10 do 313 mm smještene su u tankove i držane u laboratorijskim uvjetima. Pokretanje je zabilježeno i nakon pričvršćivanja za podlogu, a postojala je i značajna povezanost tipova kretanja (okretanje, prebacivanje, nema kretanja) i prisutnosti pričvršćivanja. Kod najvećih jedinki tijekom tri dana zabilježeno je premiještanje u rasponu od ~20 cm a jedinke od 10 do 22 mm kretale su se uz rubove tanka. Navedena situacija podudara se s kretanjem kunjke *A. noae* u laboratorijskim uvjetima, gdje je također uočeno da male jedinke (<20 mm) vrlo brzo nakon početka pokretanja migriraju uz rub spremnika te se tamo zadržavaju većinu vremena provedenog u pokusu.

Jennings i Hunt (2009) u estuariju rijeke Navesink (Sandy Hook, New Jersey, USA) istraživali su udaljenosti raspršenja juvenilnih školjkaša vrsta *Mya arenaria*, *Mercenaria mercenaria* i *Gemma gemma*. Udaljenost raspršivanja bila je u rasponu od 1.6 do 40 cm h⁻¹ ovisno o veličini i vrsti školjkaša te brzini protoka vode. U pokusima s jedinkama *M.arenaria* utvrđena je značajna povezanost između brzine pokretanja i veličine školjkaša. Pri 35 cm s⁻¹ protoka vode male jedinke od 1.3 mm *M. arenaria* su se dalje raspršile (35,9 ± 2,6 cm) u jednom satu nego jedinke srednje veličine od 2 mm (21,2 ± 2 cm), ili najveće od 3,7 mm (5,1 ± 1,4 cm). Jedinke *Mercenaria mercenaria* od 1,8 mm prešle su 16,9 ± 1,6 cm, a to je veća udaljenost nego kod jedinki *G. gemma* od 1,7 mm koje su prešle 10,6 ± 1,8 cm u jednom satu pri protoku vode 35 cm s⁻¹. Nije bilo velike razlike između jedinki *M. mercenaria* od 1,8 mm i 3,4 mm. Također pri protoku vode od 35 cm s⁻¹ nije bilo razlike između raspršenja jedinki *M. mercenaria* (1,8 mm) i *M. arenaria* (2,0 mm); *M. mercenaria* (3,4 mm) i *M. arenaria* (3,7 mm); *M. arenaria* (2,0 mm) i *G. gemma* (1,8). Navedeni autori također zaključuju da su manji (mlađi) školjkaši obzirom da su se više i dalje

raspršili u promatranom prostoru, pokretljiviji od onih većih (starijih). Ovi rezultati pokazuju trend sličan rezultatima pokusa s jedinkama *A. noae*, gdje se pokazalo da se manje jedinke (< 20 mm) pokreću najviše 3740 ± 2762 mm kroz 48 h, odnosno $77,91 \pm 57,54$ mm h⁻¹.

U prirodnom okolišu je, iako se općenito ubrajaju u sesilne bentoske organizme, dosta školjkaša djelomično pokretno. Više ili manje ograničeno kretanje po supstratu (puzanje, skakanje, plivanje) kod nekih vrsta odvija se pomoću stopala, kod drugih bisusnim nitima (pločicama) ili brzim zatvaranjem ljuštura. Ovaj potonji način karakterističan je kapice (Pectinidae). Razlozi pokretanja najvećim dijelom su određeni bijegom od opasnosti (dodir, kemijski agensi, predatori, ronjoci, ribolovni alati) i nepovoljnih uvjeta sredine te najvjerojatnije biranjem najpovoljnijeg položaja u odnosu na okolišne čimbenike, odnosno potragom za većom količinom kvalitetne hrane (Zavodnik, 1971; Marguš, 1990).

U prirodnim naseljima plivajućih kapica, ponavljano brzo zatvaranje širom otvorenih ljuštura kontrakcijom "quick" mišića i unazadnim izbacivanjem vode na bilo koju stranu brave, kapice se pomiču prema naprijed u serijama trzaja. Namještajući rubove plašta tako da usmjere tok vode prema dole, kapice se mogu pomicati naprijed i prema gore naglim pokretima. U nekim slučajevima voda prolazi kroz samo jednu stranu ljušture uzrokujući rotaciju životinje. Predator koji se približava (kao što je zvjezdača) može izazvati različit tip pokretanja: naglo izbacivanje vode iz rubova ljušture tjera životinju prema natrag što izgleda kao bijeg. Upotrebljavajući varijaciju mlaznog pogona (propulzije) kapica može napraviti potpuni preokret ako se nađe u izvnutom položaju. Namještajući rubove plašta u odgovarajući položaj ispravlja se naglo izbacujući vodu prema dolje oko slobodnih rubova ljušture (Cox, 1957). Zanimljivo je da pokretanje jedne jedinke obično uzrokuje i kretanje ostalih školjkaša u skupini. Za jakovsku kapicu je naime utvrđeno da reagira na pokrete drugih školjkaša (iste ili druge vrste) ili predatora na udaljenosti od oko 1,5 metara. Opaženo je također da za samo jedan dan cijelo naselje može nestati bez traga (Chapman i surt., 1979; Marguš, 1990).

Pri ukopavanju u morsko dno kapice upotrebljavaju slični mehanizam kretanja. Serijom jakih kontrakcija mišića aduktora izbacuju vodu iz plaštene šupljine u

području posteriorne srčane pretkomore. Mlazovi vode usmjereni su prema dolje kontrolom mišića veluma (unutrašnji sloj plašta); ovo podiže ljušturu pod kutom prema morskom dnu te zatim slijede uzastopni mlazovi koji prave šupljinu u sedimentu (Brand, 1991). Kada je šupljina dovoljne dubine ekstra snažna kontrakcija podiže kapicu i ona se spusti točno u rupu. Sediment se spusti na ljušturu i nakon nekoliko dana može biti dovoljno debeo da oteža detekciju (Gosling, 2003).

U akvariju u zatočeništvu opaženo je da primjerci kunjke nakon što su se prihvatili za podlogu (stijenku bazena), nakon nekog vremena ponovo otpuštaju bisus i mijenjaju mjesto boravka unutar akvarijskog bazena. Također je opaženo kretanje jedinki koje su donešene u akvarijske bazene zajedno s podlogom na koju su naselile u prirodi, bilo da se radi o prirodnoj (omanje kamenje), ili umjetnoj podlozi (gumene trake, kozerve, ostaci plastičnih posuda za cvijeće i sl.) Intezivno kretanje u ovom slučaju je možda posljedica stresa prigodom promjene životnih uvjeta premještanjem životinja u zatočeništvo (Bolotin i Glavić, usmeno priopćenje).

Kretanje kunjke nije ograničeno samo na laboratorijske i akvarijske bazene. Naime i u prirodnim naseljima, barem prema nađenim velikim skupinama ostavljenih bisusnih pločica, vidljiva je velika pokretljivost ovih školjkaša. Obzirom da se kunjke kreću po podlozi puzanjem koje je značajno sporije od skakanja i plivanja kapica vjerojatno nije u funkciji izravnog bijega od predatora, međutim smještanjem u manje ili veće pukotine na morskom dnu podiže sigurno stupanj zaštite od prirodnih neprijatelja. Promjena položaja može se možda dovesti i u vezu s izborom bolje pozicije za rast. Na pitanje što ovu vrstu školjkaša tjera na relativno često mijenjanje mjesta pričvršćavanja za podlogu precizan odgovor još se ne zna, pogotovo ako se pretpostavi da za svaku jedinku izgradnja tako složene i velike bisusne pločice predstavlja značajan napor u energetske smislu. Veća pokretljivost juvenilnih oblika vjerojatno je posljedica njihovog većeg energetskeg potencijala u odnosu na adultne jedinke. Pred veće, odnosno starije školjkaše sigurno se postavljaju veći energetske zahtjevi u cijelom procesu (otpuštanje i izgradnja novog bisusa, kretanje po podlozi) nego pred one manje i mlađe.

Kunjka je zbog visoke gastronomske cijenjenosti zanimljiva vrsta za diverzifikaciju uzgoja školjkaša na istočnoj obali Jadrana pa je u daljnjim istraživanjima potrebno

doći do saznanja koji je to fiziološki okidač/poticaaj na pokretanje. Poznavanjem tog mehanizma moglo bi se učinkovito djelovati na kretanje školjkaša te tako smanjiti i spriječili pretjerano "šetanje" školjkaša u procesu uzgoja, koje vjerojatno troši energiju koja bi se inače preko konverzije hrane ugradila u biomasu školjkaša i tako povećala prirast te skratila ciklus uzgoja do komercijalne veličine.

5. ZAKLJUČAK

Statistički značajan utjecaj na brzinu njihova pokretanja imaju veličinske kategorije kunjke. Postoji velika razlika u brzini pokretanja između najmanjih školjkaša (<20 mm) i onih većih, dok je razlika u pokretanju velikih školjkaša (40-60 mm i > 60 mm) relativno mala. Značajna razlika je i između replika za najmanju veličinsku kategoriju (< 20 mm), dok su razlike između replika za veće školjkaše relativno male. Najveće pokretanje izraženo u mm sat⁻¹ zabilježeno je kod najmanje veličinske kategorije za prvu repliku ($77,91 \pm 57,54$ mm sat⁻¹), dok su se najmanje pokretale kunjke iz veličinske kategorije 40-60mm, druga replika ($1,22 \pm 0,35$ mm sat⁻¹).

Manje jedinke kunjke se više i brže pokreću od većih jedinki. Također je opaženo brže i učestalije kretanje u prvom dijelu pokusa, točnije u razdoblju između 10-og i 30-og sata.

Kretanje kunjke kroz razdoblje od 48 sati ima svoju strukturu koja se može podijeliti na tri dijela: na početku pokusne jedinke postavljene u sredini bazena miruju, nema naznaka ikakvog kretanja. Zatim slijedi razdoblje orijentacije, kada uglavnom prevladava rotirajuće gibanje. U trećoj fazi postupno se javlja pravocrtno kretanje po dnu bazena koje uglavnom završi smještanjem u kut posude, te se nakon toga prestanu kretati do kraja mjerenja.

6. LITERATURA

- Ansell, A.D., 1967. Leaping and other movements in some cardiid bivalves. *Animal Behaviour* 15(4): 421-428.
- Amyot, J.P. i Dowing J.A., 1997. Seasonal variation in vertical and horizontal movement of the freshwater bivalve *Eliptio complanata* (Mollusca: Unionidae). *Freshwater Biology* 37: 345-354.
- Atkins, D., 1937a. On the ciliary mechanisms and interrelationships of lamellibranchs. Part I: New observations on sorting mechanisms, *Quarterly Journal of Microscopical Science* 79: 18 –308.
- Benović, A., 1997. The history, present condition, and future of the molluscan fisheries of Croatia. In: MacKenzie Jr., C.L., Burrell Jr., V.G., Rosenfield, A., Hobart, W.L. (Eds), *History, Present Condition, and Future of the Molluscan Fisheries of North and Central America and Europe*. Volume 3, Europe, NOAA Technical Report NMFS, vol. 129. U.S. Department of Commerce, pp. 217-226.
- Brand, A.R., 1991. Scallop ecology: distribution and behaviour. In: *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture* (ed. S.E. Shumway). Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp. 517-84.
- Chapman, C.J., Main, J., Howell, T. i Sangester, G.I., 1979. The swimming speed and endurance of the queen scallop *Chlamys opercularis* in relation to trawling. *Progress in Underwater science*, Vol. 4. Gamble, J.C. (ed). J.D. George, Pentech Press, 57-72.
- Cox, E.S., Smith, M., Nell, J.A. i Maguire, G.B., 1996. Studies on triploid oysters in Australia. VI. Gonad development in diploid and triploid Sydney rock oysters *Saccostrea commercialis* (Iredale and Roughley). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 197: 101-20.
- Gosling, E., 2003. *Bivalve Mollusce Biology, Ecology and Culture*. Fishing News Book.

- Graeffe, E., 1903. Uebersichte der Seethiere des Golfes von Triest, VI Mollusca. Arb. Zool. Inst. Wien. Zool. Sta. Trieste 14: 89-136.
- Gribben, P.E. i Creese, R.G., 2003. Protandry in the New Zealand geoduck *Panopea zelandica* (Mollusca, Bivalvia). Invertebr. Reprod. Dev. 44: 119-129.
- Hrs-Brenko, M., 1980. Preliminary survey of populations of the bivalve Noah's Ark (*Arca noae*, Linne) in the northern Adriatic Sea. Aquaculture 21: 357-363.
- Hrs-Brenko, M. i Legac, M., 1996. A review of bivalve species in the eastern Adriatic Sea: II. Pteromorpha (Arcidae and Noetidae). Natura Croatica 5: 22 -247.
- Huang, D., Todd, P.A. i Guest, J.R., 2006. Movement and aggregation in the fluted giant clam (*Tridacna squamosa* L.). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 342: 269-281.
- Jennings, L.B. i Hunt, H.L., 2009. Distances of dispersal of juvenile bivalves (*Mya arenaria* (Linnaeus), *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus), *Gemma gemma* (Totten)). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 376: 76-84.
- Marasović, I., Peharda-Uljević, M., Vrgoč, N., Egzeta D., 2008. Stanje prirodnih populacija školjkaša istočne obale Jadrana. AiA INTERREG radionica, Izvješće, Split, 2008.
- Marguš, D., 1990. Jestivi školjkaši Jadranskog mora: II. Jakovska kapica (*Pecten jacobaeus* L.). Morsko ribarstvo. 42 (3): 94-98.
- Matoničkin., I., 1978. Beskralješnjaci: Biologija nižih avertebrata. Školska knjiga Zagreb, 600-627.
- McGraw, K.A., Castagna, M. i Conquest, L.L., 2001. A study of the arkshell clams, *Noetia ponderosa* (Say 1822) and *Anadara ovalis* (Bruguière 1789), in the oceanside lagoons and tidal creeks of Virginia. J. Shellfish Res. 20: 185-195.
- Morton, B., 1996. The evolutionary history of the Bivalvia. In Taylor, J. (Ed.): Origin and Evolutionary Radiation of the Mollusca, pp. 337-359. Oxford University Press, Oxford.
- Morton, B. i Peharda, M., 2008. The biology and functional morphology of *Arca noae* (Bivalvia: Arcidae) from the Adriatic Sea, Croatia, with a discussion on the evolution of the bivalve mantle margin. Acta Zoologica 89: 19-28.

- Peharda, M., 2000. Bivalves (Mollusca, Bivalvia) in Malo Jezero on island of Mljet. MSc Thesis, University of Zagreb.
- Peharda, M., Richardson, C.A., Onofri, V., Bratoš, A. i Crnčević, M., 2002. Age and growth of the bivalve *Arca noae* L. in the Croatian Adriatic Sea. J. Molluscan Stud. 68: 307-310.
- Peharda, M., Bolotin, J., Vrgoč, N., Jasprica, N., Bratoš i A., Skaramuca, B., 2003. A study of Noah`s Ark shell (*Arca noae* Linnaeus 1758) in Mali Ston Bay, Adriatic Sea. J. Shellfish Res. 22: 705-709.
- Peharda, M., Mladineo, I., Bolotin, J., Kekez, L. i Skaramuca, B., 2006. The reproductive cycle and potential protandric development of the Noah`s Ark shell, *Arca noae* L.: Implications for aquaculture. Aquaculture 252 : 317-327.
- Peharda, M., Stagličić, N., Ezgeta, D., Vrgoč, N., Isajlović, I. i Krstulović-Šifner, S., 2009. Distribution and population structure of *Arca noae* in the Pašman channel. Ribarstvo 67(1): 3-10.
- Poppe, G. T. i Goto, Y., 2000. European Seashells. Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda, vol. II. ConchBooks, Hackenheim. 221 pp.
- Power, A.J. i Walker, R.L., 2002. Growth and gametogenic cycle of the blood ark, *Anadara ovalis* (Bruguère 1789) in coastal Georgia. J. Shellfish Res. 21, 157 – 162.
- Sullivan, G. G. 1961. Functional morphology, micro-anatomy, and histology of the „Sydney Cockle“, *Anadara trapezia* (Deshayes) (Lamellibranchia: Arcidae). Australian Journal of Zoology 9: 219-257.
- Špan, A. i Šimunović, A., 1981. Životne zajednice morskog dna. Ekološka studija Malostonskog zaljeva i susjednog mora. Institut za oceanografiju i ribarstvo Split.
- Valli, G. i Parovel, C., 1981. Aspects de la reproduction et de la biomètrie chez *Arca noae* L. (Mollusca, Bivalvia). Rapport et procès – verbaux des rèunions. Commission International pour l`Exploration scientifique de la Mer Mèditerraneè 27: 135-136.
- Vatova, A., 1928. Compendio della Flora e Fauna del Mare Adriatico presso Rovigno. Mem. R. Com. Talassogr. Ital. 143: 1-614.

Vatova, A., 1949. La fauna bentonica dell'Alto e Medio Adriatico. *Nova Thalassia* 1: 1-110.

Zavodnik, D., 1971. Contribution to the dynamics of benthic communities in the region of Rovinj (northern Adriatic). *Thalassia Jugosl.* 7(2): 462-464.

Walker, R.L. & Power, A.J., 2004. Growth and gametogenic cycle of the transverse ark, *Anadara transversa* (Say, 1822), in coastal Georgia. *Am. Malacol. Bull.* 18: 55-60.

www.fao.org

www.sealifebase.org

www.earth.google.com