



Ekologija i ponašanje mekušaca

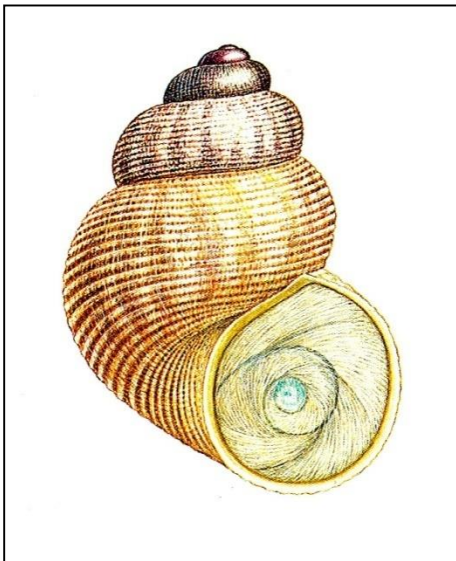
11. lipnja 2025.

Gastropoda

Prilagodbe kopnenih puževa

Prosobranchiata:

- **kućica** i **operkulum** protiv isparavanja, odnosno isušivanja tijela



Pomatias elegans - lijepi puklopaš

- prednjoškržnjak koji zbog nepostojanja pneumostoma gubi puno tekućine tijekom disanja, pa je aktivan samo onda kada je relativna vlažnost zraka iznad 95 %

Gastropoda

Prilagodbe kopnenih puževa

Pulmonata:

- protiv isparavanja:
 - kućica
 - poklopac
 - trajni poklopac analogan operkulumu (Clausiliidae: klauzilium)
 - povremena opna (epifragma) - sasušena sluz s dodatkom vapnenca (estivacija, hibernacija)



epifragma

Helix pomatia

Gastropoda

Prilagodbe kopnenih puževa

- zavlčenje ispod površine tla, kore drveća
- penjanje iznad površine tla
- povlačenje u kućicu
- smanjenje metabolizma tijekom mirovanja
 - npr. *Helix pomatia*
 - otkucaji srca:
36/min → 4/min
 - disanje:
1/50 potrošnje kisika



puževi na metalnom stupu

- u stadiju mirovanja gotovo svi mogu preživjeti nekoliko mjeseci, a neke vrste i 6 godina bez vode i hrane

Gastropoda

Prilagodbe kopnenih puževa

○ DISANJE:

- **pneumostom** kod plućnjaka smanjuje gubitak tjelesne tekućine tijekom disanja i omogućava duže vrijeme aktivnosti
- mogućnost stvaranja rezerve vode u tijelu koja se koristi za disanje kod plućnjaka

Helix pomatia



pneumostom
(dišni otvor)

Gastropoda

Prilagodbe kopnenih puževa

- KRETANJE (teže nego u vodi)
 - kućica postaje lakša:
 - tanje stijenke
 - reduciranje kućice (puževi golaći)
 - sprečavanje „otežavanja” kućice



Arion rufus

Gastropoda

Prilagodbe kopnenih puževa

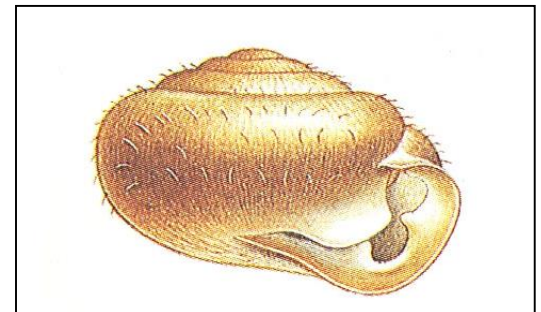
- Zaštita od otežavanja kućice:
 - stvaranje izuzetno glatke kućice

Cochlicopa lubrica –
obična sjajnica



- smanjenje površine kućice prikladne za pričvršćivanje čestica tla i stelje stvaranjem dlačica ili rebara

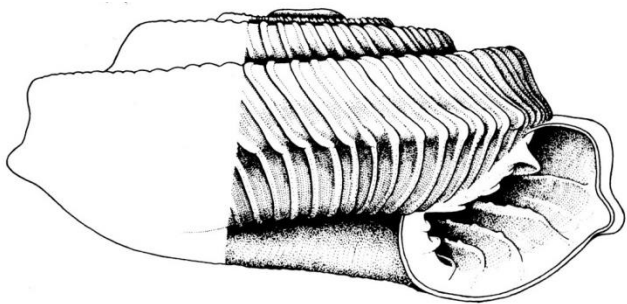
Isognomostoma isognomostomos
- krinkaš



Gastropoda

Prilagodbe kopnenih puževa

- ZAŠTITA OD PREDATORA
 - stvaranje barijera na ulazu kućice (čak oko 7000 vrsta kopnenih puževa ih ima)
 - stalne barijere
 - barijere samo kod odraslih jedinki



Thaumatodon sp. – na zupcima postoje dodatni šiljci koji otežavaju ulaz predatora kroz ušće kućice

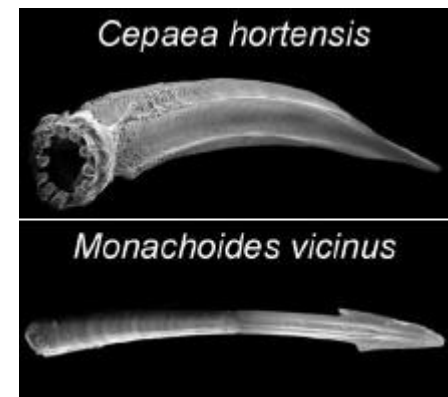
Gastropoda

Prilagodbe kopnenih puževa

- RAZMNOŽAVANJE
 - unutrašnja oplodnja
 - uspješno parenje:
 - prepoznavanje iste vrste:
 - osjet opipa
 - oblici ponašanja (zabiranje strelica)
 - različitost genitalnih struktura
 - različitost spermatofora



Helix pomatia



Gastropoda

Prilagodbe kopnenih puževa

○ PUŽEVI MESOJEDI

- tanka i najčešće djelomično ili potpuno reducirana kućica
- izduženo tijelo koje se može izvući daleko ispred kućice (brže dolaženje do plijena, lakše ulaženje u ušće kućice plijena)
- razmjerno malo zubića u trenici; zubići su dugi, tanki, s oštrim šiljastim vrhom
- povećan i koncentriran živčani sustav

Gastropoda

Prilagodbe kopnenih puževa

- ubijanje plijena

- Rod *Poiretia*:

- ako je plijen sa širokim ušćem - direktno napada kroz otvor ušća
 - ako plijen ima operkulum, klauzilium ili zubiće u ušću - postepeno razara kućicu i onda jede meso



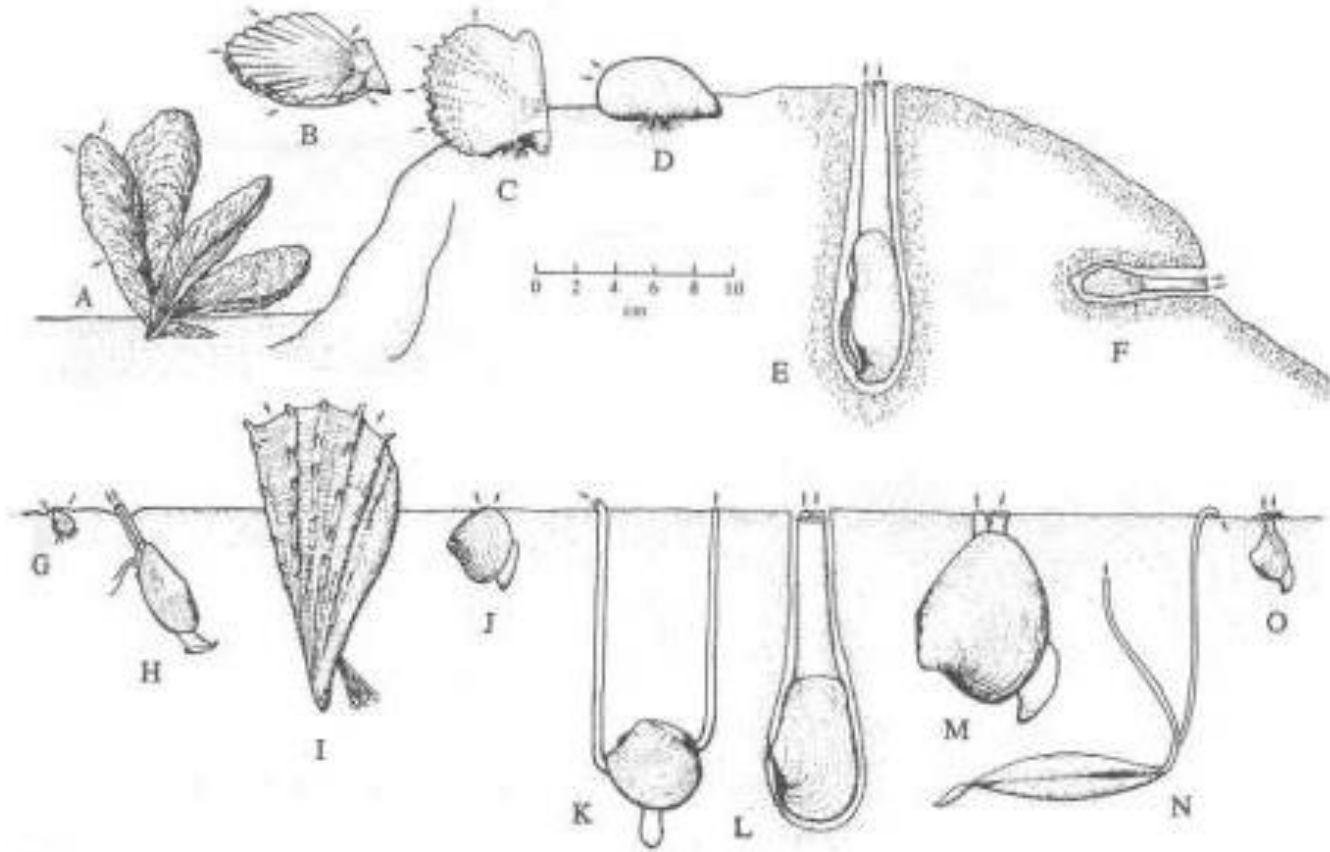
Poiretia cornea -
jadranska pužožderka



Bivalvia

Način života školjkaša

- Infauna
 - Ukopavajuće forme
 - Bušači / stanovnici bušotina
- Semi-infauna
 - Pričvršćene bisusom – endobisalni tipovi
- Epifauna
 - Slobodno ležeće forme
 - Pričvršćene bisusom – epibisalni tipovi
 - Cementirajuće forme
 - Plivajuće forme



(a)-(d) **Epifauna**: (a) *Crassostrea*, **cementirajuća** forma; (b) *Pecten*, kratkotrajni **plivač**; (c), (d) *Pinctada* i *Mytilus*, **epibisalne** forme. (e)-(o) **Infauna**: (e) *Pholas*, **bušač**; (f) *Hiatella*, **stanovnik bušotine**; (g), (h) *Nucula* i *Yoldia*, **plitko ukopavajuće** forme; (i) *Atrina*, **semi-infaunalna forma**; (j) *Mya*, **duboko ukopavajuća** forma; (k) *Mercenaria*, **plitko ukopavajuća** forma; (l) *Tellina*, **duboko ukopavajuća** forma; (o) *Cuspidaria*, **plitko ukopavajuća** forma

Način života školjkaša

Infauna

○ Ukopavajuće forme

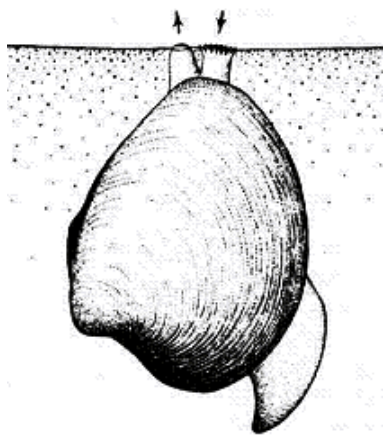
- Zbog zaštite od predatora školjkaši se ukopavaju u sediment
- Sifoni su jedini dijelovi koji izlaze iz sedimenta
- Duljina sifona ovisi o dubini na koju se školjkaš ukopava

- Obilježja plitko ukopavajućih vrsta

- Debele ljuske, jednake ljuske
- Obično s jakim vanjskim ornamentima
- Aduktori podjednake veličine

- Obilježja duboko ukopavajućih vrsta

- Izdužene ljuske
- Nemaju zuba u bravi
- Imaju plaštani sinus



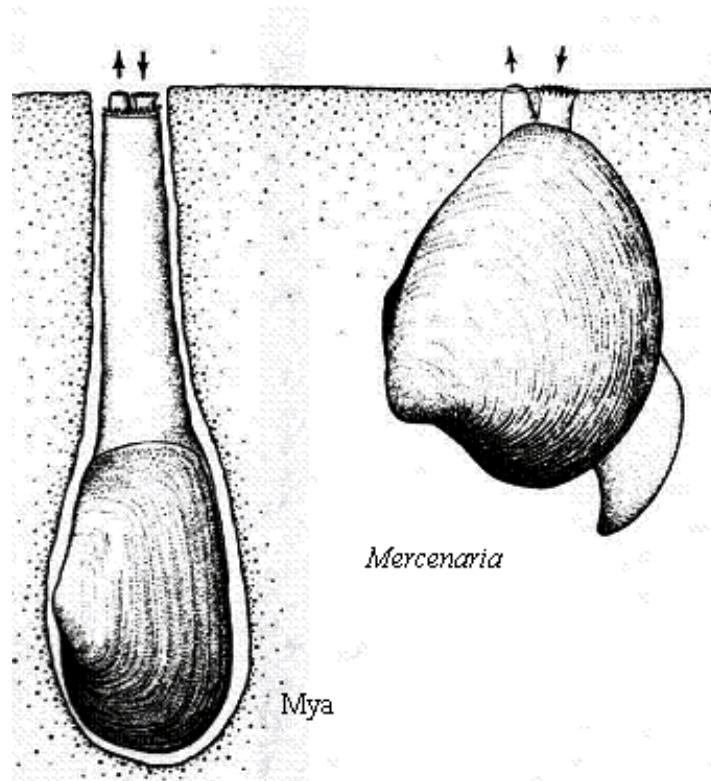
Mercenaria

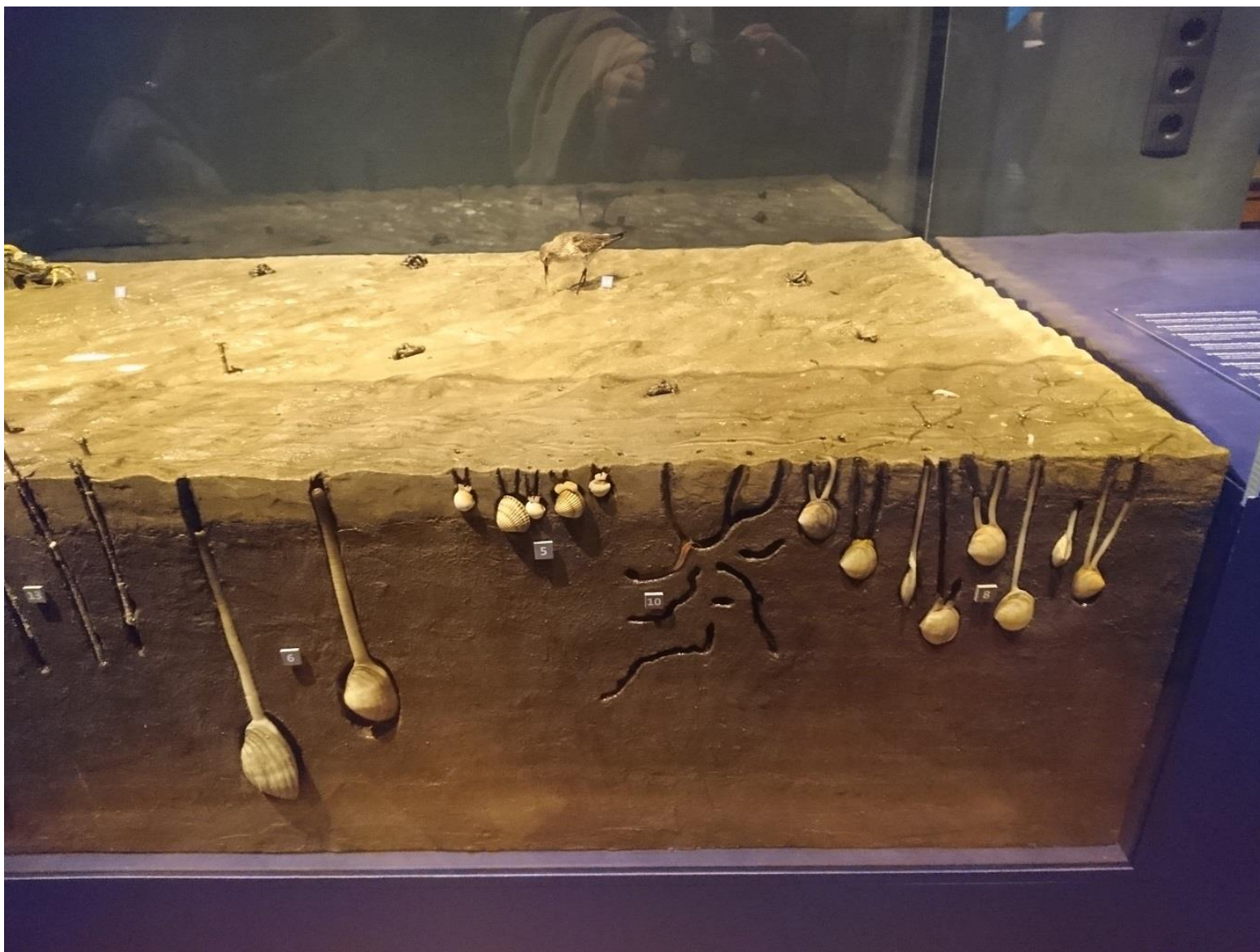


Mya

Način života školjkaša

Infauna





Diorama morskog dna u zoni plime i oseke
Prirodoslovni muzej u Beču

Način života školjkaša

Infauna

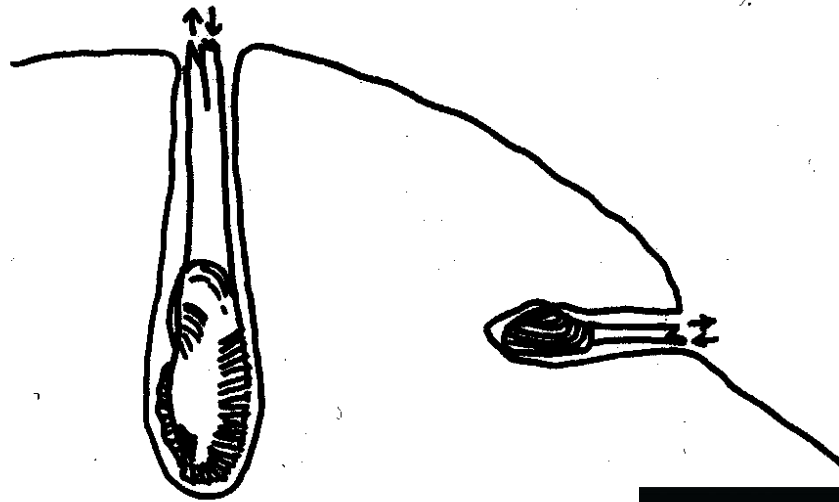
○ Bušači/ stanovnici bušotina

- Neki školjkaši su prilagođeni životu u čvrstim supstratima npr. kamenu (kamotočac - *Pholas dactylus*; prstac - *Lithophaga lithophaga*) i drvetu (brodotočac - *Teredo navalis*)
- Buše uglavnom pomoću posebno modificiranih ljuski (npr. brodotočac), a neki imaju sposobnost izlučivanja korozivnih kiselina (npr. prstac)
- Obilježja bušača:
 - Obično jednake, izdužene ljuštore
 - Jaki vanjski dijelovi ljuske za bušenje
 - Sporo rastu ograničeni veličinom prostora
 - Mogu biti pričvršćeni bisusnim nitima

Način života školjkaša

Infauna

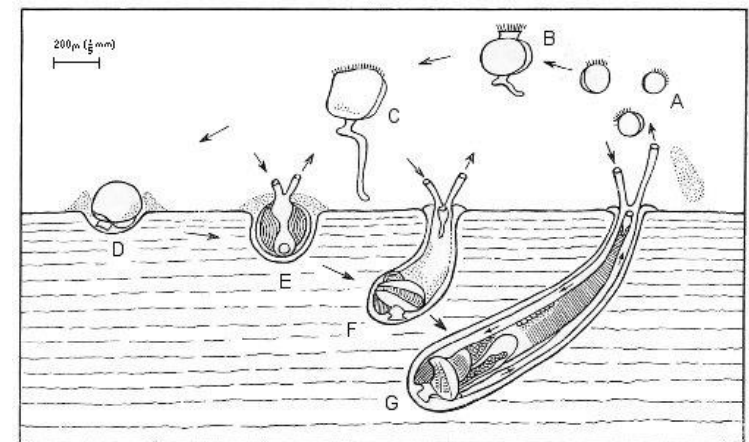
Pholas
-bušač



Hiatella
-stanovnik



Teredo navalis



životni ciklus vrste

Teredo navalis

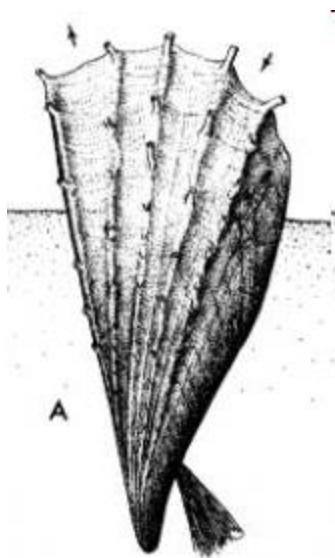


Način života školjkaša

Semi - infauna

○ Semi – infauna

- Školjkaši koji su bisusnim nitima učvršćeni u meki suptsrat – endobisalni tipovi
- Obilježja:
 - Uglavnom izdužene ljuske s reduciranim anteriornim dijelom



Pinna sp.

Način života školjkaša

Epifauna

○ Slobodno ležeće forme

- Ovi školjkaši žive na ili djelomično ukopani u mekom supstratu
- Obilježja:
 - Različit oblik ljuski
 - Neki oblici koriste bodlje kao sidro za stabilizaciju
 - Ponekad je donja ljuska veća i deblja od gornje ljuske



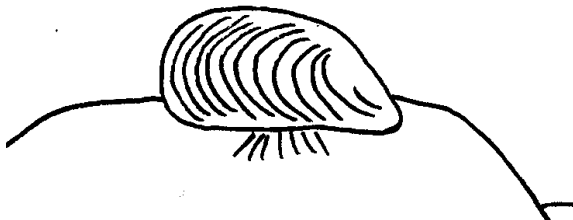
Nucula

Način života školjkaša

Epifauna

○ **Forme pričvršćene bisusom**

- Epibisalni tipovi
- Bisusna žlijezda (smještena pri bazi stopala) izlučuje bisusne niti (bisus)- kolagena vlakna kojima se životinja pričvršćuje za čvrste objekte
- Obilježja:
 - Izdužene ljuske s ravnom trbušnom stranom
 - Anteriorni dio školjke i anteriorni aduktor su reducirani



Mytilus sp.

Način života školjkaša

Epifauna

○ Cementirane forme

- Neki školjkaši (npr. rod *Ostrea* – kamenice) imaju sposobnost cementiranja o čvrsto morsko dno, što im daje trajnu stabilnost
- Obilježja:
 - Debele ljuske
 - Ljuske se međusobno jasno razlikuju
 - Obično jedan veliki aduktor



Ostrea edulis

Način života školjkaša

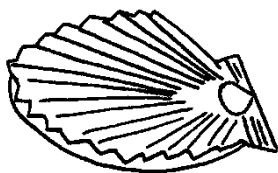
Epifauna

○ Plivači

<http://www.youtube.com/watch?v=KQHg6M7-Du0>

<https://www.youtube.com/watch?v=5vRHIEep9iU>

- Neki školjkaši imaju sposobnost aktivnog plivanja npr. vrste iz roda *Pecten* (npr. *Pecten jacobaeus* – *jakopska kapica*)
- Plivaju "plješćući" ljuskama i izbacujući vodu kroz "uši"
- Za ovaj tip plivanja potrebno je jako puno energije i ovi školjkaši se njime rijetko koriste
- Obilježja plivača:
 - Tanke ljuske
 - Veliki centralno postavljen aduktor pomaže u plivanju
 - Bravina ploča proširena u "uši"
 - Ljuske gotovo simetrične (ekvilateralne)



Cephalopoda

○ INTELIGENCIJA GLAVONOŽACA

- MIMIKRIJA
- KOMUNIKACIJA
- TEHNIKE LOVA

Octopus vulgaris



Cephalopoda

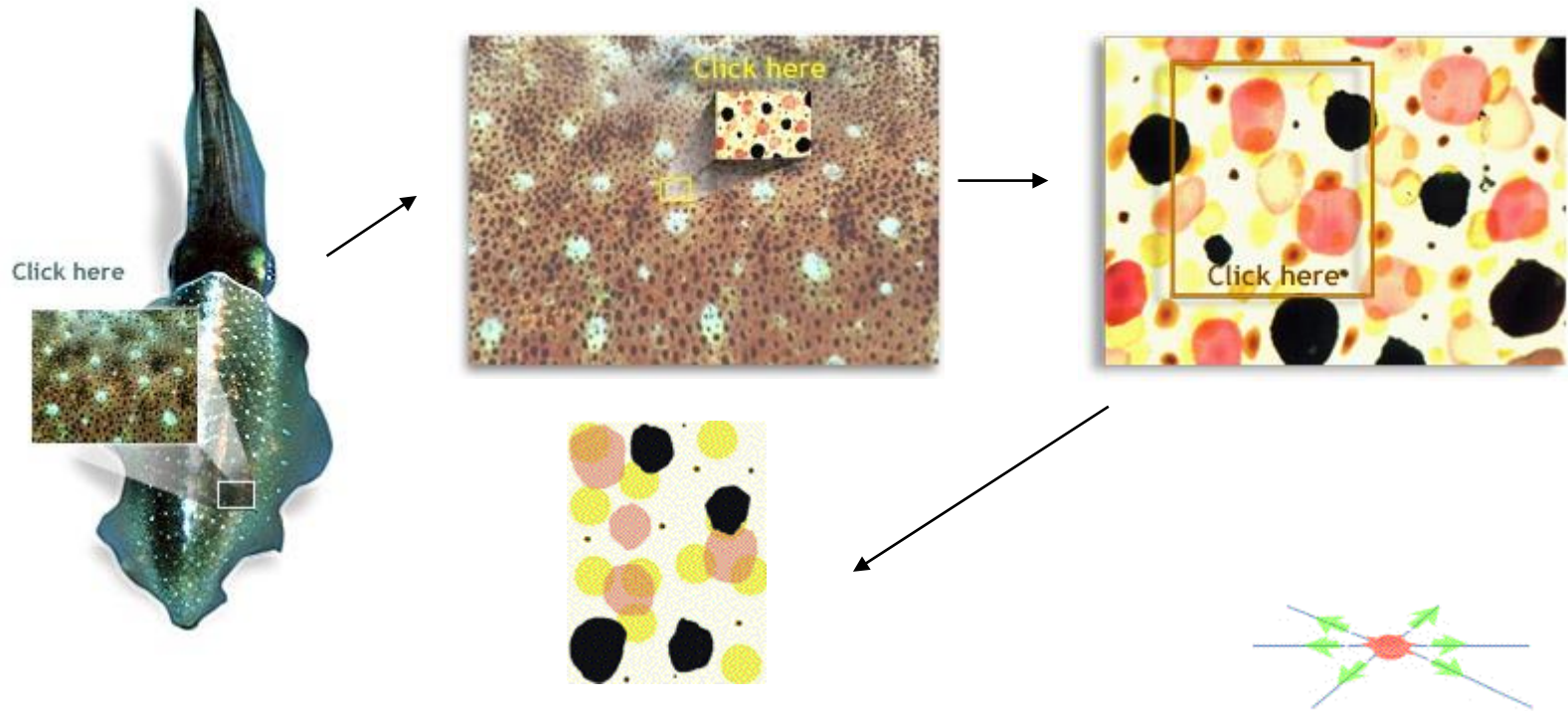
Mimikrija

MIMIKRIJA

- promjene boje u koži:
 - **kromatofori** (pigmentne stanice koje imaju mogućnost širenja i vraćanja u početni stadij)
 - **iridociti** i **leukofori** (refleksija svjetlosti)
- Direktna neuralna kontrola – izgled i boja kože te uzorak mogu se promijeniti za čak 30 milisekundi
- Podjednakim rasprostriranjem pigmenta u stanicama pigmenitrana površina se povećava - životinja postaje obojena
- Nejednakom raspodjelom u različitim dijelovima tijela može se proizvesti velik broj tjelesnih uzoraka

CEPHALOPODA - glavonošci

Promjena boje kod *Sepioteuthis*



Cephalopoda

Mimikrija

- Svaki glavonožac ima sposobnost proizvesti na desetke uzoraka koji odgovaraju okolišnim faktorima (stapanje s pozadinom, udvaranje)
- Živčane naredbe za kompleksne prikaze se šalju iz **optičkog režnja**, detaljiziraju se u **lateralnim bazalnim režnjevima**, a onda se šalju u **kromatoforne režnjeve** za izvedbu
- tjelesni uzorci se proizvode za:
 1. **skrivanje od predatora**
 2. **lov**
 3. **komunikaciju** (sa pripadnicima iste vrste isto kao i sa pripadnicima drugih vrsta, primjerice upozorenje predatorima)

Cephalopoda

Mimikrija

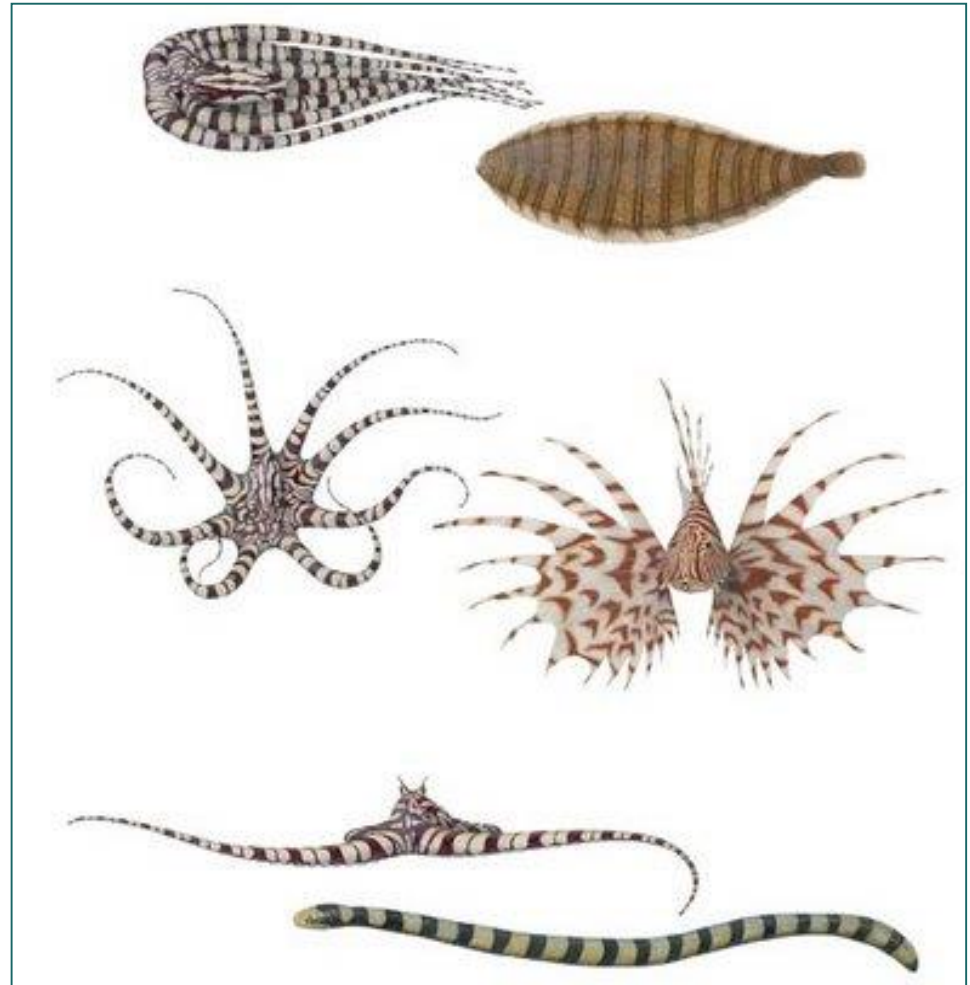
- Četiri metode mimikrije su uočene:
 - sličnost pozadini
 - sličnost nekom drugom objektu
 - „countershading“ (tamnija dorzalna i svjetlija ventralna obojenost)
 - disruptivna obojenost (vizualno odvajanje dijela tijela od ostatka)

<https://www.youtube.com/watch?v=pgDE2DOICuc>

Cephalopoda

Mimikrija

- Indonezijska mimikrijska hobotnica (*Thaumoctopus mimicus*) može oponašati više od 15 različitih vrsta izvijanjem krakova i promjenom boje, a odabir vrste ovisi sa kojim se predatorom susreće



Cephalopoda

Komunikacija

- KOMUNIKACIJA - bilo kakva podjela informacija između individualnih jedinki
- primanjem informacije jedinka postaje sposobnija prigodno odgovoriti na događanja u okolini, te davati povratnu informaciju
- Iako se ne-vizualni vidovi komunikacije glavonožaca tek trebaju istražiti, očito je da je najveći dio njihove komunikacije baziran na vizualnim oblicima i oslanja se na kompleksnost i učinkovitost njihovih očiju

Cephalopoda

Komunikacija

- Jedan od dobro istraženih intraspecijskih komunikacijskih prikaza je „zebra uzorak“ obične sipe - *Sepia officinalis*
- Uzorak je vrlo uočljiv i intenzivno moduliran (crno – bijeli kontrast)-uključuje niz pruga i krugova, položaj krakova je vrlo izražen i cijelo tijelo pošiljaoca je orijentirano prema primaocu



Cephalopoda

Komunikacija

- Mužjaci i ženke koriste „zebru“ kao način upozoravanja suparnika
- Često se pojavljuje u prenakrcanim akvarijima što ukazuje na stres
- Postoje i varijacije „zebre“, jedna od njih je „blijedo lice“ gdje jedna jedinka ima bljeđe lice od druge - tako poručuje da je u podređenom položaju, tj. da ne želi izazvati borbu



Cephalopoda

Komunikacija

- Sličan uzorak se nalazi i kod vrste *Sepioteuthis sepioidea*



- „Zebra“ uzorak se najčešće pojavljuje kada se upozorava suparnika da se ne približava odabranoj ženki
- Lignje mogu proizvesti „zebru“ na jednom boku kojom upozoravaju suparnike, a s druge strane uzorak kojim privlače ženku

Cephalopoda

Tehnike lova

- TEHNIKE LOVA
- Recentni glavonošci su se riješili vanjske ljuštore (osim roda *Nautilus*) postali su brzi (npr. lignja) ili lukavi i neuhvatljivi (npr. sipa i hobotnica)
- Hobotnice - skrivanje u skloništima
- Raznovrsni lovci - koriste prikradanje i različite tehnike lova

Kokosova hobotnica
(*Amphioctopus marginatus*)
jede rakovicu

<https://www.youtube.com/watch?v=BFda1MZ54G4>

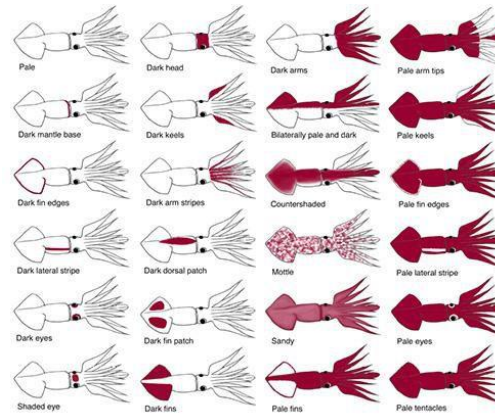
<https://youtu.be/biuoagnGCFQ>



Cephalopoda

Tehnike lova

- Obična hobotnica provodi samo 7 % svog vremena loveći, a australa sipa samo 3 %
- Za razliku od ostalih mekušaca glavonošci su aktivni predatori te su **evolucijski zahtjevi za lociranjem i ubijanjem plijena** bili pokretačka snaga razvoja njihove inteligencije
- Humboldtove lignje (*Dosidicus gigas*) su poznate po tome da love jata riba pritom pokazujući iznimnu kooperaciju i komunikaciju i to je prvi takav primjer u svijetu beskralježnjaka



Različiti tjelesni uzorci koje stvaraju Humboldtove lignje

<https://www.youtube.com/watch?v=iANgyT95bmA&t=74s>

Literatura

- Amodio, P., Boeckle, M, Schnell, A.K., Ostojic, Lj, Fiorato, G, Clayton, N.S.(2019): Why Did Cephalopods Evolve Intelligence? Trends in Ecology & Evolution 34 (1): 45-56
- Arnold, J.M. (1990): Evolution and Intelligence of the Cephalopods. U: Gilbert D.L., Adelman W.J., Arnold J.M. (ur.) Squid as Experimental Animals. Springer, Boston, MA.
https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2489-6_1
- Habdija, I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin Kepčija, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A., Sertić Perić, M. (2011): Protista - Protozoa. Metazoa – Invertebrata. Strukture i funkcije. Alfa, Zagreb.
- Matoničkin, I., Habdija, I., Primc-Habdija, B. (1998): Beskralješnjaci, biologija nižih avertebrata. Školska knjiga, Zagreb, str. 691.
- Dio predavanja o kopnenim puževima pripremila dr. sc. Vesna Štamol