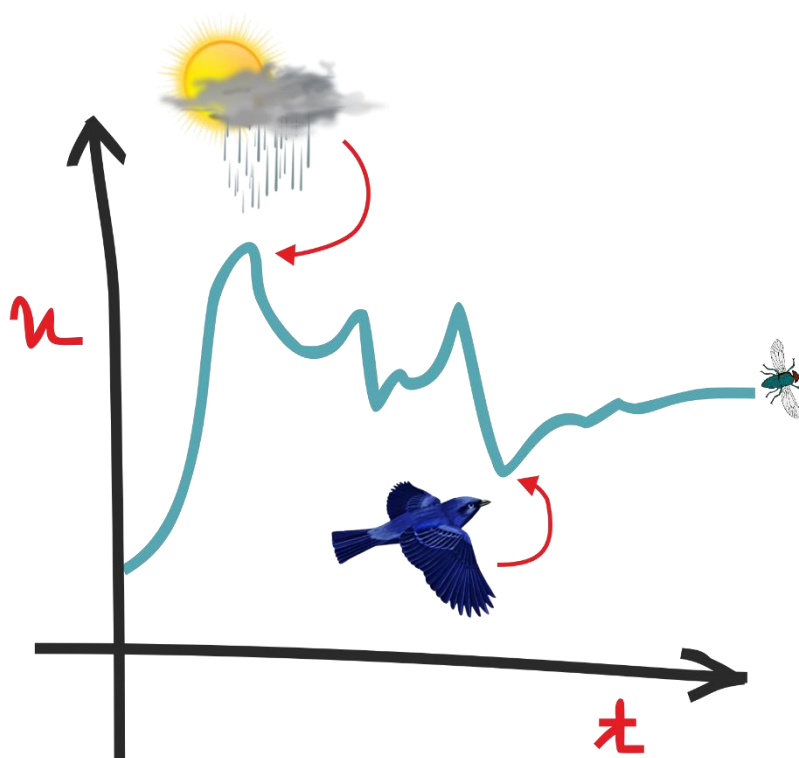




Praktikum iz Ekologije životinja



Doc. dr. sc. Davorka Hackenberger Kutuzović

Doc. dr. sc. Alma Mikuška

Prof. dr. sc. Stjepan Krčmar

Predgovor

„Praktikum iz Ekologije životinja“ je nastavni tekst za kolegij Ekologija životinja namijenjen studentima Sveučilišnog preddiplomskog studija biologije na Odjelu za biologiju, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Korisno će poslužiti studentima koji slušaju druge srodne kolegije: Opća ekologija, Ekologija kopnenih staništa, Ekologija kopnenih voda, Terestrička ekologija, Akvatička ekologija itd.

Autori zahvaljuju kolegama: dr. sc. Ivančici Jurčević-Agić, dr. sc. Tomislavu Bogdanoviću i Ivani Grabovac, dipl. ing. biol. koji su sudjelovali u izvođenju nastave iz Praktikuma Ekologije životinja na Odjelu za biologiju, te svojim znanjem i iskustvom doprinijeli kvaliteti održavanja nastave iz ovog kolegija.

Podatci korišteni u vježbama: Biotički čimbenici - Interspecijska kompeticija i Predatorsvo su preuzeti iz doktorskog rada prof. dr. sc. Józefa Mikuske, koji je bio dugogodišnji nositelj kolegija Ekologija životinja.

Svrha ovog priručnika je analiza pojmova iz ekologije životinja na konkretnim primjerima. Za rješavanje zadataka nužno je osnovno poznavanje programa Windows Excel i GoogleEarth.

Autori

Sadržaj

Vježba 1. Životni oblik i morfološke adaptacije sisavaca i ptica	3
Vježba 2. Abiotički čimbenici – Klima	10
Vježba 3. Bioklimatogram	14
Vježba 4. Abiotički čimbenici – Vodostaj.....	18
Vježba 5. Biotički čimbenici – Interspecijska kompeticija	26
Vježba 6. Biotički čimbenici – Predatorstvo	31
Vježba 7. Metode istraživanja odnosa predator plijen: Primjer analize ishrane kukuvije drijemavice (<i>Tyto alba</i> Scopoli 1769.)	35
Vježba 8. Dinamika i ekologija populacija	37
Vježba 9. Uzasna struktura populacije.....	46
Vježba 10. Migracije i UTM mreža za kartiranje faune	50
Literatura	58

Vježba 1

Životni oblik i morfološke adaptacije sisavaca i ptica

A) Životni oblik

Cilj: Upoznati adaptivne odlike organizma (primjer: krtica i sljepaš) na životne uvjete njihova staništa

Materijal: Mokri preparat krtice (*Talpa europea*, L. 1758), fotografije sljepaša (*Spalax leucodon*, Nordmann, 1840)

Na sva djelovanja ekoloških čimbenika okoliša, promjenjiva u prostoru i vremenu, organizam reagira na specifičan način, fiziološkim procesima ili promjenom ponašanja. Za razliku od organizma, vrste evoluiraju, što podrazumijeva promjene fenotipskih i genotipskih osobina.

Skup adaptivnih odlika vrste koje su skladu sa biotičkim i abiotičkim čimbenicima staništa u kome ona živi čini **životni oblik** te vrste. Kao primjer životnog oblika jedne vrste naveden je primjer sljepaša *Spalax leucodon*, Nordmann, 1840 (Slike 1. i 2.).



Slika 1. Sljepaš *Spalax leucodon*, Nordmann, 1840 (Web 1)



Slika 2. Sljepaš - glava i prednje noge (Web 1)

Građa tijela sljepaša, fiziološke odlike, način života i ponašanje čine njegov posebni životni oblik usklađen s uvjetima života u tlu. Adaptivne odlike ovog glodavca izražene su zdepastim cilindričnim tijelom pokrivenom sitnom gustom dlakom, kratkim snažnim nogama, nedostatkom repa, redukcijom vanjskog uha, zakržljanim očima pokrivenih kožom, te snažnim sjekutićima koji strše izvan usne šupljine. Navedene odlike su adaptacije (prilagodbe) na način života u podzemnim hodnicima u kojima ova vrsta živi, hrani se i razmnožava. Sličan životni oblik ostvaren je i kod drugih životinjskih vrsta s istim ili podjednakim načinom života. Na primjer, krtica *Talpa europea*, Linnaeus, 1758 iz reda Soricomorpha (Slike 3. i 4.).



Slika 3. Krtica *Talpa europea*, Linnaeus, 1758
(Web 2)



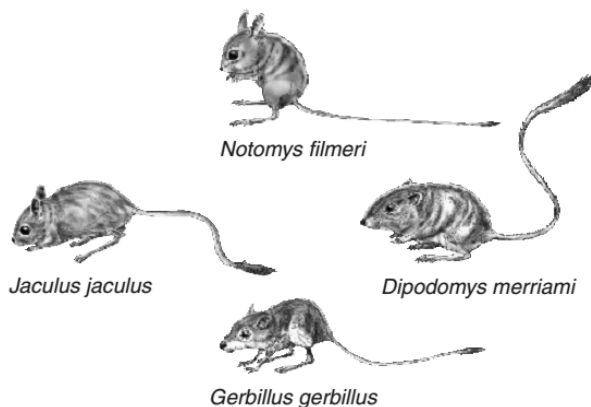
Slika 4. Krtica - detalj glave i prednjih nogu
(Web 2)

U procesu razvoja vrste mogu se razlikovati tri stupnja diferencijacije: **ekološka**, **fiziološka** i **morfološka**. Na ekološkom stupnju diferencijacije populacija vrste prilagođava se postupno na nove ekološke uvjete osvajajući novo stanište. Kao reakcija vrste na nove uvjete javljaju se fiziološke promjene u metabolizmu, razmnožavanju i dr. koje su potrebne za opstanak vrste. U prilagodbi prema okolišu populacija mijenja i svoju morfologiju, životni oblik, pri čemu često taksonomski gledano prelazi u novu kategoriju. **Životni oblik** možemo definirati kao ukupnost morfoloških, ekoloških i fizioloških karakteristika vrste koji su u suglasnosti s okolišem, prema kojem se ta vrsta pokazala najbolje prilagođenom (adaptiranom).



Zadaci:

1. Opisati morfološke sličnosti i razlike krtice (*Talpa europea* L., 1758) i sljepaša (*Spalax leucodon*, Nordmann, 1840).
2. Napisati sistematsku klasifikaciju i opisati područje rasprostranjenosti krtice i sljepaša, pri tome se koristiti dostupnom literaturom (Matonićkin, 2005. i web izvorom www.eol.org).
3. Čime se hrane krtice, a čime sljepaši? Opišite način života i staništa na kojima ove vrste žive.
4. Što je životni oblik? Promotrite predstavnike pustinskih glodavaca iz Sjeverne Amerike, Azije, Afrike i Australije (Slika 5.). Što možete zaključiti?
5. Objasnite ekološki stupanj diferencijacije u procesu razvoja vrste.



Slika 5. Primjer morfološke konvergenije pustinskih glodavaca s četiri kontinenta: *Dipodomys merriami* Mearns, 1890 (Heteromyidae) iz Sjeverne Amerike, *Jaculus jaculus* L. 1785. (Dipodidae) iz Azije, *Gerbillus gerbillus* Olivier 1801 (Muridae) iz Afrike, *Notomys filmeri* Mack, 1961 (Muridae) iz Australije (Linzey 2003).

B) Morfološke adaptacije zubala sisavaca i kljunova i nogu ptica

Cilj: Upoznati građu i adaptacije zubala različitih skupina sisavaca, oblik kljuna i nogu različitih vrsta ptica.

Materijal: Lubanje ptica i sisavaca preparati kandži orla štekavca (*Haliaeetus albicilla* L.1758) i kopca (*Accipiter nisus* L.1758) iz praktikumske zbirke Odjela za biologiju.

Građa zubala pokazuje „način života“ svakog sisavca. Zubalo je prema fiziološkoj upotrebi morfološki diferencirano, te je potpuno prilagođeno prehrani sisavaca. Osim pridržavanja hrane zubima, kao kod ostalih kralježnjaka, sisavci hranu grizu i žvaču i pripremaju za probavu.

Zubalo kod sisavaca može biti **homodontno** kao kod kitova zubana i pasanaca, što je kod njih sekundarna pojava i **heterodontno** koje je kod sisavaca primarno. Prema diferenciranju heterodontnog zubala može se razlikovati više glavnih oblika: **kukcojedno (insektivorno)**, kod kojeg uz sjekutiće i očnjake i kutnjaci imaju oštre šiljke za griženje tvrdih kukaca, **svejedno (omnivorno)**, koje ima kutnjake s niskim i tupim kvržicama kao kod majmuna i čovjeka, **mesojedno (carnivorno)** s produljenim očnjacima i kutnjacima za rezanje, od kojih su neki sastavljeni u derače kao kod zvijeri, **glodnjačko (rodentno)** s jednim ili dva para sjekutića bez korijena i s ostaklicom s prednje strane glodnjaka, bez očnjaka i kutnjacima s poprečnim naborima ostaklicama, te **biljojedno (herbivorno)** s kutnjacima koji imaju poprečne nabore ostaklice, a sjekutića i očnjaka potpuno ili djelomično nema.

Broj i raspored zubi se prikazuje zubnim formulama u obliku razlomka. U brojnik se upisuje broj zubi gornje čeljusti, a u nazivniku broj zubi donje čeljusti. Ispisuju se samo zubi u lijevoj polovici čeljusti.

Zubi se u takvim formulama označavaju kraticama latinskih naziva:

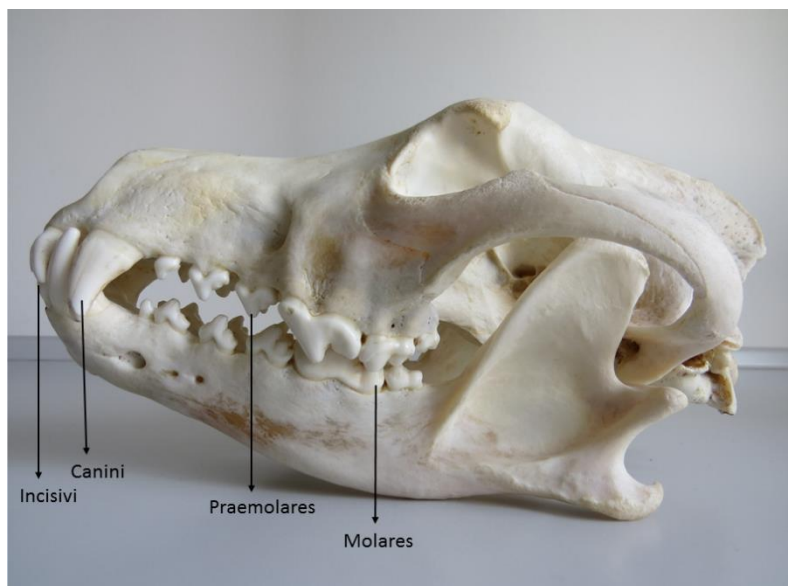
sjekutići (*incisivi*) – **i**

očnjaci (*canini*) – **c**

pretkutnjaci (*praemolares*) – **p**

kutnjaci (*molars*) – **m**

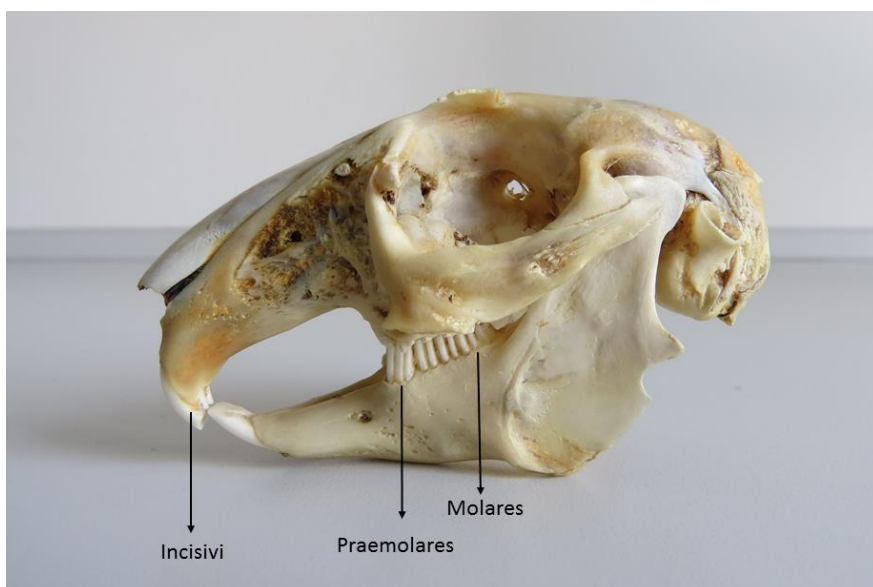
Primjer: Vukovi (*Canis*) imaju 42 zuba (Slika 6.), zubna formula je $42 = \frac{3142}{3143}$



Slika 6. Lubanja sivog vuka (*Canis lupus* L. 1758) (A. Mikuška).

Zečevi (Leporidae) pripadaju redu dvojezubaca (Lagomorpha). Njihovi sjekutići se troše i neprekidno rastu. Pripadnici dvojezubaca (zečevi, kunići i zviždari) nemaju očnjake i prve pretkutnjake, nego dijastemu, a u gornjoj čeljusti iza prvog sjekutića (glodnjaka) nalazi drugi sjekutić (zglodnjak) (Slika 7.).

Zubna formula je $28 = \frac{2033}{1023}$



Slika 7. Lubanja običnog kunića (*Oryctolagus cuniculus domesticus* L. 1758) (A. Mikuška).

Morfologija recentnih vrsta ptica je jednaka, međusobno se razlikuju po obliku kljuna i nogu. Razlike u građi kljuna i nogu su posljedica adaptacije na različita staništa i načine ishrane. U lubanji ptica granice između kostiju lubanje i kljuna se u ranom razvoju stope, te se dobro mogu razlikovati samo kod mladih ptica. Današnje ptice nemaju zube u čeljustima. Kljun ptica je presvučen rožnatom navlakom (rhamphotheca). Gornji kljun je kod ptica poput goluba prekriven mekanom kožicom (ceroma), koja je obilno opskrbljena živčanim završetcima i služi pticama kao osjetilni organ. U području pokljunice smještene su dva pukotinasta nosna otvora. Pokljunicu poput goluba imaju samo neke ptice, kao što su sokolovke (Slika 8.) i papige, i ona je često snažno obojana. Kod ostalih vrsta pokljunica je epitel, koji je pri dnu gornjeg kljuna čvrst i rožnat.



Slika 8. Sivi sokol (*Falco peregrinus* Tunstall, 1771)
(Web 3)

Rožnata prevlaka kljuna se vremenom troši i nadoknađuje, i samo mali broj vrsta odbacuje privremeno čitav rožnati kljun, kao npr. tetrijeb. Oblik kljuna razlikuje se kod različitih vrsta ptica (Slika 9.), jer njime ne primaju samo hranu, nego i čiste perje, grade gnijezdo itd. U ovisnosti od prilagodbi građa nogu kod ptica je različita. Najčešće su na nogama ptica razvijena 4 prsta, tri prsta su okrenuta prema naprijed, a jedan prst, palac, prema natrag. Kod ptica koje pužu, četvrti se vanjski prst također okreće natrag, tako da oblikuje stopalo, u kojem su dva prsta okrenuta naprijed, a dva natrag kao npr. kod djetlova.

Pisnica je u većini slučajeva gola, presvučena rožnatim ljuskama ili pločicama. One su prave rožnate tvorevine i slične građe i postanka kao ljuske gmazova. Ljuske su na nogama ptica različitog oblika: kvrčice, mnogokutne ljuskice, mala zrnca, veće pruge, pa je poseban raspored ovih dijelova korisno pomagalo za raspoznavanje nekih sistematskih kategorija ptica.

Kod pjevica rožnata prevlaka pravi tzv. „čizmicu“ u koju je pisnica utaknuta. Ljuske se na nogama neprestano troše i obnavljaju. Kod nekih ptica, poput orlova pisnica je obrasla perjem, a kod sova prsti su obrasli sve do kandža. Kod ptica koje plivaju između prstiju razvijena je plivača kožica, koja široko obuhvaća tri prednja prsta (kod gusaka) ili prvi i stražnji prst kod veslonožaca.

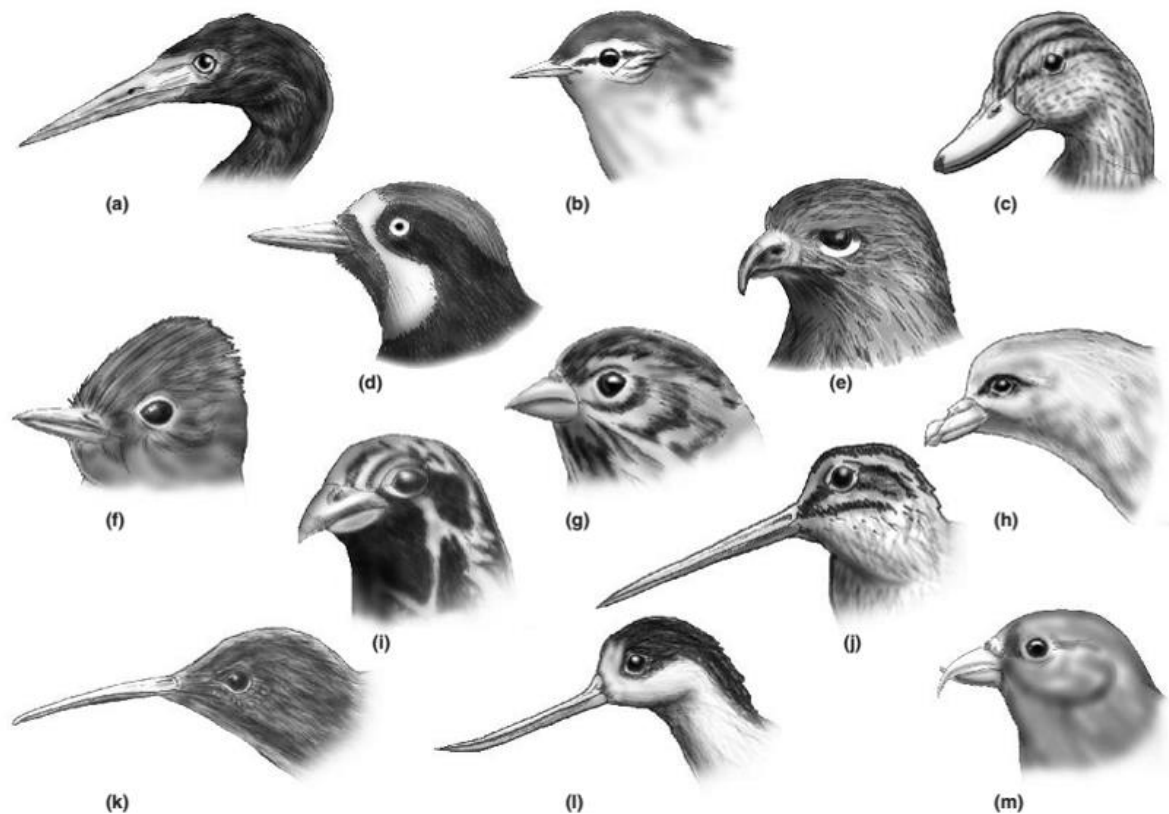
Ponekad su na prstima razvijeni samo kožni obrubi (kod gnjuraca) ili su obrubi usječeni (kod liski) (Slika 9.). Kod ptica koje dobro trče, javlja se redukcija prstiju, kao kod afričkog noja, koji ima dva prsta. Ptice koje hodaju po tlu imaju kratke i tupe kandže, a ptice koje se zadržavaju na drveću duže i oštrije kandže. Kod većine ptica kandža na najduljem trećem prstu nije simetrična, nego na unutrašnjem rubu ima jače izbočenu rožnatu prugu, te ponajprije služi za glađenje perja i za mazanje izlučevinom trtične žlijezde. Kod nekih ptica je ovaj rub kandže i pravilno nazubljen, češljast, kao kod čaplje, nesita, kukuvije. Kandže ostaju trajno na prstima.

Nojevke (Struthioniformes) imaju kandže i na prstima na krilima, obično na palcu, a rijetko još i na drugom prstu - na primjer, kod noja su obje kandže prilično velike i dobro razvijene.



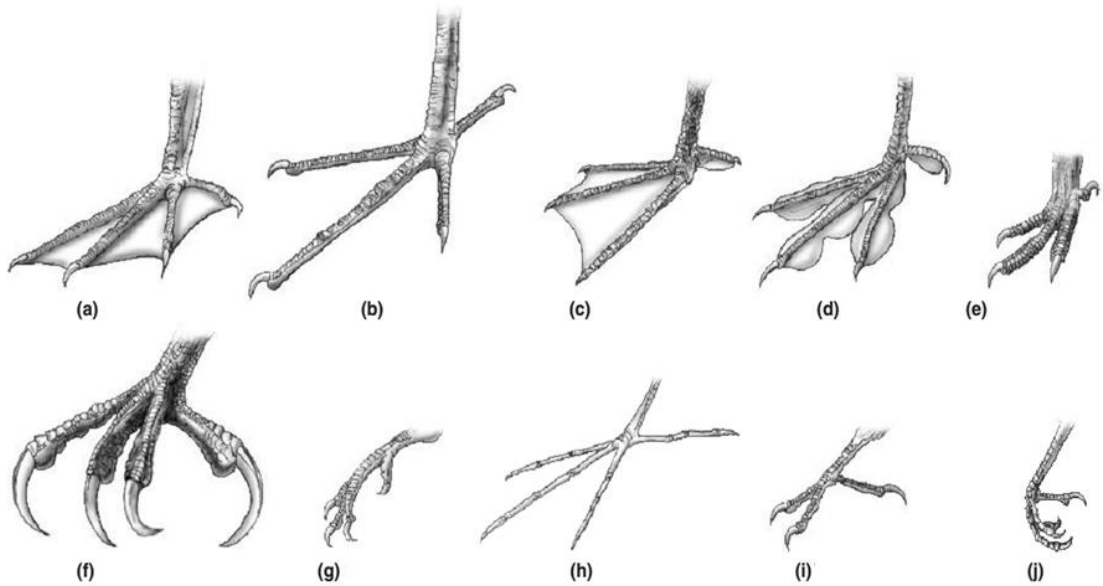
Zadatci:

1. Analizirajte lubanje sisavaca i napišite zubne formule i tipove zubala. Prema obliku i rasporedu zubala odredite način prehrane životinje. Nazivima vrsta pridružite i više sistematske kategorije (rod, porodica, red). Nacrtajte lubanje vuka i zeca.
2. Analizirajte preparate lubanja ptica. Nacrtajte tri kljuna različitog oblika, napišite nazive vrsta i sistematske kategorije kojima pripadaju (rod, porodica, red), te načine ishrane.
3. Specijalizirani načini ishrane i morfološke prilagodbe kljunova kod ptica su posljedica adaptacije na različite ekološke niše. Promotrite oblike kljunova na Slici 9., te opišite morfološke adaptacije i način ishrane.



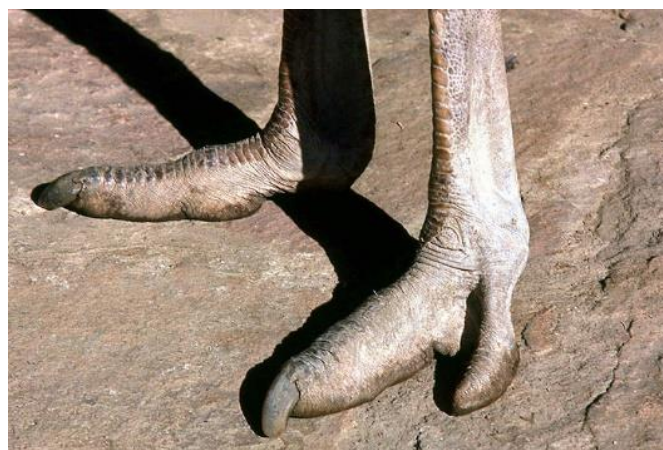
Slika 9. Različiti oblici kljuna kod a) rodarica (Ciconiidae), b) zviždaka (Phylloscopidae), c) patki (Anatidae), d) djetlića (Picidae), e) sokolovki (Falconidae), f) muharica (Muscicapidae), g) zeba (Fringillidae), h) burnica (Fulmarus), i) fazana (Phasianidae), j) šljuka (Scolopacidae), k) kolibrija (Trochilidae), l) sabljarki (Recurvirostridae), m) krstokljuna (Fringilidae, Loxia) (prema Linzey 2003).

4. Promotrite Sliku 10., nacrtajte i opišite morfološke prilagodbe različitih oblika nogu kod ptica.



Slika 10. Različiti oblici nogu ptica: a) vranci (Phalacrocoracidae) -noga plivalica (*pes fissipalmatus*); b) čaplje (Ardeidae) – noga gazilica (*pes colligatus*); c) patke (Anatidae) - urezana noga plivalica (*pes fissipalmatus*); d) liske (Rallidae) - krpasta noga plivalica (*pes lobatus*); e) fazani (Phasianidae)-noga sjedalica (*pes insidens*); f) orlovi (Accipitridae) - noga grabilica (*pes insidens*); g) vodomari (Alceidae)-noga hodalica (*pes gressorius*); h) jakane (Jacanidae) - noga gazilica (*pes colligatus*); i) djetlići (Picidae) - noga puzalica (*pes scansorius*); j) zeba (Fringillidae) noga šetalica (*pes ambulatorius*) (prema Linzey 2003).

5. Pogledajte Sliku 11. Opišite i objasnite prilagodbe noge trčalice (*pes cursorius*) afričkog noja (*Struthio camelus* L.1758). Navedite vrste ptica koje imaju noge trčalice.



Slika 11. Noge afričkog noja *Struthio camelus* L.1758. (Web 4).

6. Promotrite preparate kandži i kljuna orla štekavca (*Haliaeetus albicilla* L. 1758) i kopca (*Accipiter nisus* L. 1758), napišite čime se hrane i na koji način love.

Vježba 2

Abiotički čimbenici –Klima

Cilj: Upoznati neke od klimatskih čimbenika (temperatura, padaline, vjetar) kao ekološke čimbenike okoliša, naučiti izraditi klimadijagram i ružu vjetrova, upoznati se s Köppenovom podjelom klime (s hrvatskim nazivljem), upoznati klimatske tipove u Hrvatskoj i klimatske promjene na području Hrvatske.

Materijal: Podatci o srednjim mjesečnim temperaturama i količini padalina za područje Osijeka; Podatci o učestalosti pojedinih smjerova vjetrova u odnosu na ukupnu učestalost svih smjerova i tišina za područje Osijeka; Zaninović K (2008) Klimatski atlas Hrvatske. DHMZ. Zagreb; Šegota F, Filipčić A (2003) Köppenova podjela klime s hrvatskim nazivljem. Geoadria, 8/1; 17-37; DHMZ (2011) Praćenje i ocjena klime u 2010. godini. DHMZ Zagreb.

Klimatski čimbenici uvjetuju promjene primarnog reljefa Zemljine površine, mehaničku eroziju stjenovite podloge, deponiranje erodiranog materijala, utječu na karakter i raspored pedološke podloge itd. Osim toga od njih ovisi i raspodjela živih bića na površini Zemlje i to u tolikoj mjeri da je raspored vegetacije često indikator klimatskih uvjeta nekog područja. Ekološki značaj klimatskih čimbenika ogleda se kako u neposrednom i stalnom djelovanju na organizme tako i u tome da oni bitno utječu na većinu i abiotičkih i biotičkih čimbenika.

Klimu čine meteorološki elementi atmosfere: temperatura, padaline, vjetar, svjetlost i tlak. Svi meteorološki elementi variraju prostorno i vremenski, a njihovo trenutačno stanje čini **vrijeme** jednog određenog mjesta. Nasuprot vremenu, klima je srednje stanje vremena nekog područja izvedeno iz srednjih meteoroloških vrijednosti za duže vremensko razdoblje. Klimatski čimbenici djeluju uvijek zajedno kao kompleks i njihovo je djelovanje na živa bića složeno.

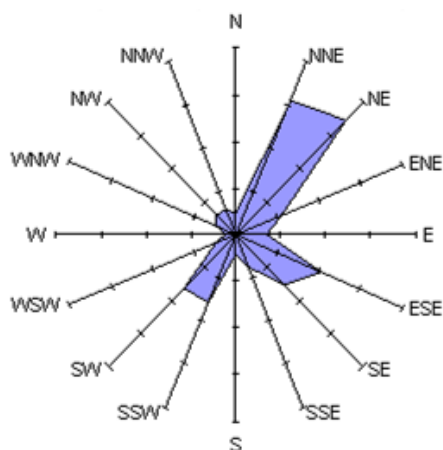
Temperatura je mjera intenziteta toplinske energije. Toplinu je moguće lako i precizno mjeriti i njeno je djelovanje na organizme mnogostruko i jasno vidljivo. Ona djeluje na procese metabolizma, na razmnožavanje, razvoj i dužinu života, na ponašanje organizama i brojnost njihovih populacija, te na njihovu rasprostranjenost.

Padaline su količina i sezonski raspored padalina ima izravno ekološko djelovanje i jedan je od bitnih elemenata u određivanju tipa klimatskih prilika određenog područja. Vlažne zračne mase dolaze u Hrvatsku sa zapada i juga, pa je alpsko-dinarski planinski zid važna barijera na kojoj se kondenzira znatan dio te vlage. Izuzme li se utjecaj reljefa, u ostalim našim krajevima može se zapaziti prilično pravilan raspored godišnje količine padalina. U kontinentalnom dijelu Hrvatske količina padalina smanjuje se prema istoku, a u primorju od sjevera prema jugu. Prema godišnjem režimu padalina

razlikuju se dva osnovna područja – sjeveroistočno od linije Karlovac – Sisak – Dvor vlada kontinentski režim s nešto većom količinom padalina (55-60%) u toplijem dijelu godine i s maksimumom u svibnju ili lipnju te minimumom u siječnju, veljači ili ožujku. Zapadno i južno od spomenutog pravca prevladavaju padaline u hladnijoj polovici godine, a njihov udio raste čak do 80 % u južnoj Dalmaciji. Količine padalina tijekom godine iznose 700-1000 mm u obalnom pojasu, 1000-1500 mm u zaleđu primorja, do 2000 mm u Lici i Gorskom kotaru, a u nižim kontinentalnim dijelovima Hrvatske 800-1200 mm na sjeverozapadu i manje od 800 mm na istoku.

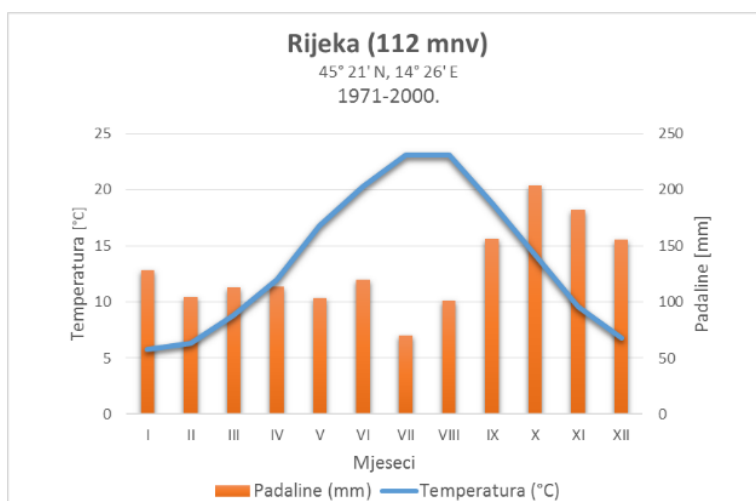
Vjetar je strujanje zraka koje nastaje kao rezultat razlika u gustoći zračnih masa uslijed njihovog nejednakog zagrijavanja. Kada na takva strujanja ne bi djelovali drugi čimbenici, hladnije i teže polarne zračne mase kretale bi se prema ekvatoru, i obrnuto, topli tropski zrak strujao bi prema polovima. Ta su strujanja međutim izmijenjena djelovanjem drugih čimbenika kao npr. nejednakim rasporedom mora i kopna, reljefom Zemljine površine, okretanjem Zemlje i dr. Iz toga proizlazi složen sustav zračnih strujanja koji obuhvaća kako vjetrove planetarnih razmjera, stalne i periodične (pasati, antipasati,

monsuni), tako i dnevne i lokalne vjetrove različitog obujma i trajanja. Jačina vjeta određuje se po Beaufortovoj ljestvici od 12 stupnjeva. Smjer vjeta određuje se vjetruljom, u 16 smjerova, a određuje stranu svijeta iz koje vjetar puše. Smjerovi vjeta se prikazuju dijagramom koji se naziva ruža vjetrova (Slika 12.). Za ekologiju su od posebnog značaja lokalne kombinacije klimatskih uvjeta, koje su uvijek rezultat uzajamnih djelovanja klime i drugih abiotičkih i biotičkih čimbenika. Mozaički raspored vrsta u okviru jednog biotopa u znatnoj mjeri je uvjetovan lokalnim kombinacijama klimatskih čimbenika.



Slika 12. Godišnja ruža vjetrova za meteorološku postaju Split Marjan (period 1948.-1996.) (Web 5).

Klimadijagram. Unošenjem srednjih mjesečnih vrijednosti temperature i količine padalina u koordinatni sustav po mjesecima dobivamo klimadijagram (Slika 13.) koji pregledno prikazuje klimatske prilike jednog određenog područja i pruža mogućnost usporedbe s drugim područjima.



Slika 13. Primjer klimadijagrama za grad Rijeku (Zaninović 2008).



Zadatci:

1. Što je klima? Što je vrijeme? Što predstavlja klimadijagram?
2. Koristeći podatke o srednjoj mjesečnoj temperaturi zraka i o količini padalina (Tablice 1. i 2.) u programu Excel napravite dva klimadijagrama za područje grada Osijeka (za razdoblja 1961. - 1990. i 1971. - 2000. godine). Prema klimadijagramima zaključite kojem klimatskom tipu pripada područje grada Osijeka. Usporedite klimadijagrame, uočite promjene i izvedite zaključak.

Tablica 1. Srednje mjesečne i godišnje temperature zraka (°C) za područje Osijeka (Zaninović, 2008).

Mjeseci	1961.-1990.	1971.-2000.
I	- 1.2	- 0.2
II	1.6	1.8
III	6.1	6.4
IV	11.3	11.2
V	16.5	16.7
VI	19.5	19.7
VII	21.1	21.3
VIII	20.3	20.8
IX	16.6	16.5
X	11.2	11.0
XI	5.4	5.1
XII	0.9	1.2
Prosječno godišnje	10.8	11.0

Tablica 2. Srednje mjesečne i godišnje količine oborina (mm) za područje Osijeka (Zaninović, 2008).

Mjeseci	1961.-1990.	1971.-2000.
I	46.9	41.4
II	40.2	35.1
III	44.8	40.5
IV	53.8	51.0
V	58.5	59.2
VI	88.0	82.0
VII	64.8	65.4
VIII	58.5	61.9
IX	44.8	51.0
X	41.3	56.6
XI	57.3	61.7
XII	51.6	49.1
Prosječno godišnje	650.4	654.9

3. Klimatske podatke o strujanju vjetrova (Tablica 3.) prikažite pomoću ruže vjetrova. Dijagram ruže vjetrova napravite u Excelu. Analizirajte dobiveni dijagram.

Tablica 3. Učestalost i smjer vjetra tijekom godine za meteorološku postaju Bilje-Brestovac (JAZU, 1986).

Smjer vjetra	S (N)	SI (NE)	I (E)	JI (SE)	J (S)	JZ (SW)	Z (W)	SZ (NW)	Tišina (C)
%	16.6	12.8	9.5	11.0	13.1	8.2	11.7	16.3	0.8

4. Analizirajte priložene tablice o jačini vjetra tijekom godišnjih doba na području Osijeka (Tablice 4. i 5.). Izvedite zaključke.

Tablica 4. Srednji broj dana s jakim i olujnim vjetrom na području Osijeka (Bonacci, 2002).

Meteorološka postaja /mjeseci	BROJ DANA S JAKIM VJETROM (≥ 6 BOFORA)												godišnje
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Osijek 1959.-1978.	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.6	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	2.6
Osijek 1978.-1998.	0.7	3.2	3.2	3.2	2.8	2.3	2.2	0.9	1.0	0.6	0.7	0.7	15.5

Tablica 5. Srednji broj dana s olujnim vjetrom na području Osijeka (Bonacci 2002).

Meteorološka postaja /mjeseci	BROJ DANA S OLUJNIM VJETROM (≥ 8 BOFORA)												godišnje
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Osijek 1959.-1978.	-	-	-	-	-	0.1	0.1	-	-	-	-	-	0.2
Osijek 1978.-1998.	0.0	0.1	0.2	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	1.9

5. Pročitajte znanstveni članak (Šegota i Filipčić, 2003) napišite puno nazivlje kao i kratice Köppenove podjele klime.
6. Koji su klimatski tipovi prema Köppenovoj podjeli zastupljeni na području Hrvatske?
7. Koristeći Klimatski atlas Hrvatske (Zaninović, 2008) napišite osnovne značajke klime na području Hrvatske.
8. Pročitajte posljednji objavljeni Izvještaj Svjetske meteorološke organizacije o stanju klime (WMO, 2014). Napišite zaključke o glavnim klimatskim promjenama tijekom izvještajne godine.

Vježba 3

Bioklimatogram

Cilj: Upoznati se s pojmom ekološkog optimuma. Upoznati se s utjecajem različitih klimatoloških elemenata (temperatura, padaline, fotoperiod, vjetar) na biologiju i ekologiju kukaca. Naučiti izraditi bioklimatogram.

Materijal: Bioklimatogrami za vrstu *Ceratitis capitata* Wiedemann 1824 (Allee i sur., 1929); Podatci o srednjoj mjesečnoj temperaturi zraka i relativnoj vlažnosti na području Osijeka; Podatci o povoljnoj i optimalnoj temperaturi i vlažnosti zraka za razvoj voćne mušice *Ceratitis capitata* (Speight i sur., 2008).

Vitalni ili opći ekološki optimum je kombinacija ekoloških čimbenika koji utječu na sve životne procese i koja osigurava najveći porast populacije jedne vrste (najmanji mortalitet, najveća plodnost, najbrže spolno sazrijevanje, najbrži razvoj itd.). Takva kombinacija je samo teorijski moguća i nije ista za pojedine stupnjeve razvoja (npr. optimalni uvjeti za razvoj ličinki kukaca su različiti od optimalnih uvjeta za imaga). Abiotički i biotički čimbenici neprekidno variraju u svom, intenzitetu i međusobnoj kombinaciji, bližeći se svom optimalnom djelovanju, odnosno udaljavajući se od njega. Zbog toga se kombinirano djelovanje ekoloških čimbenika mora posebno istraživati za svaki konkretan slučaj što ovisi o samom cilju istraživanja. Na primjer, jedan od mjerila optimalnog kombiniranog djelovanja temperature i vlažnosti na razvoj kukaca, bio bi stupanj mortaliteta tijekom ličinačkog stadija.

Primjer: Vitalni optimum razvoja pustinjskog skakavca (*Schistocerca gregaria* Forsskal, 1775.) (Slika 14.)

Pri kombinaciji temperature od 30 °C i vlažnosti od 100 % smrtnost je svega 10 %. Činjenica, da je za razvoj jaja pustinjskog skakavca potrebna visoka vlažnost i visoka temperatura objašnjava zašto se ovaj kukac masovno javlja u godinama kada ima dovoljno kiša u vrijeme polaganja jaja.



Slika 14. Pustinjski skakavac *Schistocerca gregaria* (Web 6).

Unošenjem srednjih mjesečnih vrijednosti temperature i vlažnosti, odnosno vodenih taloga u koordinatni sustav i spajanjem točaka presjeka po mjesecima dobije se dijagram u vidu izlomljene zatvorene linije odnosno nepravilnog poligona označenog kao **klimatogram**. Klimatogram pregledno ilustrira klimatske značajke jednog određenog područja i pruža mogućnost usporedbe s drugim područjima. Pravci koji spajaju mjesece u kojima se odvija razvoj pojedinih stupnjeva životnog ciklusa mogu se različito predstaviti (drugim bojama). Također, na klimatogram se mogu unijeti pravokutnici koji obuhvaćaju granične vrijednosti povoljnih ili optimalnih uvjeta temperature i vlažnosti za glavne stupnjeve razvoja. Tako dopunjen klimatogram naziva se **bioklimatogram** (Slika 17.).

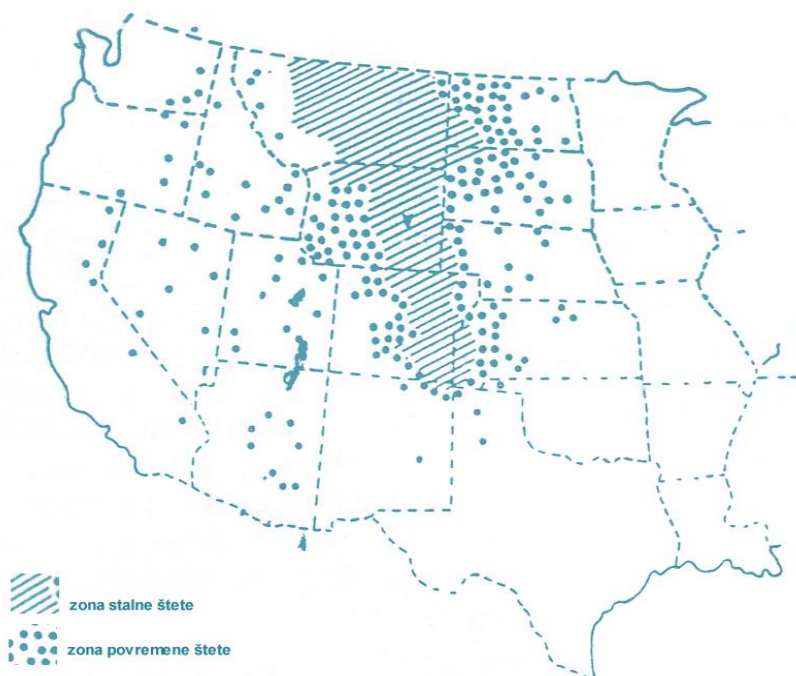
Primjenu klimatograma u analizi rasprostranjenosti i ekologiji dao je Cooke 1924. godine na primjeru leptira sovica (*Agrotis ortogonia* Morrison 1876 (Noctuidae) (Slika 15.). Leptir polaže jaja u srpnju i kolovozu koja prezimljuju i iz kojih se na proljeće razvijaju gusjenice. Masovni razvoj leptira ovisi od



Slika 15. Ličinke leptira sovica, *Agrotis ortogonia* Morrison 1876 (Web 7.).

količine vodenih taloga i vlažnosti tla u proljeće (svibanj-lipanj) prethodne godine. Veća vlaga uzrokuje visok mortalitet gusjenica i kukuljica uslijed čega dolazi do smanjenja broja imaga, opadanja količine položenih jaja i smanjenog broja gusjenica koje će se razviti u proljeće naredne godine. Do masovne pojave gusjenica dolazi samo u godinama kojima su prethodile godine s razmjerno malom proljetnom vlagom optimalnom za život i razvoj gusjenice. Na osnovu podataka za tipična područja rasprostranjenosti ove vrste

izrađen je klimatogram optimalnih uvjeta temperature i vlažnosti. Za leptira *Agrotis ortogonia* Morrison 1876. u SAD-u, utvrđene su tri bioklimatske zone, prema stupnju masovne pojave i obimu štete koju ova vrsta nanosi. Zona štete obuhvaća područje u kojima se klimatski uvjeti najviše približavaju optimalnom klimatogramu. Zona povremene štete obuhvaća područje gdje klimatski uvjeti samo u pojedinim godinama odgovaraju optimalnom klimatogramu. Zona neznatne štete obuhvaća područja u kojima klimatski uvjeti toliko odstupaju od optimalnih da masovna pojava, i to manjeg obima, dolazi pretežno putem migracija iz susjednih područja (Slika 16.).

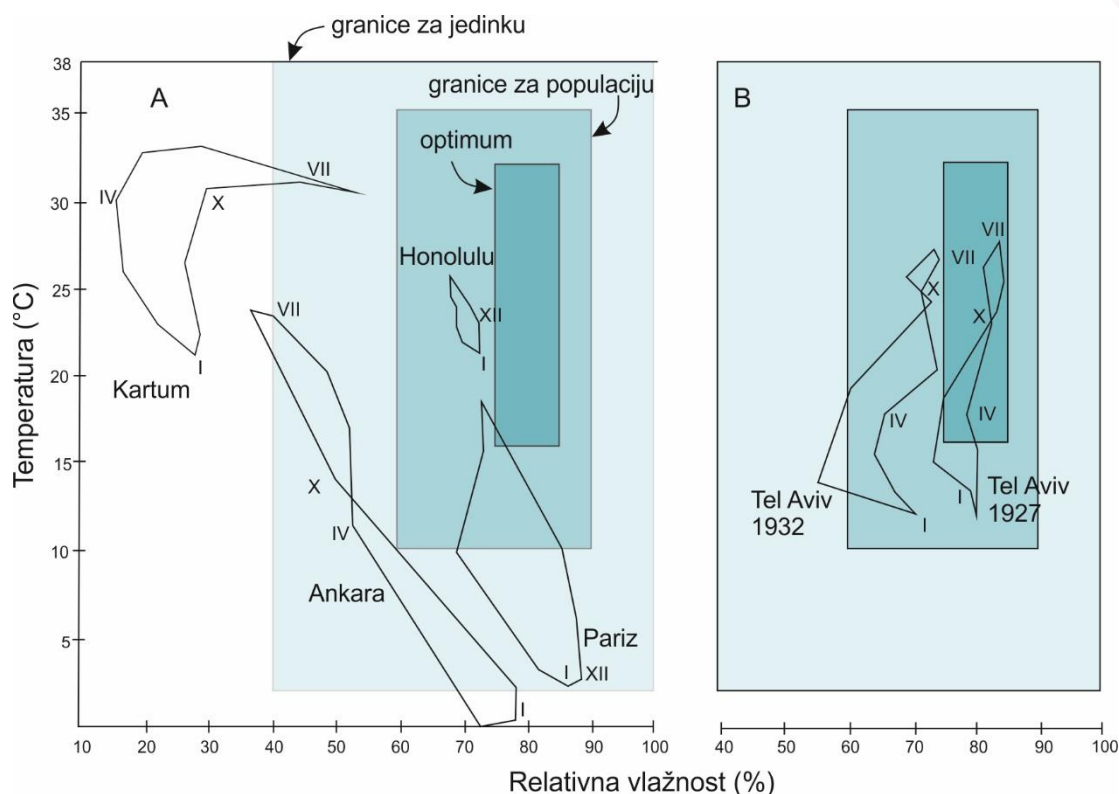


Slika 16. Zone stalne štete i povremene štete koju su je činila vrsta *Agrotis orthogonia* Morrison 1876. na usjevima u SAD-u (prema Stanković, 1961).



Zadatci:

1. Prema Slici 17. analizirajte bioklimatogram vrste *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824. za područje gradova Kartum, Honolulu, Ankaru i Pariz.



Slika 17. Bioklimatogram za vrstu *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824. Bioklimatogrami za Tel Aviv (Izrael) za 1927. i 1932. godinu pokazuju da vremenske prilike u pojedinim godinama nisu podjednako povoljne za razvoj i gustoću populacije voćne mušice čak i u području gdje se ona normalno razvija. Voćna mušica predstavlja značajnog štetnika naranči i drugog voća na ovom području. Unutrašnji pravokutnik na klimatogramu predstavlja optimalnu kombinaciju temperature i relativne vlažnosti za razvoj mušice, dok vanjski veći pravokutnik, obuhvaća granice manje povoljnih klimatskih uvjeta, ali još uvijek u granicama ekološke valencije. Klimatogram za 1927. leži najveći dio godine unutar optimalne zone, što nije slučaj sa klimatogramom za 1932. godinu kada su zimski mjeseci (studeni - travanj) bili suši (prema Allee i sur. 1949).

2. Izradite uz pomoć programa Windows Excel bioklimatogram za vrstu *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824 za područje grada Osijeka. Koristite podatke o srednjoj mjesečnoj temperaturi zraka i relativnoj vlažnosti iz Tablice 6., a podatke o optimalnim i povoljnim temperaturama za razvoj iz Tablice 7.

Tablica 6. Srednja mjesečna temperatura zraka i relativna vlažnost na području Osijeka za period 1982.–1993. (JU PP Kopački rit, 2011).

Mjesec	Srednja mjesečna temperatura zraka (°C)	Relativna vlažnost zraka (%)
1	-1	87.9
2	1.1	84.8
3	6.1	78
4	11.4	73.9
5	16.5	74.9
6	19.7	73.9
7	21.6	72
8	20.7	73.8
9	16.8	78.6
10	11.3	83.3
11	5.6	85
12	1.2	90

Tablica 7. Povoljne i optimalne temperature i vlažnost zraka za razvoj voćne mušice *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824 (Price, 1997).

	Temperatura zraka (°C)	Relativna vlažnost zraka (%)
Optimalna	15 – 32	76-86
Povoljna	10 – 35	60-90

- Koristeći priloženu literaturu Speight i sur. (2008) ukratko opišite na koji način klimatološki elementi: temperatura, padaline, dužina fotoperioda i vjetar utječu na životni ciklus kukaca.

Vježba 4

Abiotički čimbenici-Vodostaj

Cilj: usvojiti pojmove: vodostaj, vodni režim, amplituda vodostaja. Upoznati se s vodnim režimom Save i Drave i poplavnog područja Kopačkog rita.

Materijal: podatci o prosječnom mjesečnom vodostaju rijeke Dunav zabilježenom kod Kopačkog rita (vodomjerna stanica Apatin) u razdoblju od 1958.-1977. godine; Podatci o ulovu ribe u Kopačkom ritu u razdoblju od 1958.-1977. godine (Mikuska, 1979). Utjecaj poplava na zajednice vodenih organizama nižih trofičkih razina Vidaković J., Turković Čakalić I., Stević F., Čerba D. 2012. The influence of different hydrological conditions on periphytic invertebrate communities in a Danubian floodplain. Fundamental and Applied Limnology 181/1: 59-72.

Hidrologija – osnovni pojmovi

Hidrologija je znanost koja se bavi vodama iznad, na i ispod Zemljine površine; pojavljivanjem, otjecanjem i raspodjelom vode u vremenu i prostoru; biološkim, kemijskim i fizikalnim svojstvima vode i djelovanjem vode na okoliš, uključujući i utjecaj na živa bića.

Osnovne znanosti koje omogućavaju suvremena hidrološka istraživanja su fizika, matematika i kemija. Pomoćne znanstvene discipline su meteorologija, biologija i geoznanosti.

Hidrometeorologija je znanost o vodi u atmosferi. Ona povezuje probleme hidrologije i meteorologije u hidrološkom ciklusu, odnosno u kruženju vode u prirodi.

Potamologija je grana hidrologije koja proučava površinske tokove i njihove vodne režime. Ona uključuje hidrodinamiku te elemente ispiranja (erozije) i taloženja nanosa u vodotocima. U potamologiji se posebno ističu **hidrografija**, koja opisuje površinske vodene tokove i **hidrometrija**, odnosno tehnika mjerenja površinskih i podzemnih voda.

Glavne hidrološke veličine su: **vodostaj** (cm), **protok** ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) i **specifično otjecanje** ($\text{L s}^{-1} \text{km}^{-2}$)

Vodostaj (*W*) je visina vode iznad nulte točke u rijeci, jezeru, močvari, moru. Za nultu točku je nužno poznavati točnu nadmorsku visinu na kojoj se nalazi radi mogućnosti uspoređivanja s drugim nultim točkama.

Vodostanje pokazuje promjene vodostaja tijekom nekog vremena. Vodostaji se mjere u centimetrima. Očitavanje vodostaja običnim vodomjerima (letvama) (Slika 18.) u Hrvatskoj se obavlja u svaki dan u 7:30.



Slika 18.. Mjerač vodostaja na rijeci Savi kod Brežica
17.04.2014. u 12:00 sati (A.Mikuska).

Razlikuju se niski, visoki i srednji vodostaji tijekom dana, mjeseca, godine, godišnjeg doba, niza godina ili nekog drugog razdoblja. Za potrebe prakse potrebno je utvrditi najniži, apsolutno najniži, najviši i apsolutno najviši vodostaj.

Razlika između najnižeg i najvišeg vodostaja naziva se **amplitudom vodostaja**.

Razlika između apsolutno najnižeg i apsolutno najvišeg vodostaja naziva se **amplitudom ekstremnih vodostaja**, a izražava se u metrima.

U duljim razdobljima važni su i srednji najniži i srednji najviši vodostaj. Razlika između srednjeg najvišeg i srednjeg najnižeg vodostaja naziva se **prosječnom amplitudom vodostaja**.

Pojam prosjeka se upotrebljava za duže vremensko razdoblje (15-20 godina), a srednja vrijednost se odnosi na kraće vremensko razdoblje.

Pregled i opis karakterističnih vodostaja s odgovarajućim kraticama:

NNV- najniži zabilježeni (izmjereni) vodostaj otkada je postavljen vodomjer

NV- najniži vodostaj u promatranom razdoblju

SNV- srednji najniži vodostaj u promatranom razdoblju (aritmetička sredina NV)

SV- srednja vrijednost vodostaja u promatranom razdoblju

SVV- srednji najviši vodostaj u promatranom razdoblju (aritmetička sredina VV)

VV- najviši vodostaj u promatranom razdoblju

VVV- najviši zabilježeni (izmjereni) vodostaj od kada je postavljen vodomjer

Grafički prikaz vodostaja i naziva se **nivogram**.

Protok

Protok (Q) je količina vode koja otječe u jedinici vremena (sekundi) mimo određenog mjesta kroz mokri profil tekućice. Izražava se u m^3s^{-1} .

Mokri profil: dio poprečnog presjeka korita tekućice koji je ispunjen vodom.

Grafički prikaz protoka naziva se **hidrogram**.

Specifično otjecanje

Specifično otjecanje, modul ili specifični dotok mjeri se brojem litara vode koja otječe u sekundi s jedinice površine ($\text{Ls}^{-1}\text{km}^{-2}$).

Brzina otjecanja (v) je put što ga čestica vode prijeđe u jedinici vremena (m s^{-1}).

Režim tekućice

Režim tekućice (F-r) pokazuje na koji se način rijeka opskrbljuje vodom i raspodjelu karakterističnih vodostaja ili protoka tijekom kalendarske ili hidrološke godine.

Jednostavni režimi obuhvaćaju tekućice koje se opskrbljuju snježnicom i kišnicom, a tijekom godine (hidrološke) karakteriziraju ih pojave samo jedne „velike i jedne male vode“, tj. dvaju izrazitih hidroloških razdoblja (podgrupe ovog režima su ledenjački, snježni i kišni)

Složeni režimi obuhvaćaju tekućice koje se također opskrbljuju vodom od snijega, leda i kiše, ali su tijekom hidrološke godine obilježeni s četiri do šest hidroloških doba uvjetovanih s po dva ili tri maksimuma i minimuma karakterističnih vodostaja (izvorni složeni režimi- karakteristični za kraće rijeke i promjenljivi složeni režimi- karakteristični za duže rijeke).

Hidrološka godina obuhvaća razdoblje punog hidrološkog ciklusa. Ona je promjenjiva i traje u ovisnosti od klimatskih karakteristika i geografskog položaja od 7 do 17 mjeseci. Najčešće između 11 i 13 mjeseci. Iz razloga olakšavanja hidroloških proračuna i uzima se da je njeno trajanje 12 mjeseci. U našim prilikama hidrološka godina započinje 1. IX (1. X), a završava 31. X (30. IX).

Hidrogeografska mreža istočne Hrvatske

U hidrogeografskoj mreži istočne Hrvatske ističu se veličinom i duljinom tri tekućice Sava, Drava i Dunav.

Za **Savu** kroz istočnu Hrvatsku karakterističan je snježno-kišni režim. Najveći protok vode pojavljuje se u trećem mjesecu, dok je sekundarni maksimum otjecanja vode u jedanaestom mjesecu. Najmanji protok je u osmom ili devetom mjesecu, ali značajni su još mali vodostaji u prvom ili drugom mjesecu. Sekundarni ekstremi velike i male vode doista su izraziti i odražavaju svu zamršenost i specifičnost snježno-kišnog režima Save koja je u istočnoj Hrvatskoj pod izravnim i jakim utjecajem desnih pritoka iz Bosne.

Drava u istočnoj Hrvatskoj teče od sjeverozapada prema jugoistoku. Dolina joj je asimetrična. Glavni pritoci dotječu iz gorskih masiva Papuka i Krndije. Režim protoka Drave je gotovo suprotan režimu Save. Dravom na hidrometrijskom profilu Donji Miholjac otječe od četvrtog do devetog mjeseca (topli dio godine) 58 %, a od desetog zaključno s trećim mjesecom (hladni dio godine) 42 % godišnjeg otjecanja vode. Tolika ujednačenost protoka s malim fluktuacijama vodostaja značajke su ledenjačko- snježnog režima tekućica. Najveći protok vode u Donjem Miholjcu najčešći je u šestom ili petom mjesecu, dok je sekundarni maksimum u jedanaestom mjesecu. Najmanji protok vode pojavljuje se u prvom odnosno desetom mjesecu. Takva raspodjela vode tijekom godine pruža povoljne uvjete iskorištavanja hidroenergije, za plovnost, za poljoprivredu i ribnjačarstvo.

Režim vode Kopačkog rita

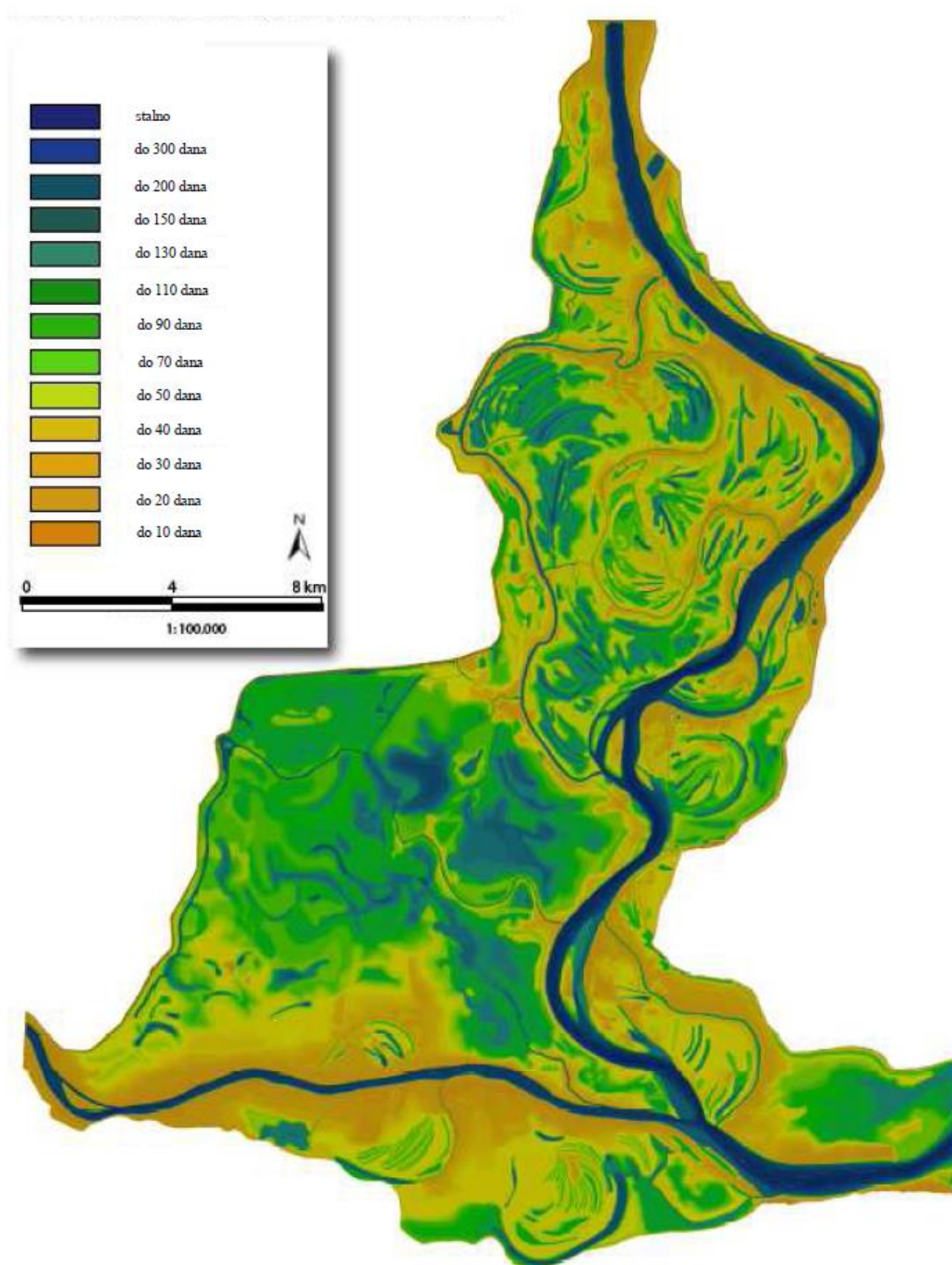
Hidrologija prije svega, ali i meteorologija ključni su čimbenici stanja okoliša na vlažnom, močvarnom i ravničarskim području Kopačkog rita. Kopački rit se nalazi u režimu voda rijeke Dunava u snažnoj interakciji s režimom voda rijeke Drave. Geografi su došli do zaključka da vodostaji i protoci Drave i Dunava u proljeće počinju rasti zbog otapanja snijega i leda u Alpama gdje se nalaze njihova izvorišta. Budući da rijeka Drava ima kraći tok do spoja s Dunavom, njene vode do Kopačkog rita brže stignu od voda Dunava. Vodni val Drave dijelom se stoga retencionira i u koritu Dunava u području ušća stvarajući tako barijeru vodnom valu Dunava koji stiže nešto kasnije. Morfološke zapreke (Daljska planina i meandri) utječu na to da se tada vode Dunava na ušću s Dravom uspire i podignu, čime se izravno utječe na njihovo masovnije ulaženje u prostor Kopačkog rita uz odlaganje nanosa u njemu. Voda je

tijekom tisućljeća ulazeći i izlazeći iz Kopačkog rita stvorila posebne morfološke oblike koje su postale staništem brojnih biljnih i životinjskih vrsta. Biološka raznolikost izravna je posljedica hidrološkog režima Kopačkog rita. Visoki vodostaji u Kopačkom ritu, a time i poplavljenost njegovog većeg dijela, javljaju se u prirodnom režimu od veljače do svibnja dok niski vodostaji prevladavaju od kolovoza do siječnja (Tablica 8., Slika 19.).

Tablica 8. Prikaz odnosa vodostaja rijeke Dunav i poplavljenih i nepoplavljenih površina Posebnog zoološkog rezervata Kopački rit (JU PP Kopački rit, 2011).

Red. broj	Vodostaj Dunava kod Apatina (cm)	Površina pod vodom		Površina bez vode	
		(ha)	%	(ha)	%
1.	Ispod 300	281.81	4.52	5952.71	95.48
2.	300-350	815.18	13.08	5419.35	86.92
3.	350-400	3025.47	48.53	3209.05	51.47
4.	400-450	5901.78	94.66	332.74	5.34
5.	Preko 500	6234.52	100.00	0	0

Veza između hidrologije i ekologije na ovom području je snažna i izravna. Tijekom velikih voda u prostoru plitkih i relativno toplih voda u kojima postoji obilje hrane mriješte se značajne količine i brojne vrste riba (44 vrste). Njihova je brojnost razlogom obilja vrsta i broja ptica (291 vrsta). Tijekom poplava stradaju brojni kopneni organizmi koji postaju hrana ribama i pticama. Kada se na kraju ljeta voda povuče u vlažnim prostorima Kopačkog rita postoje idealni uvjeti za naglo bujanje vegetacije koja služi kao hrana ali i zaštita pticama i kopnenim organizmima, a posebno kopnenim sisavcima (jeleni, srne, divlje svinje). Povlačenje vode uzrokom je da brojne vodene životinje (ribe, školjkaši, itd.), ostaju zarobljeni na suhom ili u plitkim barama te na taj način predstavljaju lako dostupnu hranu za kopnene organizme.



Slika 19.. Prosječne vrijednosti trajanja poplava u vodenim tijelima poplavnog područja Kopački rit (prema Schwarz, 2005).



Zadatci:

1. Koje su osnovne hidrološke veličine?
2. Što je vodostaj, a što vodostanje?
3. Što je amplituda vodostaja?
4. Što je nivogram?
5. Što je protok i kako se prikazuje grafički?
6. Što je režim tekućice i kakav on može biti?
7. Opišite vodni režim rijeke Save i Drave.
8. Objasnite režim voda Kopačkog rita.
9. Prema podacima o vodnom režimu rijeke Dunav (vodomjerna stanica Apatin) izračunajte srednje vrijednosti vodostaja po mjesecima, kao i srednje godišnje vrijednosti za razdoblje od 1958. do 1977. godine (Tablice 9., 10. i 11.).
10. S obzirom da se utjecaj vodostaja Dunava, tj. poplava najbrže uočava kroz promjene u zajednicama vodenih organizama nižih trofičkih kategorija pročitajte priloženi znanstveni rad (Vidaković i sur., 2012). Nakon čitanja pokušajte zaključiti kako se mijenjaju i razvijaju zajednice beskrležnjaka u obraštaju –ovisno o vodostaju, te koja je razlika u dinamici i intenzitetu promjena između organizama viših i nižih trofičkih kategorija (beskrležnjaci/ribe).

Tablica 9. Srednji mjesečni minimalni vodostaj (cm) Dunava, vodomjerna stanica Apatin (Mikuska, 1979).

Godina	Mjeseci											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1958	73	96	248	286	390	270	304	286	141	172	263	166
1959	242	142	158	172	284	250	423	370	120	44	53	63
1960	132	126	221	228	193	278	244	385	268	235	265	239
1961	127	158	257	258	270	388	230	191	80	41	74	96
1962	158	219	228	250	389	493	358	195	132	41	41	78
1963	90	183	227	454	371	291	221	158	183	139	120	18
1964	155	184	98	293	294	248	162	132	132	65	224	266
1965	230	162	157	505	614	736	569	380	330	158	148	259
1966	250	354	328	325	408	419	504	569	310	211	33	340
1967	333	357	446	450	516	450	390	235	170	129	113	80
1968	163	251	220	290	210	253	212	296	236	210	152	90
1969	44	154	270	302	246	233	208	142	152	48	42	53
1970	102	150	350	532	564	530	388	410	262	216	218	196
1971	130	194	128	278	252	244	144	100	70	62	22	86
1972	70	40	76	76	254	360	280	284	139	86	108	100
1973	55	60	130	274	355	290	236	110	78	140	130	146
1974	176	280	208	150	172	284	400	250	142	250	264	292
1975	336	228	190	260	400	410	540	328	218	138	114	112
1976	112	180	142	152	216	220	84	172	120	124	118	210
1977	158	286	429	418	422	286	256	240	190	106	102	138

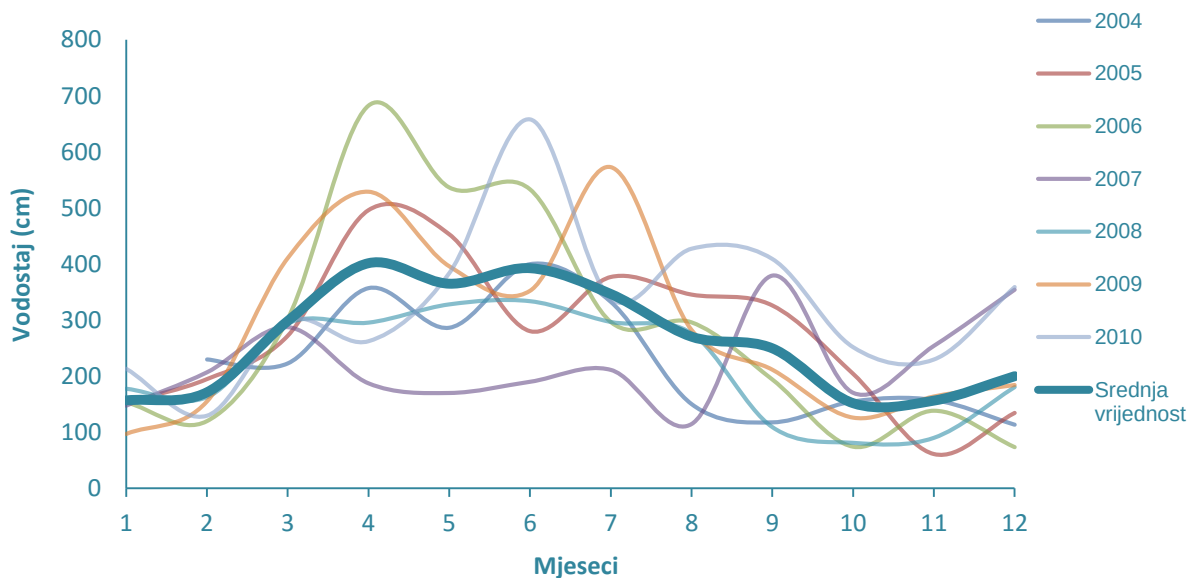
Tablica 10. Srednji mjesečni vodostaj (cm) Dunava , vodomjerna stanica Apatin (Mikuska, 1979).

	Mjeseci											
Godina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1958	136	327	411	446	462	345	457	316	196	309	346	233
1959	326	187	260	273	329	420	526	485	196	74	83	91
1960	231	182	361	287	289	348	370	474	330	301	290	289
1961	203	338	307	316	389	464	333	270	145	87	148	237
1962	214	295	318	446	516	563	416	293	155	78	148	138
1963	181	217	422	484	396	353	324	202	306	225	171	192
1964	201	277	175	376	381	289	250	183	183	298	387	343
1965	263	232	287	581	672	789	694	537	413	262	173	371
1966	363	519	400	405	458	462	572	657	522	242	313	425
1967	410	445	505	529	571	529	468	284	268	181	143	140
1968	281	284	278	385	300	317	295	391	264	350	175	133
1969	151	224	384	336	357	327	306	228	253	84	83	105
1970	158	317	450	595	619	574	492	550	418	299	299	196
1971	216	236	217	327	289	329	264	134	136	89	61	133
1972	100	88	118	241	352	423	421	410	192	110	223	217
1973	74	145	174	333	455	346	312	189	109	200	209	245
1974	281	322	268	250	279	413	477	345	225	350	351	517
1975	484	327	239	372	472	483	687	412	352	177	140	155
1976	319	247	183	231	286	363	130	229	225	161	190	319
1977	178	502	551	454	486	337	294	404	287	140	171	170

Tablica 11. Srednji mjesečni maksimalni vodostaj (cm) Dunava, vodomjerna stanica Apatin (Mikuska, 1979).

	Mjeseci											
Godine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1958	200	573	584	514	556	404	598	366	294	490	448	288
1959	435	285	397	456	396	612	604	620	425	126	105	208
1960	319	299	450	318	433	410	537	560	410	384	335	325
1961	261	465	364	356	519	521	448	370	270	128	255	486
1962	295	373	410	525	617	620	533	404	190	147	230	202
1963	270	260	595	538	459	497	501	287	412	303	271	269
1964	247	349	390	452	464	332	312	227	227	470	533	494
1965	315	300	607	648	766	825	804	649	471	390	246	459
1966	441	619	536	498	495	530	638	741	729	304	390	518
1967	515	538	555	616	622	608	505	397	394	233	176	346
1968	522	306	358	452	392	383	438	452	351	510	230	199
1969	264	382	484	388	452	478	388	376	386	144	151	156
1970	252	468	596	650	672	615	552	656	606	456	420	400
1971	280	298	426	398	320	430	372	154	248	150	118	258
1972	186	138	158	436	430	480	584	508	328	138	424	372
1973	98	204	268	406	576	490	500	304	200	278	360	312
1974	504	394	372	360	336	514	586	568	328	520	528	660
1975	626	444	318	468	572	562	812	634	520	214	198	198
1976	468	424	238	324	350	516	240	310	290	210	282	446
1977	232	648	632	498	562	420	362	560	422	178	236	290

11. Prema izračunatim srednjim vrijednostima vodostaja za rijeku Dunav izmjerenim na vodomjernoj stanici Apatin u periodu od 1958. do 1977. godine prikažite nivograme koristeći program Excel za srednji mjesečni maksimalni, srednji mjesečni i srednji mjesečni minimalni vodostaj. Objasnite nivograme.
12. Opišite nivograme Dunava na vodomjernoj stanici Apatin od 2004. do 2009. godine (slika 20.). Uočite koje su promjene u vodostajima nastupile tijekom navedenih godina. Usporedite nivogram za srednji mjesečni vodostaj Dunava (niz godina 2004.-2009. godine) s nivogramom za srednji mjesečni vodostaj za period 1958.-1977. godine. Uočite promjene!



Slika 20. Režim Dunava na vodomjernoj stanici Apatin od 2004. do 2009. godine (Mikuška, 2010).

13. Grafički usporedite godišnji prosjek vodostaja Dunava s ulovom ribe u Kopačkom ritu u razdoblju od 1958-1977. godine (Tablica 12.). Objasnite ovisnost ulova ribe s promjenom vodostaja u Kopačkom ritu.

Tablica 12. Ulov ribe u Kopačkom ritu u razdoblju od 1958. do 1977. godine (Mikuska, 1979).

Godina	Količina ulovljene ribe (u kg)
1958	213 479
1959	17 675
1960	128 439
1961	115 935
1962	219 696
1963	183 409
1964	8 337
1965	186 761
1966	238 648
1967	212 434
1968	15 853
1969	102 372
1970	260 007
1971	121 481
1972	151 022
1973	119 629
1974	149 765
1975	220 206
1976	239 806
1977	112 394

Vježba 5

Biotički čimbenici – Interspecijska kompeticija

Cilj: Upoznati se s promjenama kvalitativnog sastava faune riba rijeke Dunav u području Kopačkog rita tijekom dvadesetog stoljeća. Uočiti interspecijske kompeticijske odnose vrsta riba na području Kopačkog rita. Upoznati se s pojedinim ekološkim značajkama slatkovodnih vrsta riba koje žive u Hrvatskoj.

Materijal: Podatci o ulovu ribe na Dunavu u području Kopačkog rita od 1914. do 1935. godine; Podatci o ulovu ribe na Dunavu u području Kopačkog rita od 1945. do 1968. godine (Mikuška, 1979).

Dodatna literatura za vježbu (dostupna u .pdf formatu)

- Duplić A. 2008. Slatkovodne ribe. Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. DZZP.
- Djikanovic V. i sur. 2015. Review of sterlet (*Acipenser ruthenus* L. 1758) (Actinopterygii: Acipenseridae) feeding habits in the River Danube, 1694–852 river km, Journal of Natural History, 49:5-8, 411-417
- Kottelat M., Freyhof J. 2007. Handbook of European Freshwater Fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany, 646 pp.
- Mérő, T. O. 2014. Diet in pike (*Esox lucius*) in northwestern Vojvodina (Serbia). Natura Croatica, Vol. 23, No. 1, 27–34.
- Mikuska, J. 1984. Promjena ribljeg fonda Kopačkog rita i Dunava s obzirom na zagađivanje. Četvrti znanstveni sabor Slavonije i Baranje. Zbornik radova 647-657. Osijek
- Mrakovčić M. i sur. 2006. Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

Biotički čimbenici

Odnosi između jedinki mogu biti **intraspecijski** (odnosi unutar populacije jedne vrste) i **interspecijski** (odnosi između populacija različitih vrsta) - nastaju zbog zadovoljavanja potreba ishrane, ali isto tako i zaklona, zaštite, razmnožavanja, pogodnog mjesta za život i drugih životnih potreba. Interspecijski odnosi se označavaju kao pozitivni (+), negativni (-) i neutralni (0).

Interspecijski odnosi su: neutralizam, kompeticija, mutualizam, komensalizam, amensalizam, parazitizam, predatorstvo.

Kompeticija i ekološka niša

Kompeticija je korištenje resursa jedne jedinke što rezultira smanjenjem raspoložive količine resursa za drugu jedinku. U slučaju kada su resursi neograničeni o kompeticijskom odnosu govorimo kada jedan organizam nanosi štetu drugom. **Interspecijska kompeticija** može rezultirati smanjenjem rasta populacija, smanjenjem veličine populacija ili potpunim nestankom jedne od populacija. Također, interspecijska kompeticija može smanjiti kapacitet okoliša kompetitorskih vrsta. Jačina kompeticije

ovisi o gustoći populacija kompetitorskih vrsta. Ukoliko dvije vrste koegzistiraju na nekom staništu to znači da zauzimaju različite ekološke niše (princip kompeticijskog isključenja).

Ekološka niša predstavlja zbroj svih faktora u okolišu koji utječu na rast, preživljavanje i reprodukciju vrsta. Razlikujemo dva tipa ekoloških niša: **fundamentalna** – uvjeti u kojem određena vrsta potencijalno može preživljavati i **realizirana** – uvjeti koje određena vrsta stvarno i koristi.

Nestanak populacije jednog kompetitora dogodit će se onda kada realizirana niša superiornog kompetitora u potpunosti ispunjava one dijelove fundamentalne niše inferiornog kompetitora staništa na kojem žive. Kompeticijski odnos ne mora uvijek završiti nestankom jedne od kompetitorskih vrsta. Tijekom vremena kompetitorske vrste mogu i koegzistirati, jer se njihove ekološke niše postupno počinju razlikovati (npr. prelazak na drugi tip ishrane). U tom slučaju dolazi do diferencijacije ekoloških niša. Diferencijacija ekoloških niša je evolucijski proces koji uključuje divergenciju vrsta čije se ekološke niše poklapaju tj. diferencijacija ekoloških niša je rezultat selekcije uzrokovane kompeticijom. Ovaj proces je u ekologiji poznat kao proces **premještanja značajki**.

U prirodi kompeticijski odnos nije lako uočljiv poput npr. predatorskog odnosa. No, unošenje alohtonih vrsta koje posljedično uzrokuju nestanak autohtonih vrsta dobar je pokazatelj kompeticijskog odnosa. Tako je npr. unošenje stranih (alohtonih) vrsta riba, uz uništavanje prirodnih staništa, jedan od glavnih razloga izumiranja autohtonih slatkovodnih vrsta riba. Lokalni predatori mogu istrijebiti novounešenu vrstu u vrlo ranom stupnju naseljavanja ili ona može nestati ukoliko nema slobodne ekološke niše. No, ukoliko neka od ekoloških niša nije u potpunosti iskorištena ili se degradacijom i uništavanjem vodenih staništa oslobode ekološke niše nestankom autohtonih vrsta, alohtone vrste mogu postati invazivne. Također, pojedine alohtone vrste mogu se križati s autohtonom, te na taj način smanjiti genetičku raznolikost ihtiofaune nekog staništa. Jedan od primjera unošenja alohtonih vrsta riba u slatkovodne ekološke sustave (pa tako i na područje Kopačkog rita) je unošenje babuške (*Carrasius gibelio*) i bezribice (*Pseudorasbora parva*). Babuška i bezribica su unešene u slatkovodne vode Hrvatske 70.-tih godina prošlog stoljeća. Babuška se prvi put u ulovu ribara u Kopačkom ritu kao zasebna stavka pojavljuje 1975. godine. Mikuska (1979 i 1984) navodi da je udio babuške u biomasi u Kopačkom ritu 1977. bio 39,43 %, a već 1980. 55,39 %. Bogut (2010) navodi izuzetno veliki udio alohtone babuške i bezribice u ukupnom ulovu ribe u Dravi na području Aljmaškog rita, što je potvrdio i Balković 2012. godine prilikom istraživanja ihtiofaune rijeke Drave na području prvih 12 rkm. i desnog zaobalja. Babuška sa 20,53 % i bezribica sa 13,54% su bile najzastupljenije vrste u ukupnom ulovu tijekom istraživanja. Babuška je jak kompetitor u odnosu na autohtone vrste poput šarana (*Cyprinus carpio*) ili karas (*Carrasius carrasius*) i stoga ih potiskuje iz njihovih ekoloških niša, odnosno kao slabijim kompetitorima njihove populacije su smanjene, te danas šaran ima status ugrožene (EN), a karas osjetljive (VU) vrste na području Hrvatske.

Ekologija slatkovodnih riba

Ribe su vrlo stara i velika grupa kralježnjaka, koja se odlikuje znatnom raznolikošću. Prema FishBase.org (kolovoz 2014) opisano je 32 900 vrsta riba. U slatkovodnim staništima, koja čine samo 1 % od ukupne vodene površine na Zemlji živi 40 % vrsta riba. Najbrojnija vrstama u slatkim vodama je porodica Cyprinidae (2100 vrsta). Slatkovodna staništa se dijele na **lentička** (stajaća vode – jezera) i **lotička** (tekućice i rijeke). Na temelju sklonosti prema brzini vodotoka kojeg preferiraju slatkovodne ribe se mogu podijeliti na **reofilne**, **limnofilne** i **euritropne** vrste. Reofilne vrste preferiraju brzi vodeni tok, niže temperature i u pravilu visoke koncentracije otopljenog kisika (mrena, pastrva, klen). Limnofilne vrste

preferiraju stajaće vode i spori tok, velike oscilacije temperature, koncentracije otopljenog kisika, kao i visoke koncentracije nutrijenta u vodi (linjak, crvenperka). Euritropne vrste žive i u brzim i sporim tokovima (babuška, bodorka).

U vodenim ekološkim sustavima ribe su važni članovi hranidbenih mreža. Izbor ekoloških niša između ostalih ekoloških faktora ovisi i o načinu ishrane, tako su npr.

Nespecifični omnivori - šaran (*Cyprinus carpio*), crvenperka (*Scardinius erythrophthalmus*), linjak (*Tinca tinca*), babuška (*Carassius gibelio*)

Bentivori- vijun (*Cobitis elongatoides*), čikov (*Misgurnus fossilis*)

Piscivori-insectivori - jez (*Leuciscus idus*), patuljasti somić (*Ameiurus melas*), sunčanica (*Lepomis gibbosus*).

Planktivori-insektivori - uklija (*Alburnus alburnus*)

Invertrivori- kosalj (*Ballerus ballerus*), dunavska paklara (*Eudontomyzon vladkovi*), Balonijev balavac (*Gymnocephalus baloni*)

Piscivori (ihtiofagi) - bolen (*Aspius aspius*), grgeč (*Perca fluviatilis*), som (*Silurus glanis*), smuđ (*Stizostedion lucioperca*)

Slatkovodne ribe prema načinu ishrane i korištenja stupca vode u kojem žive možemo podijeliti na ribe koje žive:

uz dno – som (*Silurus glanis*), vijun (*Cobitis elongatoides*), kečiga (*Acipenser ruthenus*)

iznad dna – mrena (*Barbus barbus*), deverika (*Abramis brama*), šaran (*Cyprinus carpio*)

u stupcu vode – klen (*Squalius cephalus*), smuđ (*Sander lucioperca*), štika (*Esox lucius*)

blizu površine vode – crvenperka (*Scardinius erythrophthalmus*), bjelica (*Leucaspis delineates*)

uz samu površinu vode – uklija (*Alburnus alburnus*)

Tijekom života ribe prolaze kroz tri godišnja razdoblja: mirovanje (zimsko), generativno (mrijest) i trofičko razdoblje (intenzivna ishrana).

U slučajevima kada se ove životne aktivnosti odvijaju u različitim staništima ribe između tih razdoblja migriraju. Migracije mogu biti potaknute nedostatkom hrane (rjeđe) ili mrijestom (češće).

Diadromne – vrste migriraju između slanih i slatkih voda, a mogu biti: **anadromne** – migriraju u slatke vode na mrijest, **katadromne** – migriraju u more na mrijest ili **amfidromne** – obosmjerne (npr. cipri)

Oceanodromne –migriraju u morima i oceanima

Potamodromne – migriraju u slatkim vodama, mogu biti **reofilne** selice - mrena (*Barbus barbus*) i **stagnofilne** selice - šaran (*Cyprinus carpio*), crvenperka (*Scardinius erythrophthalmus*), jez (*Leuciscus idus*)

Slatkovodne ribe se mogu podijeliti i prema strategiji mrijesta na: **monociklične** i **policiklične**. Monociklične ribe se mrijeste samo jednom u životu nakon dostizanja spolne zrelosti npr. crnka (*Umbra krameri*) i jegulja (*Anguilla anguilla*). Policiklične vrste se nakon dostizanja spolne zrelosti mrijeste više puta tijekom života. Ribe s policikličnim mrijestom mogu se mrijestiti jednom ili više puta tijekom sezone. Tako se npr., štika (*Esox lucius*) i grgeč (*Perca fluviatilis*) mrijeste jednom u sezoni, a linjak (*Tinca tinca*), mrena (*Barbus barbus*) i deverika (*Abramis brama*) mrijeste se više puta u sezoni. Prema mrijesnom supstratu (podlozi) ribe mogu biti npr: **fitofilne** – ikru (jaja) odlažu na biljke, šaran (*Cyprinus carpio*) štika (*Esox lucius*); **litofilne** - ikru odlažu na pijesak ili kamenje, bolen (*Aspius aspius*), keslerov glavoč (*Neogobius kessleri*); **litopelagofilne** - ikru odlažu na kamenju u brzom toku, manjić (*Lota lota*); **ostrakofilne** - odlažu ikru na škrge školjki, plaviš ili gorka gavčica (*Rhodeus amarus*).

Fitofilne vrste se međusobno razlikuju i po vrsti biljne podloge na koju polažu ikru. Tako je primjerice istraživanjima ihtiofaune Kopačkog rita utvrđeno da se šaran u ritu najčešće mrijesti u biljnoj zajednici

Myriophyllo-Naunpharetum W. KOCH, 1926 i to na grbaku *Roripa amphibia*, a som svoju ikru polaže na adventivno korijenje bijelih vrba (*Salix alba*) i to u zajednici *Galio – Salicetum albae* RAUŠ, 1976.

Lotički sustavi – riblje zone

Riblje zone su longitudinalne podijele rijeka prema karakterističnim vrstama podijeljene na temelju različitih ekoloških uvjeta koje pojedine vrste riba preferiraju (promjena brzine vode, nagib, širina i dubina korita, tip podloge i sedimenta, temperatura, zasićenost kisikom, vegetacija i sl.). Prijelazi između zona često su neuočljivi. Vrste po kojima su nazvane pojedine zone osobito su prilagođene ekološkim uvjetima unutar nje. Takva je podjela općenita i gruba, pa je s vremenom dorađivana i izmjenjivana. Većinu naših rijeka teoretski se može podijeliti na četiri zone koje počinju kod izvora, a završavaju u nizini. To su: **zona pastreve**, **zona lipljana**, **zona mreke** i **zona deverike**. Rijeke jadranskog slijeva završavaju **zonom lista**, u kojoj se miješa slatka i slana voda. Ipak, iznimka su neke rijeke jadranskog slijeva koje se nakon nekoliko kilometara ulijevaju u more ili poniru (npr. Jadro, Žrnovnica, Gacka, Lika).



Zadatci:

1. Prikažite priložene podatke o kvalitativnom sastavu faune riba Dunava kod Kopačkog rita u razdoblju od 1914. do 1935. godine (Tablica 13.), odnosno od 1945. do 1968. godine (Tablica 14). u postocima. Zatim ih prikažite grafički uz pomoć programa Windows Excel. Uočite i napišite razlike (u postocima, za svaku vrstu, odnosno za ulov „miješane“ i „bjelice“) u ulovu ribe između ova dva perioda.

Tablica 13. Podatci o ulovu ribe (kg) na Dunavu u području Kopačkog rita od 1914. do 1935. godine (Mikuska, 1979).

God	Kečiga <i>Acipenser ruthenus</i>	Smuđ <i>Sander lucioperca</i>	Som <i>Silurus glanis</i>	Šaran <i>Cyprinus carpio</i>	Štuka <i>Esox lucius</i>	Miješana*	Bjelica**
1914	1088	37254	18609	125092	88208	46286	231864
1915	1067	51444	16759	180136	129123	64841	285512
1916	1284	46970	16753	121899	163658	54538	205779
1917	1349	45878	11875	135909	63785	75167	173282
1918	2847	28172	23321	146142	5544	60831	78958
1919	218	15383	23635	88215	30468	26565	119954
1920	2277	20887	37685	296102	60721	48130	239276
1921	1380	27609	18577	237629	13803	36534	134653
1922	1668	8607	20678	178470	31624	18274	145634
1923	1557	31884	31170	309047	75372	23822	261330
1924	1470	24398	27256	706724	167052	42999	597059
1925	2418	37929	30220	705589	86772	65629	399418
1926	3603	56070	30306	287794	150720	73423	566505
1927	2745	43953	29880	529105	191563	75567	562091
1928	3900	33900	35200	306500	55000	146600	265600
1929	3400	22400	24400	140600	29700	139500	156200
1930	3200	17408	22900	112600	29700	105400	201800
1931	3000	37300	24200	460000	97000	289100	302600
1932	4400	32500	24000	352300	87000	150700	252200

1933	3400	15600	18300	110200	34700	35600	229600
1934	3000	20500	11600	129900	26700	36000	363100
1935	3900	22100	24900	265800	109400	40700	461600

*naziv „Miješana“ su ribari u Kopačkom ritu označavali „mješoviti ulov“ vrsta: jez (*Leuciscus idus*) preko 0.5 kg, deverika (*Abramis brama*) preko 0.5 kg, mrena (*Barbus barbus*) preko 0.5 kg, linjak (*Tinca tinca*), zlatni karas (*Carassius carassius*), američki somić (*Ameiurus melas*), babuška (*Carassius gibelio*), tolsolobik (*Hypophthalmichthys molitrix*), amur (*Ctenopharyngodon idella*).

**naziv „Bjelica“ su ribari u ritu označavali „mješoviti ulov“ vrsta: bodorka (*Rutilus rutilus*), crvenperka (*Scardinius erythrophthalmus*), krupatica (*Blicca bjoerkna*), kosalj (*Abramis ballerus*), grgeč (*Perca fluviatilis*).

Tablica 14. Podaci o ulovu ribe (kg) na Dunavu u području Kopačkog rita od 1945. do 1968. godine (Mikuska, 1979).

God.	Kečiga <i>Acipenser ruthenus</i>	Smuđ <i>Sander lucioperca</i>	Som <i>Silurus glanis</i>	Šaran <i>Cyprinus carpio</i>	Štuka <i>Esox lucius</i>	Miješana	Bjelica
1945	1657	8641	10815	58826	161779	39104	161959
1946	1840	15737	21320	162310	61780	152850	212663
1947	1140	9783	16311	143284	43312	132816	82695
1948	3533	14202	28088	433180	186588	191155	304101
1949	2458	20100	20717	184451	65370	172744	220306
1950	8506	18811	6985	61183	3187	123089	72839
1951	7623	13854	38389	260781	165096	144075	412229
1952	4305	21318	55030	147974	34549	211339	349882
1953	2771	21251	50394	234318	28040	172773	199765
1954	3463	13885	36835	125002	138404	127184	233923
1955	1125	44808	50638	400892	123053	139688	342177
1956	864	37671	41449	331187	116153	170907	310963
1957	1212	31164	27202	255822	91494	162180	382124
1958	531	16848	51383	146688	65181	146965	215121
1959	986	16421	31517	100064	80858	184017	290688
1960	934	18925	17241	147088	15770	119975	177040
1961	1469	11910	43944	140422	25168	112665	194199
1962	890	14516	62534	155880	83337	146095	422560
1963	572	18759	14815	126099	62416	150743	470830
1964	759	10074	9365	47921	12409	170485	256707
1965	142	8656	20201	70478	153744	125913	527091
1966	128	16805	15341	117128	277386	155339	552823
1967	102	50406	35049	69812	191007	140900	513016
1968	688	19639	11606	81653	23731	160942	285155

- Objasnite rezultate i opišite promjene koje su nastale tijekom 20-tog stoljeća u ihtiofauni Dunava na području Kopačkog rita (pogledajte znanstveni rad Mikuska 1984). Obratite pažnju na ulov babuške (*Carassius gibelio*). S kojim je vrstama babuška u kompeticiji u ekološkoj niši? Je li babuška slab ili jak kompetitor i zašto, objasnite? (životni ciklus babuške proučite iz Kottelat i Freyhof, 2007).
- Na osnovu priloga 1 i literature (Duplić, 2008; Kottelat i Freyhof, 2007; Mrakovčić i sur., 2006) zaključite koje alohtone vrste riba žive, a koje su autohtone vrste regionalno izumrle na

području Kopačkog rita. Što je utjecalo na nestanak ili smanjenje populacija pojedinih vrsta riba iz Kopačkog rita posljednjih 60-tak godina? U Crvenoj knjizi slatkovodnih riba Hrvatske pogledajte i napišite koji su glavni razlozi ugroženosti šarana (*Cyprinus carpio*) i karasa (*Carrasius carrasius*).

4. Pročitajte znanstvene radove vezane za ishranu dvije vrste riba u Dunavu (.pdf u prilogu vježbe):

- Měrő, T. O. 2014. Diet in pike (*Esox lucius*) in northwestern Vojvodina (Serbia). Nat. Croat., Vol. 23, No. 1, 27–34.
- Djikanovic V., S. Skoric, M. Lenhardt, M. Smederevac-Lalic, Z. Visnjic-Jeftic, S. Spasic and B. Mickovic 2015. Review of sterlet (*Acipenser ruthenus* L. 1758) (Actinopterygii: Acipenseridae) feeding habits in the River Danube, 1694–852 river km, Journal of Natural History, 49:5-8, 411-417.

Zaključite jesu li štika (*Esox lucius*) i kečiga (*Acipenser ruthenus*) kompeticijske vrste? Obzirom na ekološke niše koje zauzimaju jesu li štika i som (*Silurus glanis*) kompetitori? Objasnite odgovore.

5. Iz priložene literature (Duplić, 2008; Kottelat i Freyhof, 2007; Mrakovčić i sur., 2006) proučite i opišite životne cikluse jedne vrste anadromne i katadromne selice.
6. Navedite vrste riba karakteristične za svaku od navedenih ribljih zona (Duplić, 2008; Mrakovčić i sur., 2006).
7. Kojoj zonaciji pripada rijeka Dunav u području Kopačkog rita?

PRILOG 1: Fauna riba Kopačkog rita

Prema podacima iz Plana upravljanja Kopačkim ritom iz 2011. godine u vodama Kopačkog rita zabilježeno je 44 vrste slatkovodnih riba što je 34.64 % ukupnog broja riba Hrvatske, ali se pretpostavlja da bi to područje moglo naseljavati 60-tak vrsta riba. Uneseno je čak 7 vrsta riba, dok su ostalih 37 autohtone vrste. Od 44 vrste tri su endemi dunavskog sliva: plotica (*Rutilus pigus virgo* Berg, 1932), prugasti balavac (*Gymnocephalus schraetzer* L. 1758) i mali vretenac (*Zingel streber* Siebold, 1863), a dvije se vrste smatraju regionalno izumrlima: obična moruna (*Huso huso* L. 1758) i obična pastruga (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771) Tablica 15.

Tablica 15: Popis vrsta riba na području Kopačkog rita (Martinčić, 1999).

Rbr.	Porodica	Rod	Vrsta
1.	Salmonidae	<i>Oncorhynchus</i>	<i>Oncorhynchus mikiss</i> (Walbaum, 1792)
2.	Anguillidae	<i>Anguilla</i>	<i>Anguilla anguilla</i> (L., 1758)
3.	Gadidae	<i>Lota</i>	<i>Lota lota</i> (L., 1758)
4.	Acipenseridae	<i>Acipenser</i>	<i>Acipenser ruthenus</i> (L., 1758)
5.			+ <i>Acipenser stellatus</i> (Pallas, 1771)
6.		<i>Huso</i>	+ <i>Huso huso</i> (L., 1758)
7.	Esocidae	<i>Esox</i>	<i>Esox lucius</i> (L., 1758)
8.	Cobitidae	<i>Cobitis</i>	<i>Cobitis taenia</i> (L., 1758)
9.		<i>Misgurnus</i>	<i>Misgurnus fossilis</i> (L., 1758)
10.	Cyprinidae	<i>Abramis</i>	<i>Abramis brama</i> (L., 1758)
11.		<i>Ballerus</i>	<i>Ballerus ballerus</i> (L., 1758)
12.			<i>Ballerus sapa</i> (Pallas, 1811)

13.		<i>Alburnus</i>	<i>Alburnus alburnus</i> (L., 1758)
14.		<i>Aspius</i>	<i>Aspius aspius</i> (L., 1758)
15.		<i>Barbus</i>	<i>Barbus barbus</i> (L., 1758)
16.		<i>Blicca</i>	<i>Blicca bjoerkna</i> (L., 1758)
17.		<i>Carrasius</i>	<i>Carrasius gibelio</i> (Bloch, 1783)
18.			<i>Carrasius carrasius</i> (L., 1758)
19.		<i>Chondrostoma</i>	<i>Chondrostoma nasus</i> (L., 1758)
20.			<i>Ctenopharyngodon idella</i> (Cuvier et Valen., 1844)
21.		<i>Cyprinus</i>	<i>Cyprinus carpio</i> (L., 1758)
22.			<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Cuvier et Valen., 1844)
23.		<i>Squalius</i>	<i>Squalius cephalus</i> (L., 1758)
24.			<i>Squalius idus</i> (L., 1758)
25.		<i>Pelecus</i>	<i>Pelecus cultratus</i> (L., 1758)
26.		<i>Pseudoraspora</i>	<i>Pseudoraspora parva</i> (Schlegel, 1842)
27.		<i>Rhodeus</i>	<i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1783)
28.		<i>Rutilus</i>	<i>Rutilus pigus</i> (Berg, 1932)
29.			<i>Rutilus rutilus</i> (L., 1758)
30.		<i>Scardinius</i>	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L., 1758)
31.		<i>Tinca</i>	<i>Tinca tinca</i> (L., 1758)
32.		<i>Vimba</i>	<i>Vimba vimba carinata</i> (L., 1758)
33.	Gobiidae	<i>Proterorhinus</i>	<i>Proterorhinus marmoratus</i> (Pallas, 1811)
34.	Siluridae	<i>Silurus</i>	<i>Silurus glanis</i> (L., 1758)
35.	Centrarchidae	<i>Lepomis</i>	<i>Lepomis gibbosus</i> (L., 1758)
36.		<i>Micropterus</i>	<i>Micropterus salmoides</i> (Lacepede, 1802)
37.	Percidae	<i>Gymnocephalus</i>	<i>Gymnocephalus cernua</i> (L., 1758)
38.			<i>Gymnocephalus schraetser</i> (L., 1758)
39.		<i>Perca</i>	<i>Perca fluviatilis</i> (L., 1758)
40.		<i>Sander</i>	<i>Sander lucioperca</i> (L., 1758)
41.			<i>Sander volgensis</i> (Gmelin, 1878)
42.		<i>Zingel</i>	<i>Zingel streber</i> (Siebold, 1863)
43.			<i>Zingel zingel</i> (L., 1758)
44.	Ameiuridae	<i>Amerius</i>	<i>Amerius melas</i> (Rafinesque, 1820)

Vježba 6

Biotički čimbenici – Predatorstvo

Cilj: Upoznati se s interspecijskim odnosom - predatorstvo, uočiti prilagodbe predatora i plijena, analizirati dinamiku populacija predatora i plijena.

Materijal: Podatci o ulovu ribe na Dunavu u području Kopačkog rita od 1914. do 1935. godine; Podatci o ulovu ribe na Dunavu u području Kopačkog rita od 1945. do 1968. godine (Mikuska, 1979); Program Wa_Tor. Version 1.0. Kovac computer services 85 Nant-Y- Felin. 1993.

Predatorstvo

Jednostran odnos s pozitivnim djelovanjem za jednog, negativnim za drugog partnera. Ovaj odnos čine neraskidive veze koje se ogledaju u procesu ishrane. Uzajamne veze ishrane su osnovne komponente u stvaranju i održavanju prirodnih zajednica. To znači da svaki heterotrofni organizam može jedino postojati na račun drugih heterotrofnih ili autotrofnih organizama i nikako bez njih. Pod predatorima podrazumijevamo sve životinjske vrste sa slobodnim načinom života koje se hrane živim jedinkama drugih životinjskih ili biljnih vrsta. Ova definicija obuhvaća raznolik niz odnosa ishrane između dvije vrste organizma, ali se uvijek svodi na odnos grabljivice i plijena, na primjer: lav i zebra, sova i miš, krtica i ličinke kukaca, vuk i ovca itd. Odnos predatora i plijena predstavlja niz prilagođenosti kod obje vrste. One se u prvom redu odnose na dijelove tijela koji sudjeluju u napadu ili obrani organizma, na sposobnost proganjanja plijena, odnosno sposobnosti bježanja od progonitelja, na sposobnost prikrivanja u cilju napada i obrane. Najčešće morfološke prilagodbe kod predatora nalaze se u području usnog otvora s obzirom da njihova morfologija i anatomija određuje njihovo specifično lovačko ponašanje. Električni organi riba i otrovne žlijezde kralježnjaka također služe za napad, ali i za obranu. Najraširenije i najznačajnija prilagodba za obranu kod mnogih životinja je sposobnost bježanja, pri čemu im pomažu osjetila vida i mirisa. Bijeg često omogućuje i autotomija. Progonjena životinja refleksno otkida dijelove svog tijela, na primjer rep guštera, dijelovi tijela gujavica, kraci morskih zvjezdica itd. Sposobnost pronalaska pogodnih zaklona vrlo je česta pojava koja se očituje u najrazličitijim oblicima, kao i prilagođenost u boji životinje prema okolišu ili sličnosti oblika tijela sa predmetima okoliša. Također, pojava mimikrije predstavlja uspješnu prilagodbu organizma ili predatora utoliko je njihova brojnost znatno veća. U prirodi predatori imaju širok spektar organizama koje koriste u svojoj ishrani, jer bi specijaliziranost ishrane dovela predatore u veliku zavisnost od brojnosti određene vrste koju one koriste u ishrani. Djelovanje predatora povećava stopu smrtnosti u populaciji plijena. Stvarni stupanj tog djelovanja po pravilu je teško bliže procijeniti u prirodnim populacijama, izloženim utjecaju čitavog niza čimbenika, među kojima je i predatorstvo. Eksperimentalno analiziran (u homogenoj i ograničenoj sredini) odnos „predator-plijen“ na nizu organizama pokazuje da kod vrlo intenzivnog odnosa „predator – plijen“ dolazi prvo do uništenja populacije plijena, a zatim do iščezavanja populacije predatora. Održavanje tih populacija i njihova periodična variranja brojnosti, moguća su samo putem stalne imigracije novih jedinki.

Pravilnosti u kretanju oscilacija populacija predatora i plijena (Slika 22. i 23.) su izražene i matematičkim modelom (Slika 21.). Matematički model je zasnovan na pojednostavljenoj pretpostavki da su uvjeti okoliša konstantni, s izuzetkom odnosa predatora i plijena, koji nužno mora dovesti do periodičnih kolebanja brojnosti obje populacije.

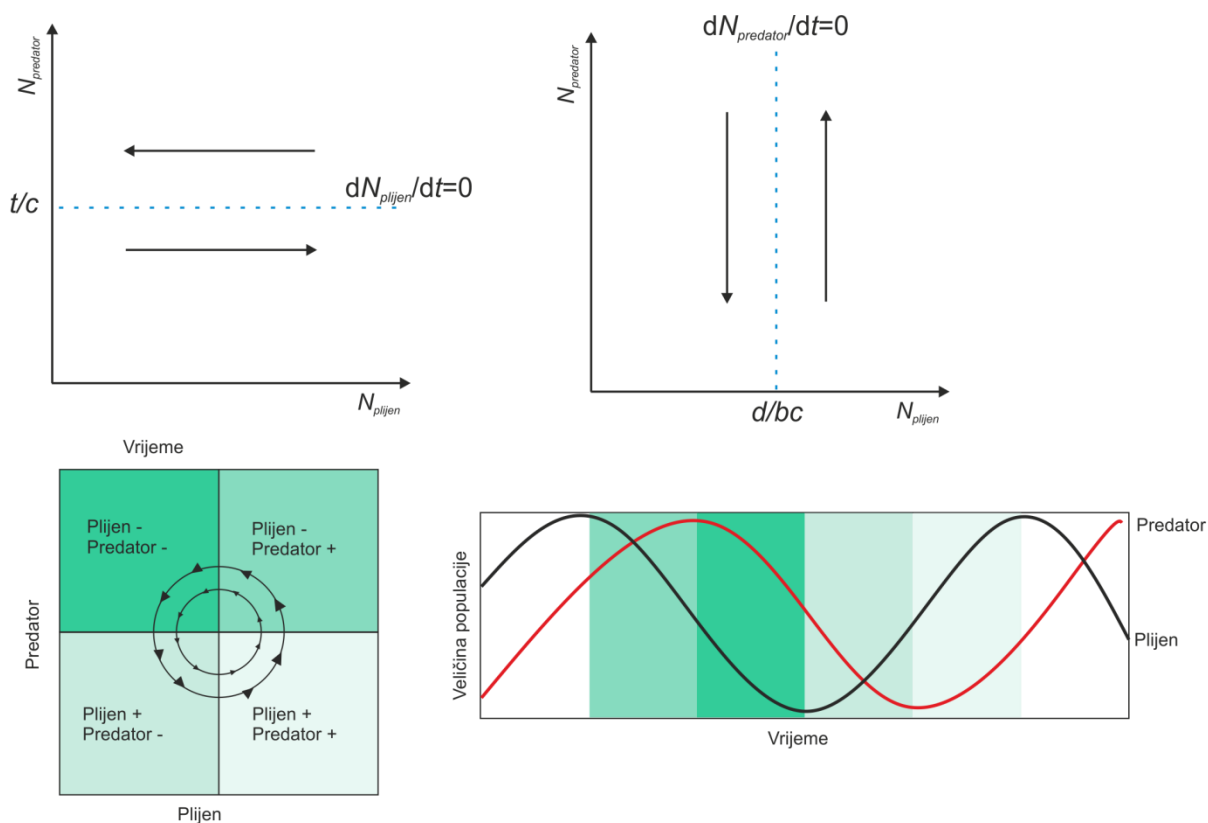
Razvijena su dva glavna tipa modela za razumijevanje dinamike predatora i plijena. Prvi se temelji na diferencijalnim jednačbama (te je stoga najviše primjenjiv na populacijama koje se kontinuirano razmnožavaju), ali se oslanja na jednostavne grafičke modele (*Lotka-Volterra model*). I drugi koji koristi diferencijalne jednačbe za modeliranje interakcije domadar-parazit s diskretnim generacijama (*Nicholson-Bailey model*).

Na osnovu matematičkog modela postavljena su tri zakona:

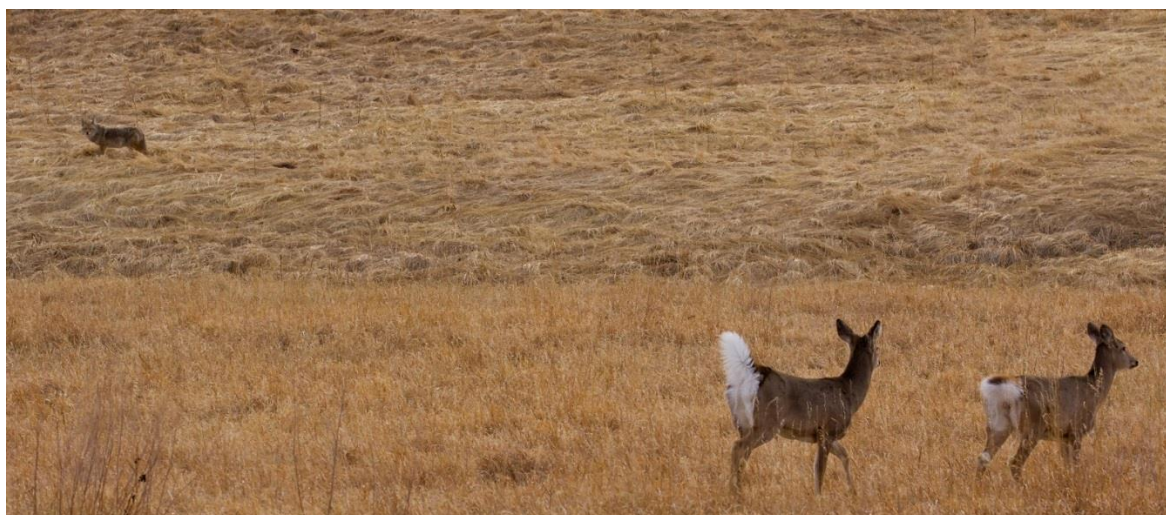
Zakon periodičnih ciklusa: Oscilacije brojnosti populacija predatora i plijena su periodične. Period oscilacije ovisi samo od početnih brojeva i od koeficijenta rasta i smanjenja obje populacije (Slika 21.).

Zakon održanja srednjih vrijednosti: Srednja gustoća obje populacije postaje konstantna bez obzira na početne brojeve, ako su uvjeti okoliša konstantni i ako su istovremeno brzina rasta populacija i efikasnost predatorstva konstantni.

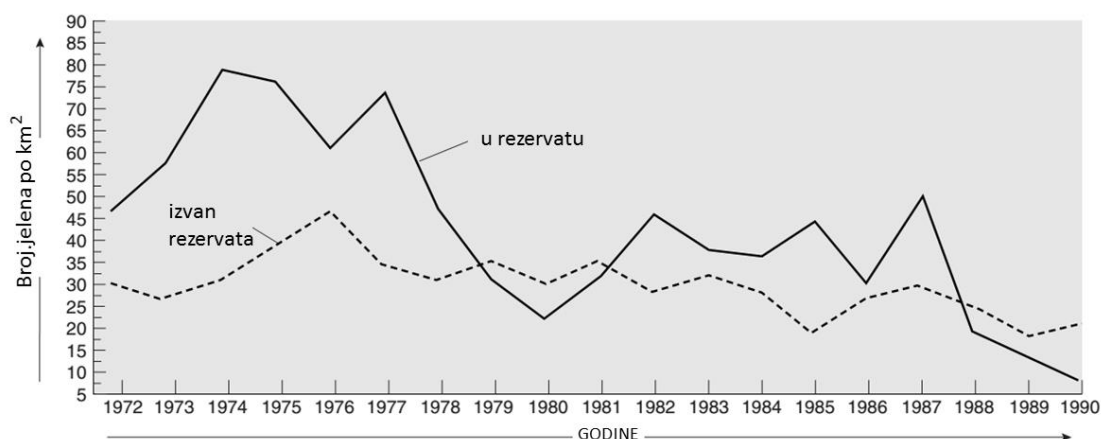
Zakon poremećaja srednjih vrijednosti: Ako su obje populacije podjednako uništavane, razmjerno njihovoj relativnoj gustoći, srednja gustoća populacije plijena raste, a predatora se smanjuje.



Slika 21. Oscilacije populacija plijena (N_{plijen}) i predatora ($N_{predator}$) prema Lotka-Volterrinim jednačbama.



Slika 22. Bjelorepi jeleni (*Odocoileus virginianus texanus*, Zimmermann 1780) i kojot (*Canis latrans* Say, 1823) (Web 8).



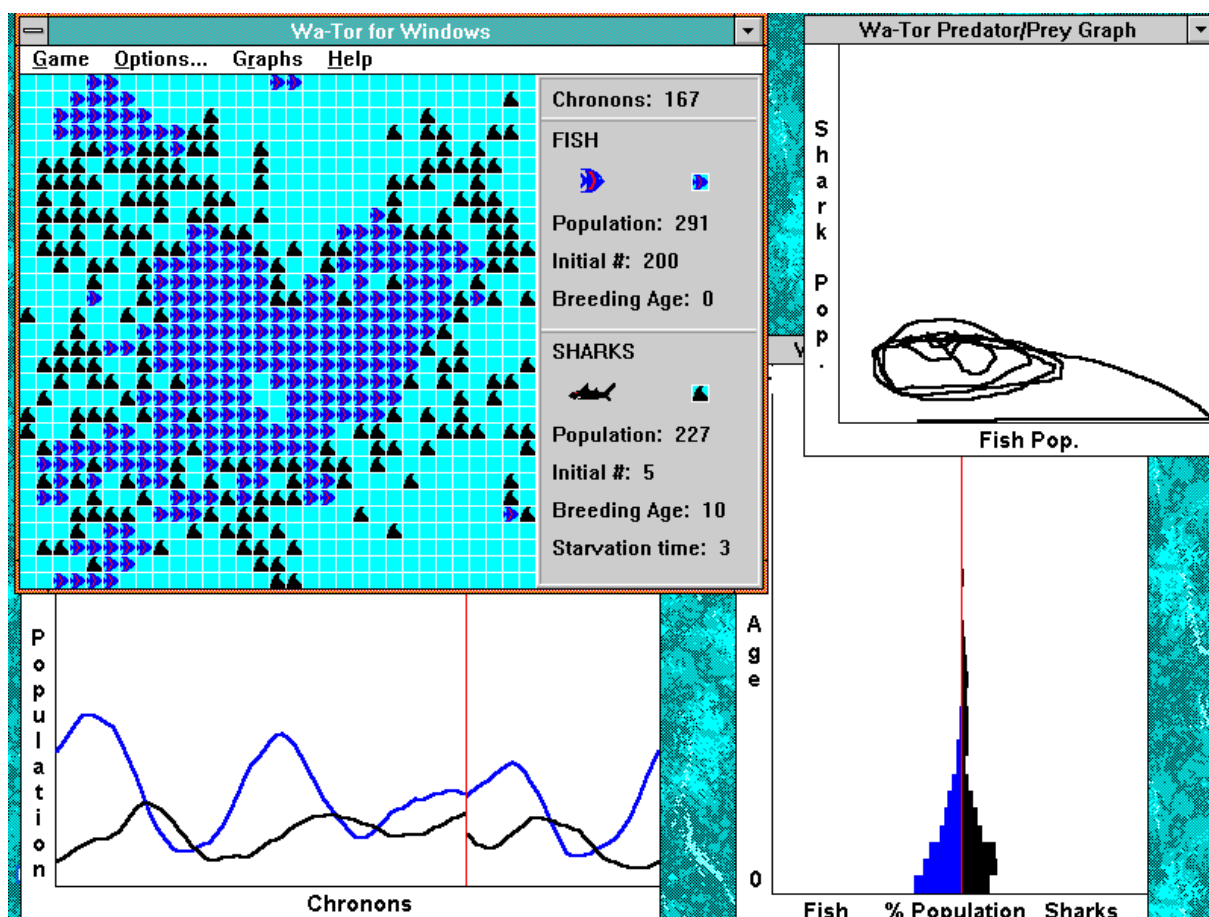
Slika 23. Procijenjena populacija bjelorepih jelena (*Odocoileus virginianus texanus*, Zimmermann 1780) unutar područja na kojem su kojoti (*Canis latrans* Say, 1823) odstrijeljeni zbog očuvanja populacije jelen) i područja izvan rezervata Welder Wildlife Foundation Refuge u Teksasu od 1972.-1990. godine (prema Linzey, 2003).



Zadatci:

1. Što su biotički čimbenici?
2. Navedite sve interspecijske odnose (s predznakom odnosa).
3. Što je predatorstvo?
4. Navedite tri odnosa predatora i plijena (koja nisu navedena u tekstu).
5. Navedite jednu predatorsku vrstu i njene prilagodbe i jednu vrstu plijena i njene prilagodbe.
6. Objasnite zakone pravilnosti kretanja oscilacija populacija predatora i plijena.
7. Analizirajte odnos predator-plijen na osnovu podataka o ulovu ribe na Dunavu u području Kopačkog rita i iskažite ga u postocima. Odnos predatora i plijena prikažite grafički u programu Windows Excel.

8. Uz pomoć programa Wa_Tor (Web 9, Slika 24.) promjenom početnih vrijednosti broja jedinki, dužine reproduksijskih ciklusa i vremenom „tolerancije prema gladi“ analizirajte odnos predator- plijen između morskih pasa i riba.
- Pod kojim uvjetima (tj. vrijednostima parametara) će populacija predatora dovesti plijen u ekstinkciju?
 - Pod kojim uvjetima će populacija predatora izumrijeti, ostavljajući populaciju plijena neometanu?
 - Pod uvjetima će se obje populacije (predatora i plijena) održavati? Kakva će biti dinamika njihovih populacija u tom slučaju?



Slika 24. Program Wa-Tor (Web 9).

Vježba 7

Metode istraživanja odnosa predator-plijen. Analiza ishrane kukuvije drijemavice (*Tyto alba* Scopoli 1769)

Cilj: Upoznati se s jednom od metoda istraživanja populacije sitnih sisavaca.

Pribor: Binokularna lupa, petrijeve posude, pribor za seciranje i čišćenje, ključ za određivanje sitnih sisavaca (čeljusti), bilježnica A4.

Materijal: Gvalice kukuvije drijemavice prikupljene tijekom siječnja 2001. godine uz jezero Sakadaš u Kopačkom ritu; Horvath G. i sur., 2007. Monitoring sitnih sisavaca na temelju istraživanja sastava gvalica sova u Purger, J. J. (ur.) 2007. Priručnik za istraživanje bioraznolikosti duž rijeke Drave. Sveučilište u Pečuhu, Pečuh. 203-217. Mikuska J. i sur., Ključ za određivanje lubanja sitnih sisavaca u gvalicama sova (interni materijal).

Analiza gvalica sova (Slika 27. i 28.) neizravna je metoda pogodna za istraživanje sitnih sisavaca kao i praćenje njihove rasprostranjenosti. Sama analiza ishrane može uključivati pojedene vrste, sklonost prema nekoj određenoj vrsti, te procjene doprinosa u biomasi predatora. Analiza gvalica sova je također i korisna metoda za dobivanje uvida u strukturu zajednica malih sisavaca i njihovu rasprostranjenost. Neizravne metode istraživanja brojnosti populacija kao što su analize gvalica ptica ili šišmiša često se koriste kako bi se izveli zaključci o dinamici populacija kada izravni podatci nedostaju ili se teško mogu kupiti. Velika prednost takvih metoda je što se njihovom upotrebom ne utječe na proučavanu populaciju, a ne izazivaju se niti štete u staništima.

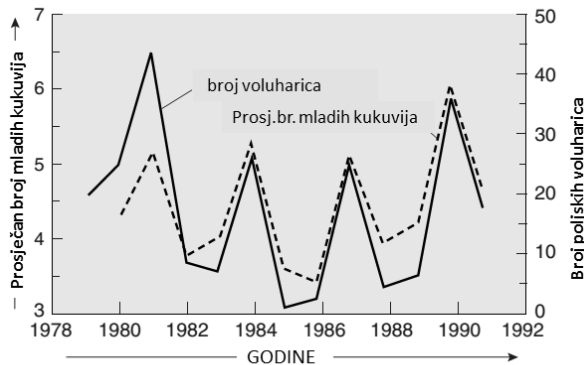


Slika 25. Kukuviya drijemavica (*Tyto alba* Scopoli 1769) (Web 10).

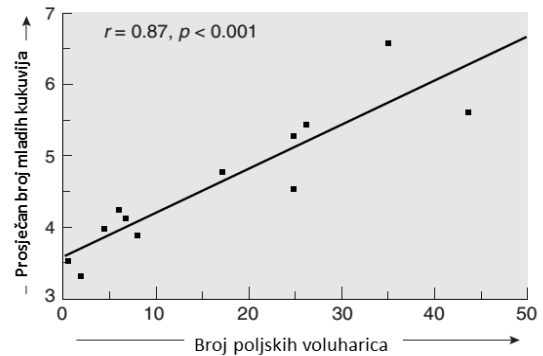
Primjer: Rezultati istraživanja odnosa populacije kukuvije drijemavice (*Tyto alba* Scopoli 1769) (Slika 25.) i livadne voluharice (*Microtus agrestis* L. 1761) u Škotskoj prikazan je na Slici 26. (Linzey, 2003).

Rast populacije plijena (poljske voluharice) utječe na rast populacije predatora, u ovom slučaju kukuvije drijemavice.

Slika 26. a) odnos prosječnog broja mladih u gnijezdu kukuvije drijemavice (*Tyto alba* Scopoli 1769) i broja poljskih voluharica (*Microtus agrestis* L. 1761) od 1978. do 1992. u Esk-u u Škotskoj; b) statistički značajna korelacija $r=0.87$, $p<0,001$ prosječnog broja mladih kukuvija u gnijezdu i broja poljskih voluharica (prema Linzey, 2003)



(a)



(b)



Slika 27. Gvalica male ušare (*Asio otus* L. 1758) na milimetarskom papiru (A. Mikuška).



Slika 28. Izdvojene kosti lubanje sitnih sisavaca iz gvalice sove (Web 11).



Zadatci:

1. Kost lubanje izdvojene iz gvalice stavite u Petrijevu posudu (Slika 28.).
2. Pregledajte kosti lubanje ispod lupe te pomoću ključa odredite kojim vrstama životinja pripadaju.
3. Odredite relativnu učestalost vrsta u uzorku
4. Utvrdite omjer rovki (Soricidae) i miševa (Muridae) u uzorku.
5. Navedite tri primjera istraživanja ekologije sitnih sisavaca ili sova u kojima bi mogli koristiti metodu analize gvalica.

Vježba 8

Dinamika i ekologija populacije

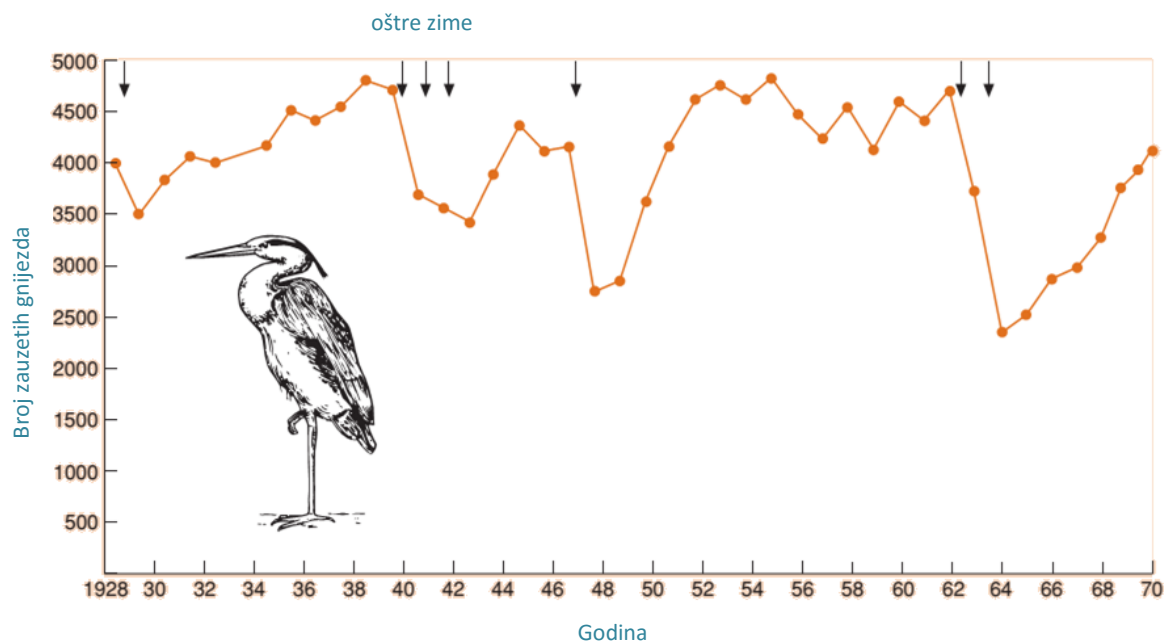
A) Dinamika populacije

Cilj: Upoznati neke od osnovnih elemenata dinamike populacije (rast, smanjivanje, fluktuiranje).

Materijal: Podatci o kretanju broja parova sive čaplje (*Ardea cinerea* L. 1758), bijele čaplje (*Ardea alba* L. 1758), gaka kvakavca (*Nycticorax nycticorax* L. 1758) i velikog vranca (*Phalacrocorax carbo* L. 1758) na gniježđenju u Kopačkom ritu u periodu od 1954. do 1990. godine.

Populacije su veće ili manje skupine jedinki iste vrste povezane međusobnim odnosima. Populacije reagiraju na djelovanje ekoloških čimbenika. Vrste u prirodi se održavaju, rasprostru i evoluiraju kao skupine jedinki - populacije. Njihovo razmnožavanje, susret spolova, parenje ili polaganje spolnih produkata i oplodnja obavlja se u okviru populacija kao organiziranih reproduktivnih zajednica. Izvore hrane u biotopu, uvjete zaklona i zaštite, organizmi koriste kao članovi populacije kojima pripadaju. Nasljedne promjene koje nastaju šire se i akumuliraju u okviru populacije. Prema tome populaciju definiramo kao prostorno - vremenski integriranu skupinu živih jedinki iste vrste, koja raspolaže zajedničkim skupom nasljednih čimbenika, naseljava određeni prostor, pripada određenom ekološkom sustavu i u okviru koje su jedinke povezane među sobom odnosima razmnožavanja tj. reproduktivna zajednica. Osnovni elementi svake populacije su: gustoća odnosno veličina, prostorni raspored, natalitet, mortalitet, uzrasna struktura, potencijal rasta populacije, te spolna struktura. Populacija je dinamična i u stalnom kretanju. Njezina veličina i njezin unutrašnji sastav mijenjaju se u funkciji vremena.

Populacijska dinamika obuhvaća prije svega promjene stope rasta populacije, fluktuacije njene gustoće, čimbenike tih promjena i mehanizam kontrole i regulacije kretanja populacije. Gustoća populacije je kvantitativan izraz veličine populacije u odnosu na jedinicu prostora. Ona se može iskazati brojem jedinki ili njihovom biomasom na jedinicu naseljene površine u danom trenutku. Gustoća populacije se neprekidno mijenja u funkciji vremena i njene promjene moraju se kvantitativno izraziti. U okviru ekološkog sustava odnos gustoća populacija pojedinih životinjskih vrsta reguliran je kapacitetom okoliša prije svega uvjetima ishrane koji postoje i općom produkcijom samog ekološkog sustava (Slika 29.).



Slika 29. Promjena brojnosti sive čaplje (*Ardea cinerea* L. 1758) u Engleskoj i Walesu (mjerena prema broju okupiranih gnijezda) se može pripisati promjenama okolišnih uvjeta (posebice oštih zima) (prema: Begon i sur., 2006).



Zadatci:

1. Što je populacija?
2. Koji su osnovni elementi populacije?
3. Što je gustoća populacije i kako se izražava?
4. Što je dinamika populacije?
5. Nacrtajte dijagram o kretanju broja parova sive čaplje (*Ardea cinerea* L. 1758), bijele čaplje (*Ardea alba* L. 1758), gaka kvakavca (*Nycticorax nycticorax* L. 1758) i velikog vranca (*Phalacrocorax carbo* L. 1758) na gniježđenju u Kopačkom ritu u periodu od 1954. do 1990. godine (Tablica 16.).

Tablica 16. Podatci o kretanju broja parova sive čaplje (*Ardea cinerea* L. 1758), bijele čaplje (*Ardea alba* L. 1758), gaka kvakavca (*Nycticorax nycticorax* L. 1758) i velikog vranca (*Phalacrocorax carbo* L. 1758) na gniježđenju u Kopačkom ritu u periodu od 1954. do 1990. godine (Podatci iz baze podataka prof. dr.sc. J. Mikuske).

God.	<i>Nycticorax nycticorax</i> Gak kvakavac	<i>Phalacrocorax carbo</i> Veliki vranac	<i>Ardea cinerea</i> Siva čaplja	<i>Ardea alba</i> Bijela čaplja
1954	796	0	93	73
1955	393	0	99	51
1956	358	0	39	36
1957	460	0	9	33
1958	450	0	0	35
1959	270	0	0	30
1960	417	0	0	38
1961	247	0	0	20

1962	305	0	0	27
1963	400	0	0	23
1964	690	0	0	22
1965	489	0	0	22
1966	370	0	0	9
1967	339	0	0	5
1968	270	0	0	0
1969	225	0	4	0
1970	330	133	35	0
1971	800	0	100	0
1972	800	78	100	0
1973	400	27	50	0
1974	300	100	150	0
1975	100	100	200	0
1976	300	50	250	0
1977	400	192	350	0
1978	600	366	400	0
1979	200	334	400	5
1980	100	534	350	5
1981	100	781	350	0
1982	400	858	350	0
1983	300	1014	300	0
1984	400	878	300	0
1985	400	900	200	0
1986	250	1200	200	0
1987	200	1500	300	0
1988	300	2855	350	0
1989	300	2667	350	0
1990	300	1367	324	0

6. Promatrajući dijagrame izvedite zaključke: koje populacije su bile stabilne, koje se smanjuju, a koje su u porastu u navedenom periodu.
7. Navedite moguće razloge zbog kojih je došlo do promjene u brojnosti navedenih vrsta ptica na području Kopačkog rita u navedenom periodu.



B) EKOLOGIJA POPULACIJE

Cilj: Upoznati matematičke modele rasta populacije

Osnovni uvjet uspješnog upravljanja okolišem je razumijevanje zakona po kojima se populacije pojedinih vrsta mijenjaju. Da bi se do tih zakona došlo nužno je sustavno pratiti odnosno promatrati populacije vrsta u prirodi i laboratoriju. Na temelju ova dva bitno različita opažanja razvijaju se pretpostavke (hipoteze) o procesima koji uzrokuju promjene. Ako se pretpostavke mogu izraziti jednadžbama govorimo o matematičkom modelu. Sljedeći je korak provjera da li predloženi model (jedna ili više jednadžbi) dobro opisuje opsežne promjene populacije jedne vrste ili zajednica vrsta i pruža li zadovoljavajuća objašnjenja za te promjene. Model koji se pokaže uspješnim prilikom provjere najsigurnije je sredstvo za predviđanje utjecaja ljudske ili neke druge aktivnosti na promjenu populacija vrsta. Rast populacije osnovno je sredstvo koje treba uzeti u obzir kod najjednostavnijeg slučaja upravljanja obnovljivim izvorom.

U izobilju hrane i prostora populacije mogu rasti geometrijskom ili eksponencijalnom stopom rasta. Populacija koja raste svojom najvećom brzinom u početku raste sporije, a zatim sve brže i brže. Svaka biljna ili životinjska vrsta koja raste i razmnožava se **diskretno** (u pulsovima, npr. jednom godišnje) može se modelirati kao **geometrijski rast** u kojem se sukcesivne generacije razlikuju u veličini prema konstantnom omjeru.

Primjer:

Promotrimo primjer rasta jedne populacije u mirnom okolišu, recimo leptira, sljedećih karakteristika:

- a) populacija se sastoji od jednakog broja mužjaka i ženki
- b) tijekom ljeta svaka ženka izlegne 100 jaja
- c) tijekom zime uginu 99% populacije
- d) preživi samo 3% jaja iz kojih se razviju novi leptiri sljedećeg ljeta
- e) nema predatora

Izračunajte veličinu populacije leptira u bilo kojem budućem ljetu ako smo u početnom ljetu imali populaciju od 40 leptira (N_0).

Populacija u prvom ljetu = preživjela populacija + nova populacija

Populacija u prvom ljetu = populacija u početnom ljetu + nova populacija – uginula populacija tijekom zime

$$\text{ili } N_1 = N_0 + (50 * 0.03N_0) - 0.99 N_0 \quad (\text{jednadžba I})$$

$t = 1$ (prvo ljetu)

$t = 0$ (početno ljetu)

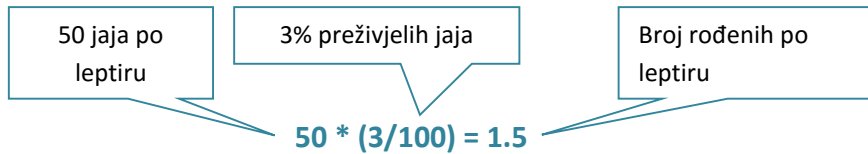
N_0 = početna populacija

Općenito prvu jednadžbu možemo pisati kao:

$$N_1 = (1 + r - u) * N_0 \quad (\text{jednadžba II})$$

KOEFICIJENT RAĐANJA (r)

Broj rođenih po jednoj jedinki, u ovom primjeru broj rođenih po jednom leptiru

**KOEFICIJENT UGIBANJA (u)**

$$0.99 * N_0$$

Tijekom zime uquine 99% početne populacije

BIOTIČKI POTENCIJAL (p) - koeficijent unutrašnjeg porasta populacije: ($r-u$)

Obzirom da je početna populacija u našem primjeru 40 leptira ($N_0=40$) iz **jednadžbe II** dobijemo broj leptira u drugom ljetu:

$$N_1 = (1 + 1.5 - 0.99) * 40 = 60.4 \text{ leptira ili } 60 \text{ leptira}$$

Slijedi broj leptira drugog ljeta:

$N_2 =$ broj leptira prvog ljeta + broj novorođenih – broj uginulih

$$= (1 + 1.5 - 0.99) * N_1$$

$$= 1.51 * 60.4$$

$$= 91.2$$

Broj N_2 smo mogli izračunati i direktno iz N_0 tako da smo u **jednadžbu II** za N_1 uvrstili desnu stranu prve jednadžbe, tj:

$$N_2 = ((1 + 1.5 - 0.99) * (1 + 1.5 - 0.99)) * 40 = 1.51^2 * 40 = 91.2$$

U ovom slučaju faktor 1.51 dolazi na kvadrat. To je zato jer smo populaciju drugog ljeta računali iz populacije početnog ljeta. Na isti način pri računanju populacije trećeg ljeta iz populacije početnog ljeta faktor 1.51 dolazi na treću potenciju!

Općenito je populacija u n -tom ljetu $N_n = (1 + r - u)^n * N_0$ gdje je $n = 1, 2, 3, \dots$ bilo koji prirodni broj koji označava prvo, drugo, treće, itd. ljetu.

Uporabom oznake za biotički potencijal dobijemo **opću jednadžbu rasta populacije**

$$N_n = (1 + p)^n * N_0 \quad (\text{jednadžba III})$$

Populacija raste to brže što je biološki potencijal p veći, odnosno što je veći koeficijent rađanja, a manji koeficijent ugibanja.

Populacija raste eksponencijalno s vremenom. Iz toga slijedi važna posljedica: ukoliko vrsti damo dovoljno vremena, njena će populacija premašiti bilo koji unaprijed zadani broj.

Je li je to zaista svojstvo populacija koje nas okružuju?

Naime, modelirana populacija bi uskoro bila toliko velika da bi nadrasla raspoložive resurse

Pretpostavili smo da se ugibanje događa samo tijekom zime, a da se novi leptiri pojavljuju samo ljeti.

To je točno za leptire, međutim kod čovjeka i nekih drugih vrsta ugibanje i rađanje događa se tijekom cijele godine. Odnosno dolazi do preklapajućih generacija, a rast populacije je **kontinuiran**.

Kontinuirani rast populacija u nelimitirajućem okolišu može se modelirati kao **eksponencijalni** rast i tada model rasta poprima nešto drugačiji oblik:

$$N_t = N_0 * e^{pt} \quad (\text{jednadžba IV})$$

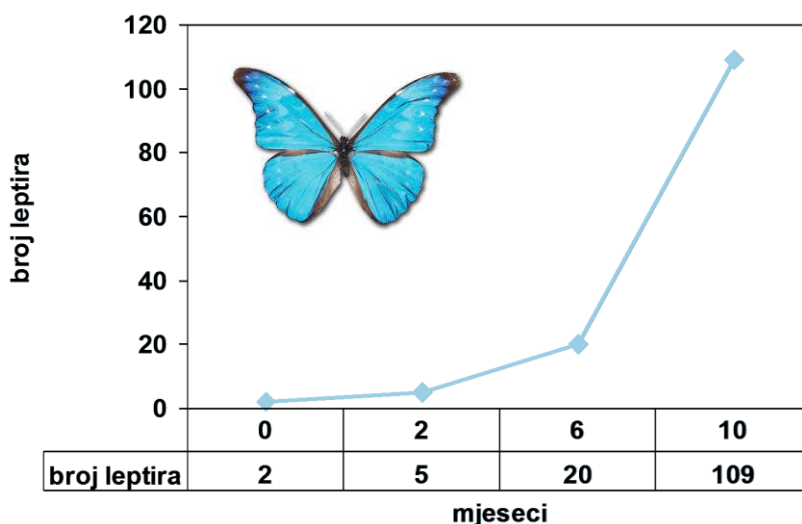
gdje je:

t = vrijeme

$e = 2.718$ (baza prirodnog logaritma)

Ovaj izraz je prvi zakon rasta populacije, a zove se **eksponencijalni** ili **Malthusov zakon** po Thomasu Malthusu engleskom svećeniku koji ga je formirao još 1798. godine.

Prvi zakon rasta populacije glasi: bez ograničenja prostora ili hrane svaka populacija raste eksponencijalno (Slika 30.).



Slika 30. Eksponencijalni rast populacije leptira.

Ako je biotički potencijal negativan, to znači da u svakoj jedinici vremena veći broj organizama ugiba nego se rađa i tada vrsta eksponencijalno izumire, a zakon je identičan s mnogo kasnije otkrivenim zakonom radioaktivnog raspada.

No prirodne populacije rastu eksponencijalno samo u relativno kratkim vremenskim intervalima uz prisutnost obilja resursa i pri maloj gustoći populacija. Eksponencijalni rast može biti vrlo važan tijekom procesa uspostavljanja populacija u novom okolišu, tijekom eksploatiranja u povoljnim uvjetima ili u procesu oporavka od nekog oblika eksploatacije. Nakon nekog vremena brzina rasta se usporava.

Pogledajmo na primjeru poljske voluharice odgovara li eksponencijalni zakon prirodnom rastu populacije.

Neka jedinica vremena bude jedan mjesec. Populacija ove vrste voluharice razmnožava se brzinom od oko 40% na mjesec što znači da je $p = 0.4$. Eksperiment rasta započet je s jednim parom, dakle u trenutku $t = 0$ imamo $N_0 = 2$ voluharice. Izraz za eksponencijalni rast ima oblik:

$$N_t = 2 * e^{0.4 * t}$$

Nakon deset mjeseci dobiveni su rezultati prikazani u Tablici 1.

Tablica 1. Rezultati eksperimenta s eksponencijalnim rastom populacije voluharica

Mjesec	0	2	6	10
Opaženo	2	5	20	109
Izračunato	2	4.5	22	109.1

Rezultati eksperimenta i eksperimentalnog rasta potpuno se slažu. Ovaj eksperiment sigurno ne bismo mogli izvoditi pet i više godina. Razlog je jednostavan: ne bi imali ni prostora ni hrane za toliko jedinki koliko bi ih se namnožilo u tom razdoblju. To je jedan od osnovnih razloga koji onemogućuje da se i u prirodi eksponencijalni rast populacije odvija unedogled. Rast populacije biološke vrste u suglasnosti je s Malthusovim zakonom sve dok je populacija relativno mala s obzirom na najveći broj organizama koji pojedini okoliš može hraniti. Taj najveći broj koji je drugačiji za svaku vrstu i područje naziva se **kapacitet okoliša**. Međutim, kako populacija raste količina hrane i prostora po jednom organizmu se smanjuje, jer istu količinu hrane treba dijeliti na više organizama. Jednostavan način da uzmemo u obzir konačni okoliš je da pretpostavimo da se čisti koeficijent porasta g smanjuje proporcionalno veličini populacije:

$$g = p (1 - b * N_t)$$

b - neka konstantna vrijednost

K - kapacitet okoliša

Neka je početna populacija mnogo manja od K . Dok je vrijeme t malo, N_t je blizu N_0 , pa će biti $b * N_t$, dakle i populacija će rasti po Malthusovu zakonu.

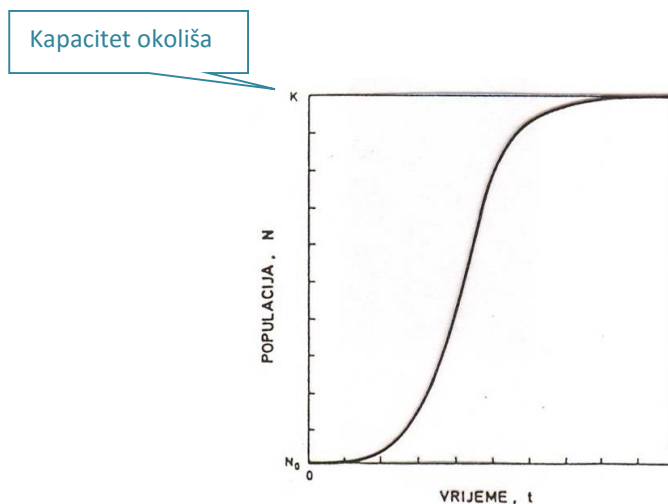
S porastom populacije i $b * N_t$ raste, to znači da g postaje sve manji.

Napokon kada se N_t približi broju K , tada će se $b * N_t$ približiti 1, a g nuli i populacija će prestati rasti.

Iz toga možemo odrediti konstantu b : iz $bK = 1 \rightarrow b = 1/K \rightarrow g = p(1 - N_t / K)$

Podsjetimo se da je g čisti koeficijent rasta po jednom organizmu, što znači da će brzina porasta cijele populacije biti $g \cdot N_t$. Može se pokazati da će počevši od broja N_0 populacija rasti po zakonu:

$$N_t = K / [1 + (K/N_0 - 1) \cdot e^{-pt}] \quad (\text{jednadžba V})$$



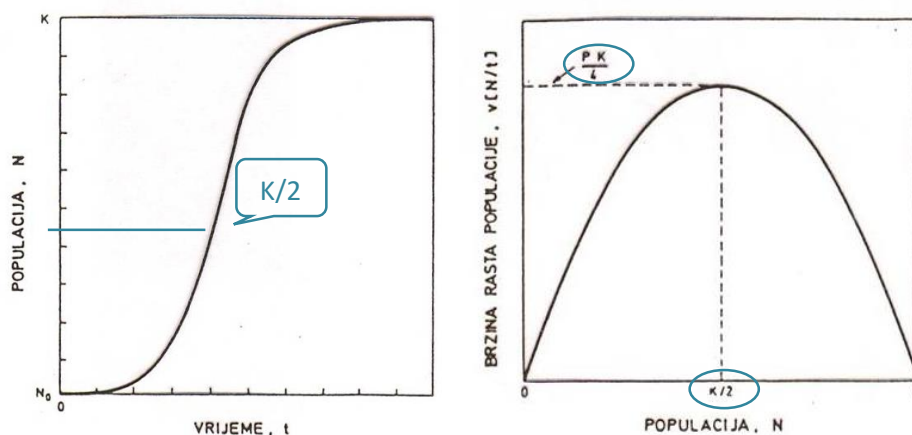
Slika 31. Logistički rast populacije

Početna populacija N_0 rast će po sigmoidalnoj ili S krivulji. U početku će rasti eksponencijalno, dakle po Malthusovu zakonu. No usporavanjem rast će prijeći u linearnu fazu (kao pravac), na koncu rast se zaustavlja a populacija se smiruje na broju (K) (Slika 31.).

Ovaj izraz (jednadžba V) je drugi zakon rasta populacije a naziva se **logistički** ili **Verhulstov zakon** po francuskom istraživaču koji ga je predložio 1839.godine.

Eksperimenti na mnogim vrstama potvrdili su Verhulstov rast. Kada se utvrdi da neka populacija raste suglasno Verhulstovom zakonu put do optimalne eksploatacije nije daleko.

Optimalna eksploatacija je najveća brzina eksploatacije koja još uvijek omogućava sigurnu egzistenciju populacije vrste.



Slika 32. Brzina rasta populacije u ovisnosti od veličine populacije N_t .

Najveća brzina rasta logističke populacije je $p \cdot K/4$. Ta brzina se postiže onda kada je broj organizama jednak $K/2$.

Dakle najveća brzina rasta logističke populacije postiže se onda kada je veličina populacije jednaka polovici kapaciteta okoliša. Iz ovoga slijedi pravilna strategija eksploatacije (pravilno upravljanje prirodnim populacijama): omogućiti da populacija naraste iznad $K/2$, a zatim eksploatirati brzinom $p \cdot K/4$.

Ako je populacija veća od $K/2$, njezina je brzina rasta jednaka brzini eksploatacije, a to znači da je populacija u ravnoteži, broj organizama se neće mijenjati u vremenu.



Zadatci:

1. Izračunajte veličinu populacije leptira u prvom i drugom ljetu ako ste u početnom ljetu imali populaciju od 60 leptira. Tijekom ljeta svaka ženka polegne 100 jaja, tijekom zime uginu 90% populacije, te preživi 5% jaja. Populacija se sastoji od podjednagog broja mužjaka i ženki.
2. Dobivene podatke iz prvog zadatka o kretanju populacije leptira u prvom i drugom ljetu prikažite grafički.
3. Provjerite na primjeru kućnog miša (*Mus musculus* L. 1758) odgovara li eksponencijalni zakon prirodnom rastu populacije, odnosno slažu li se rezultati eksperimenta i eksponencijalnog rasta. Jedinica vremena je jedan mjesec. Populacija ove vrste razmnožava se brzinom oko 50 % na mjesec, što znači da je $p=0.5$. Eksperiment rasta započet je s jednim parom, u trenutku $t=0$ imamo $N_0=2$ miša. Nakon 12 mjeseci dobiveni rezultati prikazani su u Tablici u prvom redu kao opaženo.

Mjesec	0	2	6	10	12
Opaženo	2	5	40	297	807
Izračunato	2				

Vježba 9.

Uzrasna struktura populacije

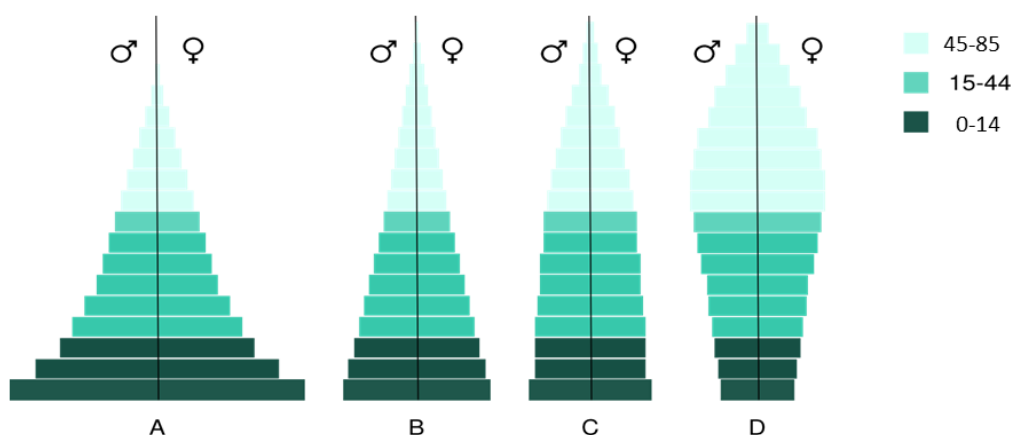
Analiza odnosa spolova i dobne strukture populacije srna (*Capreolus capreolus* L. 1785)

Cilj: Analizirati promjene dobne i spolne strukture populacije srna na imaginarnom fondu od 100 jedinki.

Materijal: Riješen primjer promjena spolne i dobne strukture srneće populacije (fond 100 jedinki) s mortalitetom od 40 jedinki tijekom 5 godina.

Uzrasna struktura populacije izraz je brojnog odnosa uzrasnih kategorija koje ulaze u sastav populacije, ona je usko vezana za kretanje nataliteta i mortaliteta, te podjednako utječe i na natalitet i mortalitet (s promjenom uzrasta mijenja se stopa preživljavanja i fekunditet). Reprodukтивna sposobnost vezana je za određene uzrasne kategorije, dok mortalitet jako varira sa starošću jedinki. Dominacija mladih jedinki ukazuje na brzi rast populacije, dok ravnomjeran raspored uzrasnih kategorija karakterizira populaciju u stacionarnom stanju, a dominacija starih jedinki znači da je populacija u opadanju. Razlikujemo tri osnovne kategorije uzrasnih razreda: **prereproduktivni, reproduktivni i postreproduktivni**. Prereproduktivni razred obuhvaća jedinke u fazi razvoja od oplođenog jajeta do spolno zrelog stupnja. U ovoj fazi razvoja moguće je razlikovati više posebnih stupnjeva kao kod kukaca s potpunom preobrazbom gdje se razlikuje oplođeno jaje, nekoliko stadija ličinki te stadij kukuljice. Dominacija jedinki iz prereproduktivnog uzrasnog razreda znači da je populacija mlada a njen rast može biti brz ili spor (Slika 33.). Populacije u kojima najveći broj jedinki pripada prereproduktivnom razredu pokazuje da je broj rođenih organizama (natalitet) veći od broja uginulih organizama (mortalitet). Takve populacije se stalno povećavaju, jer su dobro prilagođene životnim uvjetima, stopa preživljavanja mladih je visoka. Ako su ekološki uvjeti povoljni mlada populacija teži brzom prelasku u reproduktivni razred. Reprodukтивni razred sadrži spolno zrele jedinke u vremenu dok traje sposobnost reprodukcije, a postreprodukтивni razred sadrži jedinke nakon završetka reprodukтивne faze i traje do smrti jedinke, ima negativan predznak, te se populacija smanjuje (Slika 34). Vremensko trajanje svakog uzrasnog razreda vrlo je različito kod pojedinih vrsta, kod vodencvjetokrilaša (Ephemeroptera) prereprodukтивna faza razvoja traje dugo (godinu dana a ponekad i više), dok reprodukтивna traje samo nekoliko sati a postreprodukтивna i ne postoji. Sva tri uzrasna razreda podjednako su trajanja kod čovjeka (*Homo sapiens*) i kod smeđeg štakora (*Rattus norvegicus* Berkenhout 1769). Kod vrsta čije jedinke žive više godina i razmnožavaju se samo jednom u životu (vodencvjetokrilaši) populacija je sastavljena većinom od spolno nezrelih jedinki prereprodukтивnog razreda. Kod vrsta čiji se životni ciklus odvija tijekom jedne godine, populacija se u sezoni razmnožavanja sastoji isključivo od spolno zrelih jedinki (reprodukтивni razred). Vrste čije se odrasle jedinke razmnožavaju tijekom više godina uzrasna struktura populacije je složenija jer sadrže različito stare spolno nezrele jedinke (prereprodukтивni razred) i spolno zrele jedinke (reprodukтивni razred) različite starosti kao i jedinke koje pripadaju postreprodukтивnom razredu. Uzrasna struktura populacije bit će isto tako složena kod vrsta čije spolno zrele jedinke (reprodukтивni razred) žive više

godina, te se razmnožavaju više puta tijekom godine (glodavci) tako da populacija sadrži jedinke koje pripadaju različitim generacijama. Osnovni tipovi uzrasne strukture životinjskih populacija mogu se prikazati u obliku uzrasnih piramida, gdje se broj jedinki ili % zastupljenost u različitim uzrasnim razredima prikazuje kao relativna širina sukcesivnih horizontalnih redova stepenica. Uzrasna struktura populacije varira u funkciji vremena jer periodične promjene u razmnožavanju i smrtnosti uzrokuju vremenske promjene u uzrasnoj strukturi. Kod lovne divljači veća proporcija mladih jedinki ukazuje na uspješnu sezonu razmnožavanja, što će dovesti do povećanja brojnosti populacije slijedeće godine ako mortalitet juvenilnih jedinki ne bude preveliki. Odnos pojedinih uzrasnih razreda u populaciji određuje trenutni reproduktivni status populacije i pokazuje što se može očekivati u narednom razdoblju. Populacije teže da imaju stabilnu uzrasnu strukturu (više-manje konstantnu proporciju jedinki različitih uzrasnih razreda) i kada se ona jednom postigne, promjene nataliteta i mortaliteta rezultiraju privremenim promjenama i vraćanjem u stabilnu strukturu.



Slika 33. Tipovi uzrasnih piramida: A) Brzi rast , B) Spori rast, C) Rast=0, D) Negativni rast.

Primjer Rast i promjena spolne i dobne strukture srneće populacije (fond 100 jedinki) s mortalitetom od 40 jedinki tijekom 5 godina. U navedenom primjeru srneća populacija je hipotetska te je godišnji prirast jedno lane po srni, a srne su spolno zrele kada napune godinu dana. Abiotički i biotički čimbenici su optimalni, također nema emigracije niti imigracije jedinki. Dakle, spolna i dobna struktura nakon 5 godina ovisiti će samo o reguliranom mortalitetu (nema prirodnih predatora).

Kapacitet okoliša onemogućava da se u prirodi eksponencijalni rast populacije odvija u nedogled. Na primjeru različite dinamike lova srneće divljači na jednom hipotetskom staništu tijekom pet godina uočiti će se razlika između pravilnog i nepravilnog upravljanja prirodnim populacijama.

Osnovni pojmovi o biologiji vrste: Srna (*Capreolus capreolus* L. 1758) ljeti ima krzno crveno smeđe boje, a zimi sivosmeđe (Slika 34.). Mužjak srnjak ima rogovlje a ženka nema. Rogovi su relativno maleni sa 6 parožaka, te ih uglavnom upotrebljavaju u međusobnoj borbi u vrijeme parenja. U opasnosti se većinom ne bore, nego se spašavaju bijegom. Rogovlje upotrebljavaju protiv napadača samo u situacijama kada je bijeg nemoguć. Srnjaku otpadaju rogovi od polovine listopada do kraja studenoga, a dozrijevaju od kraja ožujka do kraja lipnja. U Europi živi samo jedna vrsta koja je rasprostranjena gotovo na području cijele Europe. Živi na staništima obraslim grmljem, livadama, te u šumi. Aktivna je

danju i noću, hrani se najviše u sumrak, zeljastim biljkama, lišćem i žitaricama. Broj zuba iznosi 32 ili 34. Živi u malim stadima koja predvode stari mužjaci koji se u vrijeme parenja bore za ženke. Vrijeme parenja je u srpnju i kolovozu, mlade nosi 40 tjedana. U razdoblju od svibnja do lipnja oteli jedanput po 1-2 mladih koji sišu 2-3 mjeseca, a samostalni su nakon 9-12 mjeseci. Spolno su zreli u dobi nakon 14 mjeseci. Životni vijek iznosi 15 godina.



Slika 34. Srna (*Capreolus capreolus* L. 1785) (Web 12).

Tablica 17. Hipotetska promjena dobne i spolne strukture populacije srneće divljači tijekom pet godina (mortalitet 40)*.

datum		starost						ukupno
		0	1	2	3	4	5	
31.03. 2010.	Osnovni fond Ž	25	15	5	3	2	0	50
	Osnovni fond M	25	15	5	3	2	0	50
	ukupno	50	30	10	6	4	0	100
01.04.2010.	Osnovni fond Ž	0	25	15	5	3	2	50
	Osnovni fond M	0	25	15	5	3	2	50
	ukupno	0	50	30	10	6	4	100
prirast	Ž	25	0	0	0	0	0	25
	M	25	0	0	0	0	0	25
	ukupno	50	0	0	0	0	0	150
mortalitet	Ž		7	8	2	1	2	20
	M		7	8	2	1	2	20
	ukupno		14	16	4	2	4	40
31.03.2011.	Osnovni fond Ž	25	18	7	3	2	0	
	Osnovni fond M	25	18	7	3	2	0	
	ukupno	50	36	14	6	4	0	110
01.04.2011.	Osnovni fond Ž	0	25	18	7	3	2	
	Osnovni fond M	0	25	18	7	3	2	
	ukupno	0	50	36	14	6	4	110
prirast	Ž	27	0	0	0	0	0	
	M	28	0	0	0	0	0	
	ukupno	55	0	0	0	0	0	
mortalitet	Ž		6	5	5	2	2	
	M		5	6	5	2	2	
	ukupno		11	11	10	4	4	40
31.03.2012.	Osnovni fond Ž	27	20	12	2	1	0	
	Osnovni fond M	28	19	13	2	1	0	
	ukupno	55	39	25	4	2	0	125
01.04.2012.	Osnovni fond Ž	0	28	19	13	2	1	
	Osnovni fond M	0	27	20	12	2	1	
	ukupno	0	55	39	25	0	2	
prirast	Ž	31	0	0	0	0	0	
	M	32	0	0	0	0	0	
	ukupno	63	0	0	0	0	0	
mortalitet	Ž		4	6	5	2	1	
	M		5	8	7	1	1	
	ukupno		9	14	12	3	2	40
31.03.2013.	Osnovni fond Ž	31	24	14	7	0	0	
	Osnovni fond M	32	23	11	6	1	0	
	ukupno	63	46	25	13	1	0	148
01.04.2013.	Osnovni fond Ž	0	31	24	14	7	0	
	Osnovni fond M	0	32	23	11	6	1	
	ukupno	0	63	46	25	13	1	
prirast	Ž	38	0	0	0	0	0	
	M	38	0	0	0	0	0	
	ukupno	76	0	0	0	0	0	
mortalitet	Ž	0	4	9	4	3	0	

	M	0	3	10	3	3	1	
	ukupno	0	7	19	7	6	1	40
31.03.2014.	Osnovni fond Ž	38	27	14	10	4	0	
	Osnovni fond M	38	28	13	8	3	0	
	ukupno	76	55	27	18	7	0	183
01.04.2014.	Osnovni fond Ž	0	38	27	14	10	4	
	Osnovni fond M	0	38	28	13	8	3	
	ukupno		76	55	27	18	7	
prirast	Ž	46	0	0	0	0	0	
	M	47	0	0	0	0	0	
	ukupno	93	0	0	0	0	0	
mortalitet	Ž	0	0	12	3	2	4	
	M	0	0	11	3	2	3	
	ukupno	0	0	23	6	4	7	
31.03.2015.	Osnovni fond Ž	46	38	15	11	8	0	118
	Osnovni fond M	47	38	17	10	6	0	118
	ukupno							

* hipotetski sve ženke su spolno zrele i olane samo jedno mlado od 50 ženki: 25 ženki i 25 mužjaka lanadi ili od 55 ženki npr. 27 ženki i 28 mužjaka lanadi.



Zadatci:

1. Izračunajte što se događa s hipotetskom populacijom srneće divljači poslije pet godina ukoliko se iz osnovnog fonda od sto jedinki godišnje izluči 50 i 60 jedinki. Navedeni primjer s mortalitetom od 40 jedinki godišnje prikažite grafički u obliku piramide rasta u programu Windows Excel.



Wildlife management – it's about balance.

Vježba 10.

Migracije i UTM kartiranje faune

A) Migracije

Cilj: Upoznati se s različitim migratornim putovima ptica selica na Istočnoj hemisferi.

Materijal: Izvod iz baze prstenovanih ptica (Zavod za ornitologiju).

Od posebnog značaja za regulaciju brojnosti populacije su migratorna kretanja različitog karaktera i obima, koja se pojavljuju kod velikog broja životinjskih vrsta. Razlikujemo tri kategorije takvih kretanja: **migracije**, **emigracije** i **imigracije**.

Migracija je vremenski koordinirano, usmjereno, uglavnom periodično masovno kretanje svih ili velikog broja jedinki jedne vrste ili jedne populacije. Kretanje pojedinih jedinki jedne vrste ili populacije naziva se **lutanje** ili **skitanje**.

Migracije postoje kod različitih životinjskih vrsta, i odvijaju se u različitim vremenskim razmacima, te mogu biti: dnevne ili sezonske i samo jednom ili više puta tijekom života. Smatra se da bi, prema grubim procjenama, moglo biti između 5 000 i 10 000 vrsta koje su prave selice. Migracije ptica su relativno dobro istražene. Migracije sisavaca su dobro istražene samo za velike sisavce, a migracije riba samo za ribolovno zanimljive vrste. Malo se zna o migracijama šišmiša, azijskih antilopa, nekim vrstama kitova, vrstama riba koje žive u tropskim rijekama kao i kukcima. Spremnost za migraciju vjerojatno je genetički uvjetovana. Utvrđeno je da se kao dva glavna konkretna poticaja periodičnih migracija mogu smatrati:

1. Nedovoljna količina raspoložive hrane, najčešće usko povezana s promjenom vremenskih uvjeta (**trofička migracija**). Primjer za ovaj poticaj je migracija ptica.
2. Nagon za razmnožavanjem (**reproduktivna migracija**) životinje koje inače žive široko rasprostranjene, u vrijeme parenja se okupljaju na određenim mjestima. Na taj način povećava se mogućnost pronalaženja partnera (jegulje, lososi).

Nije dovoljno istraženo jesu li i u kojoj mjeri uzroci nagon ili konkretni vremenski uvjeti, kao i mehanizmi koji im omogućuju orijentaciju (na primjer, magnetizam kod ptica selica).

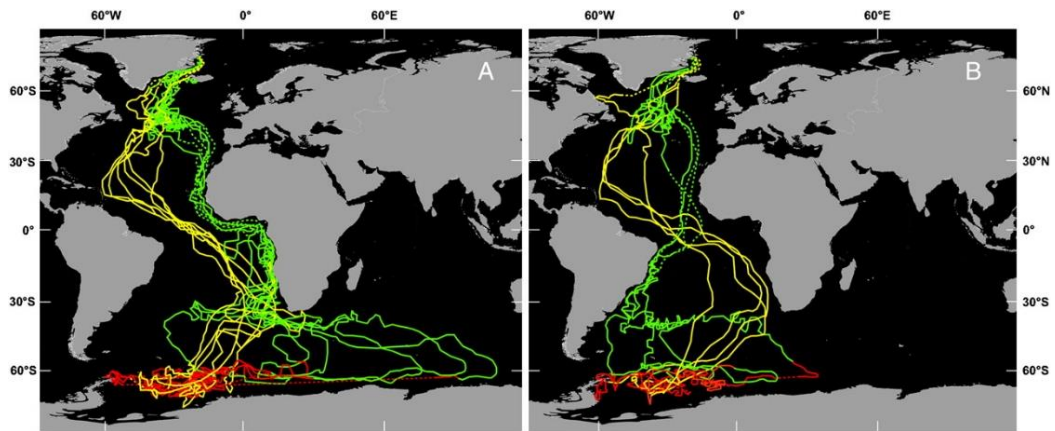
Više čimbenika utječe na početak migracije, npr. kod ptica dužina dnevne svjetlosti i temperatura.

Tipovi migriranja

1. **Prave migracije** vrste koje različita godišnja doba provode u različitim područjima i pri tome prelaze ponekad i velike udaljenosti.

Primjeri:

- ▶ **Ptice** - polarna čigra (*Sterna paradisaea* Pontoppidan, 1763) čija su gnjezdilišta najčešće sjeverno od 45°N, a prezimljuju na krajnjem jugu Južne Amerike i južnije, sve do područja Antarktika (Slika 35.).



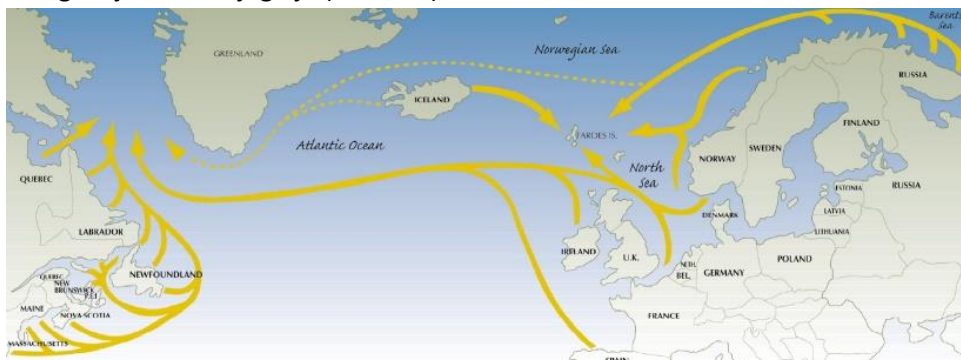
Slika 35. Migratorni putevi arktičke čigre *Sterna paradisaea* Pontoppidan, 1763. Snimljeni satelitskim odašiljačem (Web 13).

- ▶ **Leptiri** - ljepokrili admiral (*Vanessa atalanta* L. 1758) u Europi i Sjevernoj Americi, monarh (*Danaus plexippus* L. 1758) u Sjevernoj Americi (Slika 36.).



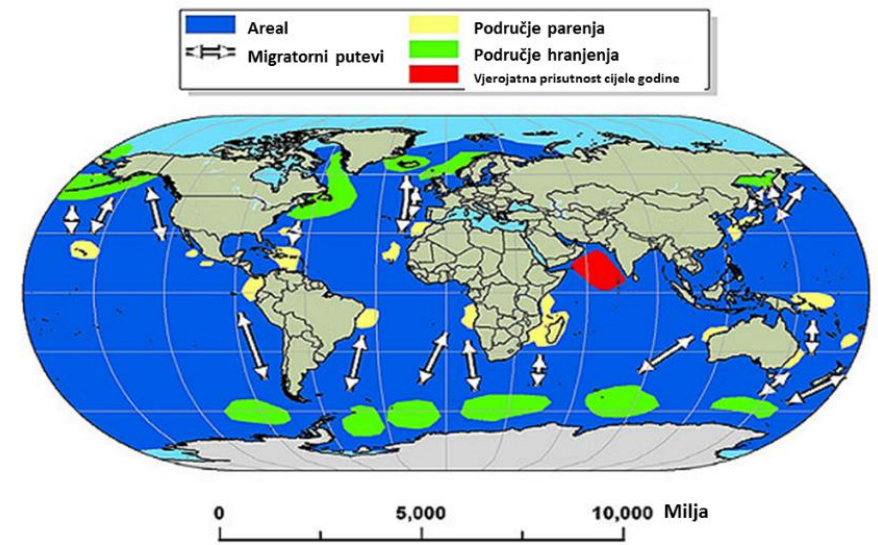
Slika 36. Migracije leptira monarha (*Danaus plexippus* L. 1758) u Sjevernoj Americi (Web 14).

- ▶ **Ribe** - migracije lososa i jegulja (Slika 37.).



Slika 37. Migracije atlantskog lososa (*Salmo salar* L. 1758) (Web 15).

► Kitovi i dupini



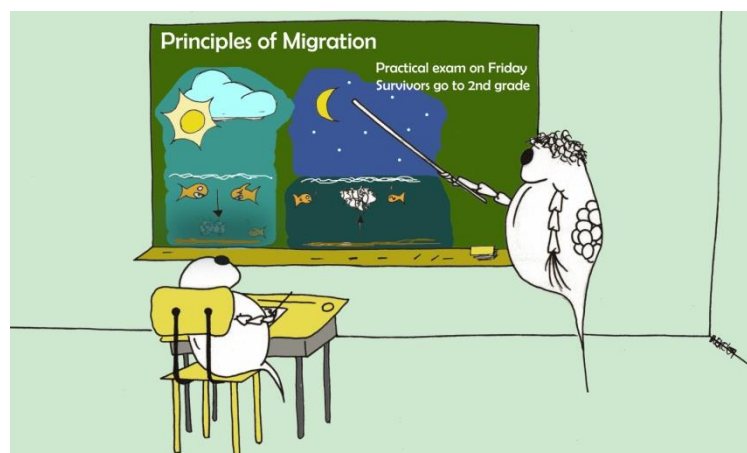
Slika 38. Migracije grbavog kita *Megaptera novaengliae* Borowski 1781 (Web 16).

► Biljojedi - u potrazi za ispašom, migracije američkih bizona (*Bison bison* L. 1758).

2. **Unutrašnje migracije** - vrste se zadržavaju se unutar određenih regija. Njihove migracije su bliže i obilježene hranjenjem ili razmnožavanjem i često su tipične samo za određene populacije.

Primjeri:

- Antilope afričkih stepa odlaze u potrazi za životno važnim solima. Slična je pojava i kod afričkih slonova.
- Planktonski račići se noću uzdižu okomito bliže površini gdje je voda bogatija hranom, dok se tijekom dana spuštaju u veće dubine radi izbjegavanja grabežljivaca.



Slika 39. Migracija zooplanktona (Web 17).

3. *Djelomične migracije* - dio populacije migrira, a dio ostaje na staništu.

Primjer:

- ▶ pojedine vrste ptica – siva čaplja (*Ardea cinerea* L. 1758) u Hrvatskoj.

4. *Neprekidne migracije* - vrste koje neprekidno lutaju i nikada se, ili vrlo rijetko duže borave u istom području.

Primjer:

- ▶ Cjevonosice (*Procellariiformes*) gotovo cijeli život provode lutajući otvorenim morima. Samo u razdoblju gniježđenja provode na kopnu i jednom području.
- ▶ Velike mačke imaju obično svoje područje (teritorije), no unutar njega su neprekidno u pokretu, a i česta pojava je, da pomiču njegove granice ili ga sasvim napuštaju u potrazi za plijenom.



Zadatci :

1. Što su migracije?
2. Što potiče životinje na migriranje?
3. Navedite tipove migracija i po jedan primjer za svaki tip migracije.
4. Koristeći lokalitete prstenovanja i nalaza ptica iz baze prstenovanih ptica Hrvatskog Ornitološkog zavoda Hrvatske (Tablice 18. i 19.) uz pomoć programa Google Earth ucrtati migratorne puteve za vrste *Ardea purpurea* L. 1785 i *Ciconia ciconia* L. 1785.
5. Opišite migratorne puteve za navedene vrste (uz konkretne primjere poslužite se i web stranicom Bird Life International, web linkovi:
<http://www.birdlife.org/datazone/speciesfactsheet.php?id=3835>
<http://www.birdlife.org/datazone/speciesfactsheet.php?id=3725>

Tablica 18. Mjesta, datumi i koordinate prstenovanja i nalaza za čaplje dangube *Ardea purpurea* L. 1758.

Datum prstenovanja	Mjesto prstenovanja	KOORDINATE PRSTENOVANJA						DATUM NALAZA	Mjesto nalaza	KOORDINATE NALAZA					
15.6.1953	Kisbalaton	46	40	N	17	23	E	8.8.1953	Nedeljanec, Varaždin	46	18	N	16	21	E
27.6.1960	Illmitz, Neusiedl	47	46	N	16	48	E	13.4.1962	Makarska	43	18	N	17	1	E
25.6.1961	Ludaško jezero, Subotica,	46	4	N	19	39	E	26.7.1967	Našički ribnjaci, Našice	45	29	N	18	6	E
20.5.2006	Donji Miholjac	45	46	N	18	10	E	15.03.2007.+2 tj.	jezero Tele, Inner Niger Delta, Mali	16	26	N	3	44	W
19.5.2007	Darda	45	38	N	18	42	E	15.02.2008.+2 tj.	jezero Tele, Inner Niger Delta, Mali	16	26	N	3	44	W
31.5.2007	Darda,	45	38	N	18	42	E	(04.02.2009)	Lac Tele, Goundam, Mali	16	25	N	3	40	W
16.6.1969	Tikveš, Bilje	45	37	N	18	43	E	(03.05.1972.)	Kogoni par Niono, Bamako	12	20	N	8	20	W
22.6.1970	Krapje	45	18	N	16	50	E	31.10.1973	Milazzo, Sicilia	38	12	N	15	20	E
19.6.1964	Kopački rit	45	36	N	18	47	E	2.9.1964	Palermo	38	16	N	13	20	E

24.6.1910	Kopački rit	45	36	N	18	47	E	18.9.1910	Pontano Grande, Calabria	38	7	N	15	39	E
24.6.1910	Kopački rit	45	36	N	18	47	E	20.9.1910	Ripacandida, Basilicata	40	54	N	15	49	E
9.7.1958	Kopački rit	45	36	N	18	47	E	10.10.1958	Salemi, Trapani, Sicilia	37	48	N	12	49	E
15.07.1910.+2 tj.	Kopački rit	45	36	N	18	45	E	21.10.1910	Scaletta Zanclea, Messina, Italija	38	3	N	15	28	E

Tablica 19. Mjesta, datumi i koordinate prstenovanja i nalaza bijele rode *Ciconia ciconia* L.1758.

Datum prsten.	Mjesto prstenovanja	Koordinate prstenovanja						Datum nalaza	Mjesto nalaza	Koordinate nalaza					
29.7.2008	Čigoč, Lonjsko polje,	45	25	N	16	38	E	25.8.2008	r. Nile, Jadalla, Berber, Sudan	18	1	N	33	59	E
17.6.1989	Lonja, Lonjsko Polje	45	22	N	16	42	E	9.8.1989	Dolna Banja, Sofia	42	18	N	23	50	E
21.6.1947	Čepinski Martinci, Valpovo	45	40	N	18	25	E	20.8.1947	Maoz Chaim, Jordan Valle Dogado, Laguna orientale di Veneciay	31	46	N	35	33	E
26.6.2004	Mužilovčica, Lonjsko polje,	45	23	N	16	41	E	5.10.2004	Sharm el Sheikh, Sinai, Egipt	27	6	N	34	7	E
1.7.1969	Drenov Bok, Krapje	45	18	N	16	50	E	20.11.1969	Mpika	10	50	S	31	0	E
8.7.1957	Hodošan	46	24	N	16	39	E	4.1.1958	Abu-Dau, Dinder River	12	40	N	34	59	E
22.6.1996	Čigoč, Lonjsko polje	45	25	N	16	38	E	25.12.1996	Nyl River, Transvaal, Južnoafrička Republika	24	39	S	28	42	E
25.6.1998	Žreme, Lonjsko polje	45	22	N	16	36	E	15.2.1999	Gokwe, Zimbabve	18	12	S	28	57	E
23.6.1910	Bilje, Baranja	45	36	N	18	44	E	11.3.1911	Zanadrift, Brits, Transvaal	25	30	S	27	40	E
28.6.1956	Stupnički Kut, Slavonski Brod	45	9	N	18	1	E	7.8.1957	Niš, Srbija	43	19	N	21	55	E
26.6.1999	Puska, Lonjsko polje	45	19	N	16	48	E	17.3.2006	Kokstad, (18,8 km), Južna Afrika	30	35	S	29	27	E
23.6.1934	Bolman, Darda	45	43	N	18	31	E	00.00.1935	Turska	39	0	N	35	0	E

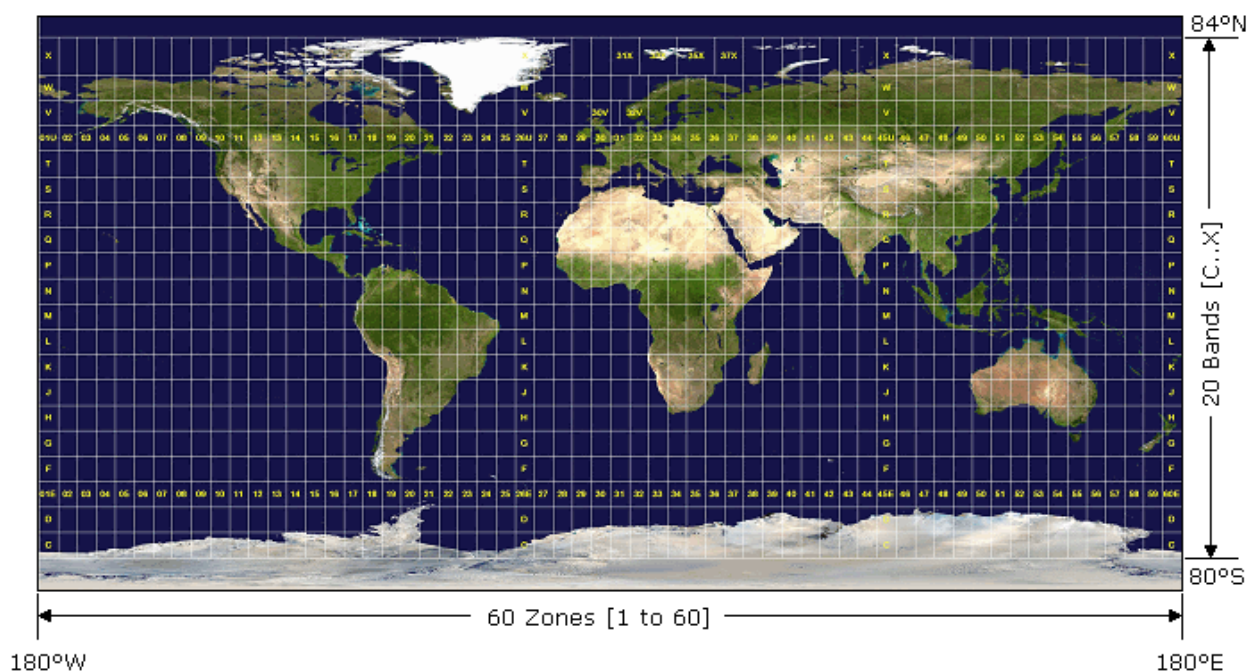
B) Metoda geokodiranja faunističkih nalaza uz pomoć UTM (Universal Transverse Mercator) kartografske mreže

Cilj: Upoznati se s jednim od načina geokodiranja faunističkih nalaza.

Materijal : Holcer D., Pavlinić I. (2008) Fauna. Priručnik za inventarizaciju i pačenje stanja. DZZP. Zagreb; Krčmar S. Mikuška A., Mikuska J., Jelić N. (2010) Distribution and zoogeographical analysis of the horse flies (Diptera: Tabanidae) from genera *Dasyrhamphis*, *Philipomyia*, *Atylotus* and *Theriopectes* in Croatia. Entomologia Croatica. 14, 1-2; 85-102; UTM karta Hrvatske (10 x 10 km).

Geokodiranje je postupak pridruživanja geografske koordinate podatku prikupljenom na nekom lokalitetu. U istraživanjima faune i promjena u okolišu geokodiranje predstavlja dodavanje geografskih koordinata nalazištu vrste. Geokodirati nalazište moguće je uz uporabu različitih kartografskih mreža ili geokordinacijskih sustava poput (GPS – Global Positioning System) je navigiranih uz pomoć satelitskih snimaka zemljine površine. Jedna od kartografskih metoda geokodiranja je geokodiranje uz pomoć UTM projekcije.

UTM (Universal Transverse Mercator) je i kartografska projekcija i kilometarska mreža osnovnih polja. Zemlja je podijeljena između 84° s. g. š. i 80° j. g. š. na 60 zona širokih 6°. Zone su numerirane od 1 do 60 u smjeru istok – zapad od 180. meridijana preko 0. (Greenwich). U smjeru jug – sjever Zemlja je podijeljena u 20 zona širokih 8° s izuzetkom sjeverne polarne zone (zona X) široke 12°. Te su zone označene slovima C; D; E; F; G; H; J; K; L; M; N; P; Q; R; S; T; U; V; W; X; a slova A; B; i Z; rezervirana su za označavanje sjevernog i južnog polarnog prostora. Svako polje ovakve mreže (6° x 8°)

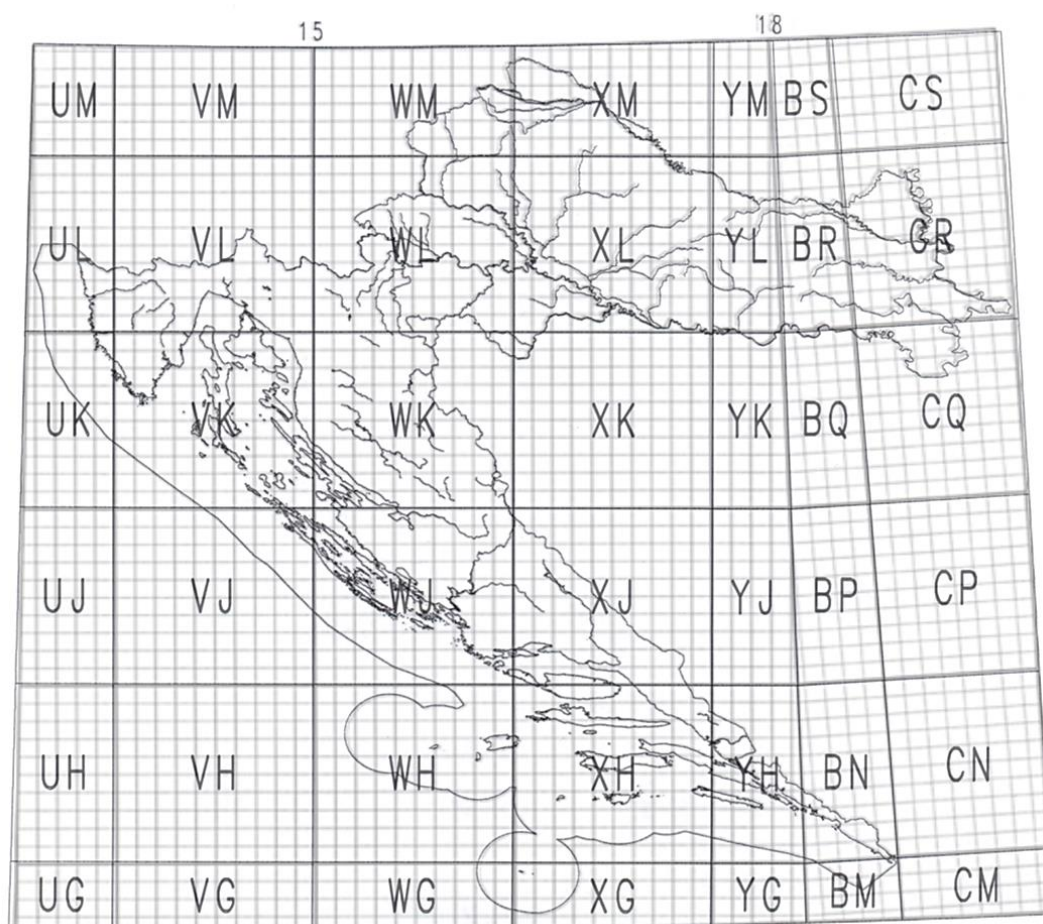


Slika 40. UTM kartografska mreža svijeta (Web 18.)

označava se brojem i slovom, te se naziva zona (engl. *Grid Zone Designation*). Za lokalne potrebe oznake zone se često izostavljaju (Slika 40.). Pojedina zona dijeli se na osnovna polja, pravilne kvadrate sa stranicama 100 x 100 km. Kako UTM podržava pravilnu kvadratnu mrežu na bilo kojem mjestu (bez

izobličenja površine), a meridijani se prema ekvatoru šire, na graničnim meridijanima zona umeću se novi kvadrati ispočetka trapezastog oblika. Svako osnovno polje označeno je s dva slova, a dijeli se na 100 kvadrata veličine 10 x 10 km označenih brojevima okomite zapadne stranice i horizontalne južne stranice kvadrata (dodavanje dva nova broja po istom sistemu smanjuje definiranu površinu 10 puta) ili podjelom u kvadrante (smanjivanje površine na četvrtinu, tzv. tetrade).

Kao i ostale kilometarske mreže, UTM ima prednost jednake površine osnovnih polja točno kvadratnog oblika neovisno o geografskoj dužini i širini. Nepogodnost je umetanje novih, nepravilnih polja na granicama dviju zona (na našem području to je 18. meridijan) i, što je osobito važno, teža usporedba s kartama koje ova mrežu nema (Slika 41.).



Slika 41. UTM kartografske mreže Hrvatske 100x100 km i 10x10km (Holcer i Pavlinić 2008.)



Zadatci:

1. Koristeći podatke iz rada Krčmar *et al.* (2010) predstavite rezultate uzorkovanja vrsta obada *Theriopectes gigas* (Herbst, 1787) i *Theriopectes tunicatus* Szilády, 1927 na UTM karti Hrvatske (mreža 10 x 10 km). Zaključite kakvu zoogeografsku distribuciju imaju ove dvije vrste.

Theriopectes gigas (Herbst, 1787)

Dubrovnik (BN 62) (Brauer, 1880; Strobl, 1898, 1900); Zadar (WJ 18) (Strobl, 1893); Split (XJ 11) (Strobl, 1902); Sljeme (WL 78), 1.VI.1899 (1♀); Kalnik (XM 11), 20.V.1918 (1♀); Krapina (WM 61), 20.V.1916 (1♀) (Moucha, 1965); Trnovec (WM 61), 15.VIII.1928 (1♀), 15.VIII.1932 (1♀), 2.V.1945 (2♀) (Majer, 1985); Opuzen (YH 06), 30.V.1995 (4♀), 19.V.1996 (6♀), 4.VI.1996 (3♀); Obod (BN 71), 18.V.1996 (1♀); Obrovac (WJ 59), 2.VI.1996 (1♀); Vransko jezero (WJ 46), 2.VI.1996 (1♀); Lozovac (WJ 75), 3.VI.1996 (1♀); Donje Polje (WJ 74), 3.06.1996 (1♀); Modro Oko (YH 06), 4.VI.1996 (1♀); Badžula (YH 16), 4.VI.1996 (1♀) (Krčmar, 1999); Pribiševeci (BR74), 18.V.1996 (2♀); Borovik (BR 72), 19.V.1996 (1♀); Kutjevo (YL 23), 21.V.1996 (2♀); Zoljan (BR 63), 21.V.1996 (1♀); Normanci (BR 94), 23.V.1996 (1♀); Bokšić Lug (YL 35), 24.V.1996 (4♀); Spačva (CQ 39), 8.VI.1996 (1♀); Podgorje (YL 13), 17.V.1997 (1♀) (Krčmar & Mikuska, 2001); Zavižan (VK 96), 9.VI.2001 (1♀) (Krčmar, 2003); Korenica (WK 56), 2.VI.1996 (1♀); Donji Nikšić (WK 49), 2.VI.1996 (2♀); Prološko jezero (XJ 71), 8.VI.2003 (1♀) (S. Krčmar collection). Modro Oko (YH 06), 14.V.2003 (2♀), 16.V.2003 (1♀), Vriještica (YH 07), 16.V.2003 (4♀), (Krčmar & Merdić, 2007); Vrpolje (BR 90), 20.V.2004 (1♀) (J. Mikuska ent. zbirka).

Theriopectes tunicatus Szilády, 1927

Dubrovnik (BN 62), 30.V.1949 (2♀), (Moucha, 1965); Opuzen (YH 06), 30.V. 1995 (9♀), 19.V.1996 (8♀), 4.VI.1996 (6♀); Modro Oko, (YH 06), 30.V.1995 (2♀), 4.VI.1996 (10♀); Obod (BN 71), 17.V.1996 (2♀), 18.V.1996 (1♀); Metković (YH 16), 4.VI.1996 (1♀) (Krčmar, 1999); Vriještica (YH 07), 14.V.2003 (2♀, 5♂), 16.V.2003 (6♀, 8♂), 6.VI.2003 (6♀, 25♂); Modro Oko (YH 06), 15.V.2003 (3♀); Ušće Neretve (YH 06), 22.V.2002 (18♀) (Krčmar & Merdić, 2007); Omiš (XJ 31), 8.VI.2003 (1♀); Prološko jezero (XJ 71), 8.VI.2003 (1♀); Orah (XH 98), 7.VI.2003 (1♀); Vriještica (YH 07), 15.VI.2004 (6♂), 19.VI.2004 (1♀); Desne (YH 07), 18.VI.2004 (1♀) (J. Mikuska ent. zbirka).

Literatura

- Allee W. C., Emerson A. E., Park T., Schmidt, K. P. 1949. Principles of animal ecology. WB Saunders Company. Philadelphia, USA.
- Begon M., Townsend C.R., Harper J.L. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems (4th Ed.). Blackwell, USA.
- Balković I. 2012. Ekološke osobine ihtiofaune prvih 12 rkm rijeke Drave i desnog zaobalja. Diplomski rad. Odjel za biologiju. 44 pp.
- Bogut I. 2010. Revitalizacija poplavnog područja Aljmaškog rita – Plan upravljanja. Određivanje uvjeta gospodarenja ihtiofaunom na području Aljmaškog rita. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayera, Zavod za specijalnu zootehniku, Osijek, 30 pp.
- Bonacci O. 2002. Plan upravljanja Park prirode Kopački rit. Sektorska studija Hidrologija i meteorologija. Hidroing d.o.o, Osijek.
- Djikanovic V. i sur. 2015. Review of sterlet (*Acipenser ruthenus* L. 1758) (Actinopterygii: Acipenseridae) feeding habits in the River Danube, 1694–852 river km, Journal of Natural History, 49:5-8, 411-417.
- Duplić A. 2008. Slatkovodne ribe. Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. DZZP, Zagreb.
- Elphic J. 1995. The atlas of bird migration: tracing the great journeys of the world's birds, Random House, UK.
- Garms H., Borm L. 1981. Fauna Europe. Mladinska knjiga, Ljubljana.
- Glavač V. 1999. Uvod u Globalnu ekologiju. Zagreb.
- Holcer D., Pavlinić I. 2008. Fauna. Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. DZZP, Zagreb.
- Horvath G., Jurčević Agić I., Merdić E., Tórizs I., Purger J.J. 2007. Monitoring sitnih sisavaca na temelju istraživanja sastava gvalica sova u Purger, J. J. (ur.) 2007. Priručnik za istraživanje bioraznolikosti duž rijeke Drave. Sveučilište u Pečuhu, Pečuh. 203-217pp.
- JAZU Zavod za znanstveni rad Osijek 1986. Tri stoljeća "Belja". Osijek.
- JU PP Kopački rit 2011. Plan upravljanja Parkom prirode Kopački rit. Tikveš.
- Kerovec M. 1988. Ekologija kopnenih voda. Mala ekološka biblioteka 2, HED, Zagreb.
- Krčmar S. 1999. Horse flies in the Mediterranean part of Croatia (Diptera: Tabanidae). Folia entomologica hungarica. 60: 325-344.
- Krčmar S. 2003. Horse flies (Diptera: Tabanidae) of North Velebit (Croatia). II International scientific conference 50 years university of forestry, Sofia, Bulgaria / Georgi Kostov, et al (eds.). Sofia: Sylva foundation Bulgarian–Swiss forestry programme. 107-109.

- Krčmar S., Mikuska J. 2001. The horse flies of Eastern Croatia (Diptera: Tabanidae), Anali Zavoda za znanstveni i umjetnički rad u Osijeku, HAZU. 17: 91-146.
- Krčmar S., Merdić E. 2007. Comparison of the horse fly faunas of wetland areas in Croatia. (Diptera: Tabanidae). Entomologia Generalis. 30: 235-244.
- Krčmar S., Mikuška A., Mikuska J., Jelić N. 2010. Distribution and zoogeographical analysis of the horse flies (Diptera: Tabanidae) from genera *Dasyrhamphis*, *Philipomyia*, *Atylotus* and *Theriopectes* in Croatia. Entomologia Croatica, 14 (1-2): 85-102.
- Krpo-Četković J. (2011). Ekologija životinja. Skripta. Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet, 268 pp.
- Kottelat M, Freyhof J. 2007. Handbook of European Freshwater Fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany, 646 pp.
- Legović T. 1982. Slučaj jedne populacije. Priroda: 280-284.
- Linzey D.W. 2003. Vertebrate Biology. First Edition. The MacGraw-Hill Companies.
- Martinčić J. (gl.ur) 1999. Kopački rit. Pregled istraživanja i bibliografija. HAZU, Zavod za znanstveni rad Osijek.
- Matoničkin I. (gl.ur) 2005. Enciklopedija životinja. Mozaik knjiga. Zagreb.
- Mérő T. O. 2014. Diet in pike (*Esox lucius*) in northwestern Vojvodina (Serbia). Nat. Croat., Vol. 23, No. 1, 27–34.
- Mikuska J. 1979. Ekološke osobine i zaštita specijalnog zoološkog rezervata „Kopački rit“ s posebnim osvrtom na ekologiju kraljevnjaka. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu.
- Mikuska, J. 1984. Promjena ribljeg fonda Kopačkog rita i Dunava s obzirom na zagađivanje. Četvrti znanstveni sabor Slavonije i Baranje. Zbornik radova 647-657. Osijek
- Mikuska J., Krčmar S., Jurčević I. 2004. Ključ za određivanje lubanja sitnih sisavaca u gvalicama sova. Interna skripta Pedagoški fakultet. Osijek.
- Mikuška A. 2010. Ekologija obada (Tabanidae) poplavnog područja hrvatskog Podunavlja i učinkovitost atraktanata u smanjenju njihove brojnosti. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu.
- Mrakovčić M., Brigić A., Buj I., Čaleta M., Mustafić P., Zanella D. (2004) Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
- Molles M.C. Jr. 2008. Ecology. Concepts and Applications. McGraw-Hill. New York.
- Odum E.P., Barrett G.W. 2005. Fundamentals of Ecology (5th ed.). W.B. Saunders, Philadelphia, SAD.
- Ognev S.I., Fink N. 1956. Zoologija kraljevnjaka. Školska knjiga, Zagreb
- Požar –Domac A. 1988. O biologiji mora. Mala ekološka biblioteka 2, HED, Zagreb.
- Price P.W. 1997. Insect Ecology. Editions 1-3. Wiley, New York.
- Riđanović J. 1989. Hidrogeografija. Školska knjiga, Zagreb.

Speight M.R., Hunter M.D., Watt A.D. 2008. Ecology of insects. Concepts and application. Wiley – Blackwell, Oxford

Stanković S. 1961. Ekologija životinja. Naučna knjiga, Beograd.

Schwarz U. 2005. Landschaftsökologische Charakterisierung des Kopački Rit unter besonderer Berücksichtigung von Flusslandschaftsformen sowie deren Genese und Typologie. Dissertation am Institut für Geographie, Universität Wien.

Šegota F., Filipčić A. 2003. Köppenova podjela klime s hrvatskim nazivljem. Geoadria, 8/1: 17-37.

Vidaković J., Turković Čakalić I., Stević F., Čerba D. 2012. The influence of different hydrological conditions on periphytic invertebrate communities in a Danubian floodplain. Fundamental and Applied Limnology 181/1: 59-72.

WMO 2014. Izvještaj Svjetske meteorološke organizacije o stanju klime u 2013. godini. World Meteorological Organisation. No-1130. Switzerland.

Zaninović K. 2008. Klimatski atlas Hrvatske. DHMZ, Zagreb.

Web stranice sa kojih su preuzete slike i podatci (studeni i listopad 2014. godine):

Web 1: <http://eol.org/pages/1179796/overview>

Web 2: <http://eol.org/pages/1178988/overview>

Web 3: http://en.wikipedia.org/wiki/Peregrine_falcon

Web 4: http://tolweb.org/treehouses/?treehouse_id=3303

Web 5:

<http://www.dalmacija.hr/Portals/0/Glasnik/2007/4/113P.%20Plan%20aktivnog%20uključenja%20OP.htm>

Web 6: <http://www.hominf.org/schistoc/locfr.htm>

Web 7: <https://brianallmerradionetwork.wordpress.com/2014/05/22/>

Web 8: <http://www.seeyoubehindthelens.com/2012/03/weekly-photography-challenge-i-is-for.html>

Web 9: <http://en.wikipedia.org/wiki/Wa-Tor>

Web 10: http://en.wikipedia.org/wiki/Barn_owl

Web 11: <http://naturalistsnotebook.mnapage.info/2011/02/28/owl-pellet/>

Web 12: <http://www.naturephoto-cz.com/roe-deer-photo-7836.html>

Web 13: <http://www.pnas.org/content/107/5/2078/F1.expansion.html>

Web 14: http://www.sciencebuzz.org/buzz_tags/monarch

Web 15: <http://www.smokehouse.ie/about-our-salmon/wild-atlantic-salmon/>

Web 16: <http://www.nature.nps.gov/biology/migratoryspecies/humpbackwhale.cfm>

Web 17 : <http://fleaworld.be/?tag=migration>

Web 18: http://www.lohninger.com/helpsuite/utmzones_geobasics.htm

<http://www.birdlife.org/>

<http://www.hhd.hr/o-hidrologiji/>

www.eol.org