

# Prirodna selekcija

---

**Fučak, Eliza**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:450040>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO - MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

# Prirodna selekcija

# Natural selection

SEMINARSKI RAD

Eliza Fućak  
Preddiplomski studij molekularne biologije  
(Undergraduate Study of Molecular Biology)

Zagreb, 2021.

Rad napravljen na Zoologijskom zavodu, Biološkog odsjeku Prirodoslovno – matematičkog fakulteta u Zagrebu pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Damjana Franjevića.

“Things exist either because they have recently come into existence or because they have qualities that made them unlikely to be destroyed in the past.”

— Richard Dawkins, The Blind Watchmaker: Why the Evidence of Evolution Reveals a Universe Without Design

## SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. MEHANIZMI EVOLUCIJE	3
3. PRIRODNA SELEKCIJA	6
3.1. Primjeri prirodne selekcije	9
3.2. Adaptacije	12
3.3. Što je to fitness u biologiji?	13
3.4. Seksualna selekcija	13
4. KAKO ISPRAVNO PREZENTIRATI PRIRODNU SELEKCIJU?	14
5. ZAKLJUČAK	15
6. LITERATURA	16
7. SAŽETAK	18
8. SUMMARY	18
9. ŽIVOTOPIS	18

## 1.UVOD

Pitanje postanka svemira, svijeta, organizama te njih samih, ljude je uvijek intrigiralo te o tome svjedoče razni zapisi, ali i slike nastale kroz povijest. Promatranjem svijeta oko sebe, ljudi su počeli uočavati kako postoje određeni obrasci, pravilnosti u prirodi za koje su počeli tražiti objašnjenja. Zašto su neki organizmi tako dobro opremljeni za život u određenim uvjetima, kako je moguća tolika raznolikost živih bića na svijetu, ali i zašto nekih ima manje od ostalih su sve pitanja koja su bila postavljena na putu prema današnjem odgovoru na to pitanje - evoluciji. Prije Darwina koji je ponudio taj odgovor i ostalih znanstvenika (iz područja prirodoslovlja) koji su pomogli u slaganju priče, postojali su ljudi koji su se bavili biologijom iz perspektive filozofije. Već tada su uočavali “dizajnerske” i “inženjerske” dijelove u prirodi te su tražili veze između alata ljudi te “organizama kao alata dizajniranih od strane prirode”. Sljedeći korak je bio poveznica kako ljudi izrađuju alat sa nekom svrhom, stoga su možda i organizmi nastali zbog neke svrhe, s predumišljajem. Neki su vjerovali ( neki i danas vjeruju) da je za to odgovoran nepoznato-poznati Stvoritelj. Drugi su se odmaknuli od tih razmišljanja te govore kako se organizam samo poboljšava, uvjetno nasljeđuje osobine po potrebi za specifični zadatak (Lamarck i žirafe različitih duljina vrata, bolje preživljenje za one koje mogu dosegnuti i niža i viša područja na stablu). Darwin se slagao sa postojanjem varijacije u nasljeđivanju, ali je razradio priču u drugom smjeru, ne oslanjajući se na pojam svrhe. (Duve & Patterson, 2012) Prije druge polovice 19.stoljeća, pojam evolucije je bio primarno korišten u embriologiji gdje je označavao proces razvoja jednog embrija. Engleski filozof Herbert Spencer je također upotrijebio pojam “evolucija” kako bi imenovao kozmičke i biološke promjene od homogenosti do heterogenosti te je tu govorio o “teoriji o evoluciji”. (The Biological Sciences in the Nineteenth Century: Some Problems and Sources - Everett Mendelsohn, 1964, 2021)

Tek 1860.-ih (Bowler 1975.) se počeo taj pojam koristiti u kontekstu promjene vrste. Danas “evolucija” označava (teoriju) promjene organskih vrsta tijekom vremena. Upravo zbog Darwinovih istraživanja, glavnim pokretačem takvih promjena raznih organizama se smatra prirodna selekcija. (Sloan, 2019)

Osnovni postulati koje je Darwin dao za teoriju evolucije su bili redom:

1. Vremenom se organizmi mijenjaju te postoji varijabilnost u nasljeđivanju svojstava kod svakog organizma.
2. Organizmi se bore za svoj opstanak (pitanje resursa)
3. Varijacije u nasljeđivanju utječu na borbu za opstanak.

Prvi postulat govori o tome kako svaki organizam ima svoj set svojstava (gena) koji je sklon promjenama pri daljnjem nasljeđivanju. Drugi postulat se bavi time da se svaki organizam bori za svoj opstanak zbog utjecaja resursa na njegov opstanak, ali i njegovog opstanka na resurse. Treći postulat je sinteza prva dva te govori o tome kako varijacije u nasljeđivanju mogu utjecati na borbu za opstanak, hoće li mu koristiti u preživljenju. (Vincent & Brown, 2005)

U nastavku ovog rada, u kratkim crtama će biti opisani različiti mehanizmi evolucije sa naglaskom na prirodnoj selekciji te njenim ishodima, ali i zašto je bitan način na koji se prezentira.

## 2. MEHANIZMI EVOLUCIJE

Najjednostavnija definicija biološke evolucije jest da je to proces promjene organizama (modifikacija) kroz neki vremenski period. Tu možemo govoriti o evoluciji na maloj skali tj. mikroevolucija gdje se događaju promjene na razini gena (promjena frekvencije nekog alela u populaciji od jedne do druge generacije) ili na većoj skali tj. makroevolucija gdje gledamo “širu sliku” tih promjena te zapravo promatramo porijeklo različitih vrsta od jednog svima zajedničkog pretka (Slika 1.). Glavna ideja biološke evolucije je upravo ta da svi organizmi na Zemlji imaju jednog zajedničkog pretka tzv. common ancestor. (An introduction to evolution, 2021.)

MICROEVOLUTION VERSUS MACROEVOLUTION	
Microevolution is concerned with gene level changes that contribute to evolution.	Microevolution is concerned with gene level changes that contribute to evolution.
Microevolution occurs at species level.	Macroevolution occurs above species level.
In Microevolution, changes occur within species.	In Macroevolution, Changes occur between species.
Microevolution occur through several generations.	Macroevolution occurs through longer time period.
Microevolution occur due to mutation, selection, gene flow, genetic drift	Macroevolution occurs due to extended microevolution.
Microevolutionary studies are based on molecular experiments.	Macroevolutionary studies usually based on fossil data.
	©Pediaa.com

Slika 1. Mikro vs. Makroevolucija – mikroevolucija podrazumijeva promjene na razini gena jednog organizma (vrste) te je potaknuta raznim mehanizmima evolucije, promjene se promatraju molekularnim metodama istraživanja; makroevolucija se događa nakon dugog niza mikroevolucije te sudjeluje više vrsta i organizama (njihovi međusobni odnosi) u njenom stvaranju, istražuje se uz pomoć fosilnih ostataka. (Slika preuzeta sa <https://pediaa.com/wp-content/uploads/2016/01/Difference-Between-Microevolution-and-Macroevolution-infographic.jpg>).



Iako je pojam evolucije često izjednačavan po smislu sa pojmom prirodne selekcije, oni zapravo nisu isti. Prirodna selekcija može, ali ne mora uzrokovati evolucijske promjene (o tome ima više riječi u sljedećem poglavlju). Postoje i drugi procesi koji mogu dovesti do promjene organizama tj. evolucije poput mutacija, migracija (protok gena) ili genetičkog drifta. (Losos et al., 2014)

Mutacije su promjene u sekvencama nukleotida DNA (ili RNA). Uzrok mogu biti pogreške pri replikaciji DNA ili postojanje nekog mutagena poput zračenja ili kemikalija. DNA je nasljedni materijal koji se prenosi kroz generacije i nosi informacije o fiziologiji jedinke te djelomično o njenom ponašanju. Najbitnije mutacije su one koje se događaju u reproduktivnim stanicama tj. gametama jer mogu uzrokovati (ali ne moraju) veću promjenu u sljedećoj generaciji organizma. Mutacije nisu uvijek korisne, već mogu biti štetne ili neutralne za organizam - ne događaju se samo za poboljšanje jedinke (nasumične su). One su zapravo “pokretači” evolucije te su jedan od faktora koji određuju brzinu cijelog procesa. (Dawkins, 2016)

Drugi mehanizam koji sudjeluje u evoluciji je protok gena (gene flow, migracija). Događa se kada jedinka/geni preseli iz jedne populacije u drugu. Taj proces je posebno bitan ako se npr. u jednu populaciju (iz druge) uvede potpuno novi gen koji dotad uopće nije postojao u toj populaciji. To je bitno zbog utjecaja na genetsku zalihu (bazen) jedne populacije koji sadrži sve alele njenih jedinki.

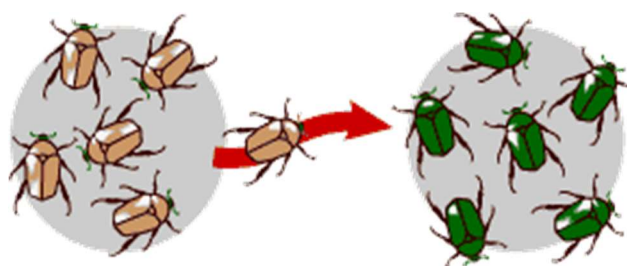
Kod genetičkog drifta neke jedinke mogu ostaviti iza sebe više jedinki od drugih, što znači da će biti jednih gena više, nego drugih. Ti geni nisu nužno “bolji” ili jedinke otpornije, nego se “igrom slučaja” dogodila takva situacija u populaciji. (An introduction to evolution, 2021)

Također prilikom nasljeđivanja neki geni koji su neutralni u smislu pozitivnih ili negativnih utjecaja na organizam, mogu pratiti druge gene u nasljeđivanju jer njihovo uklanjanje nije od koristi. (De Duve, 2010). Ti geni kasnije mogu, ukoliko se uvjeti promjene, dodatno utjecati na stanje alela populacije.

Za bolje razumijevanje navedenih mehanizama, prikazat ćemo svaki na hipotetskoj populaciji kornjaša. Recimo da postoji populacija zelenih kornjaša. Dogodila se mutacija zbog koje su se pojavile i smeđe obojane jedinke (Slika 2.1.a). U slučaju kada bi postojala cijela populacija smeđe obojanih kornjaša i jedan dospije do populacije samo zeleno obojanih, dogodila bi se migracija (protok gena) (Slika 2.1.b)

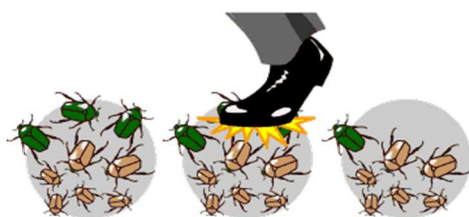


Slika 2.a)



Slika 2.b)

Genetički drift se događa kada u populaciji ima više jedinki jedne varijante od drugih. U slučaju ovih kornjaša, moguće je da su zelene jedinke uklonjene fizičkom radnjom poput gaženja te su ostali pretežno smeđi (Slika 2.c). U slučaju prirodne selekcije, zelene jedinke bi mogle biti lakše uočljivije u određenom okolišu te bi ih prirodni predatori zbog toga mogli više loviti što daje prednost smeđim jedinkama za opstanak (Slika 2.d).



Slika 2.c)



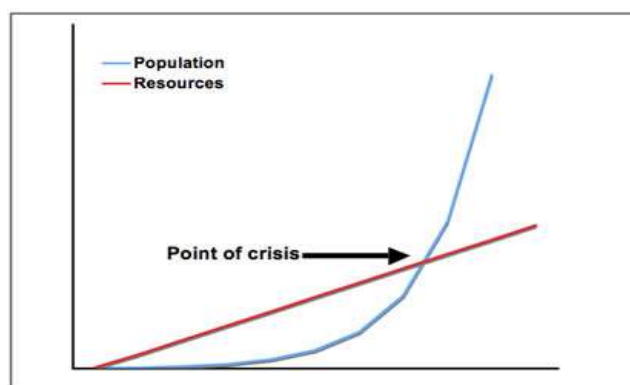
Slika 2.d)

(Slike 2.a), b), c), d) preuzete sa: [https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/evo\\_02](https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/evo_02))

Iz gore navedenih mehanizama, vidimo da je najbitniji temelj evolucije neki oblik genetičke varijacije. Mutacije, protok gena, genetički drift i prirodna selekcija su temeljni mehanizmi/procesi na kojima evolucija počiva. Bitno je naglasiti da zapravo svi navedeni mehanizmi imaju ulogu u evolucijskom procesu te da svaki organizam nije rezultat samo jednog procesa.

### 3. PRIRODNA SELEKCIJA

U 19.stoljeću Charles Darwin uvodi pojam “Struggle for existence” (doslovni prijevod borba za život - opstanak). Obzirom da se porast resursa događa linearno, a populacije živih organizama (on koristi primjer ljudske populacije) imaju eksponencijalan rast, dolazi do toga da u jednom trenutku ima više onih kojima trebaju ti resursi za preživljavanje, nego samih resursa (Slika 3.a).

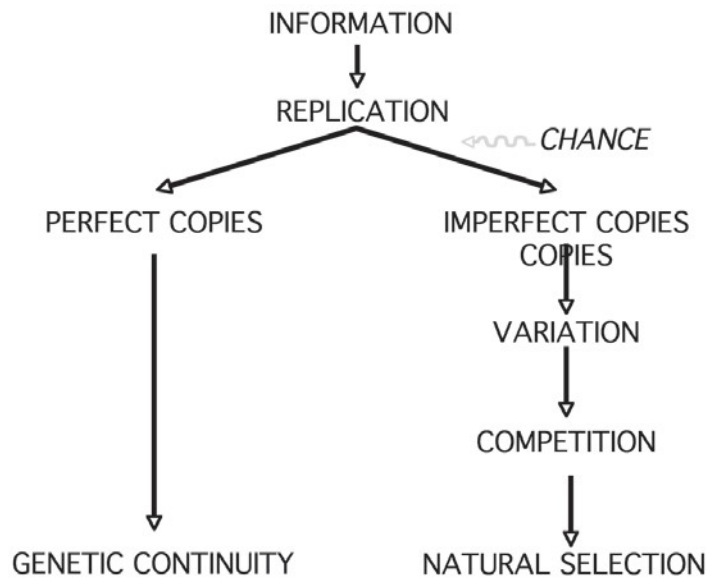


Slika 3.a) grafički prikaz eksponencijalnog rasta populacije te linearnog rasta resursa  
(Slika preuzeta sa [https://www.eh-resources.org/wp-content/uploads/2015/06/malthus\\_graph.jpg](https://www.eh-resources.org/wp-content/uploads/2015/06/malthus_graph.jpg))

Pojava takve situacije bi se eventualno mogla izbjeći tako da se smanji broj organizama u populaciji tj. konzumenata resursa. (de Duve, Genetics of Sin)

No, pojavljuje se pitanje: tko će opstati u toj situaciji i ako opstane, zašto je baš ta jedinka opstala?

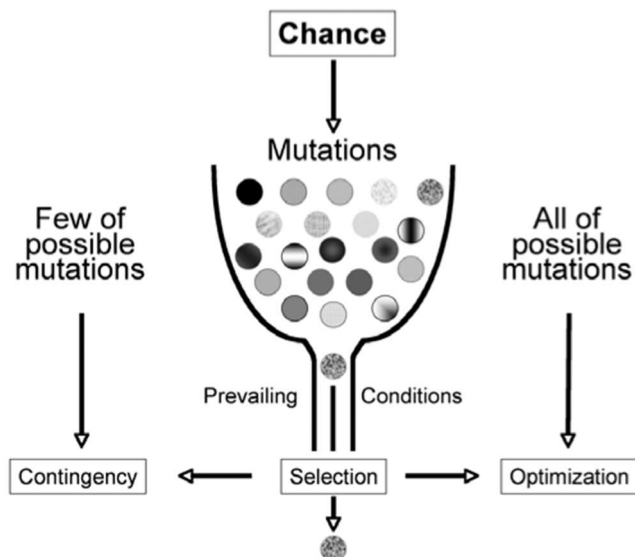
Odgovor je zapravo vrlo jednostavan - opstaju oni koji su najprilagođeniji za preživljavanje u određenim uvjetima, za određenu količinu resursa koja postoji. Dakle u populaciji koja je bogata genetičkim varijacijama, vjerojatnije je da će u određenim uvjetima biti više varijanti koje imaju najbolje šanse za preživljavanje te daljnje razmnožavanje u tim uvjetima. Tako će se ti selekcionirani geni dalje prenositi i preživljavati dok god su povoljni za te uvjete. To ne isključuje postojanje i drugih varijanti koje su možda manje “prilagođene” te kod kojih će se i dalje događati kompeticija - ova je samo više vjerojatna u jednoj populaciji. (Gildenhuis, 2019)



Slika.3.a. Ilustrirani prikaz posljedica replikacije u dva slučaja: kad nastaju savršene kopije i kad se dogodila nekakva mutacija. U prvom slučaju gdje nije bilo ikakvih mutacija, geni su vjerno preneseni na sljedeću generaciju što predstavlja genetički kontinuitet. Kod drugog slučaja se dogodila mutacija i nastaju ne potpuno vjerne kopije što dovodi do varijacije koje se natječu za daljnji opstanak ovisno o dostupnim resursima. One varijante koje su najbolje prilagođene će preživjeti te se dalje prenositi. (Slika preuzeta iz knjige *Genetics of original sin*, De Duve i Patterson, 2005.)

Genetičke varijacije su posljedica mutacija (promjene DNA) koje su slučajne tj. ne događaju se namjerno kako bi postigle neki određeni cilj u evolucijskom pogledu - nisu unaprijed predviđeni određeni uvjeti ili količina resursa. Uz mutacije, za genetičke varijacije su važne i interakcije poput epistaze (gdje više gena utječe na jedno svojstvo) te pleiotropije (jedan gen kodira za više svojstava). (Vincent & Brown, 2005.) Varijacije u interakcijama potiču varijacije u fenotipu organizma koji mogu biti u određenom trenutku presudni za preživljavanje jedinke .

Mogući su posebni slučajevi gdje prirodna selekcija dozvoljava pseudo-namjerne mehanizme kao npr. stresne situacije gdje se pojačava frekvencija mutacija i time posljedično mogućnost nastajanja mutacije zbog kojih će buduće potomstvo moći preživjeti takav stres - mutacije su poboljšale šanse za preživljavanje (Duve & Patterson, 2005)



Slika.3.b. 'Evolucijska lutrija' - shematski prikaz vjerojatnih ishoda prirodne selekcije. Vjerojatnost da će biti „izabrana“ najbolja moguća genetička varijanta ovisi o tome koliko je različitih mogućih mutacija ponuđeno. U slučaju da je ponuđeno manje mutacija kao odgovor na npr. novi izazovni okolišni uvjet, manja je vjerojatnost da je među ponuđenim mutacijama ona mutacija koja će najbolje riješiti taj izazov tj. najbolja za prilagodbu što može rezultirati ili preživljavanjem ili izumiranjem te genetičke varijante, ishod ne može biti točno predviđen. No ako je ponuđeno puno više, u ovom slučaju sve moguće mutacije, izabrat će se vrlo vjerojatno one koje će sigurno rezultirati preživljavanjem i prenošenjem na buduće generacije.

(Slika preuzeta iz Genetics of Sin, De Duve i Patterson, 2012.)

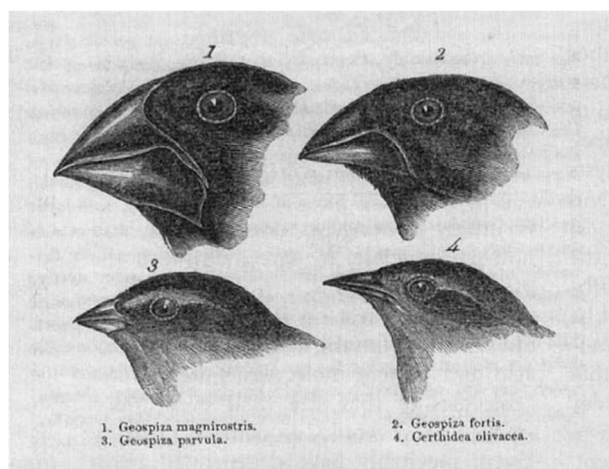
Prirodna selekcija je ovisna o veličini populacije ili frekvencijama, oboje je povezano sa zastupljenošću određenih gena (i njihovih alela u populaciji). Evoluciju prirodnom selekcijom možemo nazvati evolucijskom igrom u smislu da ima igrače, strategije, dobitke. Igračima zovemo individualne organizme, jedan nasljedni fenotip predstavlja jednu strategiju, dok su set strategija sve evolucijski izvedive, moguće strategije tj. mogući fenotipovi. Dobitak u ovoj „igri“ se mjeri fitnessom koji je tu definiran kao uspješnost određene strategije (koliko često se koristi) u određenim ekološkim okolnostima. Fitness pojedinca utječe na promjenu frekvencije strategije u budućim generacijama (uspješnije strategije se češće prenose dalje). Postoje dvije razine same „igre“: unutarnja i vanjska. Na unutarnju „igru“ utječu ekološki procesi i interakcija sa drugim igračima te isplata ovisi o vlastitim i tuđim strategijama. Vanjska „igra“ je zapravo ona „vidljivija“ evolucija gdje primjećujemo dobitak koji se prevodi u promjene frekvencije strategija što je posljedica nasljeđivanja i fitness-a jedinki (kroz par generacija). (Vincent & Brown, 2005)

### 3.1. PRIMJERI PRIRODNE SELEKCIJE

U Tihom oceanu, oko 900 km od obale Ekvadora, smješten je otočić Daphne Major koji je dio otočja Galapagos. Taj mali vulkanski otok je dugačak svega 800 m te je jedino dostupan brodom. Upravo zbog izoliranosti od ostatka svijeta, idealan je za proučavanje životinja koje su tamo došle zrakom ili vodom koje su se tamo nastanile i razmnožavale. Glavni izazov im je kako preživjeti sa ograničenim resursima, ali im u prilog ide što se ne moraju za njih natjecati s puno drugih vrsta. Prvi koji je proučavao ptice toga područja, točnije zebe, je bio Darwin početkom 19.st. Zbog toga ih i zovu Darwinovim zebama. Spomenute zebe su opet počeli proučavati 1973. i od tada nisu prestali što ih čini jednom od najduljih proučavanja na terenu. Ono što je već sam Darwin primijetio jest da zebe na svakom otoku Galapagosa imaju različite oblike kljuna, prilagođene dostupnoj hrani. Tvrdio je kako su te adaptacije posljedica prirodne selekcije tijekom dugog perioda izolacije ptica.

Članak iz 2008.godine koji sadržava rezultate studije do tada, pokazali su kako ipak nije potrebno toliko dugo vremena kako bi se vidjeli rezultati prirodne selekcije, već su u svakoj generaciji zebe *Geospiza fortis* našli dokaze promijenjene morfologije kljuna te frekvencije gena u populaciji. Razlog tomu je bio jaki selekcijski pritisak zbog okolišnih uvjeta poput jake suše kada su male sjemenke bile nedostupne te oni koji su imali manji kljun i tijelo prilagođeno takvoj prehrani, bili žrtve prirodne selekcije. U potpuno suprotnim uvjetima 1983.godine, kada su zabilježene najjače kiše tamo u zadnjih 400 godina, male ptice sa malim kljunom su bile najbrojnije u populaciji. Očito okolišni uvjeti isto imaju dosta utjecaja na sam proces prirodne selekcije. "Prirodna selekcija je ni više, ni manje, nego reprezentativna promjena alela koji kodiraju za okolišno odabrana svojstva.

(G.Dimidijan, 2012.)



Slika.3.1.a) vulkanski otok Daphne Major b) Darwinovi crteži zebe iz posjeta Galapagosu

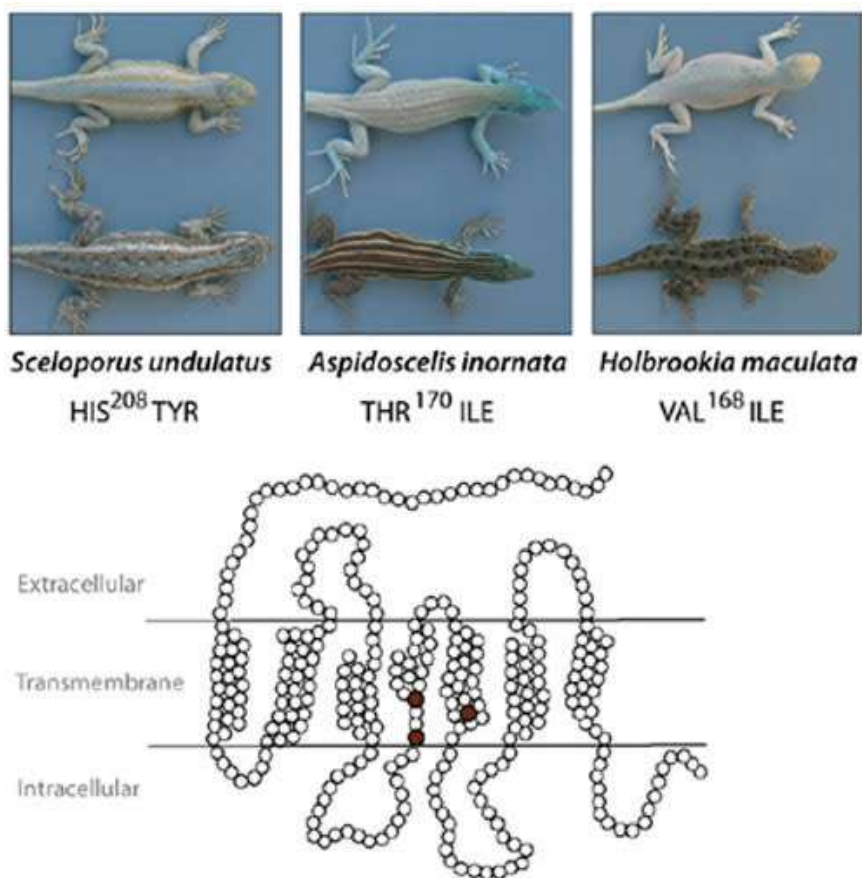
Još jedan prilično poznati primjer prirodne selekcije je industrijski melanizam koji se pojavio kod engleske vrste moljca *Biston betularia*. Dok je Industrijska evolucija bila u punom zanosu, proizvodilo se jako puno dima i čađi koje su prekrile sve površine u blizini crnim slojem. Kako bi bili manje vidljivi predatorima, moljci koji su inače bili prošarano bijelo - crni i su postali pretežno crni (*carbonaria*) te je ta varijanta prevladavala u populaciji. Na kraju Drugog svjetskog rata kada su doneseni zakoni za smanjenje onečišćenja zraka, bijela varijanta je opet došla do izražaja. (Duve & Patterson, 2012)



Slika 3.1.c) Moljac *Biston Betularia* - lijevo uobičajeni fenotip, desno primjer promijenjenog zbog industrijskog melanizma (Slika preuzeta sa: <https://web.nmsu.edu/~wboeckle/biston.html>)

Rezistencija na lijekove je isto posljedica prirodne selekcije te dokaz brzine toga procesa. U samo par desetljeća nakon prve upotrebe penicilina, javile su se varijante otporne na lijek. Pojava novih lijekova koja je ponudila rješenje protiv određenih patogena, često je popraćena razvojem patogena otpornih na te antibiotike koji su potomci onih rijetkih prirodno otpornih varijanti na taj određeni antibiotik. Takve rezistencije se ne pojavljuju samo u slučaju antibiotika već i kod herbicida, insekticida i ostalih pesticida. (Duve & Patterson, 2012)

Kao posljednji primjer poslužiti će maleni gušteri iz Arizone. U White Sands nacionalnom parku koji je pun iznimno bijelih dina koje su zapravo po sastavu gips (kalcijev sulfat dihidrat). Tamo žive tri vrste dnevno aktivnih guštera koji su evoluirali iz bliske vrste koja živi na smeđem tlu Chihuahuan pustinje koja okružuje taj bijeli okoliš. Vrsta koja živi u pustinji je smeđa, međutim ova vrsta koja živi na dinama je skoro potpuno bijela kako bi se što bolje uklopila u okoliš. Kada su proveli laboratorijski test, utvrdili su da će kod parenja preferencija biti na bijelo obojanim partnerima. Pronađena je mutacija na receptor genu melanokortina-1, koji ima ključnu ulogu u proizvodnji melanina kod kralježnjaka. Dakle promjena je uzrokovana promjenom u alelu (nastaje varijanta), a ne epigenetskim utišavanjem gena ili fenotipskom plastičnošću (promjena fenotipa bez genetičke promjene). To je dokaz genetske diferencijacije koja je rezultat prirodne selekciju u novom okolišu. (Dimijian, 2012)



Slika 3.1.d) prikaz tri vrste guštera kod kojih se dogodila mutacija. Kod svakog se dogodila mutacija u samo jednoj aminokiselini melanokortin-1 receptor gena. Sve tri aminokiseline su u području koje leži unutar stanične membrane te su bitne za samu strukturu proteina i prijenos signala sa jedne strane membrane na drugu. (Slika preuzeta sa: <https://www.discovermagazine.com/planet-earth/three-desert-lizards-evolve-white-skins-through-different-mutations-to-the-same-gene>)

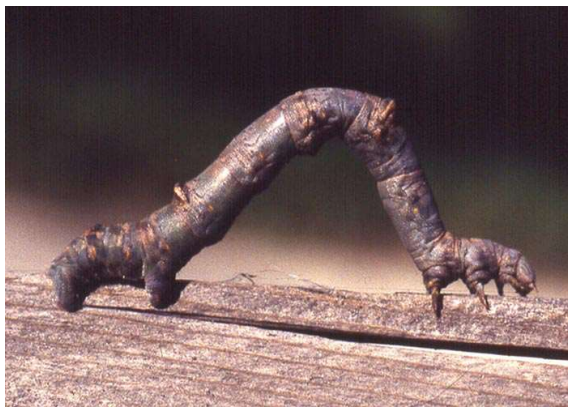


### 3.2.ADAPTACIJE

Smatra se da su jedan od produkata prirodne selekcije adaptacije. U smislu procesa, adaptacija označava prilagodbu nekog organizma na određeni okoliš evolucijskom promjenom. Kao stanje označava neko svojstvo koje organizam trenutno posjeduje, a posljedica je prijašnjih promjena zbog prirodne selekcije. (Losos et al., 2014)

Prisustvo adaptacija obično uzrokuje veću brojčanost i raširenost populacije, nego u slučaju kada ne bi bilo određene adaptacije. (Williams,1996) Mogu se javiti u puno oblika: na razini ponašanja gdje se javlja ponašanje za bolje izbjegavanje predatora, na razini proteina gdje određeni proteini bolje funkcioniraju pri određenim temperaturama ili na razini anatomije gdje uz pomoć razvitka nekog pomagala mogu doći do više resursa. (An introduction to evolution, 2021)

Mimikrija je vrlo koristan oblik adaptacije. Neke vrste se skoro potpuno mogu uklopiti u izgled okoliša te je to vrlo korisna zaštita protiv predatora. To je primjer dugotrajnog prilagođavanja jer jedan kukac ne može "preko noći" skoro potpuno sličiti grančici ili listu. (Duve & Patterson, 2012)



a)



b)

Slika.3.2.a) gusjenica koja sličí grančici (Slika preuzeta sa <https://uwm.edu/field-station/camouflage-102-mimicry/>) i 3.2.b) leptir koji sličí listu (Slika preuzeta sa <https://bugs-alive.blogspot.com/2018/04/kallima-inachus-orange-oak-leaf.html>).

### 3.3. ŠTO JE TO FITNESS U BIOLOGIJI?

Fitness jedinke označava mjeru relativne reproduktivne uspješnosti koja može biti upotrijebljena za predviđanje dugoročne dinamike. Ako su nasljedna, svojstva koja pospješuju fitness će i nakon procesa selekcije biti više prisutna u populaciji, nego ona koja negativno utječu na fitness. (Loses et al., 2014) Fitness određene jedinke (genotipske varijante) ovisi o okolišu u kojem ta jedinka živi - možemo povezati sa navedenim primjerom Darwinovih zeba kada je za vrijeme kišnih razdoblja bilo više manjih zeba. Fitness kao koncept povezuje sve bitno za prirodnu selekciju : opstanak, nalaženje partnera i reprodukciju. Najviše fit jedinka nije nužno najsnažnija ili najbrža, nego ona koja je ostvarila najveći reproduktivni uspjeh.

### 3.4. SEKSUALNA SELEKCIJA

Seksualna selekcija je možemo reći posebni oblik selekcije. Kod vrsta koje se seksualno razmnožavaju, glavni cilj takve selekcije jest naći odgovarajućeg partnera za parenje koje će rezultirati što otpornijim i zdravijim potomcima. Ako gledamo fitness kao mjeru uspješnosti opstanka organizma (njegovih gena), to se može postići na dva načina: dužim preživljavanjem jedinke ili s više potomaka. S jedne strane postoje adaptacije koje povećavaju fitness pojedinaca tako što produžuju vrijeme njihovog opstanka i što je produkt prirodne selekcije. S druge strane koje povećavaju fitness većim brojem potomaka (plodnosti) su rezultat seksualne selekcije. Jedan od tipičnih primjera gdje seksualna selekcija zapravo radi na štetu prirodne selekcije jest onaj kod pauna. Muški predstavnici pauna su poznati po svojem raskošnom perju koje im pomaže pri udvaranju ženskim jedinkama - favoriziran pozitivan ishod za seksualnu selekciju. Isto to perje im odmaže u smislu dužeg preživljavanja jer su tromiji i sporiji u bijegu od predatora - negativna stavka za prirodnu selekciju. (Vinicius, 2010) Seksualna i prirodna selekcija se razlikuju po tome koja su svojstva organizma više na cijeni obzirom na funkciju samog svojstva te ishoda selekcije.

#### 4. KAKO ISPRAVNO PREZENTIRATI PRIRODNU SELEKCIJU?

Često se proces evolucije prirodnom selekcijom sažme u frazu “survival of the fittest”. To je u redu kada osoba zna što taj “fittest” podrazumijeva, ali postaje problem kada se ta fraza prevede kao “opstanak/preživljavanje najjačih”. Zašto postaje problem?

Prvo zbog činjenice da ne preživljavaju zapravo najjači, već najprilagođeniji u tom određenom trenutku. To što netko ima dominantnije karakteristike (koje možemo povezati sa snagom jednostavnosti radi), ne znači da će uspješniji reproduktivni status. Drugo o čemu moramo razmisliti je da bi se to moglo protumačiti kao “preživljavanje onih koji su preživjeli” (tvrdnja bez valjanih argumenata - tautologija) te bi to značilo da zapravo nitko, osim tih pojedinaca, nema mogućnost daljnjeg preživljenja. Kod svojstava koji doprinose preživljenju, česta je pojava govor o njihovoj “svrsi”. Ako govorimo o svojstvu kao da ima svrhu, mogli bi se zapitati ne samo što, već i tko je odgovoran da to svojstvo ima upravo tu svrhu - to vodi ka drugim mogućim objašnjenjima evolucije gdje bi bio moguć utjecaj “neke više sile” (poglavlje 4.2.). Sprječavanje takvih tumačenja je moguće, ako govorimo o svojstvu kako ima neku funkciju koja će kasnije na određeni način igrati ulogu u cijelom procesu i biti kriterij za odabir (uspješnost strategije). (Vincent & Brown, 2005)

Zbog tih, naizgled sitnih, promjena pri objašnjavanju, mnogi zapravo ne razumiju suštinu procesa prirodne selekcije. Neki zato mogu potražiti objašnjenja i u alternativnim teorijama evolucije.

## 5. ZAKLJUČAK

Evolucija je proces čiji je primaran uzrok varijacija u nasljeđivanju uzrokovana mutacijama. Stopa mutacije zapravo određuje brzinu evolucije, dok za prirodnu selekciju možemo reći da zapravo modulira koje će varijacije (aleli) opstati u kojem trenutku i uvjetima, a koje neće. Bitno je za zapamtiti da se govori o opstanku više vrsta varijacija (alela), ali da se njihov udio u populaciji može mijenjati ovisno o tome koji čini pojedinca prilagođenijeg za preživljavanje u nekim određenim uvjetima. Dodatan utjecaj na sastav genetskih zaliha populacije imaju i mehanizmi poput genetičkog drifta te migracija (protoka gena). Seksualna selekcija nekad radi na štetu prirodne selekcije jer postoje različiti kriteriji za odabir partnera, moguće je da korisno svojstvo po prirodnoj selekciji, nije nužno privlačno u aspektu druge selekcije i obrnuto. U slučaju da se ipak izabere neko "manje korisno" svojstvo po prirodnoj selekciji, ipak može opstati jer ne ugrožava u potpunosti preživljenje tog organizma (nego recimo samo otežava). Iako u prirodnoj selekciji razgovaramo o funkciji nekog svojstva u borbi za opstanka, neki i dalje traže svrhu istih svojstava što može ići u prilog pričama o "nekoj višoj sili kao Stvoritelju svega". Daleko od toga da treba ljudima zabraniti promišljanje određenih mogućnosti, ali postoje dokazi koji podupiru postojanje evolucije putem prirodne selekcije. Svakako moramo uzeti u obzir da "nevjernike" u evoluciju (Darwinovu), možda odbija pomisao na daleku vezu sa majmunima u obliku zajedničkog pretka primata koji je živio prije par milijuna godina (moguća tema za rad iz područja psihologije). Evolucija je kroz godine istraživanja postala činjenica zbog svih dokaza koji postoje otprije, ali i od pojave modernijih bioloških tehnika (poput molekularnih), ali i dalje može biti pričano o njoj kao o teoriji zbog svega što eventualno još nismo otkrili, a mogli bi u budućnosti.

## 6. LITERATURA

Anon, 2017. Camouflage 102 - Mimicry. *Field Station*. Available at: <https://uwm.edu/field-station/camouflage-102-mimicry/> [Accessed August 23, 2021].

Anon, Kallima Inachus - the Orange oak leaf. *BugsAlive*. Available at: <https://bugs-alive.blogspot.com/2018/04/kallima-inachus-orange-oak-leaf.html> [Accessed August 23, 2021].

Cook, L.M. & Saccheri, I.J., 2012. The peppered moth and industrial melanism: Evolution of a natural selection case study. *Nature News*. Available at: <https://www.nature.com/articles/hdy201292> [Accessed August 23, 2021].

Dawkins, R., 2016. *The blind watchmaker why the evidence of evolution reveals a universe without design*, London: Penguin books.

Dimijian, G.G., 2012. Darwinian natural Selection: Its enduring explanatory power. *Proceedings (Baylor University. Medical Center)*. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3310512/> [Accessed August 23, 2021].

Duve, C.D. & Patterson, N., 2005. *Genetics of original sin: The impact of natural selection on the future of humanity*, New Haven, CT: Yale University Press.

Duve, C.D. & Patterson, N., 2012. *Genetics of original sin: The impact of natural selection on the future of humanity*, New Haven, CT: Yale University Press.

Evolution.berkeley.edu.2021. An introduction to evolution. [online] Available at: [https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/evo\\_02](https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/evo_02) [Accessed 23 August 2021]

Gildenhuys, P., 2019. Natural selection. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Available at: <https://plato.stanford.edu/archives/win2019/entries/natural-selection/> [Accessed August 23, 2021].

Losos, J.B. et al., 2014. Stearnovo poglavlje. In *The Princeton guide to evolution*. Princeton New Jersey: Princeton University Press.

Pediaa.com. 2021. [online] Available at: <https://pediaa.com/wp-content/uploads/2016/01/Difference-Between-Microevolution-and-Macroeolution-infographic.jpg> [Accessed 23 August 2021].

SAGE Journals. 2021. The Biological Sciences in the Nineteenth Century: Some Problems and Sources - Everett Mendelsohn, 1964. [online] Available at: <<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/007327536400300103>> [Accessed 23 August 2021].

Sloan, P., 2019. Evolutionary thought Before darwin. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Available at: <https://plato.stanford.edu/archives/win2019/entries/evolution-before-darwin/> [Accessed August 23, 2021].

Vincent, T.L. & Brown, 2012. *Evolutionary game theory, natural selection, and darwinian dynamics*, Cambridge: Cambridge Univ Press.

Vincent, T.L. & Brown, J.S., 2005. *Evolutionary game theory, natural selection, and darwinian dynamics*, Cambridge: Cambridge University Press.

Vinicius, L., 2010. *Modular evolution: How natural selection produces biological complexity*, New York: Cambridge University Press.

Yong, E., 2019. Three desert Lizards EVOLVE WHITE SKINS through different mutations to the same gene. *Discover Magazine*. Available at: <https://www.discovermagazine.com/planet-earth/three-desert-lizards-evolve-white-skins-through-different-mutations-to-the-same-gene> [Accessed August 23, 2021].

Williams, C.G., 1996. *Adaptation and natural selection*, Princeton, Princeton University Press

## 7.SAŽETAK

Evolucija je proces promjene organizama tijekom vremena. Promjene su moguće na maloj skali, mikroevoluciji, gdje se promjene događaju na razini gena i jedne vrste. Uzrok takvih promjena mogu biti mutacije u sekvenci DNA, migracije (protok gena) ili genetički drift. Obično je promatrana kroz nekoliko generacija. Na većoj skali, pri makroevoluciji, promatramo dugoročne efekte mikroevolucije, ne samo jedne vrste, već više njih. Jednim od glavnih procesa evolucije, pokretačem, smatra se prirodna selekcija. Prirodna selekcija radi na principu odabira organizama koji su najprilagođeniji životu (i razmnožavanju) određenim okolišnim uvjetima i dostupnim resursima. Mutacije jesu slučajne, ali prirodna selekcija nije. Dugoročnim selekcioniranjem potiče se nastajanje adaptacija kod organizama kako bi si povećali vjerojatnost za preživljavanje. Adaptacije mogu biti bihevioralne, morfološke ili na razini samih proteina. Seksualna selekcija je poseban oblik selekcije koji se javlja kod vrsta koje se seksualno razmnožavaju. Neka svojstva koja su favorizirana u seksualnoj selekciji (veći broj potomaka), mogu smanjivati ono što je favorizirano u prirodnoj selekciji (opstanak). Uspješnost nekog organizma se mjeri fitnessom tj. razinom reproduktivne uspješnosti organizma.

**Ključne riječi:** Evolucija, prirodna selekcija, uzrok promjena, adaptacija, fitness, seksualna selekcija.

## 8.SUMMARY

Evolution is a process of change within organism in time. Changes can be observed on a smaller (microevolution) or larger (macroevolution) scale. Microevolution observes change at gene level of one specie through several generations. Those changes can be caused by mutation in DNA sequence, migration (gene flow) or genetic drift. Macroevolution talks about longterm effects of microevolution, not only of one but more species. One of main processes of evolution is natural selection. Organisms which are the best suited for survival in a specific environment and a certain amount of resources will survive and reproduce. Mutations happen by chance but natural selection doesn't. One of the effects of natural selection can be emergence of adaptations. Adaptations are certain traits that organism evolved through time and which helps in the survival of said organism. They can be bibehavioral, morphological or on protein level. Sexual selection is a special type of selection that is find in species that reproduce sexually. Some traits which are favoured in sexual selection for the end result of more descendants (higher fertility) can lower favoured outcome of natural selection (survival). Fitness is the measure of organism's reproductive success.

**Keywords:** Evolution, natural selection, change in time, adaptation, fitness, sexual selection.

## 9. ŽIVOTOPIS

Eliza Fućak rođena je krajem 1997. godine u Rijeci. Na jesen 2004.godine započinje obrazovanje u Osnovnoj školi Nikola Tesla u Rijeci, koje nastavlja 2012. U Prvoj Susačkoj gimnaziji u Rijeci. Nakon završetka srednje škole, 2016. Upisuje Prirodoslovno-matematički fakultetu u Zagrebu gdje je odabrala smjer Molekularne biologije zbog svojeg zanimanja za biološke discipline te znanost.