

# OČUVANJE BIOLOŠKE RAZNOLIKOSTI



Ivana Buj, Marko Čaleta, Zoran Marčić

BIOLOŠKI ODSJEK, PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

## Sadržaj

<b>Predgovor</b> .....	<b>2</b>
<b>1.KONZERVACIJSKA BIOLOGIJA</b> .....	<b>4</b>
1.1 Čime se bavi konzervacijska biologija i koja joj je svrha? .....	4
1.2 Teme i ciljevi konzervacijske biologije.....	6
1.3 Literatura.....	9
<b>2. BIOLOŠKA RAZNOLIKOST</b> .....	<b>10</b>
2.1 Što je to biološka raznolikost?.....	10
2.2 Mjerenje biološke raznolikosti.....	11
2.3 Literatura.....	13
<b>3. ZAŠTITA VRSTA I PROCJENA RIZIKA OD IZUMIRANJA</b> .....	<b>14</b>
3.1 Rizik od izumiranja.....	14
3.2 Kategorije ugroženosti .....	15
<b>4. IZUMIRANJA</b> .....	<b>19</b>
4.1 Definicije i tipovi izumiranja .....	19
4.2 Stope izumiranja.....	20
4.3 Uzroci i posljedice .....	21
4.4 Vorteks izumiranja – centralni problem konzervacijske biologije.....	28
4.5 Zašto su male populacije osobito ugrožene?.....	25
4.6 Tipovi ekstinkcijskog vorteksa.....	28
4.7 Geografska raspodjela stopa izumiranja .....	28
4.8 Da li je moguće vrstu spasiti iz vorteksa izumiranja?.....	29
<b>5. PRIJETNJE BIOLOŠKOJ RAZNOLIKOSTI</b> .....	<b>31</b>

5.1 Uništenje staništa.....	31
5.2 Zagađenje .....	33
5.3 Klimatske promjene .....	35
5.4 Invazivne vrste.....	36
5.5 Prekomjerno iskorištavanje, prelov .....	39
5.6 Literatura .....	40
<b>6 ZAŠTITA PODRUČJA.....</b>	<b>41</b>
6.1 Osnovni principi zaštite područja .....	41
6.2 Nacionalno zaštićena područja.....	42
6.3 Međunarodno zaštićena područja.....	44
6.4 IUCN kategorije zaštićenih područja.....	44
6.5 Svrhe i uloge zaštićenih područja u zaštiti bioraznolikosti .....	45
6.6 Principi upravljanja zaštićenim područjem.....	46
6.7 Obnova staništa.....	48
<b>7 MREŽE ZAŠTIĆENIH PODRUČJA .....</b>	<b>49</b>
7.1 Kako područja povezati u mrežu .....	49
7.2 Natura 2000 .....	50
7.3 Ekologija krajolika.....	51
<b>8 OSNOVNI PRINCIPI ZAŠTITE VRSTA.....</b>	<b>52</b>
8.1 Ugrožene vs. zaštićene vrste.....	52
8.2 Strogo zaštićene vrste .....	52
8.3 Primijenjena populacijska biologija .....	53

8.4 Kvantitativna procjena vijabilnosti .....	55
<b>9 EX SITU KONZERVACIJA .....</b>	<b>58</b>
9.1 Prednosti i nedostaci <i>ex situ</i> konzervacije .....	58
9.2 Gdje se <i>ex situ</i> konzervacija provodi .....	61
9.3 Literatura .....	65
<b>10 OBNOVA POPULACIJA I STVARANJE NOVIH .....</b>	<b>67</b>
<b>11 UVOD U KONZERVACIJSKU GENETIKU .....</b>	<b>70</b>
11.1 Da li je genetika važna za konzervaciju? .....	71
11.2 Parenje u srodstvu (inbriding), uska grla, gubitak genske raznolikosti .....	73
11.3 Taksonomsko korištenje genetike u konzervaciji .....	76
11.4 Određivanje i gospodarenje sojevima, uzgoj u zatočeništvu .....	79
11.5 Hibridizacija kao konzervacijski problem .....	79
11.6 Trenutni napori konzervacijskih genetičara .....	80
11.7 Literatura .....	84
<b>12 OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE .....</b>	<b>86</b>

## **Predgovor**

Često imamo predodžbe što je važno za baviti se nekom znanstvenom disciplinom, koje osobine krasi određene skupine znanstvenika, ponekad čak, više ili manje pod utjecajem američkih filmova i serijala, i kako bi oni trebali izgledati. Osim kada se radi o konzervacijskim biolozima. Mnogi od nas reći će da ih nikada nisu upoznali i da još čekamo da se pojave. Čak i stručnjaci koji su čitav život posvetili zaštiti prirode, češće će za sebe reći da su ekolozi, zoolozi, ihtiolozi itd., nego konzervacijski biolozi. Već godinama čekamo tajanstvene osobe koje će spasiti svijet, stručnjake koji su sigurno izuzetno pametni i u svakoj problematičnoj situaciji znaju točno što treba učiniti, koji nikad ne pogriješe i ne odustanu... Međutim, i da ih čekamo još 100 godina, takvi se neće pojaviti jer ne postoje.

Zaštita prirode je na nama, a konzervacijski biolozi današnjice, i još više – budućnosti, već skromno i strpljivo rade, uče i razvijaju se. I samo su im tri osobine zajedničke: strpljivost, skromnost i optimizam. Za razliku od vrhunskih stručnjaka u većini znanstvenih disciplina, koji su uglavnom navikli na uspjehe jer svako istraživanje rezultira nekim novim rezultatima i otkrićima, nema konzervacijskog biologa koji nije doživio neuspjeh. To nas uči skromnosti i strpljivosti. Brza i laka rješenja uglavnom su nespojiva s konzervacijskom biologijom, a učenje nikad ne prestaje. Ovo posljednje možda više nego za bilo koju znanstvenu disciplinu vrijedi upravo za konzervacijsku biologiju. Ni najbolji udžbenici, ma koliko podataka, primjera i opisa metoda sadržavali, ni najstručniji nastavnici, ma koliko godina iskustva imali, ne mogu vas pripremiti na sva iznenađenja koja vas očekuju na putevima konzervacijske biologije. Metoda koja će negdje dati izvrsne rezultate, drugdje će se pokazati posve beskorisnom. Slijedenje znanstveno dokazanih procedura i očekivanje statistički potkrijepljenih rezultata padaju u vodu pred problemima konzervacijske biologije. Primjena metoda i postupka koji u svim ostalim znanstvenim područjima garantiraju izvrsne rezultate, ovdje često ne znače mnogo, a vremena za usavršavanje metodologije i procedura, jednostavno - nema. A pitanje kako ostati staložen i racionalan te zadržati optimizam usprkos ogromnim problemima koje riješiti trebaju upravo konzervacijski biolozi, odgovor ne može dobiti u riječima i rečenicama.

Ali može u ljudima. Onima koji su svjesni da, iako se to možda od njih traži, ne mogu spasiti čitav svijet. Ali nikada neće prestati pokušavati spasiti bar jednu vrstu, bar

## Predgovor

jedno stanište, bar jednu zajednicu. Kojima je svaki neuspjeh samo nov početak i nova prilika za učenje. Koji ne posustaju u osmišljavanju novih metoda i načina i ne prestaju vjerovati da baš mi možemo promijeniti stvari i učiniti svijet boljim. Jer upravo to su konzervacijski biolozi.

Iako je konzervacijska biologija nastala iz nužnosti, kao odgovor na izazove današnjeg vremena i svijeta u kojem živimo, upravo se ovo vrijeme može smatrati istovremeno i najboljim i najgorim za sve koji se bave proučavanjem i opisivanjem bioraznolikosti. Najboljim – zato što su nam na raspolaganju metode kojima do u detalje možemo spoznati različite aspekte i razine bioraznolikosti bolje nego ikada prije. A najgore – zato što nam ta ista bioraznolikost, čije smo vrijednosti tek počeli učiti prepoznavati i cijiniti, nestaje pred očima. Ali, konzervacijski biolozi ne odustaju. Baš kao što je Michael Soule, začetnik ove discipline, napisao: "*Nema beznadnih slučajeva. Samo ljudi bez nade. I skupih slučajeva...*"

Autori

# 1. KONZERVACIJSKA BIOLOGIJA

## 1.1 Čime se bavi konzervacijska biologija i koja joj je svrha?

Iako je konzervacijska biologija, kao posebna biološka disciplina, vrlo mlada, u znanstvenoj literaturi već je prisutno nekoliko definicija. Međutim, za razliku od brojnih pokušaja definicije vrste, u ovom se slučaju sve definicije ipak svode na isto. Tako konzervacijsku biologiju možemo definirati kao disciplinu koja "proučava biološku raznolikost, utvrđuje prijetnje biološkoj raznolikosti te igra aktivnu ulogu u očuvanju biološke raznolikosti" (Primack 2006) ili kao "integrativan pristup zaštiti i upravljanju biološkom raznolikošću" (Groom i sur. 2006). Sam pojam prvi je upotrijebio i objasnio Michael Soulé 1978. godine: "Konzervacijska biologija nastoji povezati evolucijsku teoriju s okolišnom realnošću radi predviđanja kako će populacije/vrste reagirati na buduće/sadašnje promjene, najčešće antropogeno uvjetovane, u svom okolišu/gustoći/rasprostranjenosti. Najvažnije, hoće li preživjeti i kako spriječiti izumiranje." Dakle, konzervacijska biologija jest disciplina koja se bavi zaštitom prirode. Pritom mislimo kako na teoretska istraživanja i razmatranja pojedinih problema u zaštiti prirode i njihovih rješenja, tako i na njihovu praktičnu primjenu. Iz niza razloga, koji će detaljnije biti razmatrani malo kasnije, konzervacijska biologija ima najjasniju primjenu od svih bioloških disciplina.

Relativno nedavni nastanak i ubrzan razvoj konzervacijske biologije logična je posljedica povećane svijesti o izraženom ljudskom utjecaju na prirodne zajednice i ubrzanom nestanku biološke raznolikosti. Sve je veći broj znanstvenih dokaza o negativnim utjecajima ljudskih aktivnosti na različite aspekte prirodnih populacija te strukture i funkcije gotovo svih ekosustava. Smatra se da je nekoliko tisuća vrsta suočeno s izrazito velikim rizikom od izumiranja, a broj izumrlih vrsta u nekoliko prošlih desetljeća toliki je da se ovo razdoblje naziva Šestim masovnim izumiranjem. Broj vrsta koje izumiru i utjecaj na prirodne zajednice kojeg danas provodi čovjek, ravnopravno se može usporediti s masovnim izumiranjima u geološkoj prošlosti. Jedina, ali bitna razlika je u uzroku izumiranja. I dok su za prethodna masovna izumiranja bili odgovorne velike geološke promjene i utjecaji, moguće i izvanzemaljskog porijekla (na primjer snažan udarac meteora), za današnje

izumiranje isključivu odgovornost snosi samo jedna vrsta, nažalost – naša. Nikada u prošlosti živog svijeta tako veliki broj vrsta i bioloških zajednica nije bio suočen s izumiranjem u tako kratkom vremenskom razdoblju. Nikada prije takvo uništenje nije bilo uzrokovano od strane samo jedne vrste. I to vrste koja se u svom određenju redovito poziva na razum, moral i slobodnu volju kao bitne i specifične značajke (Primack 2006). Zbog naglog porasta ljudske populacije i ogromne potrebe za resursima, više gotovo da ni nema ekosustava koji nije utjecan od strane čovjeka. Kako su ti utjecaji uglavnom negativni i izrazito oštećujući, potreba za znanstvenim temeljem ublažavanja utjecaja, ali i oporavljanja već oštećenih zajednica – neminovna je. Upravo iz navedenog proistječe nužnost konzervacijske biologije kao znanstvene discipline, koja se bavi teoretskim razmatranjima i praktičnim primjenama zaštite prirode.

Konzervacijska biologija je, dakle, razvijena kao odgovor na sve postojeće prijetnje i ubrzano izumiranje sastavnica biološke raznolikosti. To je integrativna, interdisciplinarna znanstvena disciplina sa tri ambiciozna osnovna cilja (Levin 2001, Groom i sur. 2006, Primack 2006):

- Opisati cjelokupnu biološku raznolikost na Zemlji, sve njene sastavnice i razine.
- Istražiti ljudski utjecaj na vrste, zajednice i ekosustave.
- Razviti praktične metode za sprječavanje izumiranja vrsta, očuvanje genetske raznolikosti unutar vrsta, kao i očuvanje i obnovu bioloških zajednica i uz njih vezanih usluga ekosustava.

I dok većina bioloških disciplina ima mnogo sličnosti u metodologiji, načinu istraživanja i prezentiranja rezultata, konzervacijska biologija, s obzirom na svoju svrhu, ima brojna ograničenja i razlikuje se od ostalih disciplina. Razlikuje se već i po tome što ima svrhu, dok ostale discipline ne moraju imati nikakvu primjenu već samo istraživanje i otkrivanje može biti svrha samom sebi. Za konzervacijsku biologiju često se kaže da je "krizna znanost". Naime, dok sve ostale biološke discipline teže što savršenijim podacima i koriste prikladne metode kako bi dobile pouzdane rezultate, konzervacijski biolozi često ne mogu računati na savršene ulazne podatke i statistički značajnu sigurnost rezultata. Konzervacijska biologija ima misiju ili svrhu (razviti nove principe i tehnologije koji će društvu omogućiti očuvanje biološke raznolikosti) i rok (prije no što ta raznolikost nestane



zauvijek). Ona podrazumijeva veliku razinu interdisciplinarnosti, povezana je s nizom bioloških disciplina (biogeografija, populacijska genetika, ekologija, evolucija, šumarstvo, ribarstvo, fiziologija, upravljanje populacijama) i ostalih znanosti (antropologija, kemija, fizika, povijest, filozofija, ekonomija, politika, sociologija, religija) (slika 1.).

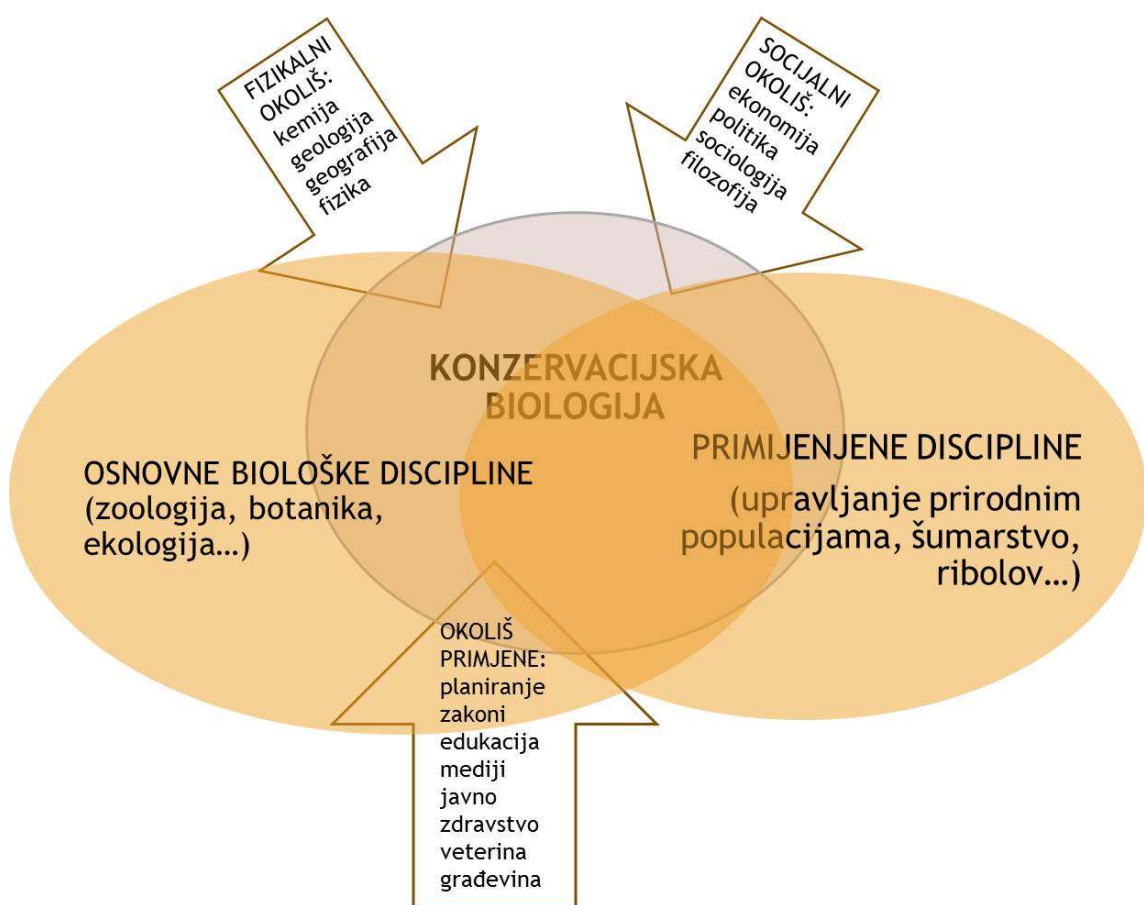
Prilikom konceptualizacije strukture neke znanosti ili znanstvene discipline uobičajeno je istaknuti ontologije, teorije i vrijednosti koje ona sadrži. Zbog navedenih specifičnosti, pokušaji prikaza ontologija, vrijednosti pa čak i teorija konzervacijske biologije kompleksni su i kontroverzni. Unatoč razilaženjima u mišljenjima modernih konzervacijskih biologa, i dalje ih većina zastupa stajalište kako biološka raznolikost jest i treba biti objekt proučavanja konzervacijske biologije. Međutim, iako možda pitanje: Što je bioraznolikost? ne izgleda kontroverzno i teško za objasniti, znanstvena i ne-znanstvena debata o tome što je biološka raznolikost, te treba li biti u centru konzervacijske biologije – ne prestaje. Konzervacijska biologija, iako poput ostalih znanstvenih disciplina koristi teorije, modele, algoritme, pokuse i terenski rad, također upotrebljava i niz alata ne tipičnih za tradicionalno shvaćanje znanstvenih disciplina.

Posve je jasno kako se konzervacijska biologija bavi očuvanjem nečeg biološkog, odnosno ekološkog. Međutim, pitanje jedinica koja bi trebalo očuvati nema jednoznačnog odgovora. Tako su kao fokus konzervacijske biologije neki autori označavali vrste, drugi su smatrali da su populacije primjerenije, treći su zagovarali biome ili ekoregije kao fokus ove discipline, dok su se četvrti zalagali da to budu genotipovi ili genetske značajke. Neovisno o jedinicama koje predstavljaju ciljeve očuvanja konzervacijske biologije, očito je kako su u njoj sadržane konstitutivne i kontekstualne vrijednosti. Neke su od njih svima prihvatljive i razumljive, poput očuvanja usluga ekosustava bitnih za opstanak ljudi, pa do nekima teže prihvatljivih vrijednosti, kao što je tzv. intrinzična vrijednost populacija, vrsta i bioloških zajednica.

## 1.2 Teme i ciljevi konzervacijske biologije

Područja moderne konzervacijske biologije mogu se svrstati u dvije osnovne skupine:

- ZAŠTITA UGROŽENIH VRSTA (obuhvaća područja poput demografskih i genetskih posljedica smanjene veličine populacija, analize vijabilnosti, biologije malih populacija, manipulativnih tehnika za povećanje vjerojatnosti preživljavanja, dizajna prirodnih rezervata za ciljne vrste itd.)
- ZAŠTITA FUNKCIONALNIH I STRUKTURNIH ASPEKATA EKOSUSTAVA (područja poput raznolikosti i stabilnosti ekoloških zajednica, fragmentacije staništa, ekologije okoliša, otočne biogeografije, restauracijske ekologije itd.).



**Slika 1.** Interdisciplinarnost konzervacijske biologije.

Osnovni ciljevi konzervacijske biologije, odnosno zaštite prirode su:

1. Sačuvati raznolikost vrsta i ekosustava.
2. Spriječiti antropološki uzrokovano izumiranje populacija i vrsta.
3. Održati ekološku složenost.

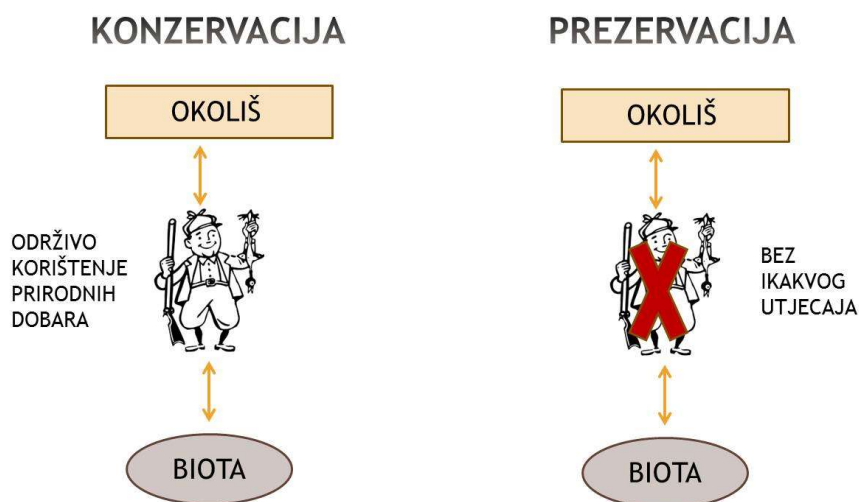
4. Omogućiti neometan nastavak evolucije.
5. Spoznati vrijednosti biološke raznolikosti.

Glavni uzroci ugroženosti prirode su ogroman porast ljudske populacije, koje prate i ogromne potrebe za resursima. Procjenjuje se da je ljudska populacija oko 1800. godine brojila 1 milijardu ljudi, a zatim se stopa rasta sve više povećava pa 1930. ima 2 milijarde ljudi, 1999. već 6 milijardi, a danas preko 7 milijardi. Stopa rasta se danas ipak blago smanjuje. Pretpostavlja se kako će populacija kroz ovo stoljeće nastaviti rasti, ali smanjenom brzinom te da će se stabilizirati na oko 10 milijardi u drugoj polovici stoljeća (projekcije UN-a). Zbog iznimnog utjecaja ljudi na resurse, druge vrste, ukupnu biološku raznolikost i ekosustave, ovo je geološko razdoblje prozvano i "antropocen". Ljudska populacija ima izuzetno velike potrebe za resursima, što slikovito pokazuje nekoliko podataka:

- procjene udjela terestričke primarne produkcije kojeg koristi isključivo ljudska populacija kreću se od 10 do 55%
- 83% površine Zemlje pod izravnim je utjecajem ljudskih aktivnosti
- 40-50% površine Zemlje je promijenjeno ili degradirano
- 10-15% kopnene površine Zemlje pretvoreno je u agrikulturna ili urbana područja, a još 6-8% u pašnjake
- 22% vrsta morskih riba je prelovljeno
- ljudske aktivnosti dodaju onoliko fiksiranog dušika u kopnene ekosustave koliko dodaju svi ostali izvori zajedno

Nadalje, utjecaj ljudi očituje se i u tome što mijenjaju evoluciju te su postali okidač prirodne selekcije na globalnoj razini. Prvenstveno se to može vidjeti na primjeru bakterija otpornih na antibiotike, ali i npr. sve većeg udjela slonova bez kljova.

Dok se pojam konzervacija odnosi na zaštitu prirode uz održivo korištenje prirodnih dobara, prezervacija podrazumijeva uklanjanje bilo kakvog ljudskog utjecaja iz prirode (slika 2.).



**SLIKA 2.** Razlika konzervacije i prezervacije (prilagođeno iz Primack 2006).

*'Konzervacijska se biologija razlikuje od većine bioloških disciplina u jednoj bitnoj značajci: ona je često krizna disciplina. Njena sličnost biologiji, osobito ekologiji, analogna je sličnosti kirurgije s fiziologijom, ili rata s političkim znanostima.'* M. Soule

### 1.3 Literatura

Groom MJ, Meffe GK, Carroll CR (2006): Principles of conservation biology, Sinauer Associates, Sunderland

Primack RB (2006): Essentials of Conservation Biology, 4<sup>th</sup> Edition, Sinauer Associates, Sunderland

## 2. BIOLOŠKA RAZNOLIKOST

### 2.1. Što je to biološka raznolikost?

Slično kao što je slučaj s definicijama konzervacijske biologije kao discipline, ni biološku raznolikost – kao njen fokus – nije jednostavno jednoznačno definirati. Među većim brojem autora koji su to pokušali, možda su Groom i suradnici svojom definicijom najbolje dočarali bit ovog pojma. Prema njima je biološka raznolikost (ili bioraznolikost) ukupnost svih živih bića – nesagledivo bogatstvo i raznolikost živog svijeta. Ona se može promatrati na mnogo razina biološke organizacije, od genetske raznolikosti unutar neke vrste, do životnih zajednica odabranih predjela svijeta, broja evolucijskih linija i stupnja njihove različitosti te, konačno, do raznolikosti ekosustava i bioma na Zemlji (Groom i sur. 2006).

Biološka raznolikost ili bioraznolikost definira se kao:

- raznolikost svih oblika života na svim organizacijskim razinama
- raznolikost života na Zemlji
- raznolikost na svim razinama biološke organizacije.

Bioraznolikost možemo prepoznati i opisivati na tri organizacijske razine: **genska raznolikost** (odnosno varijabilnost gena unutar populacija i vrsta), **raznolikost vrsta** i **raznolikost ekosustava** (varijacije među ekosustavima, zajednicama, krajolicima). Neki autori dodaju još i raznolikost viših taksonomskih kategorija, koja bi se odnosila na varijabilnost rodova, porodica, redova itd. Stoga struktura bioraznolikosti podrazumijeva jedinice bioraznolikosti, poput nukleotida, gena, podvrsta ili linija, vrsta, biocenoza i ekosustava. Funkciju bioraznolikosti teže je definirati, ali odnosi se na ono što jedinice bioraznolikosti rade, kakvu ulogu vrše te se može iskazati kao funkcionalna i filogenetska raznolikost.

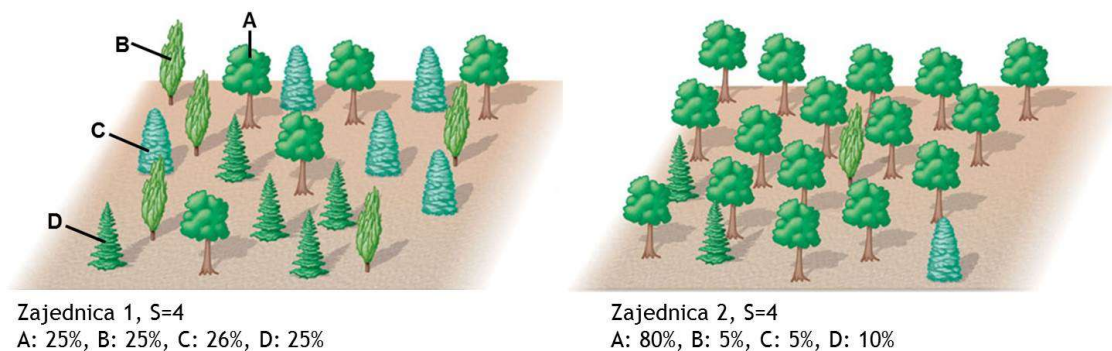
Raznolikost nije jednaka u svim taksonomskim skupinama, a nije jednoliko raspoređena niti geografski. Tzv. vruće točke bioraznolikosti (engl. *hot spots*) su područja izuzetno visoke bioraznolikosti, a često i velikog udjela endema. Danas je opisano oko 1,5

milijuna vrsta, a procjene koliko zaista vrsta živi na Zemlji kreću se između 5 i 30 milijuna vrsta.

## 2.2 Mjerenje biološke raznolikosti

Bioraznolikost je moguće izmjeriti, odnosno opisati pomoću funkcionalnih kategorija (npr. vrste, ekosustavi, mjere genetskog polimorfizma) ili pomoću teoretskih kategorija ( $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$  raznolikost), a možemo ju opisivati na sve tri osnovne organizacijske razine (raznolikost vrsta, gena i ekosustava) iako se najčešće opisuje raznolikost vrsta.

Najjednostavnija mjera raznolikosti vrsta je **bogatstvo vrsta (S)**, što je jednostavno broj vrsta u nekoj zajednici. Uz bogatstvo vrsta često se koristi i **jednoličnost vrsta (E)**, a to je zastupljenost odnosno ravnomjernost vrsta (udio jedinki pojedine vrste). Dominantne vrste u nekoj zajednici predstavljene su većim brojem jedinki (slika 3.).



**SLIKA 3.** Usporedba dvije zajednice s obzirom na bogatstvo i jednoličnost vrsta.

Kako bi bioraznolikost mogli opisati uključivanjem više mjera (najčešće bogatstva vrsta i jednoličnosti) koriste se indeksi raznolikosti. To su, dakle, kvantitativne mjere kojima se nastoji opisati raznolikost nekog područja, uzimajući u obzir i broj vrsta na njemu, ali i jednoličnost, odnosno dominantnost. Iako ih je osmišljeno mnogo, dva su se indeksa pokazala kao najtočnijima u opisivanju biološke raznolikosti pa se i najčešće koriste u ekološkim i konzervacijskim istraživanjima. **Shannonov indeks (H)** mjeri neodređenost kategorije u nekom setu. On je mjera jednakosti, ovisi o broju vrsta i jednakosti njihovih populacija te su njegove apsolutne vrijednosti najveće kada u zajednici ima mnogo vrsta

koje su jednolično raspoređene. **Simpsonov indeks (D)** smatra se dominacijskim indeksom jer mu je težina nastrani gustoće najčešćih vrsta. On predstavlja vjerojatnost da dvije jedinke slučajno odabrane iz uzorka pripadaju istoj kategoriji. Što je raznolikost zajednice veća, njegova je vrijednost manja.

$$H = \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \qquad D = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

s - broj vrsta u uzorku

$p_i$  - udio jedinki pojedine vrste u ukupnom uzorku

Teoretske kategorije opisuju bioraznolikost unutar zajednice ili šireg područja. **A – raznolikost ili lokalna raznolikost** jest raznolikost vrsta na malom području koje karakterizira jednolično stanište. To je raznolikost unutar ekološke zajednice. Može se opisati već spomenutim mjerama i indeksima, a može se i prikazati grafički (prikaz K-dominantnosti te prikaz redosljeda gustoća). **B – raznolikost** jest mjera raznolikosti između različitih zajednica, odnosno prva procjena raznolikosti šireg područja. Ona iskazuje stopu promjene u sastavu vrsta u zajednicama duž nekog ekološkog gradijenta te daje uvid u osjetljivost pojedinih vrsta u zajednicama na promjene u okolišu te u njihove međusobne. Jednaka je omjeru  $\gamma$  i  $\alpha$  raznolikosti.  **$\Gamma$  – raznolikost ili regionalna raznolikost** je ukupan broj vrsta na svim staništima unutar veće regije. Ona je proizvod  $\alpha$  – raznolikosti zajednica šireg područja i njihova međusobnog razlikovanja na razini  $\beta$  – raznolikosti.

Kao biolozi, svakako moramo imati u vidu da su mjere i indeksi kojima se uobičajeno opisuje biološka raznolikost matematički način izražavanja bogatstva vrsta i ravnomjernosti njihovih populacija, dok se mnoge bitne biološke značajke samih vrsta pritom ne uzimaju u obzir. Tako, uobičajeni indeksi i metode računanja bioraznolikosti na razini vrsta zanemaruju endemičnost, stupanj ugroženosti, invazivnost, jedinstvenost (filogenetsku, evolucijsku i/ili morfološku), funkcionalne značajke, ulogu u ekosustavu itd.

Genetska raznolikost jest varijabilnost gena unutar populacije, a odražava se kroz stupanj heterozigotnosti u populaciji, broj alela po lokusu te postotak polimorfnih lokusa. Pri opisivanju genetske raznolikosti obično se koriste sljedeće mjere DNK polimorfizma:

- broj haplotipova
- raznolikost haplotipova
- nukleotidna raznolikost
- ukupan broj mutacija
- broj polimorfnih mjesta.

Intraspecijska biološka raznolikost, osim genetske raznolikosti, može se odnositi na morfološku raznolikost, veličinske kategorije, fenotipove i morfotipove, starosnu i spolnu strukturu, intraspecijsku taksonomsku podjelu (podvrste, linije, sorte, pasmine) te eventualnu prisutnost hibridnih biotipova.

Raznolikost ekosustava jest raznolikost različitih tipova zajednica koje formiraju živa bića, odnosi među njima i ekološki procesi. Uzima u obzir varijacije u složenosti biocenoza, uključujući broj ekoloških niša, trofičkih razina i drugih ekoloških procesa te predstavlja najvišu razinu bioraznolikosti.

## **2.3. Literatura**

Groom MJ, Meffe GK, Carroll CR (2006): Principles of conservation biology, Sinauer Associates, Sunderland



### 3. ZAŠTITA VRSTA I PROCJENA RIZIKA OD IZUMIRANJA

Premda vrste nisu jedine jedinice biološke raznolikosti, većina konzervacijskih napora danas se odnosi na zaštitu vrsta. Moguće je da na taj način dio kriptičke biološke raznolikosti (neopisane vrste, genetski, ekološki ili morfološki različite populacije, 'vrste u nastajanju' itd.) ostane neprimijećen i nezaštićen, no vrste ipak predstavljaju najkonkretnije jedinice koje je moguće štititi konzervacijskim metodama. Njihova će zaštita istovremeno ipak osigurati opstanak najvećeg dijela biološke raznolikosti. Stoga se većina procjena rizika od izumiranja odnosi na vrste, one se uglavnom unose u crvene liste i crvene knjige, za njih se rade planovi upravljanja i akcijski planovi. Mjere *ex situ* zaštite, obnavljanja populacija i reintrodukcije također se uglavnom provode s ciljem osiguranja opstanka pojedinih vrsta, a kao ciljevi očuvanja mnogih zaštićenih područja (npr. NATURA 2000 područja) također su izdvojene vrste.

#### 3.1 Rizik od izumiranja

Kako bismo zaključili da li je nekoj vrsti potrebna zaštita, bitno je utvrditi prijeti li joj opasnost od izumiranja, odnosno treba li ju smatrati ugroženom. Crvene liste IUCN-a (Međunarodne unije za zaštitu prirode), kao i nacionalne crvene liste zapravo su popisi vrsta (i eventualno podvrsta) koje se smatraju ugroženima. Za uvrštavanje neke vrste na Crvenu listu IUCN-a ili u nacionalne ili regionalne crvene liste i knjige, potrebno je procijeniti njen rizik izumiranja. Dakle, određivanje stupnja ugroženosti neke vrste zapravo je procjena njenog rizika od izumiranja – procjena kolika je vjerojatnost da će ta vrsta izumrijeti u bliskoj budućnosti, uzimajući u obzir trenutno stanje i trend njenih populacija, rasprostranjenost, kao i trenutne, ali i predviđene prijetnje njenu opstanku. Kako bi procjena rizika od izumiranja bila standardizirana, Međunarodna udruga za zaštitu prirode (IUCN) osmislila je kategorije i kriterije. Oni su osmišljeni za korištenje na globalnoj razini i sastavljanje Crvenog popisa IUCN-a, ali se mogu koristiti i za procjenjivanje rizika od izumiranja na regionalnoj razini te za sastavljanje nacionalnih crvenih popisa, pod uvjetom

da se poštuju zadane smjernice ([www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)). Kategorije i kriteriji Crvenih lista IUCN-a imaju sljedeće svrhe:

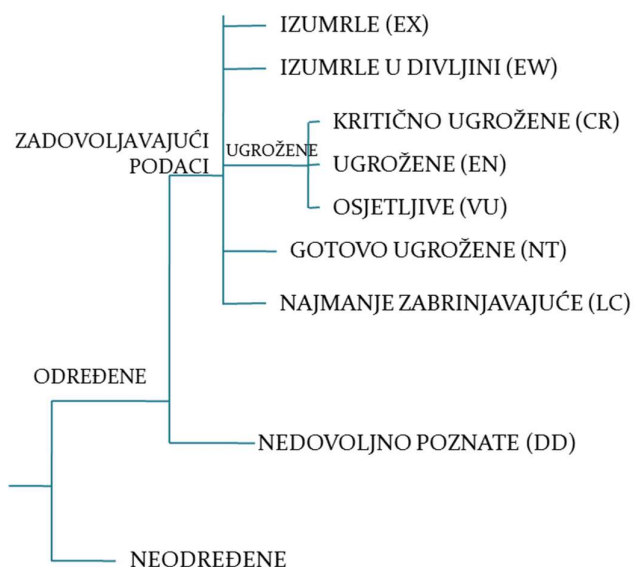
- stvaranje sustava kojeg na isti način mogu primijeniti različite osobe
- povećanja objektivnosti
- stvaranja sustava koji omogućuje usporedbe udaljenih taksonomskih jedinica
- omogućavanja boljeg razumijevanja klasifikacije pojedinih vrsta za sve uključene u zaštitu ugroženih vrsta

Procjena rizika od izumiranja prema kriterijima IUCN-a do sada je izvršena za preko 47500 vrsta (27800 svitkovaca, 7600 beskralješnjaka, 12150 biljaka te 18 gljiva i ostalih organizama). Ugroženima se smatra gotovo 17000 vrsta, odnosno za njih se smatra da su suočene s visokim, vrlo visokim ili ekstremno visokim rizikom od izumiranja. Međutim, vrlo je vjerojatno kako je taj podatak uvelike podcijenjen, s obzirom da je procjena napravljena za samo 3% od ukupnog broja opisanih vrsta te da se smatra kako broj trenutno opisanih vrsta (1,9 milijuna) ne odražava ukupnu biološku raznolikost na Zemlji, koja se procjenjuje na preko 12 milijuna vrsta.

### **3.2 Kategorije ugroženosti**

Kategorije i kriterije Crvenih lista moguće je primijeniti na:

- sve opisane taksonomske jedinice od vrste na niže (vrste, podvrste i varijeteti), osim mikroorganizama. Za neopisane vrste također je moguće izvršiti procjenu, ali pod uvjetom da su jasno prepoznatljive, da je naveden tipski materijal, da postoje podaci o rasprostranjenosti te da će zaštita predstavljati bitnu korist za vrstu
- na divlje populacije unutar njihova prirodnog areala. Primjena na introducirane populacije moguća je samo u slučajevima kada je introdukcija provedena u svrhu konzervacije.



**Slika 4.** Kategorije ugroženosti prema IUCN-u.

Vrsta se smatra IZUMRLOM (EX) u slučaju kada nema razumne sumnje da je njena posljednja jedinka uginula. Kako bi vrstu bilo moguće proglasiti izumrlom, nužno je provesti opsežno istraživanje unutar čitavog areala te vrste i u različitim dijelovima godine. Vrsta je IZUMRLA U DIVLJINI (EW) onda kada su jedine preostale populacije te vrste prisutne u uzgoju, zatočeništvu ili kao unesene izvan prirodnog areala. KRITIČNO UGROŽENE (CR) vrste suočene su s ekstremno visokim rizikom od izumiranja, UGROŽENE (EN) su one vrste kojima prijete vrlo velika opasnost od izumiranja, dok se u kategoriju OSJETLJIVIH (VU) ubrajaju vrste suočene s visokim rizikom od izumiranja. U kategoriju GOTOVO UGROŽENIH (NT) vrsta uključuju se vrste koje ne zadovoljavaju kriterije za kritično ugrožene, ugrožene ni osjetljive kategorije, ali su blizu zadovoljenja tih kriterija ili postoji velika vjerojatnost da će ih zadovoljiti u bliskoj budućnosti. NAJMANJE ZABRINJAVAJUĆE (LC) su vrste koje ne zadovoljavaju kriterije navedenih kategorija, iako su suočene s nekom antropološkom prijetnjom. Kategorija NEDOVOLJNO PODATAKA (DD) odnosi se na vrste za koje nedostaju podaci za izravnu ili neizravnu procjenu rizika od izumiranja. To ne mora nužno značiti kako o dotičnoj vrsti ne postoje nikakvi podaci. Štoviše, mogući su slučajevi gdje za neke aspekte biologije ima puno podataka, no

nedostaju podaci o veličini i stanju populacija te točnoj rasprostranjenosti, nužni za procjenu. Nadalje, iako na prvi pogled može izgledati kako su granice između kritično ugrožene, ugrožene i osjetljive kategorije nejasne i subjektivne, zapravo su u svakom kriteriju sasvim jasno određene, konkretne i objektivne.

Česti su slučajevi kada za procjenu rizika od izumiranja neke vrste ne postoje izravni, utvrđeni podaci koji bi se temeljili na dobro dokumentiranim istraživanjima. Tada je moguće koristiti i podatke manje sigurnosti, prvenstveno procijenjene podatke (temelje se na izračunima i procjenama) ili predviđanja (to su također procjene, ali koje se odnose na budućnost). Ukoliko nedostaju podaci na temelju kojih bi se moglo izvršiti procjenjivanje, mogu se koristiti izvedeni podaci, odnosno podaci temeljeni na varijablama koje su neizravno povezane s procjenjivanim varijablama, ali odnose se na isti generalni tip jedinica (npr. broj jedinki, veličinu areala, broj subpopulacija), ili čak podaci koji se temelje na neizravnim dokazima ili na varijablama u različitim tipovima jedinica.

## **PROCJENA RIZIKA OD IZUMIRANJA**

Kako bi vrsta mogla biti uključena u Crvenu listu IUCN-a, što je često preduvjet za njenu adekvatnu zaštitu, potrebno je procijeniti rizik od izumiranja s kojim je suočena. To se provodi tako da se na temelju podataka o veličini populacija te vrste i njihovu demografskom trendu (gustoća raste, pada ili je stabilna), području rasprostranjenosti te trenutnim ili predviđenim budućim prijetnjama primjenjuje pet kriterija IUCN-a (A-E, slika 2). Podaci o samoj vrsti, njenim uzrocima ugroženosti te načinu na koji je primijenjen pojedini kriterij unose se u odgovarajući obrazac. Da bi se procjena napravila nije nužno da postoje podaci za primjenu svih kriterija, dovoljno je da se može primijeniti bar jedan od pet kriterija IUCN-a. U slučajevima kada je moguće primijeniti više kriterija, vrstu se svrstava u najvišu određenu kategoriju ugroženosti.

Kriterij A odnosi se na smanjenje populacija; kriterij B na geografsku rasprostranjenost i kontinuirano smanjenje ili izrazite fluktuacije u arealu, staništu ili gustoći populacija; kriterij C na male populacije i smanjenje njihove gustoće; kriterij D na izrazito male populacije ili one ograničenog područja rasprostranjenosti; dok kriterij E obuhvaća rezultate kvantitativne analize, odnosno vjerojatnost da će vrsta izumrijeti u sljedećih 100 godina. Granice kategorije kritično ugrožene, ugrožene i osjetljive jasno su određene i zadane. U slučajevima kada vrsta ne zadovoljava kriterije za neku od tih kategorija, ali je bar u jednom kriteriju blizu zadovoljenja te postoji sadašnja ili potencijalna prijetnja koja bi mogla dovesti do toga da vrsta zadovolji neki od kriterija, ona se ubraja u kategoriju gotovo ugroženih.

## 4. IZUMIRANJA

### 4.1 Definicije i tipovi izumiranja

U današnje se vrijeme mnogo piše i govori o izumiranjima i o važnosti sprječavanja izumiranja, no da bi to bilo moguće, potrebno je razjasniti principe izumiranja i mehanizme kako do njega dolazi. Nesumnjivo, izumiranje je središnja tema zaštite prirode pa onda i središnji problem konzervacijske biologije. Stručnjaci koji izumiranja proučavaju slažu se kako je izuzetno važno dobro razumjeti problem izumiranja i njegove mehanizme, uzroke i njihova međudjelovanja, odnosno svu složenost problema izumiranja kojeg se u praksi često pojednostavljuje. Tek ako posve razumijemo mehanizam izumiranja, u pojedinom konkretnom slučaju možemo primijeniti rješenja koja će zaista biti djelotvorna.

Ni sama definicija izumiranja nije jednostavna i jednoznačna, već je pojam izumiranja moguće definirati na nekoliko načina. Uglavnom se smatra da je do izumiranja vrste došlo kada je uginula njena posljednja jedinka. Takvo je viđenje u skladu s definicijom IUCN-a, prema kojoj se vrsta smatra izumrlom kada nema razumne sumnje da je uginula posljednja jedinka. Nadalje, izumiranje možemo definirati i kao znanstvenu sigurnost da više nema jedinki neke vrste koje bi se mogle razmnožavati. Stoga za vrste sa spolnim razmnožavanjem gubitak jednog spola također znači izumiranje. Prema trećoj definiciji, ostavljena je mogućnost da u prirodi još živi mali broj jedinki oba spola neke vrste, međutim, njihova je brojnost toliko niska da razmnožavanje nije vjerojatno. U takvim se slučajevima radi o tzv. FUNKCIONALNOM IZUMIRANJU, koje se definira kao pad brojnosti populacije ispod kritične razine, kada je vjerojatnost razmnožavanja vrlo mala. LOKALNO IZUMIRANJE označava nestanak pojedinih, lokalnih populacija unutar areala vrste. Lokalnim izumiranjima vrsta koja je nekad bila široko rasprostranjena bude ograničena na nekoliko malih odsječaka pogodnog staništa. EKOLOŠKO IZUMIRANJE jest smanjenje gustoće populacije na tako nisku razinu da, iako je vrsta još uvijek prisutna u ekosustavu, ona nije u interakciji s ostalim vrstama te ne obavlja svoju ekološku funkciju.

Dakle, izumiranje bilo koje populacije ima velik utjecaj i na njenu biocenuzu pa i čitav ekosustav, s obzirom da su uglavnom sve vrste unutar neke vrste u različitim oblicima

međudodna. Stopa izumiranja populacija znatno je veća od stope izumiranja vrsta i otprilike prati gubitak staništa. Nadalje, kad se neko stanište uništi, rijetko dolazi do lokalnog izumiranja populacije samo jedne vrste, već je mnogo češće zahvaćen veliki broj predstavnika različitih taksonomskih skupina.

### 4.2 Stope izumiranja

Izumiranje nije novost modernog doba, već prirodan proces. Na temelju fosilnih ostataka možemo zaključiti kako je do danas opstao tek mali udio od ukupnog broja vrsta koje su živjele na Zemlji. Prema jednim autorima taj udio iznosi 2-4%, dok drugi smatraju da broj danas živućih vrsta predstavlja manje od 1% od ukupnog broja vrsta koje su ikada živjele. Sve ostale vrste su izumrle tijekom geološke prošlosti, većina među njima i mnogo prije pojave ljudi. Prirodna izumiranja mogu se smatrati i jednim od pokretača evolucije. Naime, u prirodnim uvjetima izumiranje vrsta otvara mogućnosti za druge vrste, koje zatim mogu zauzeti ispražnjene ekološke niše te se njihova evolucija i diversifikacija ubrzava. Izumiranje dinosaura je, primjerice, otvorilo mogućnosti za razvoj sisavaca koji do tada nisu bili dominantni. Međutim, problem je u tome da danas ponovno dolazi do izuzetno brzog nestanka velikog broja vrsta. Procjenjuje se da je trenutna stopa izumiranja čak 1000 do 10000 puta veća od prirodne stope izumiranja (tzv. pozadinska stopa izumiranja – prirodna izumiranja koja se konstantno događaju). Štoviše, trenutna stopa izumiranja nalik je onima koje su obilježile prošla masovna izumiranja pa neki znanstvenici navode kako se nalazimo u šestom masovnom izumiranju. Neposredno nakon posljednjeg masovnog izumiranja prije 65 milijuna godina, stopa izumiranja je bila 0,001 vrsta godišnje. Nakon toga, dugo vremena bila je prisutna samo pozadinska stopa ekstinkcije u visini od 1-10 vrsta godišnje, dok u današnje vrijeme godišnje nestane nekoliko desetaka tisuća vrsta. Za razliku od poznatih pet masovnih izumiranja, ovo trenutno od njih se razlikuje samo po tome što je za njega odgovorna isključivo jedna vrsta. Učinci i posljedice mogli bi biti vrlo slični. Trenutnim izumiranjem podjednako su zahvaćene kopnene i morske vrste te predstavnici različitih taksonomskih skupina.

U trenutnom povijesnom razdoblju ukupna biološka raznolikost veća je nego ikada prije. Dominantne skupine organizama (kukci, kralješnjaci i kritosjemenjače) najveću su

raznolikost dosegli prije 30000 godina. Prvi vidljiv učinak ljudi na stopu izumiranja očituje se u ekstinkciji velikih sisavaca i ptica u Australiji, te Sjevernoj i Južne Americi nedugo nakon kolonizacije tih kontinenata, prije oko deset tisuća godina. Izumrlo je čak 74-86% megafaune. Stopa antropološki uvjetovanog izumiranja povećava se u posljednjih 2000 godina, a osobito je visoka u zadnjim stoljećima. Smatra se da su ljudi, od 1600. godine izravnim ili neizravnim aktivnostima doveli do izumiranja 1,6% od ukupnog poznatog broja vrsta sisavaca te 1,3% od ukupnog poznatog broja vrsta ptica. U drugoj polovici 20.-og stoljeća naizgled dolazi do blagog pada stope izumiranja. Međutim, smatra se kako je pad samo prividan, a zapravo se izumiranja nastavljaju istim ili čak povećanim intenzitetom. Sam postupak proglašenja vrste izumrlom postao je složeniji – potrebno je provesti detaljno istraživanje unutar čitavog areala vrste u odgovarajućim sezonama da bi vrstu bilo moguće smatrati izumrlom prema kriterijima IUCN-a. Zbog toga se u sljedećim godinama očekuje porast broja proglašenja i dovođenje stope izumiranja u realne okvire. Drugi razlog navedenog blagog pada stope izumiranja jest prisutnost tzv. živih mrtvaca ili osuđenika na izumiranje. Radi se o vrstama za koje u prirodi još živi nekoliko jedinki, međutim njihov je broj znatno ispod kritične razine potrebne razmnožavanje, a time i opstanak. Te malobrojne populacije mogu tako živjeti još godinama, možda čak i desetljećima, no njihova je sudbina nažalost zapečaćena.

### 4.3 Uzroci i posljedice

Premda je u užurbanosti života teško naći vremena za razmišljanje o važnosti opstanka bioraznolikosti, višestruke posljedice izumiranja trebale bi navesti na razmišljanje. Naime, pojedine vrste nemaju ulogu samo zbog svog postojanja i vrijednosti (tzv. intrinzična uloga), već i kao sastavnice u ekosustavu sudjeluju u njegovu funkcioniranju i uslugama. Brojne su funkcije bioraznolikosti usluge ekosustava koje imaju izravnog utjecaja na ljude. Među ostalim to su: kruženje vode, kruženje hranjivih tvari, proizvodnja kisika, stvaranje tla, regulacija klima, ali i brojne druge. Vjerojatna posljedica trenutnog masovnog izumiranja može biti i kolaps ekosustava do te mjere da oni više neće moći pružate te usluge, što bi moglo imati dalekosežne posljedice za čovječanstvo.



Kako bismo mogli razjasniti mehanizam izumiranja, potrebno je poznavati njegove uzroke. Pojedine antropološke prijetnje različito djeluju na različite vrste, nekoliko skupina prijetnji može se istaknuti kao glavni uzroci izumiranja:

- destrukcija, degradacija i fragmentacija staništa
- pretjerano iskorištavanje, prelov
- zagađenje
- bolesti
- invazije alohtonih vrsta
- klimatske promjene
- genetski i demografski uzroci (letalne mutacije, smanjenje genetske raznolikosti)
- koekstinkcija – pojava da nestanak jedne vrste uzrokuje izumiranje druge.

Prijetnje variraju unutar i između taksonomskih skupina, a mijenjaju se i tijekom vremena. Na primjer, iako je uništavanje staništa generalno gledano najznačajnija prijetnja, glavna prijetnja za biološku raznolikost sisavaca je pretjerano iskorištavanje koje djeluje na 33% ugroženih vrsta. Vrstama ptica najveću prijetnju predstavljaju prelov i invazivne vrste, djelujući na po 30% ugroženih vrsta. Među vodozemcima, 29% vrsta ugroženo je uslijed onečišćenja, a 17% bolestima. Međutim, upravo zajednički učinak bolesti i ekstremnih suša smatra se odgovornim za veliki pad brojnosti vodozemaca u mnogim dijelovima svijeta. Što se morskih i slatkovodnih sustava tiče, prijetnje njihovu funkcioniranje i opstojnosti slabo su razjašnjene, no izgleda kako prelov predstavlja najveću prijetnju morskoj bioraznolikosti, a slijedi ga uništenje staništa. Pritom je potrebno imati u vidu da prekomjeran izlov ne utječe samo na ciljne vrste lova, već i na niz drugih vrsta koje završe kao slučajan ulov (morske ptice, sisavci, kornjače itd.). Slatkovodne vrste osobito su ugrožene uslijed širenja alohtonih vrsta. Invazije se smatraju drugom po značaju prijetnjom na globalnoj razini, odmah nakon uništenja staništa. Osim po taksonomskim skupinama i geografskim područjima, učinak prijetnji mijenja se i kroz vremensko razdoblje. Tako je u prošlosti glavna prijetnja za ptice bila invazije stranih vrsta, a zatim prelov i gubitak staništa, dok je danas gubitak staništa dominantna prijetnja.

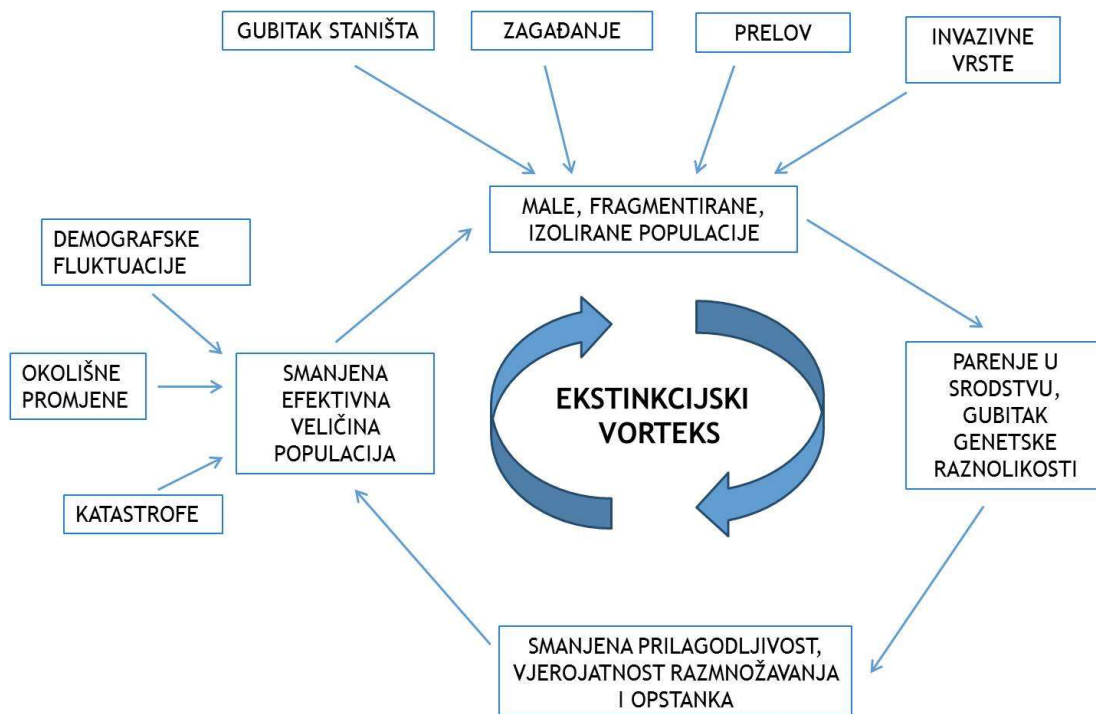
## 4.4 Vorteks izumiranja – centralni problem konzervacijske biologije

Navedeni pojedinačni uzroci najčešće ne djeluju samostalno i nezavisno jedan od drugoga. Prijetnje i uzroci ugroženosti nisu jednoznačni ni jednosmjerni ni na bilo koji način jednostavni. Oni su svi u različitim oblicima međudjelovanja – jedni izazivaju druge, pojačavaju, rjeđe smanjuju itd. Degradacija i fragmentacija staništa dovodi do smanjenja veličine populacija, odnosno do nastanka malih, izoliranih populacija. Takve su populacije mnogo osjetljivije na okolišne fluktuacije i odgovaraju učestalim demografskim fluktuacijama, koje rezultiraju daljnjim smanjenjem populacija. Daljnjim smanjenjem, a moguće već i prvotnim smanjenjem i podjelom javlja se niz genetskih prijetnji. Kao prvo, zbog smanjenih mogućnosti razmnožavanja dolazi do parenja u srodstvu, koje dovodi do pojave depresije inbridinga, odnosno povećane ekspresije štetnih recesivnih alela – to povećanje neminovno dovodi do smanjenja fitnesa najprije jedinki koje posjeduju homozigotne kombinacije štetnih alela, a zatim i populacija i vrsta. S druge strane, ako nekad cjelovita populacija ostane smanjena i/ili podijeljena kroz više generacija, dolazi do smanjenja njene intrapopulacijske raznolikosti nužne za suočavanje s promjenama u okolišu, ali i do akumulacije neželjenih mutacija koje i u pogodnom okolišu dovode do smanjenja fitnesa. Na taj način okolišni, demografski i genetski faktori su u međudjelovanju te se međusobno pojačavaju na štetu populacije u spuštajućoj spirali poznatoj kao EKSTINKCIJSKI VORTEKS ili VORTEKS IZUMIRANJA (slike 5. i 6.). On obuhvaća modele kojima se izumiranja nastoje klasificirati i njihov tijek objasniti s obzirom na njihove uzroke.

Ekstinkcijski vorteks predstavlja najveću prijetnju ugroženim vrstama jer različiti čimbenici djeluju zajedno i vode ka izumiranju, prvenstveno malih, populacija. Prvotni uzrok koji potakne vorteks može biti mali antropogeni zahvat, posve različit od čimbenika koji su u konačnici doveli do izumiranja. Stoga konzervacijsko djelovanje u smislu uklanjanja prvotnog uzorka ne mora dovesti do oporavka populacije.



Slika 5. Shematski prikaz ekstinkcijskog vorteksa uzrokovanog promjenama staništa.



Slika 6. Pojednostavljen prikaz ekstinkcijskog vorteksa.

## 4.5 Zašto su male populacije osobito ugrožene?

Kao osobito ugrožene smatraju se rijetke vrste, odnosno vrste predstavljene malim populacijama. Zapravo najveći problem javlja se kod populacija koje su kroz prošlost bile zastupljene većim brojem jedinki, a onda je, u kratkom vremenskom razdoblju uslijed antropoloških aktivnosti došlo do smanjenja populacije. Populacije koje su prirodno male obično su dugotrajnim evolucijskim razvojem prilagođene na malu veličinu i rasprostranjenost te sadrže visok stupanj genetske raznolikosti koji omogućuje prilagođavanje promijenjenim uvjetima, iako ta genetska raznolikost može biti znatno smanjena uslijed razdoblja snažnog selekcijskog pritiska, odnosno nepovoljnih uvjeta.

### PROBLEMI MALIH POPULACIJA:

- SMANJENA GENETSKA RAZNOLIKOST – najčešće posljedica smanjenja veličine populacija te prirodno male populacije mogu imati vrlo visoku genetsku raznolikost
- DEPRESIJA USLIJED PARENJA U SRODSTVU – najvjerojatnija i najizraženija kod vrsta koje su u prošlosti imale velike populacijske veličine; u tim slučajevima skriveni štetni aleli izrazito loše djeluju na jedinke koje se pare u srodstvu nakon što je veličina populacije naglo smanjena
- ALEE-ev EFEKT – sa smanjenjem gustoće smanjuje se i mogućnost pronalaska partnera (utvrđena je pozitivna korelacija između gustoće populacije i populacijske stope rasta u malim populacijama)
- MUTACIJSKO TALJENJE – hipoteza da u vrlo malim populacijama štetne mutacije postaju šire zastupljene i imaju veći utjecaj na fitnes nego u velikim populacijama
- SELEKTIVNA NEUTRALNOST – pojava da i štetan i koristan alel mogu biti selektivno neutralni ako su zastupljeni u manje od polovice efektivne veličine populacije; u dovoljno maloj populaciji čak i vrlo štetan alel može biti selektivno neutralan te ih se vrlo teško riješiti, a može doći do gubitka selektivno korisnih gena uslijed genetskog drifta

Bitno je naglasiti kako su ovi problemi rijetko izraženi u prirodno malim populacijama, koje su evolucijski prilagođene na malu gustoću. Navedeni problemi vrlo su izraženi u

## *Izumiranja*

populacijama koje su nekad bile velike, a zatim, uslijed ljudskog djelovanja njihova se efektivna veličina naglo smanjila.

Sve učestaliji slučajevi ekstinkcijskih vorteksa, koji prethode izumiranjima, pokrenuti su ljudskim utjecajima. Ti se utjecaji očituju u vidu gubitka staništa, zagađenja, prelova te širenja invazivnih vrsta, što dovodi do stvaranja malih, izoliranih populacija. U takvim populacijama dolazi do parenja u srodstvu, ekspresije štetnih alela i smanjenja genetske raznolikosti. Nakon navedenih promjena populacija ima znatno manje izgleda za prilagodbu bilo kakvim promjenama u okolišu, čime je povećan njen rizik od izumiranja. Zbog smanjene populacijske gustoće dodatno se smanjuje vjerojatnost razmnožavanja (što je poznato kao Alee-ev efekt), a to uzrokuje daljnje smanjenje efektivne veličine populacije. Tako je nastala populacija smanjene efektivne veličine i smanjene genetske raznolikosti koja je znatno osjetljivija čak i na male okolišne promjene, slučajne demografske fluktuacije (npr. varijacije u broju spolova i slično), a osobito na neke katastrofalne događaje.

### PRIMJER EKSTINKCIJSKOG VORTEKSA

Ekstinkcijski je vorteks dokumentiran na populaciji ptice iz porodice kokoški, rod *Lophura*, rasprostranjenih u jugoistočnoj Aziji. Stanište praćene vrste su guste šume, u kojima gnijezdi pri tlu. Prirodna su staništa, međutim, fragmentirana duž čitavog areala. Neki su odsječci staništa dovoljno veliki za održavanje malih, ali naizgled stabilnih populacija pa je izgledalo da fragmentacija staništa nije značajnije utjecala na ovu vrstu jer je ona i dalje prisutna. Umjesto jedne velike populacije, bilo je prisutno više manjih, no čak se ni ukupna brojnost nije značajnije smanjila. Proučavana je populacija u jednom fragmentu procijenjena na veličinu od 60 jedinki, s omjerom spolova 1:1. Stopa prirasta je 30 jedinki godišnje, a upravo je toliki i mortalitet uslijed predacije i lova pa izgleda kao da je populacija u ravnoteži. Praćeno je kako su okolišne i antropološki uvjetovane promjene dovele do izumiranja navedene populacije.

Zbog neuobičajeno dugog sušnog razdoblja jedne je godine povećan mortalitet mladih pa je do početka monsunskih kiša populacija smanjena na 45 jedinki, od čega je 20 ženki, a 25 mužjaka. Sljedeće godine su ženke imale jednak prosječan broj mladih, što je rezultiralo s 20 odraslih jedinki. Kako je mortalitet odraslih i dalje 50%, populacija pada na 42 jedinke (17 ♀ i 25 ♂). Zatim vlada donosi mjeru potpomaganja razvoja poljoprivrede na odsječcima uništene šume (između fragmenata staništa ove ptice), što u blizinu dovodi kokoši i pse. Kokoši su nosioci ptičjih viroza na koje su one imune, ali se virusi brzo rašire među divljim pticama na obližnjem fragmentu te na kraju godine ostane 21 jedinka (9 ♀ i 12 ♂). Prisutnost pasa povisuje predaciju na 66% odrasle populacije te do kraja sljedeće godine populacija pada na 16 (6 ♀ i 9 ♂). Veća smrtnost ženki vjerojatno je posljedica time što su nešto sporije od mužjaka, a psi još i uznemiruju gnjezdilišta te sljedeće godine potomstvo podignu tek tri ženke, a do kraja godine populacija padne na osam jedinki (2 ♀ i 6 ♂). Stopa smrtnosti uz prisutnost pasa veća je od stope prirasta te do kraja sljedeće godine populacija opada na pet jedinki (2 ♀ i 6 ♂). Zbog smanjenja gustoće populacije, predacija također opada te se sljedećih nekoliko godina zadržava na 4-8 jedinki. Međutim, očito je kako je populacija na rubu izumiranja. Već se može govoriti o fazi funkcionalnog izumiranja, a potreban je samo jedan slučajni događaj da uzrokuje potpuni nestanak. U trenutku kada u populaciji preostane samo jedna ženka, ona uginu tijekom oluje pa ni njeni mladunci ne mogu preživjeti. Iako je posljednjeg mužjaka pojeo piton, to zapravo nema veze s ekstinkcijom ove populacije iz svog prirodnog staništa. Primarni uzrok izumiranja bila je fragmentacija. Male, izolirane populacije mnogo su osjetljivije na sve slučajne događaje koji dalje smanjuju njihovu veličinu, no što je to slučaj kod velikih populacija.

## 4.6 Tipovi ekstinkcijskog vorteksa

Iako je svaki primjer ekstinkcijskog vorteksa i svaki konkretan slučaj različit, postoje četiri osnovna tipa ekstinkcijskog vorteksa, odnosno četiri osnovna ekstinkcijska modela. Vorteks R započinje nekim poremećajem koji dovodi do smanjenja veličine populacija, uz istovremeno povećanje varijabilnosti (npr. odnos spolova više nije optimalan). Takva populacija osjetljiva je čak i na male dodatne poremećaje, zbog čega se njena veličina još dodatno smanji, a demografske fluktuacije povećavaju. Kod vorteksa D veličina populacije se smanjuje, a intrapopulacijska varijabilnost raste zato što je populacija podijeljena u veći broj manjih odsječaka. Vorteks F nastaje uslijed smanjenja veličine populacija, što rezultira smanjenjem njene genetske raznolikosti, a povećava se stopa genetskog drifta i depresije uslijed parenja u srodstvu. Četvrti model, vorteks A, posljedica je povećanja genetskog drifta i posljedičnog smanjenja genetske raznolikosti, koja je nužna za prilagođavanje na promjene u okolišu.

## 4.7 Geografska raspodjela stopa izumiranja

U ranijim povijesnim razdobljima su najveće stope izumiranja bile na otocima s obzirom da otočne vrste obično imaju ograničen areal, populacije malih veličina i mali broj populacija. Nadalje, s obzirom da su otočne vrste evoluirale uz mali broj kompetitora, predatora i bolesti pa nemaju mehanizme otpornosti. Na primjer, većina ptica neletačica evoluirala je na izoliranim otocima do kojih predatori nisu mogli doći dok ih nisu donijeli ljudi. Nakon dolaska predatora ili alohtonih vrsta koje donesu neki patogen, na kojeg autohtona populacija obično nema razvijenu otpornost, vrlo brzo dolazi do smanjenja gustoće autohtonih otočnih populacija i njihova izumiranja. Ubrzo nakon dolaska ljudi na pojedini otok, stope izumiranja najprije naglo rastu i dosežu vrhunac. Zatim, nakon ekstinkcije osjetljivijih vrsta, ponovno dolazi do uspostavljanja ravnoteže.

U novije vrijeme sve je viša stopa izumiranja na kopnu te u slatkovodnim sustavima. Za razliku od mnoštva informacija o izumiranjima u kopnenim ekosustavima, nema mnogo dokumentiranih slučajeva izumiranja morskih vrsta (niti jedna riba ni koraljna vrsta, dokumentirano izumiranje 3 morska sisavca, 5 ptica i 4 mekušaca). Zabilježen broj

ekstinkcija u moru gotovo je sigurno podcijenjen. S druge strane, velik broj slatkovodnih vrsta već je izumro, a još većem broju prijete visoki rizik od izumiranja. Štoviše, slatkovodni sustavi se smatraju najugroženijima.

## 4.8 Da li je moguće vrstu spasiti iz vorteksa izumiranja?

Izlazak iz ekstinkcijskog vorteksa je ponekad moguć, ali su potrebne djelotvorne akcije na više razina, odnosno na sve procese koji djeluju na populaciju u vorteksu. To, međutim, nije moguće samo uklanjanjem prvotnog uzorka, već su potrebni složeni konzervacijski planovi koji uključuju akcije usmjerene na sve procese koji djeluju na populaciju u ekstinkcijskom vorteksu.

Moguće konzervacijske akcije su:

- djelotvorno upravljanje i restoracija staništa
- osnivanje zaštićenih područja i mreže zaštićenih područja
- ograničenje upotrebe pesticida, herbicida i drugih kemijskih polutanata
- uzgoj u zatočeništvu, genetska restoracija i reintrodukcije (uključujući banke sjemena)
- primjena bitnih međunarodnih sporazuma (Konvencija o biološkoj raznolikosti, Konvencija o migratornim vrstama, Konvencija o međunarodnoj trgovini ugroženim vrstama itd.)
- stvaranje inicijativa, osiguranje financijskih sredstva
- opisivanje bioraznolikosti te socijalnih i ekonomskih čimbenika koji na nju utječu
- širenje konzervacijskih informacija, edukacija

I nakon implementacije konzervacijskih mjera i/ili akcijskih planova potreban je monitoring (najčešće dugotrajan) kako bi se postignuti ciljevi mogli usporediti s očekivanjima. Nadalje, važna su dodatna znanstvena istraživanja radi popunjavanja saznanja o ugroženim vrstama.

Unatoč rastućem znanju iz područja konzervacijske biologije i sve većem broju praktičnih aktivnosti koje je moguće primijeniti za osiguranje opstanka neke vrste, bez sumnje vrijedi pravilo kako je i u zaštiti prirode prevencija najbolji lijek. Zaštita staništa prije



## *Izumiranja*

no što je vrsta u ekstinkcijskom vorteksu mnogo je djelotvornije, ali i ekonomski isplativije od naknadne restauracije staništa i spašavanje vrste kad ona uđe u vorteks.

## **5. PRIJETNJE BIOLOŠKOJ RAZNOLIKOSTI**

### **5.1 Uništenje staništa**

Uništenje staništa označava promjenu staništa iz jednog tipa u drugi. Može se raditi o većim ili manjim promjenama, te o promjenama koje ljudi obično ne smatraju "uništenjem" već uređenjem, iskorištavanjem itd. S obzirom na intenzitet utjecaja, odnosno promjene, možemo razlikovati tri tipa uništenja staništa. Degradacijom su zahvaćene samo neke vrste u staništu, a promjena može, ali i ne mora biti trajna. Gubitak staništa utječe na sve ili većinu vrsta u zajednici, a obnova staništa je nemoguća ili dugotrajna. Konverzija staništa predstavlja modifikacije u staništu koje mu mijenjaju ekološke značajke. Konverzija je također redovito praćena gubitkom vrsta, ali na promijenjeno stanište često se nasele druge vrste pa dolazi do promjene sastava biocenoza.

Fragmentacija staništa jest dijeljenje staništa u manje odsječke. Iako tijekom fragmentacije prvotno stanište ne bude uništeno niti promijenjeno, već samo rascjepkano u manje odsječke, većina konzervacijskih biologa danas smatra kako je fragmentacija jednako velika prijetnja biološkoj raznolikosti kao i direktno uništenje staništa.

Gubitak i fragmentacija staništa smatraju se najvećom prijetnjom biološkoj raznolikosti, a eksponencijalno se povećavaju s rastom ljudske populacije. Njihovi osnovni uzroci su: izgradnja, isušivanje močvara, dodavanje nutrijenata, ispaša, kultiviranje, koćarenje, "čišćenje" i "uređivanje" krajolika. Gubitak i fragmentaciju staništa ponekad mogu izazvati prirodni uzroci (vulkani, potresi), no glavni uzrok su ljudske djelatnosti.

IZGRADNJA često u potpunosti uništava stanište (npr. izgradnja naselja) ili dovodi do fragmentacije (npr. izgradnja prometnica, brana). Oko 3% Zemljine površine je urbanizirano no utjecaj urbanih područja (ekološki otisak) znatno je veći, a očituje se kroz uništenje staništa radi izgradnje grada i okolice, veliku koncentraciju ispušnih plinova automobila, sve jače onečišćenje, povećane potrebe za resursima, korištenje vode, potrebu za poljoprivrednim zemljištem, otpadne vode, svjetlosno zagađenje itd.

Negativni učinci POLJOPRIVREDE, osim direktne promjene staništa, također uključuju upotrebu pesticida, umjetnih gnojiva te vode za navodnjavanje.

CRPLJENJE SIROVINA (rudarstvo, crpljenje nafte i plina, ali i crpljenje prirodnih zaliha, osobito kočarenje) često stvaraju veliku i dugotrajnu štetu na staništu.

Fragmentacija obuhvaća dvije komponente: smanjenje staništa i podjelu preostalog staništa u manje, izolirane odsječke, a iz nje proizlazi niz problema za populacije prilagođene određenom staništu i biološku raznolikost:

- smanjenje populacija
- izolacija populacija (sprječavanje migracija) što povećava vjerojatnost izumiranja
- povećan broj predatora, kompetitora i parazita
- stvaranje drukčijih fizikalnih i bioloških značajki u fragmentima od onih koji su vladali u cjelovitom staništu
- veliki problemi za životinje koje imaju veliki radijus kretanja
- povećana stopa parenja u srodstvu
- smanjenje genetske raznolikosti
- povećanje rubnog područja u odnosu na ukupnu površinu → rubni efekt. Naime, okolišni čimbenici u rubnim dijelovima staništa drukčiji su nego u središtu, što dovodi i do razlika u zajednici organizama. Stvaranje manjih odsječaka nekad jedinstvenog staništa dovodi do mikroklimatskih promjena i relativnog povećanja rubnog područja, što ima veliki utjecaj na zajednicu, a i olakšava ulaz predatorima.

Uslijed sve izraženije fragmentacije, preostali prirodni dijelovi staništa nalikuju otocima te je na njih moguće primijeniti postavke otočne biogeografije → broj vrsta na malim otocima rezultat je interakcije dva procesa; kolonizacije i ekstinkcije, a točka na kojoj su ta dva procesa u ravnoteži određuje biološku raznolikost otoka. Kad iz većeg staništa nastane "otok", on je u početku nastanjen većim brojem vrsta no što to može podnijeti ravnotežna točka kolonizacije i ekstinkcije. Zbog toga dolazi do smanjenja broja vrsta do uspostavljanja nove ravnotežne točke (proces poznat kao biotska relaksacija). Zbog visokih

stopa kolonizacije i ekstinkcije, dolazi do vrlo brze promjene u sastavu i strukturi vrsta te se sastav zajednice u fragmentima staništa mijenja, čak i ako se ne primijeti veći pad brojnosti vrsta.

Utjecaji fragmentacije na biološku raznolikost nastoje se ublažiti na dva načina: osnivanje rezervata i izgradnja koridora.

## **5.2 Zagađenje**

Zagađenje može biti oblik degradacije staništa, ali može dovesti i do izumiranja vrsta u zajednici bez značajnijeg utjecaja na stanište. Tipovi zagađenja različiti su: kemijsko zagađenje, kruti otpad, plinovi, svjetlosno zagađenje itd. Iako mnogi oblici zagađenja nisu jasno vidljivi, čak ni kad se događaju u našoj neposrednoj blizini, oni imaju velik utjecaj na kvalitetu vode, kvalitetu zraka i klimu, te predstavljaju veliku prijetnju biološkoj raznolikosti, ali i ljudskom zdravlju. Najčešći uzroci zagađenja su: pesticidi, herbicidi, kanalizacija, industrijske kemikalije i otpad, gnojiva te ispušni plinovi tvornica i automobila.

### **PESTICIDI**

Opasnost pesticida i problem zagađenja pesticidima postao je očit nakon znanstvenog dokazivanja i objašnjenja procesa biomagnifikacije → akumulacija i koncentracija tvari u prehrambenom lancu. Kod DDT-a i drugih pesticida biomagnifikacija je vrlo izražena. Pesticidi, korišteni za prskanje usjeva radi ubijanja kukaca te prskanje iznad vodenih površina radi ubijanja ličinki komaraca, akumuliraju se u tijelima organizama, osobito na višim trofičkim razinama. Izrazito negativan utjecaj imaju na populacije ptica, naročito grabljivica, koje postaju slabe i podložne bolestima te liježu jaja s tankim ljuskama. S obzirom da pesticidi uglavnom nisu selektivni, osim ciljnih vrsta kukaca, ubijaju i sve ostale vrste, dok su ciljne vrste razvijale otpornost. Nadalje, ispiranjem tla velike količine pesticida završavaju u tlu i u vodenim sustavima gdje djeluju na biološku raznolikost, s tim da su opet najpogođeniji vršni predatori. DDT je u većini razvijenih zemalja zabranjen, no i dalje je prisutan u ekosustavima.

### **ZAGAĐENJE VODE**

Otpadne vode urbanih područja, kao i industrijske otpadne vode, završavaju (uz različitu razinu pročišćavanja) u jezerima, rijekama i oceanima. Zagađenje vode ima negativne posljedice za organizme koji žive u vodi, ali i za ljude (uništenje izvora pitke vode i prehrambenih namirnica). Pesticidi, herbicidi, uljni proizvodi, teški metali, detergentsi itd. direktno ubijaju mnoge organizme u vodi (ličinke kukaca, riba i vodozemaca) ili znatno mijenjaju okolišne uvjete te na taj način djeluju na vrste. Toksične kemikalije koje u vrlo malim koncentracijama dospiju u vodu mogu dostići letalne koncentracije putem biomagnifikacije. Kako su mnogi vodeni okoliši prirodno siromašni hranjivim tvarima, vrste su razvile evolucijske prilagodbe da filtriraju velike količine vode. Kad takve vrste filtriraju zagađenu vodu, u njihovim se organizmima koncentriraju toksične tvari, koje se zatim nastavljaju akumulirati u hranidbenim lancima.

Uslijed zagađenja voda stajaćica dušičnim spojevima (eutrofikacija) dolazi do bujanja algi u gornjim slojevima ("cvjetanje algi"). Kao posljedica, stradaju druge planktonske vrste i biljne vrste na dnu (zbog nemogućnosti prolaska svjetlosti), a nakon uginjanja te velike količine algi, na dnu se pojačava mikrobna razgradnja i potrošnja kisika što uzrokuje uginjanje brojnih organizama.

## ZAGAĐENJE ZRAKA

Zagađenje zraka ima izravan i neizravan utjecaj na mnoge vrste drveća, što onda djeluje i na druge organizme te dolazi do promjena u sastavu i strukturi, a ponekad i do potpunog nestanka šumskih zajednica. Osobito su osjetljivi lišajevi te je sastav zajednice lišaja dobar biološki indikator stupnja onečišćenja zraka. Osim šuma, zagađenje zraka djeluje i na druge ekosustave.

Velike količine dušičnih i sulfatnih oksida, koje ispuštaju industrijska postrojenja, u atmosferi se spajaju s vodom tvoreći kiseline → KISELE KIŠE. One znatno smanjuju pH kišnice što uzrokuje slabljenje i umiranje stabala, sniženje pH tla i vode te povećanje koncentracije toksičnih metala u ekosustavima. Povećana kiselost oštećuje mnoge biljne i životinjske vrste ili sprječava odvijanje nekih životnih funkcija (npr. uslijed sniženog pH vode mnoge vrste riba ne mogu se razmnožavati). U takvim vodama, nadalje, uginjaju jajašca vodozemaca i punoglavci te se povećana kiselost, uz zagađenje vode, smatra glavnim čimbenikom ugroženosti vodozemaca diljem svijeta. Uslijed povećane kiselosti tla

usporava se mikrobna razgradnja, snižava stopa recikliranja mineralnih tvari, a, posljedično, i produktivnost ekosustava.

Automobili, elektrane i industrijska postrojenja otpuštaju ugljikovodike i dušične okside, koji, u prisutnosti Sunčeve svjetlosti, reagiraju s atmosferom i stvaraju ozon i sekundarne kemikalije, tzv. fotokemijski smog. Iako je ozon u višim slojevima atmosfere nužan kao filtrator ultraljubičastog zračenja, visoke koncentracije ozona u nižim slojevima oštećuju tkiva biljaka i čine ih lomljivima. Udisanje ozona i smoga štetno je za ljude i životinje.

Putem kiše i prašine dolazi do odlaganja i taloženja dušika i dušičnih spojeva, koji mogu doseći toksične razine i štetiti biološkim zajednicama.

Olovni benzin, rudarstvo, termoelektrane na ugljen te druge industrijske aktivnosti ispuštaju velike količine olova, cinka, žive i drugih toksičnih metala koji su otrovni za biljke i životinje, ali i ljude.

## **5.3 Klimatske promjene**

Ugljični dioksid, metan i drugi plinovi zajedno s vodenom parom u atmosferi zaustavljaju energiju koja sa Zemljine površine odlazi u obliku toplinske energije te usporavaju stopu njenog napuštanja atmosfere i vraćanja u svemir. Na taj način atmosfera djeluje poput staklenika – propušta svjetlosnu energiju prema Zemlji, ali usporava i djelomično zaustavlja povratak energije u svemir nakon što je pretvorena u toplinsku. Znanstvenici smatraju kako upravo taj efekt staklenika i prisutnost tzv. stakleničkih plinova u atmosferi omogućuju bujanje života na Zemlji te bi bez njih temperature na površini Zemlje drastično pale. Međutim, ljudskim je djelatnostima koncentracija stakleničkih plinova znatno povećana te mnogo veća količina energije ostaje zarobljena u blizini Zemljine površine, što uzrokuje porast površinskih temperatura (slika 7.). Većina znanstvenika slaže se da povećana koncentracija stakleničkih plinova (koncentracija CO<sub>2</sub> u atmosferi u posljednjih 100 godina narasla je s 290 ppm na 380 ppm, a metana s 0,8 ppm na 1,7 ppm) već utječe na globalnu klimu (IPCC 2001, Karl i Trenberth 2003).



**Slika 7.** Prikaz efekta staklenika u prirodnim uvjetima (lijevo) te u uvjetima povećane koncentracije stakleničkih plinova (desno).

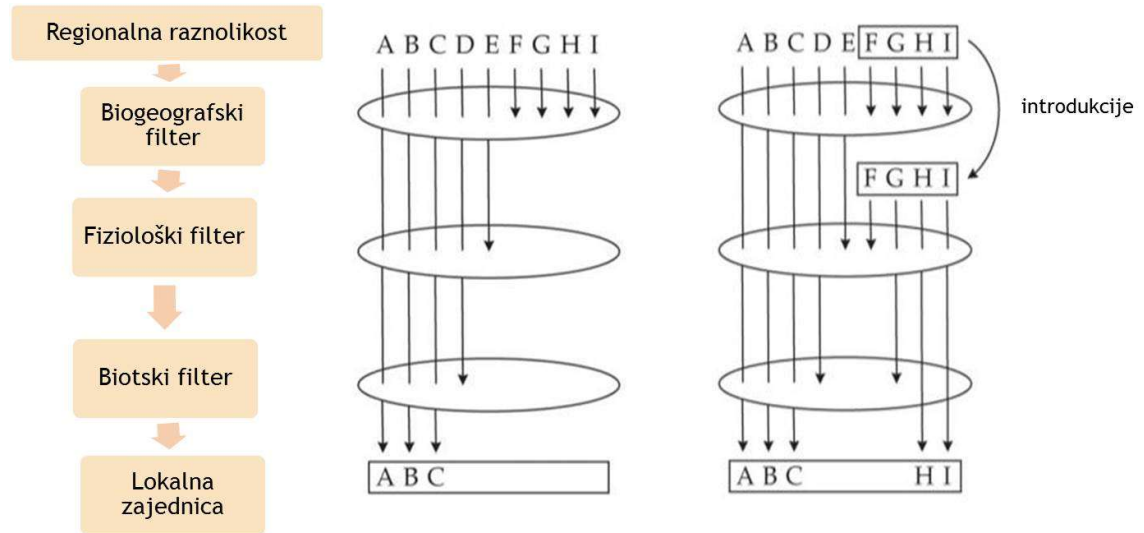
Kao dokazi globalnog zatopljenja smatraju se:

- povećanje temperature
- veća učestalost toplinskih udara
- topljenje ledenjaka i polarnog leda
- dizanje razine mora
- ranije cvjetanje biljaka
- raniji početak proljeća (prolistavanje biljaka, liježenje jaja)
- promjene u arealima vrsta
- opadanje gustoće populacija nekih vrsta.

## 5.4 Invazivne vrste

NATIVNE (AUTOHTONE) VRSTE su vrste koje prirodno žive u nekoj zajednici. U toj zajednici one nastanjuju određeno stanište i zauzimaju određenu ekološku nišu. ALOHTONE VRSTE žive izvan svog prirodnog areala, a njihovo je premještanje posljedica ljudskih djelatnosti. INVAZIVNE VRSTE su alohtone vrste koje negativno djeluju na staništa i bioraznolikost. U prirodnim uvjetima širenje vrsta sprječavaju ponajprije geografske barijere, a zatim i fiziološke barijere te odnosi unutar lokalne zajednice (slika 8.). Kada čovjek omogući vrstama prelazak geografske barijere, velik dio vrsta ne uspijeva se prilagoditi na uvjete u novom području niti na lokalnu zajednicu. No dio novounesenih

vrsta (koje redovito imaju značajke zahvaljujući kojima mogu postati invazivne) uspostavlja stabilne populacije, dominira zajednicom i dovodi do izumiranja nativnih vrsta.



**SLIKA 8.** Shematski prikaz prepreka širenju vrsta i sastava lokalne zajednice te promjena nastalih antropogenim introdukcijama (preuzeto iz Rahel (2002): Homogenization of freshwater faunas).

Utjecaj invazivnih vrsta može se primijetiti na razini zajednica/populacija i na razini ekosustava.

Na razini zajednica i populacija dolazi do promjena strukture staništa, promjena sastava zajednica, kompeticije za resurse, smanjenja populacija nativnih vrsta, lokalnih izumiranja te smanjenja genetske raznolikosti. Osnovni načini kako invazivne vrste negativno djeluje na native su predacija, kompeticija, prenošenje parazita i bolesti, a, ako se radi o srodnim vrstama, također i parenje te hibridizacija.

Na razini ekosustava invazivne vrste mogu uzrokovati promjenu kemizma tla, promjenu vodnog režima, mogu djelovati na geomorfološke procese (erozija, sedimentacija), izmijeniti prirodne fluktuacije te povećati osjetljivost zajednica na katastrofe (npr. požare). Sve invazivne vrste imaju neke zajedničke značajke, koje im zapravo i omogućuju da postanu invazivne.



## Prijetnje biološkoj raznolikosti

Značajke invazivnih vrsta su:

- imaju malo predatora, kompetitora, parazita i bolesti
- visoke stope razmnožavanja
- dugo živuće
- generalisti
- prilagodljive

Značajke biljnih invazivnih vrsta su:

- samooprašivanje
- rano cvjetaju
- stvaraju mnogo sjemena
- daleko raspršuju sjeme
- brzo rastu
- mogu se razmnožavati nespolno
- jaki kompetitori.

Ljudi su invazivne vrste proširili svijetom dijelom namjerno, a dijelom nenamjerno. Slučajan prijenos obuhvaća prenošenje sjemenaka korovnih vrsta s uzgojnim biljkama; širenje brojnih vrsta kukaca, te štakora i zmija brodovima i avionima; prijenos parazitskih vrsta s domaćinima; prijenos u balastnim vodama brodova. Namjeren prijenos prisutan je još od kolonizacije Novog Svijeta, gdje su europski doseljenici u prirodu pustili stotine europskih vrsta ptica i sisavaca, radi lova i stvaranja domaćeg okružja. Veliki broj ribljih vrsta prenesen je u druge vodotoke radi prehrane i rekreacije. Brojne biljne vrste introducirane su kao ukrasne ili poljoprivredne vrste te kao stabilizatori tla, a mnoge su se, zatim, proširile izvan kultivacija. Namjeren prijenos obuhvaća i introdukciju u svrhu biološke kontrole štetočina i invazivnih vrsta, iako su, u većini slučajeva, svi biološki kontrolori na kraju negativno djelovali na nativnu zajednicu.

S ciljem sprječavanja invazija preporuča se zakonska zabrana, ali i djelotvorna kontrola namjernog prenošenja; uklanjanje invazivnih biljaka u najvećoj mogućoj mjeri mehaničkim metodama; čišćenje brodova (ali i npr. izletničke obuće) prilikom prelaska u drugo područje; regulacija ispuštanja balastnih voda na način da se one ispuštaju u dubokom moru, a ne blizu obale, čime se problem ne rješava, ali se ipak ublažava; pažljivo postupanje prilikom držanja egzotičnih životinja (kućnih ljubimaca, akvarijskih ribica i bilja, živih mamaca itd.).

## **5.5 PREKOMJERNO ISKORIŠTAVANJE, PRELOV**

Dok je ljudska populacija bila mala, a metode lova jednostavne, radilo se o održivom lovu i uzimanju biljnih i životinjskih vrsta iz prirode. S rastom ljudske populacije i povećanjem efikasnosti lovnih metoda, prekomjerno iskorištavanje postaje jedna od glavnih prijetnji biološkoj raznolikosti. PRELOV se definira kao uzimanje organizama iz ekosustava od strane ljudi stopom koju populacija ne može podnijeti što dovodi do velikih promjena u sastavu i strukturi biocenoza te do lokalnih izumiranja. Možemo reći da se radi o uklanjanju populacije brže no što se ona može obnoviti, što dovodi do njenog smanjenja. Riječ prelov se najčešće koristi za vodene ekosustave i za prekomjeran ribolov, iako vrijedi i u kopnenim ekosustavima te za druge skupine organizama. Kod ribolova, osim samog intenziteta i prevelikog iskorištavanja ciljnih vrsta, veliki je problem i slučajni ulov – organizmi koji nisu cilj ribolova te su ulovljeni nenamjerno, zbog nedovoljne selektivnosti lovnih metoda, a vrlo se često uginuli bacaju nazad u more. Godišnji ulov u svjetskim morima je gotovo 100 milijuna tona, od čega je 27 milijuna tona slučajni ulov.

Posljedice prelova su:

- redukcija gustoće populacija
- poremećaji životnog ciklusa
- lokalna izumiranja
- poremećaji trofičkih razina
- promjene strukture ekosustava
- gubitak bioraznolikosti.

S ciljem sprječavanja prelova zakonski se određuju ulovne kvote, koje se temelje na izračunavanju maksimalnog održivog prinosa → najveća količina resursa (vrste, populacije) koju je svake godine moguće oduzeti iz prirode, a da bude nadomještena populacijskim rastom te nema negativnih efekata. Maksimalan održivi prinos odnosi se na gornju granicu iskorištavanja populacije te, ako se prema njemu određuju kvote, u slučaju promijenjenih uvjeta ili zbog pogrešnog izračuna, svejedno može doći do prelova. Nadalje, preporuča se primjena međunarodnih sporazuma (CITES) i kontrola primjene zakona, kao i

implementacija projekata koji povezuju zaštitu bioraznolikosti s ekonomskim razvojem na lokalnoj razini.

## **5.6 Literatura**

Groom MJ, Meffe GK, Carroll CR (2006): Principles of conservation biology, Sinauer Associates, Sunderland

Karl TR, Trenberth KE (2003) Modern Global Climate Change. Science 302: 1719-1723.

Primack RB (2006): Essentials of Conservation Biology, 4<sup>th</sup> Edition, Sinauer Associates, Sunderland

Rahel FJ (2002): Homogenization of freshwater faunas. Annu. Rev. Ecol. Syst. 33:291–315

## 6. ZAŠTITA PODRUČJA

### 6.1 Osnovni principi zaštite područja

Iako se zaštita područja ne spominje među osnovnim ciljevima ni definicijama konzervacijske biologije, mnoštvo je znanstvenih dokaza kako je upravo očuvanje staništa na nekom području najdjelotvorniji način zaštite vrsta. Štoviše, mnogi su autori suglasni u zaključku kako je zaštita staništa (uključujući i obnovu degradiranih staništa) jedini mogući način očuvanja što većeg dijela biološke raznolikosti, s obzirom da nemamo ni sredstava, ni mogućnosti, ni prostora za održavanje velikog broja vrsta putem *ex situ* zaštite. Stoga se zaštita područja (staništa), na kojima su razvijene stabilne biocenoze smatra najdjelotvornijim načinom zaštite biološke raznolikosti. Različitim mogućnostima zaštite područja (kroz nacionalne i međunarodne kategorije i ugovore) osigurava se zaštita ugroženih stanišnih tipova, ali i cjelokupnih biocenoza razvijenih na njima, pojedinih ciljnih vrsta ili cjelokupnih ekosustava.

ZAŠTIĆENO PODRUČJE definira se kao područje kopna i/ili mora namijenjeno zaštiti i očuvanju biološke raznolikosti te prirodnih, i uz njih vezanih kulturnih dobara, a kojim se upravlja zakonodavnim i drugim djelotvornim mjerama (IUCN, 1994). Radi se, dakle, o jasno definiranom području koje je priznato sa svrhom i kojim se upravlja s ciljem trajnog očuvanja cjelokupne prirode, usluga ekosustava koje ono osigurava te pripadajućih kulturnih vrijednosti, na zakonski ili drugi učinkovit način.

Kako bi zaštićena područja u potpunosti ispunila svoju svrhu, osmišljavanje i upravljanje složen je i višerazinski zadatak. Pri tome je potrebno slijediti osnovne korake prikazane na slici 9. Zaštita nekog područja može se proglasiti na nacionalnoj razini, međunarodnoj razini te pod okriljem UNESCO-a.



**Slika 9.** Koraci djelotvorne zaštite vrsta i staništa preko zaštićenih područja.

## 6.2 Nacionalno zaštićena područja

Broj kategorija zaštićenih područja na nacionalnoj razini razlikuje se od države do države, iako su principi uglavnom slični te većina država određuje slične nacionalne kategorije sa sličnom ili istom namjenom. Krenuvši od kategorije najstrože zaštite to su: strogi rezervat, nacionalni park, posebni rezervat, park prirode, regionalni park, spomenik prirode, značajni krajobraz, park-šuma te spomenik parkovne arhitekture. Osim razine upravljanja, odnosno zaštite, te se kategorije međusobno razlikuju i po samoj namjeni (Tablica 1.). Tako je u strogim rezervatima uz osnovnu namjenu očuvanja izvorne prirode, moguće provoditi jedino praćenje stanja i obrazovne aktivnosti, dok je namjena nacionalnih parkova, uz navedene također i kulturna te rekreativna. Namjena posebnih rezervata jest očuvanje zbog jedinstvenosti, posebnosti ili reprezentativnosti, a parkova prirode uz zaštitu biološke i krajobrazne raznolikosti, odgojno-obrazovna, kulturno-povijesna te turističko rekreacijska.

Tablica 1. Kategorije i namjene nacionalno zaštićenih područja.

Kategorija zaštite	Namjena
<b>STROGI REZERVAT</b>	očuvanje izvorne prirode, praćenje stanja prirode te obrazovanje
<b>NACIONALNI PARK</b>	očuvanje izvornih prirodnih vrijednosti, znanstvena, kulturna, odgojno-obrazovna i rekreativna
<b>POSEBNI REZERVAT</b>	očuvanje radi svoje jedinstvenosti, rijetkosti ili reprezentativnosti, a osobitog je znanstvenog značenja
<b>PARK PRIRODE</b>	zaštita biološke i krajobrazne raznolikosti, odgojno-obrazovna, kulturno-povijesna, turističko-rekreacijska namjena
<b>REGIONALNI PARK</b>	zaštita krajobrazne raznolikosti, održivi razvoj i turizam
<b>SPOMENIK PRIRODE</b>	ekološka, znanstvena, estetska ili odgojno - obrazovna
<b>ZNAČAJNI KRAJOBRAZ</b>	zaštita krajobrazne vrijednosti i biološke raznolikosti ili kulturno-povijesne vrijednosti ili krajobraz očuvanih jedinstvenih obilježja, odmor i rekreacija
<b>PARK - ŠUMA</b>	očuvanje prirodne ili sađene šume veće krajobrazne vrijednosti, odmor i rekreacija
<b>SPOMENIK PARKOVNE ARHITEKTURE</b>	očuvanje umjetno oblikovanog prostora odnosno stabla koji ima estetsku, stilsku, umjetničku, kulturno-povijesnu, ekološku ili znanstvenu vrijednost

## 6.3 Međunarodno zaštićena područja

Osim nacionalnim kategorijama zaštite, postoje područja koja su zbog svoje osobitosti i vrijednosti u međunarodnim okvirima, zaštićena na međunarodnoj razini. Međunarodno zaštićena područja temelje se na međunarodnim konvencijama, a četiri tipa međunarodno zaštićenih područja zastupljena su u Hrvatskoj:

- **PODRUČJA SVJETSKE BAŠTINE** su iznimno vrijedni lokaliteti i područja koja su od važnosti za cjelokupno čovječanstvo. Sadrži ih Popis svjetske baštine koji se temelji na **UNESCO-voj Konvenciji o zaštiti svjetske kulturne i prirodne baštine (Pariz, 1972)**.
- **REZERVAT BIOSFERE** je područje kopnenih i morskih ekosustava koje promovira rješenja usklađena s ciljevima očuvanja biološke raznolikosti i održivim razvojem. Temelje se na **UNESCO programu Čovjek i biosfera**.
- **MOČVARA OD MEĐUNARODNE VAŽNOSTI (RAMSAR PODRUČJA)**. Lista močvara od međunarodne važnosti sastavljena je sukladno **Konvenciji o močvarama od međunarodne važnosti, odnosno Ramsarskoj konvenciji (Ramsar, 1971)**. Njome se nastoji potaknuti međunarodna suradnja za zaštitu vlažnih staništa.
- **EUROPSKA I SVJETSKA MREŽA GEOPARKOVA** služi zaštiti georaznolikosti, promicanju geobaštine i poticanju održivog razvoja parkova kroz geoturizam. Europska mreža geoparkova (EGN) osnovana je 2000., a danas broji 37 parkova. Svjetska mreža geoparkova (GGN) osnovana je 2004., a uključuje 64 parka.

## 6.4 IUCN kategorije zaštićenih područja

Tijekom 20. stoljeća diljem svijeta proglašen je veliki broj zaštićenih područja, no kriteriji proglašenja i pristup upravljanju uvelike se razlikuju između zemalja. Kako bi se zaštićena područja mogla uspoređivati i analizirati na globalnoj razini, javila se potreba za standardizacijom kategorija zaštite. Na svjetskom kongresu očuvanja prirode u Barceloni 2008. godine skupština IUCN-a prihvatila je nove definicije kategorija zaštićenih područja. Ta se kategorizacija temelji na ciljevima upravljanja, što znači da se kategorija nekog

područja određuje ovisno o tome kako se s njime planira postupati. Na taj je način definirano sedam kategorija zaštićenih područja (**IUCN kategorije**, Tablica 2.).

**Tablica 2.** IUCN kategorije zaštićenih područja

<b>IUCN KATEGORIJA</b>	<b>NAZIV KATEGORIJE</b>	<b>DEFINICIJA</b>
<b>Ia</b>	Strogi rezervat prirode	Područja izdvojena zbog zaštite biološke raznolikosti, geoloških i geomorfoloških vrijednosti. Posjećivanje i drugi utjecaji strogo kontrolirani i ograničeni.
<b>Ib</b>	Područje divljine	Velika neizmijenjena ili vrlo malo izmijenjena područja očuvane prirode, bez stalnih ljudskih naselja. Upravljanje takvo da se u potpunosti očuva izvorno stanje.
<b>II</b>	Nacionalni park	Velika prirodna ili gotovo prirodan područja izdvojena sa svrhom zaštite cjelokupnih ekosustava.
<b>III</b>	Prirodni spomenik ili obilježje	Pojedine prirodne vrijednosti: reljefni oblici, geološke osobitosti, prirodni elementi.
<b>IV</b>	Područje upravljanja staništem ili vrstom	Zaštita pojedine vrste ili staništa.
<b>V</b>	Zaštićeni kopneni/ morski krajobraz	Dugotrajna interakcija čovjeka i prirode proizvela je biološke, kulturne i/ili estetske osobitosti pa je nužno održavanje tog odnosa.
<b>VI</b>	Zaštićeno područje uz održivo korištenje prirodnih dobara	Očuvanje ekosustava i staništa, pratećih kulturnih vrijednosti i tradicionalnih načina upravljanja prirodnim dobrima.

## 6.5 Svrhe i uloge zaštićenih područja u zaštiti bioraznolikosti

Očito je kako nemaju sva zaštićena područja istu svrhu, odnosno kako je zaštitu područja moguće provoditi imajući u vodi različite ciljeve. Već prilikom predlaganja područja za zaštitu, njihova svrha mora biti jasno definirana jer će o njoj ovisiti i način upravljanja područjem.



Razvijeno je nekoliko sustava određivanja prioriternih područja za zaštitu na nacionalnoj i međunarodnoj razini, s ciljem zaštite vrsta i staništa. Danas je najčešći princip zaštite područja ZAŠTITA CILJNIH VRSTA. Takvim pristupom se štiteći ciljnu vrstu, štiti i čitava zajednica. Indikatorske vrste povezane su s ugroženim zajednicama ili jedinstvenim ekološkim procesima. Karizmatične vrste su poznate i omiljene u široj javnosti te često imaju simboličan značaj. I indikatorske i karizmatične vrste smatraju se kišobranskim vrstama jer njihova zaštita osigurava zaštitu brojnih drugih vrsta. U sustavu NATURA 2000 područja i drugim ekološkim mrežama područja se također zaštićuju radi zaštite ciljnih vrsta ili tipova staništa.

Drugi princip prepoznavanja područja koja je potrebno zaštititi odnosi se na CENTRE BIORAZNOLIKOSTI te se zaštićuju područja osobito velike bioraznolikosti i visoke razine endemizma, a kojima prijete visok rizik od izumiranja vrsta i uništenja staništa.

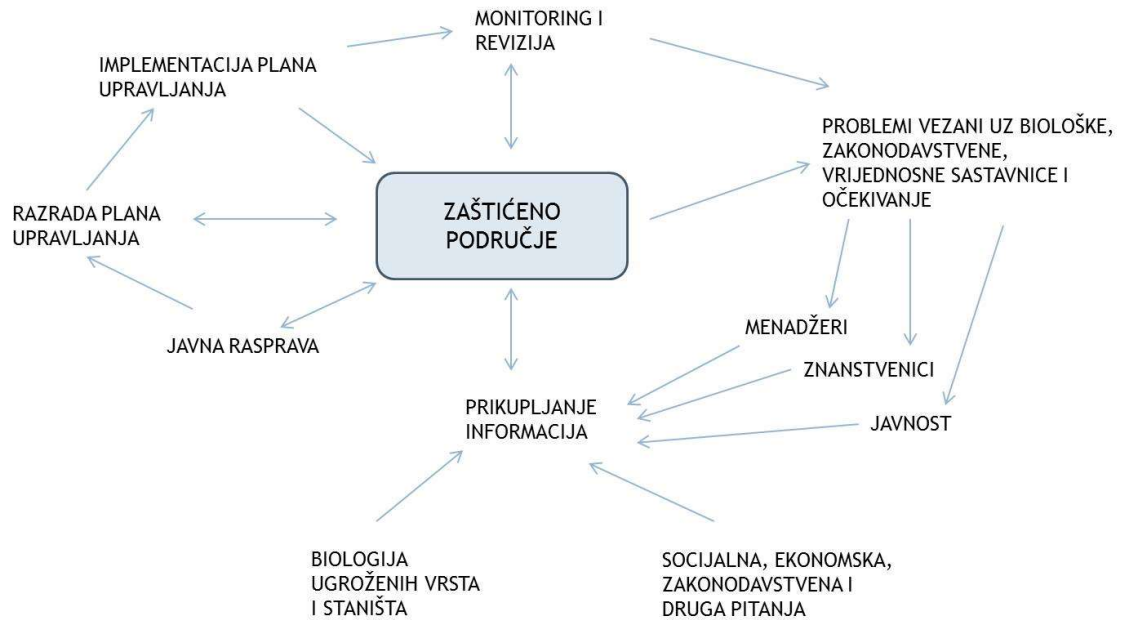
Zaštita područja može se temeljiti na ZAJEDNICAMA I EKOSUSTAVIMA te se prioritetima zaštite smatraju područja s većim brojem bioloških zajednica. Štite se vrste i stanišni uvjeti značajni za određenu zajednicu.

Gdje je moguće, nastoje se zaštititi PODRUČJA DIVLJINE, odnosno područja koja nisu značajnije utjecana od strane ljudi, rijetko su naseljena ili nenaseljena te se ne očekuje znatniji ljudski utjecaj na njih u budućnosti. Takva područja divljine vjerojatno predstavljaju jedina mjesta na svijetu gdje će moći opstati veliki sisavci. Osim toga, ta područja pokazuju kako prirodne zajednice izgledaju bez većeg utjecaja ljudi pa se smatraju tzv. kontrolnim područjima.

## **6.6 Principi upravljanja zaštićenim područjem**

Iako mnogi smatraju kako "priroda zna najbolje" te je najbolji pristup zaštite biološke raznolikosti ne uplitati se, u stvarnosti to često nije slučaj. Naime, mnoge su zajednice već promijenjene do te mjere da preostale vrste ne mogu opstati bez ljudskog djelovanja. Bez direktnih intervencija i aktivnog upravljanja (Slika 10.), zaštićena područja zaštićena su samo na papiru. Nadalje, u mnogim dijelovima svijeta (takvih primjera je mnogo u Europi, ali i Hrvatskoj) neka su staništa (livade, pašnjaci itd.) nastala uslijed

stoljetne (ponegdje i tisućljetne) ljudske aktivnosti te je nužno održati te aktivnosti ako se želi sačuvati određene zajednica i njene vrste.



**Slika 10.** Shematski prikaz upravljanja zaštićenim područjem.

Upravljanje zaštićenim područjima složen je, višerazinski i multidisciplinarni zadatak (Slika 10), koji zahtjeva uključivanje stručnjaka različitih disciplina. Štoviše, metode koje su se pokazale uspješnim na jednom području, često puta na drugom neće imati nikakva učinka. U svakom zaštićenom području nužno je sagledati sve čimbenike koji mogu predstavljati prijetnju biološkoj raznolikosti i ekološkom funkcioniranju zajednice, što je složena zadaća. Čak i u parkovima s izvrsnim upravljanjem, ponekad je teško predvidjeti sve prijetnje, s obzirom da se one mogu pojaviti u obliku kiselih kiša, klimatskih promjena ili invazivnih vrsta.

## 6.7 Obnova staništa

Ekološka restauracija jest proces obnove degradiranog, uništenog ili oštećenog staništa. Restauracijska ekologija je znanstvena disciplina koja se bavi obnovom staništa. Odnosno, to je znanstveno istraživanje obnove i obnovljenih populacija, zajednica i ekosustava. Ekološka restauracija u pravilu nije jednokratna akcija, već zahtjeva dulji vremenski period i znatne financijske resurse. Ona ponekad može obuhvaćati samo uklanjanje zapreke, onečišćenja i sl., a prirodom restauracijom se stanište vraća u prvobitno stanje. Međutim, u većini slučajeva staništa su mnogo više promijenjena, prirodna obnova nije moguća te su potrebni značajniji zahvati.

## 7. MREŽE ZAŠTIĆENIH PODRUČJA

### 7.1 Kako područja povezati u mrežu?

Veličina i položaj zaštićenih područja najčešće su određeni naseljenošću, vrijednošću zemljišta, političkim previranjima, konzervacijskim aktivnostima te poviješću prostora. Moderna konzervacijska biologija smatra kako je zaštita u zaštićenim područjima zapravo djelotvorna samo ako je određeni stupanj zaštite prisutan i izvan zaštićenih područja te ako su ona povezana u mreže zaštićenih područja. U prošlosti su se zaštićena područja osnivala u slabo naseljenim predjelima, nepogodnima za razvoj urbanizma, poljoprivredu ili neke druge ljudske aktivnosti. Za zaštitu je bila predviđana zemlja koja nije imala komercijalnu vrijednost, tzv. zemlja koju nitko neće. Najveći su parkovi uspostavljeni u slabo naseljenim područjima gdje se zemlja smatra neprikladnom ili predalekom za ljudske djelatnosti. Nasuprot tog oportunističkog pristupa, danas se razvijaju modeli s ciljem najdjelotvornije potrošnje financijskih sredstava za optimizaciju zaštite bioraznolikosti. U stvaranju mreža tih područja, danas se konzervacijski biolozi oslanjaju na PRAVILO 4R (Primack 2006):

- *Representation* (zastupljenost) – rezervat mora sadržavati što je moguće više sastavnica bioraznolikosti (vrsta, zajednica, staništa)
- *Resiliency* (otpornost) – rezervat mora biti dovoljno velik i dobro upravljani kako bi se svi aspekti bioraznolikosti održali u dobrom stanju.
- *Redundancy* (višak) – mreža mora sadržavati dovoljno primjeraka svakog aspekta bioraznolikosti za osiguranje dugoročnog opstanka, čak i u promijenjenim uvjetima.
- *Reality* (stvarnost) – potrebno je dovoljno sredstava i političke volje za stvaranje i upravljanje zaštićenim područjima.

Prilikom uklapanja manjih prirodnih rezervata u veće konzervacijske mreže moguće je slijediti nekoliko strategija. Moguće je uklapanje prirodnih rezervata u veća područja kojima se održivo gospodari (pašnjaci, gospodarene šume, poljoprivredne površine). Dok

bi u prirodnim rezervatima zaštita bioraznolikosti trebala biti primarni cilj, u okolnim područjima su ljudske aktivnosti očekivane, no zaštita prirode bi trebala biti sekundarni cilj. Kako bi ova strategija bila moguća, nužna je suradnja lokalnog stanovništva, privatnih vlasnika zemljišta te vladinih i nevladinih organizacija. Druga strategija podrazumijeva povezivanje zaštićenih područja uskim pojasevima koji omogućuju njihovu komunikaciju, tzv. koridorima.

## **7.2 Natura 2000**

Najveća koordinirana mreža zaštićenih područja u svijetu je Natura 2000. Radi se o ekološkoj mreži sastavljenoj od područja važnih za očuvanje ugroženih vrsta i stanišnih tipova Europske unije. Ona je središnji dio politike o zaštiti prirode i biološke raznolikosti, a temelji se na EU direktivama. Njen cilj je očuvati ili ponovno uspostaviti povoljno stanje više od 1000 ugroženih i rijetkih vrsta te oko 230 prirodnih i poluprirodnih stanišnih tipova. NATURA 2000 područja odabrana su i predložena na temelju znanstvenih mjerila, dok se prilikom upravljanja u obzir uzima interes i dobrobit ljudi koji u njima žive.

Ekološku mrežu pojedinih članica EU (mrežu NATURA 2000), čine dva tipa područja očuvanja: ona značajna za ptice, tzv. područja značajna za očuvanje i ostvarivanje povoljnog stanja divljih vrsta ptica od značaja za EU, kao i njihovih staništa, te područja važna za očuvanje migratornih vrsta ptica, a osobito močvarna područja od međunarodne važnosti (POP); dok su drugi tip područja važna za očuvanje i ostvarivanje povoljnog stanja drugih divljih vrsta i njihovih staništa, kao i stanišnih tipova koji su od interesa za EU (POVS).

Princip zaštite u NATURA 2000 područjima nikako ne podrazumijeva potpunu zabranu ljudskih aktivnosti, štoviše smatra se kako dobrobit ljudi koji žive u tim područjima mora biti sagledana prilikom upravljanja. Međutim, bilo kakva aktivnost koja bi znatno utjecala na populacije ciljnih vrsta u NATURA 2000 područjima i dovela do smanjenja njihovih populacija, nije dozvoljena.

### Što je dozvoljeno, a što ne unutar Natura 2000 područja?

Bitan način zaštite vrsta u Europskoj uniji je njihova zaštita putem odabiranja i proglašavanja NATURA 2000 područja za vrste. Iako je NATURA 2000 mreža, kao što je već rečeno, najveća mreža zaštićenih područja na svijetu, ta su područja zaštićena radi zaštite ugroženih vrsta i stanišnih tipova. Dakle, područja se ne štite radi vrijednosti samih područja (kao što to može biti slučaj s ostalim zaštićenim područjima), već su odabrana zbog svoje važnosti za ciljne vrste i stanišne tipove, te je njihov cilj osiguranje opstanka tih vrsta (odnosno stanišnih tipova). Tako su unutar NATURA 2000 područja dozvoljene sve aktivnosti koje nemaju negativnog utjecaja na populacije ciljnih vrsta. S druge strane, ne smije se provesti nikakav zahvat koji bi doveo do smanjenja populacija ciljnih vrsta, poremetio njihov životni ciklus ili na bilo koji način doveo njihov opstanak u pitanje. Iznimku od ovog pravila mogu predstavljati samo zahvati procijenjeni kao strateški važni za državi, ali se u tom slučaju moraju provesti tzv. kompenzacijske mjere, odnosno nadoknaditi bilo kakav gubitak koji se odnosi na ciljnu vrstu. S konzervacijskog gledišta, međutim, ne preporuča se izvođenje aktivnosti koji imaju negativan utjecaj na ciljne vrste, s obzirom na nesiguran uspjeh kompenzacijskih mjera i činjenicu da, gledajući dugoročno, upravo ugrožene vrste imaju najveći strateški značaj, zbog svoje vrijednosti kao sastavnica bioraznolikosti i važnosti za funkcioniranje ekosustava.

## 7.3 Ekologija krajolika

Ekologija krajolika istražuje stanišne tipove na lokalnoj i regionalnoj razini, kao i njihov utjecaj na rasprostranjenost vrsta i funkcioniranje ekosustava. Ta znanstvena disciplina bitna je za dizajn i povezivanje zaštićenih područja, a uključuje međudjelovanje obrazaca korištenja prostora, konzervacijske biologije i dizajna parkova. Obrasci staništa, odnosno njihov raspored, iznimno su važni za vrste koje nisu vezane samo uz jedan tip staništa, već se kreću između staništa, koriste različite stanišne tipove u različitim životnim stadijima te one koje žive u prijelaznim područjima između dva tipa staništa. Na prisutnost i gustoću populacija mnogih vrsta utječe veličina odsječaka staništa određenog tipa i njihova povezanost.

## 8. OSNOVNI PRINCIPI ZAŠTITE VRSTA

### 8.1 Ugrožene vs. zaštićene vrste

Zaštita staništa bez sumnje je najdjelotvorniji način zaštite pojedinih ugroženih vrsta te biološke raznolikosti u cjelini. Međutim, uslijed intenzivnog ljudskog utjecaja na prirodne zajednice i pojedine vrste, čak ni djelotvorna zaštita i obnova staništa u mnogo slučajeva nije dovoljna za obnovu populacija ugroženih vrsta i osiguranje njihove vijabilnosti. Osobito ako se radi o slučajevima da su populacije već unutar ekstinkcijskog vorteksa, tada ni obnova staništa tako da ono poprimi idealne značajke za ugroženu vrstu, neće omogućiti njenu stabilizaciju i povećanje gustoće. Potrebne su mjere usmjerene upravo na obnovu stanja i strukture populacija, od kojih se neke mogu odvijati u prirodi, dok se druge provode izvan prirodnog areala ugrožene vrste. Zapravo možemo zaključiti kako, iako najdjelotvornija i često nužna, zaštita staništa je jedna od mjera usmjerenih osiguranju opstanka vrsta.

Vrlo je važno razlikovati ugrožene od zaštićenih vrsta. Naime, utvrđivanje rizika od izumiranja neke vrste ne znači automatski njenu zaštitu. Nadalje, vrsta može uživati određeni oblik zaštite čak i ako nije suočena s visokim rizikom od izumiranja. Postoje dva osnovna principa zaštite vrsta:

1. strogo zaštićene vrste prema nacionalnim legislativama
2. ciljne vrste ekološke mreže.

### 8.2 Strogo zaštićene vrste

Iako postoje razlike u legislativama pojedinih država, strogo zaštićene vrste su najčešće su one koje su usko rasprostranjeni endemi ili one divlje vrste koje na taj način moraju biti zaštićene prema propisima EU ili na temelju međunarodnih ugovora. Strogo zaštićene vrste proglašava ministarstvo nadležno za zaštitu prirode putem Pravilnika o strogo zaštićenim vrstama. Na taj način one postaju zakonski zaštićene te ih je u njihovom prirodnom području rasprostranjenosti zabranjeno: ubijati, loviti, ozljeđivati, rezati,

iskopavati, uništavati, uklanjati ili uništavati njihove razvojne oblike, oštetiti ili uništiti njihova područja odmaranja ili razmnožavanja. Za navedene prekršaje predviđene su novčane i druge kazne, ovisno o težini prekršaja.

Neka vrsta ne mora biti suočena s visokim rizikom od izumiranja kako bi bila strogo zaštićena. Štoviše Crvene knjige i Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama u praksi se često donose odvojenim postupcima. Jasno je kako država može strogo zaštićenom vrstom proglasiti i neku vrstu koja nije ugrožena, već se radi o preventivnoj zaštiti iz različitih razloga, npr. endemizam, važnost u funkcioniranju ekosustava, karizmatične ili indikatorske vrste, međunarodni propisi.

Uvrštenje neke vrste među strogo zaštićene vrste podrazumijeva samo njihovu zakonsku zaštitu, odnosno zabranu djelatnosti ugrožavanja jedinki te vrste. Uz to što je kontrola nažalost često manjkava, sama zabrana tih djelatnosti u mnogim slučajevima neće dovesti do oporavka populacija ugroženih vrsta, već su potrebne konkretne i djelotvorne praktične konzervacijske akcije. Tako je Zakonom o zaštiti prirode predviđena izrada Planova upravljanja s akcijskim planovima za zaštitu vrsta (PUAP). Oni se izrađuju za strogo zaštićene vrste i njihova staništa, a u izradi sudjeluju stručnjaci, ali i ostali dionici na neki način povezani s dotičnom vrstom. Provodi ih ministarstvo zaduženo za zaštitu prirode, vanjski suradnici, nevladine udruge i javne ustanove. Osim podataka o biologiji strogo zaštićene vrste i stanju njenih populacija, PUAP-ovi moraju sadržavati detaljno opisane konkretne mjere za poboljšanje stanja populacija i osiguranje opstanka te vrste. U njima je isplanirana zaštita vrste, utvrđene prioritetne aktivnosti za zaštitu, raspodijeljeni zadaci i odgovornosti, određena sredstva potrebna za provedbu aktivnosti te postavljene smjernice za praćenje. Trajanje svakog Plana vremenski je ograničeno, nakon čega se procjenjuje ostvareni napredak i revidiraju aktivnosti.

### 8.3 Primijenjena populacijska biologija

Za djelotvornu zaštitu i upravljanje vrstama potrebno je što bolje poznavati njihove ekološke značajke, stanje populacija, procese koji djeluju na veličinu i rasprostranjenost populacija, odnosno potrebno je što bolje poznavati njihovu populacijsku biologiju. Područja populacijske biologije čija je primjena izuzetno korisna u konzervacijskoj biologiji



su: rasprostranjenost, stanište, biotski čimbenici, morfologija, fiziologija, demografija, ponašanje, genetika i ljudski utjecaj. Što više podataka o ekološkim značajkama i populacijskoj biologiji neke vrste imamo na raspolaganju, to djelotvornije možemo njome upravljati i preciznije odrediti čimbenike koji su prijetnja njenu opstanku. Pomoću tih je podataka moguće i matematički predvidjeti vjerojatnost da će npr. vrsta opstati u zaštićenom području ili provjeriti kakav bi utjecaj imala implementacija drugih konzervacijskih mjera. U tu svrhu koristimo tzv. analizu vijabilnosti populacija.

Dijelovi populacijske biologije bitni za sastavljanje kvalitetnih akcijskih planova i osmišljavanje adekvatnih konzervacijskih metoda za ugrožene vrste su:

**Stanište:** bitno je znati koje tipove staništa pojedina vrsta preferira, a koje može podnijeti; da li su joj u različitim životnim stadijima potrebni različiti tipovi staništa; da li joj je potreban mozaik različitih tipova staništa i koliki udio pojedinih tipova; kakve su prirodne fluktuacije staništa; koliko su česti i obimni prirodni katastrofalni događaji; na koji su način ljudi izmijenili stanište itd.

**Rasprostranjenost:** za zaštitu vrste vrlo su važni podaci o rasprostranjenosti vrste u staništu – da li su jedinke okupljene na malom prostoru, slučajno raspršene ili pravilno raspoređene na većem prostoru te da li migriraju između dijelova staništa ili različitih područja tijekom dana ili godine.

**Biotske interakcije** – korisni su podaci o vrstama hrane i drugih resursa potrebnih pojedinoj vrsti i načinima kako ih nabavlja, kompeticiji za hranu i resurse, predatorima i parazitima koji reguliraju njenu populacijsku veličinu, podaci o eventualnim mutualističkim odnosima, načinu širenja mladih itd.

**Morfologija** proučava vanjski izgled tijela životinjskih i biljnih vrsta. Za konzervacijsku biologiju bitni su podaci o funkciji dijelova tijela pojedinih oblika, razlikama između jedinki iz različitih dijelova areala, intraspecijskej morfološkoj raznolikosti, izgledu mladunaca te vezi između vanjskog izgleda i evolucijske prilagođenosti i opstanka.

**Fiziologija**, koja se bavi procesima u organizmima, može pomoći u zaštiti prirode dajući odgovore na pitanja poput: koliko hrane, vode, mineralnih i drugih tvari je potrebno jedinki neke vrste za rast i razmnožavanje; koliko djelotvorno vrsta iskorištava dostupne resurse; da li je vrsta osjetljiva na promijenjene i ekstremne uvjete; kakvi su uvjeti potrebni prilikom razmnožavanja i drugih procesa itd.

**Demografija** donosi podatke o strukturi i stanju populacija, osobito su važni podaci o trenutnoj veličini populacije, odnosno njenoj veličini u prošlosti iz čega se donose zaključci o stabilnosti, rastu ili opadanju gustoće populacije. Nadalje, za konzervacijske odluke često je važno znati i kakva je struktura populacije – odnos spolova, odnos starosnih kategorija, mladih i odraslih itd.

**Ponašanje:** Kojim oblicima ponašanja je vrsta prilagođena staništu te kako joj ponašanje pomaže u opstanku? Koji oblici ponašanja se javljaju prilikom razmnožavanja i donošenja mladunaca na svijet? Na koje su načine jedinke iste vrste u međudjelovanju, kooperaciji i kompeticiji, odnosno kako to izražavaju?

**Genetika:** Upotrebom metoda molekularne genetike i podataka o genetskoj strukturi populacija i vrsta u konzervacijskoj biologiji bavi se konzervacijska genetika. Za precizno utvrđivanje stupnja ugroženosti populacija/vrsta i predlaganje najdjelotvornijih metoda njihove zaštite bitni su podaci o intraspecijskoj genetskoj raznolikosti, protoku gena među populacijama iste vrste ili njihovoj izoliranosti te načinu kako su vrste u prošlosti odgovarale na promijenjene okolišne uvjete.

Metode proučavanja populacija kopnenih biljnih i životinjskih vrsta danas su prilično razvijene. Međutim, maleni organizmi, poput praživotinja, bakterija i gljiva nisu ni približno tako dobro proučeni. Populacijska biologija vrsta koje žive u tlu, slatkovodnim i morskim staništima osobito je slabo istražena. Osnovni podaci vezani uz populacijsku biologiju bilo koje vrste, a važni za djelotvornu zaštitu ili procjenu njenog statusa mogu se dobiti iz tri izvora: objavljena literatura, neobjavljena literatura (izvješća pojedinaca ili organizacija, kongresna predavanja, usmena priopćenja itd.) i terenska istraživanja.

## 8.4 Kvantitativna procjena vijabilnosti

Primjena petog kriterija IUCN-a za procjenu rizika od izumiranja (kriterij E; kvantitativna analiza) temelji se tzv. analizi vijabilnosti populacija (PVA; eng. *Population Viability Analysis*). Moguće ju je provesti pomoću nekoliko računalnih programa, npr. programa VORTEX. Radi se o simulacijskom modelu za provođenje analize vijabilnosti populacija, temeljenom na jedinkama. PVA omogućuje razumijevanje determinističkih sila,

### *Osnovni principi zaštite vrsta*

kao i demografskih, okolišnih te genetskih stohastičnih događaja na dinamiku divljih populacija. Tijekom PVA analize rade se simulacije u kojima se populacija provodi kroz niz događaja koji opisuju tipičan životni ciklus diploidnih organizama sa spolnim razmnožavanjem. Kako bi PVA bilo moguće provesti, a njene rezultate smatrati vjerodostojnima, potrebno je znanje o osnovnim parametrima biologije vrste, osobito reproduktivne biologije, gustoći populacija te kapacitetu staništa. Na temelju ulaznih podataka, nakon PVA analize dobivamo set izlaznih podataka koji omogućuju kvantitativnu procjenu vjerojatnosti izumiranja vrste u zadanom razdoblju. Tu je vjerojatnost moguće modelirati uključanjem potencijalnih prijetnji, ali i konzervacijskih mjera te, na taj način predvidjeti kakav će utjecaj imati pojedina antropološka aktivnost, a koje su konzervacijske mjere najdjelotvornije.

## PODACI ZA ANALIZU VIJABILNOSTI POPULACIJA

### ULAZNI PODACI

- postavke scenarija (broj ponavljanja, broj godina, definicija izumiranja)
- opis vrste (depresija inbridinga, okolišna varijacija razmnožavanja i opstanka)
- katastrofe (ekstremne varijacije okolišnih čimbenika koje snažno djeluju na razmnožavanje i/ili opstanak)
- populacijska biologija vrste (reproduktivni sustav, stope razmnožavanja, stope smrtnosti)
- početna veličina populacije
- kapacitet staništa
- oduzimanje ili dodavanje jedinki, genetski menadžment

### IZLAZNI PODACI

- deterministička projekcija rasta populacije (rast ili opadanje populacije projicirano iz kalkulacija životnog ciklusa do granice određene kapacitetom staništa)
- godišnja stopa promjene
- stopa promjene po generaciji
- osnovni status populacije svake godine simulacije
- mogućnost očitavanja vjerojatnosti izumiranja populacije tijekom projiciranog razdoblja

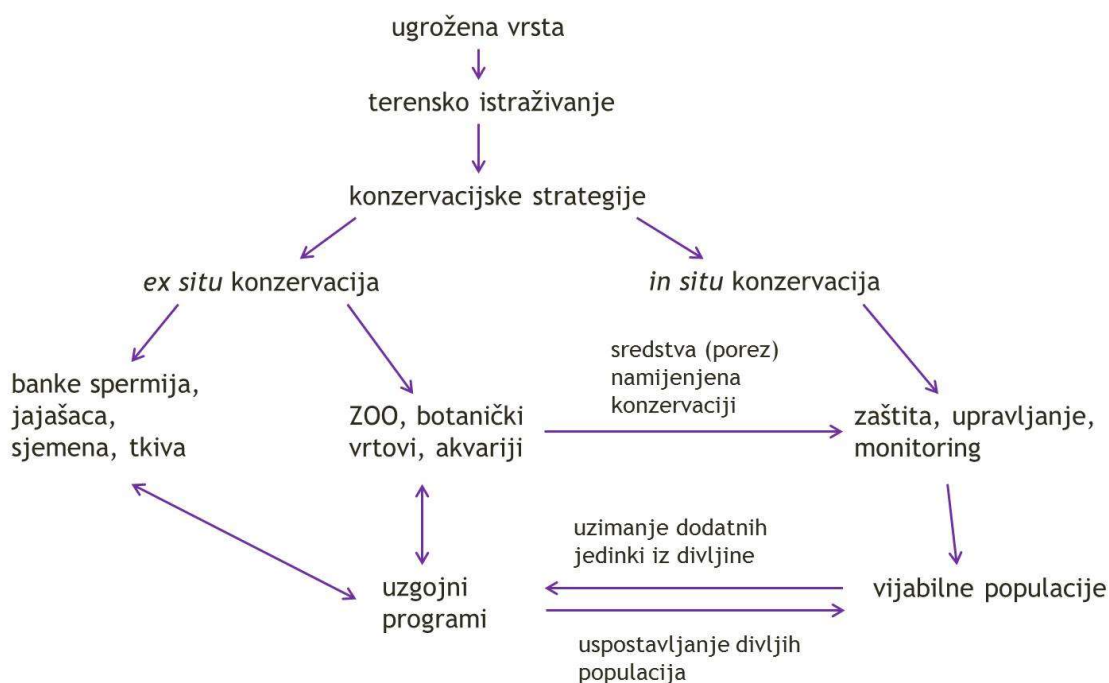
## 9. EX SITU KONZERVACIJA

### 9.1 Prednosti i nedostaci *ex situ* konzervacije

Osnovni cilj konzervacijske biologije jest zaštita biološke raznolikosti u prirodi, odnosno *in situ*. Idealna strategija zaštite i osiguranja dugoročnog opstanka većine vrsta obuhvaća očuvanje prirodnih zajednica i populacija unutar njihova prirodnog areala i ekosustava. Samo u prirodnim zajednicama te se vrste mogu nastaviti prilagođavati te je omogućen prirodan tijek evolucije. Nadalje, složene interakcije među vrstama unutar zajednice često su neophodne za opstanak rijetkih vrsta, a uglavnom ih nije moguće ostvariti u umjetnim uvjetima. Osim toga, populacije u zatočeništvu obično ne mogu biti dovoljno velike za sprječavanje gubitka genetske raznolikosti putem genetskog drifta, a često se javlja i depresija uslijed parenja u srodstvu. Međutim, u realnim uvjetima današnjice, uslijed sve intenzivnijeg ljudskog utjecaja na prirodu, *in situ* konzervacija za mnoge ugrožene vrste nije dovoljna i ne može osigurati vijabilnost. U mnogim je slučajevima jedina nada za opstanak ugroženih vrsta *ex situ* konzervacija, koja se definira kao održanje jedinki u umjetnim uvjetima pod nadzorom ljudi (Kleiman i sur. 1996, Guerrant i sur. 2004, Miller i sur. 2004).

Iako se za većinu vrsta preferira *in situ* zaštita, za neke vrste *ex situ* konzervacija ima prednosti u smislu manjeg financijskog troška i/ili mogućnosti dobivanja manjih populacija uzgojenih jedinki iz većeg genetskog bazena. U nekim konzervacijskim strategijama oblici *ex situ* konzervacije koriste se kao dopuna *in situ* konzervaciji radi obnove populacija i povećanja vjerojatnosti njihova opstanka (slika 11). Važnost *ex situ* konzervacija naglašavaju i primjeri vrsta koje su izumrle u divljini, a opstale upravo zahvaljujući uzgoju u zatočeništvu (*Elaphurus davidianus*, *Equus caballus przewalski*).

## Ex situ konzervacija



**Slika 11.** Komplementarnost *ex situ* i *in situ* konzervacijskih metoda u zaštiti ugroženih vrsta.

Važne prednosti *ex situ* konzervacije, odnosno njene koristi za zaštitu biološke raznolikosti su:

- Omogućavanje povremenog kontroliranog puštanja jedinki u divljinu radi obnove divljih populacija.
- Istraživanja na populacijama u zatočeništvu mogu rezultirati bitnim podacima o biologiji vrste i pomoći osmišljavanju djelotvornijih strategija zaštite.
- Jednostavno testiranje novih tehnologija i uređaja koji su bitni u konzervacijskoj biologiji i monitoringu (npr. radio odašiljači).
- Edukacija.

S druge strane, uzgoj u zatočeništvu nosi i niz problema, pitanja i nedostataka:

- Financijski trošak: Osim ako se radi o manjim vrstama s visokim stopama reprodukcije i lakim prilagođavanjem na umjetne uvjete, uzgoj pojedine vrste u zatočeništvu znatno je skuplji od drugih strategija. To je osobito izraženo kod velikih životinja, poput nosoroga, slonova i velikih zvijeri.

## *Ex situ konzervacija*

- Veličina populacije: Radi sprječavanja genetskog drifta i smanjenja genetske raznolikosti, preporuča se očuvanje populacija minimalnih veličina od nekoliko stotina do, za većinu vrsta, nekoliko tisuća jedinki. Zbog prostornih ograničenja, niti jedan zoološki vrt ne može podržati tako veliku populaciju bilo koje veće životinjske vrste. Tek se nekoliko vrsta sisavaca održava u zatočeništvu u dovoljno velikom broju, ali na način da su raspoređeni u nekoliko desetaka ili stotina institucija. U botaničkim vrtovima također se obično drži tek manji broj ili samo jedan primjerak neke vrste, osobito drveća.
- Adaptacija na umjetni okoliš: Kod populacija u zatočeništvu može se dogoditi genetska adaptacija na umjetni okoliš, u smislu selekcije jedinki sa svojstvima koja joj omogućuju lakšu adaptaciju i preživljavanje u zatočeništvu, dok istovremeno ta svojstva ne pridonose fitnessu kod vrste u divljini. Npr., kod vrste koja je kao odgovor na pojavu predatora razvila brzi bijeg, u zatočeništvu će preživjeti i razmnožavati se uglavnom manje reaktivne jedinke, dok se brže i agilnije najčešće ne mogu prilagoditi. Kad se takva populacija, u kojoj su se zadržali geni odgovorni za slabiji poticaj na bijeg, vrati u prirodu, najčešće se ne može oduprijeti prirodnim predatorima.
- Sposobnost učenja: Jedinke u zatočeništvu postaju manje osjetljive na prirodan okoliš i nesposobne za preživljavanje u divljini. Čest je slučaj da jedinke iz zatočeništva nakon puštanja u divljinu ne prepoznaju hranu ili neprijatelje, te ne znaju locirati vodu. Ovaj je problem najizraženiji kod socijalnih vrsta ptica i sisavaca, kod kojih mladi od odraslih uče vještine potrebne za preživljavanje.
- Genetska raznolikost: Genotipovi jedinki u zatočeništvu predstavljaju tek mali dio ukupnog genskog bazena vrste pa upravo uzgoj u zatočeništvu može imati efekt sličan efektu uskog grla, a može se javiti i depresija uslijed parenja u srodstvu.
- Problem trajnosti održavanja: Za adekvatan uzgoj životinjskih i biljnih vrsta u zatočeništvu, kao i pohranu stanica i tkiva u odgovarajućim ustanovama, potreban je kontinuiran dotok financijskih sredstava i uređena institucionalna potpora. Kratkotrajan prestanak odgovarajuće brige u zoološkim vrtovima i akvarijama, čak i ako traje tek nekoliko dana, dovodi do velikih gubitaka jedinki i vrsta. Nestanak

električne energije može dovesti do ogromnih gubitaka u smrznutim kolekcijama tkiva i stanica.

- **Konzervacija jedinki:** S obzirom da su *ex situ* konzervacijski napori često ograničeni na samo jednom mjestu i sve se jedinke nalaze u istom prostoru, postoji opasnost od uništenja čitave populacije uslijed požara, neke druge katastrofe ili epidemije.
- **Višak jedinki:** Neke se vrste lako razmnožavaju u zatočeništvu (čak brže i sa znatno višim stopama nego u prirodi) pa se postavlja pitanje što učiniti sa suviškom jedinki. Dio se jedinki ponekad može predati drugim ustanovama ili pustiti u divljinu, ali najveći dio obično ne može. Štoviše, najčešće sve ustanove imaju u suvišku jedinke istih vrsta. Radi se o etičkom pitanju bez idealnog odgovora, ali svi koji promiču i bave se *ex situ* metodama zaštite i uzgojem životinja u zatočeništvu u bilo koje svrhe moraju imati na ume da je dobrobit svake jedinke u ljudskom zatočeništvu odgovornost ljudi, odnosno uprave pojedine institucije.

## **9.2 Gdje se *ex situ* konzervacija provodi?**

Ustanove koje se najčešće uključuju u *ex situ* konzervaciju su zoološki vrtovi, akvariji, botanički vrtovi te banke sjemenaka.

### ZOOLOŠKI VRTOVI

Iako je tradicionalna namjena zooloških vrtova bila pokazivanje rijetkih i egozičnih životinja, danas je osnovni cilj većine velikih zoo vrtova uspostavljanje dugoročno vijabilnih populacija rijetkih i ugroženih vrsta životinja koje se razmnožavaju u zatočeništvu (Lyles 2001). Danas se prikazuje sve veći broj vrsta, iako je i dalje naglasak na "karizmatičnim" vrstama koje privlače veći broj posjetitelja.

Osim toga, zoo vrtovi imaju izuzetno važnu ulogu u edukaciji ljudi (prvenstveno djece, ali i ostalih dobnih skupina najrazličitijeg stupnja obrazovanja, zanimanja, profila i interesa) o problemima i važnosti zaštite biološke raznolikosti. Ako se uzme u obzir ogroman broj ljudi koji posjećuje zoo vrtove (600 milijuna ljudi godišnje posjeti zoo vrtove diljem svijeta), vrijednost svih oblika edukacije i osvješćivanja preko ovih ustanova postaje još važnija. U njima se danas na razne načine prezentiraju ekološke i konzervacijske teme



(edukacijske ploče, igre, prostori namijenjeni obradi određene teme, "specijalni dani" i posebni edukacijski programi).

Za konkretnu zaštitu ugroženih vrsta nužno je programe uzgoja u zatočeništvu, kao i programe prikupljanja financijskih sredstava povezati s *in situ* zaštitom. *World Zoo Conservation Strategy* na globalnoj razini povezuje programe u zoo vrtovima s konzervacijskim naporima u divljini.

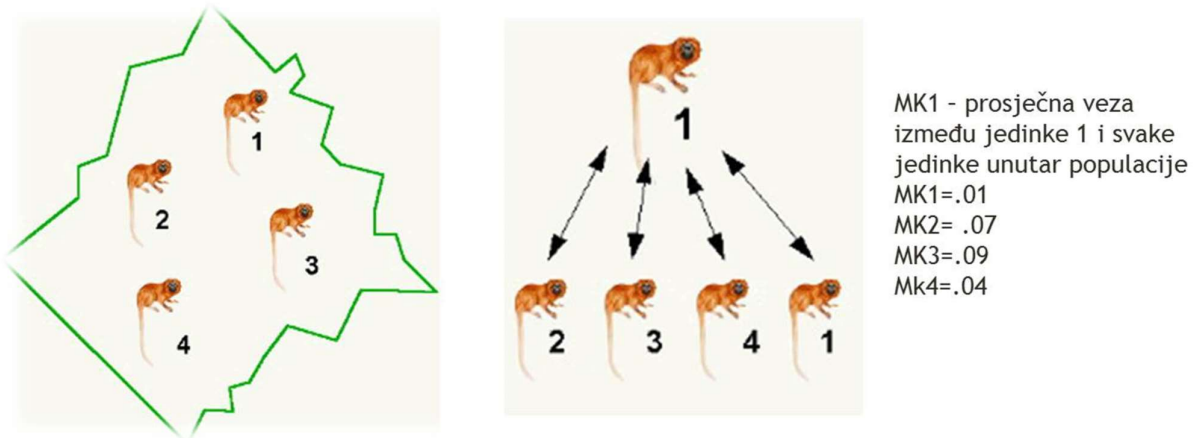
Uzgoj neke vrste u zatočeništvu nije jednostavan, a osobito su komplicirani slučajevi kada se mlade uzgaja u zatočeništvu s namjerom vraćanja u divljinu. Osim što je potrebno osigurati odgovarajuće uvjete prostora, prehrane, njege, ali i uvjete koji potiču fizičku i mentalnu aktivnost te učenje, često je potrebno koristiti složene metode kako bi uspjeh preživljavanja i razmnožavanja u zatočeništvu bio zadovoljavajući. Uspjeh programa uzgoja u zatočeništvu prvenstveno ovisi o prikupljanju i širenju znanja o uzgoju rijetkih i ugroženih vrsta. Posebna jedinica unutar IUCN-a, *The Species Survival Commission's Conservation Breeding Specialist Group*, i njoj pridružene organizacije, poput Američkog i Europskog udruženja zoo vrtova ili akvarija, pružaju zoo vrtovima nužne informacije vezane uz brigu o tim vrstama, kao i o statusu i ponašanju životinja u divljini. Mnoge vrste se teško prilagođavaju i razmnožavaju u zatočeništvu te im je potrebna osobita njega, prehrana i uvjeti. Neke vrste u zatočeništvu imaju vrlo niske stope reprodukcije. Kako bi se povećale stope razmnožavanja takvih vrsta koriste se nove tehnologije, od kojih neke potječu iz veterine ili humane medicine, dok su druge razvijene upravo u istraživačkim jedinicama velikih zoo vrtova. Neke od metoda koje se koriste s ciljem povećanja stopa razmnožavanja u zatočeništvu su:

- "Unakrsno posvajanje" (engl. *cross fostering*): metoda u kojoj mladunca rijetke i ugrožene vrste odgajaju odrasle jedinke srodne, ali česte vrste ili vrste koja se lakše uzgaja u zatočeništvu. Ova je metoda korisna kod nekih vrsta ptica koje prirodno imaju jedno leglo godišnje, no ako im se ta jaja uzmu, ženka će snijeti drugo leglo. Brigu o prvom leglu mogu preuzeti jedinke srodne vrste te se tako udvostručuje broj mladunaca.
- Umjetna inkubacija: Koristi se kod ptica, morskih kornjača, riba i vodozemaca, u slučajevima kada se majke u zatočeništvu ne brinu adekvatno o mladuncima u ranim, najosjetljivijim fazama, ili u slučajevima kada jaja ili rane razvojne stadije u

zatočeništvu lako napadaju paraziti, uzročnici bolesti i/ili predatori. Tada ljudi preuzimaju brigu o jajima ili mladuncima, stavljaju ih u idealne uvjete, hrane i štite tijekom osjetljive faze, nakon čega ih puštaju u prirodu ili dalje uzgajaju u zatočeništvu.

- Umjetno osjemenjivanje: može se koristiti kod vrsta koje u zatočeništvu gube interes za parenjem. Skupljaju se spermiji odgovarajućeg mužjaka, čuvaju na niskim temperaturama do transfera i, u trenutku kada je ženka spremna (prirodno ili uslijed kemijske indukcije), prenose se u ženku. Programi umjetnog osjemenjivanja vrlo su dobro razvijeni i već se dugo upotrebljavaju za mnoge domaće životinje, no još nisu usavršeni za većinu divljih životinja koje se uzgajaju u zatočeništvu.
- Prijenos embrija: Metoda transfera embrija uspješno je korištena kod nekoliko rijetkih životinja, kao npr. divljeg Przewalskog konja, bongo antilopa i nekih goveda. Lijekovima se potiču superovulacije ili sazrijevanje većeg broja jajnih stanica, ta se jajašca uzimaju kirurškim metodama te se, također kirurškim putem embriji unose u druge ženke. Ponekad se unose čak i u ženke drugih vrsta.
- Sprječavanje smanjenja genetske raznolikosti i depresije uslijed parenja u srodstvu: metodama molekularne genetike određuje se genotip svake jedinke koja se uzgaja u zatočeništvu te se računa tzv. MK vrijednost (engl. *mean kinship*). Ta brojčana vrijednost označava u kako bliskom srodstvu je pojedina jedinka s ostalim jedinkama u populaciji, odnosno koliko je kombinacija gena pojedine jedinke rijetka unutar populacije (slika 12).

## Ex situ konzervacija



**Slika 12.** MK vrijednosti izračunate za pojedine jedinke zlatnog tamarina uzgajane u zatočeništvu.

### AKVARIJI

Javni akvariji, slično kao i zoološki vrtovi za kopnene životinje, tradicionalno su usmjereni prikazivanju neobičnih, egzotičnih vrsta riba. Ponekad je to popraćeno zabavnim predstavama s akrobacijama i trikovima morskih lavova, tuljana, dupina. Danas se sve više naglašava edukacijska uloga akvarija, a konzervacijske teme predstavljaju najvažnije edukacijske sadržaje. Potreba za edukacijom o ugroženosti vodenih organizama izuzetno je velika, s obzirom da su ljudi obično manje upoznati s biologijom i problemima zaštite riba i drugih vodenih organizama, a tisuće ribljih vrsta smatra se ugroženima. U novije vrijeme akvariji se često povezuju sa znanstvenim ustanovama i zaštitarskim organizacijama te sudjeluju u osmišljavanju i provođenju programa za zaštitu ugroženih vrsta. U njima se vrši uzgoj u zatočeništvu nekih rijetkih i ugroženih vodenih vrsta, s tim da je uzgoj u zatočeništvu manjih vodenih organizama jednostavniji, dok se kod velikih morskih sisavaca javlja dodatni problem jer im je potrebno mnogo prostora i velika količina vode.

### BOTANIČKI VRTOVI, ARBORETUMI

Botanički vrtovi predstavljaju najveće zbirke različitih biljaka te mogu igrati važnu ulogu u programima zaštite ugroženih vrsta. Na sličan način arboretumi, kao specijalizirani botanički vrtovi u kojima se uzgaja drveće i gmlje, mogu pomoći u zaštiti drvenastih

biljaka. I te su ustanove također sve više fokusirane na uzgoj rijetkih i ugroženih vrsta, a ne samo prikazivanje egzotičnih biljaka iz udaljenih krajeva. Botanički se vrtovi često organiziraju u sklopu sveučilišta i znanstvenih ustanova pa sudjeluju u njihovim konzervacijskim programima. Također imaju važnu ulogu u edukaciji s obzirom da 200 milijuna ljudi godišnje posjeti botaničke vrtove diljem svijeta. Bitno je naglasiti kako je biljke ipak lakše uzgajati u kontroliranim uvjetima nego životinje.

#### BANKE SJEMENAKA

Banke sjemenaka obuhvaćaju kolekcije sjemenaka divljih i kultiviranih biljaka koje se čuvaju u odgovarajućim uvjetima te su uglavnom razvijene uz botaničke vrtove i istraživačke institucije. Većinom se čuvaju sjemenke gospodarski značajnih biljaka (100 vrsta biljaka koje čine preko 90% ljudske potrošnje), no ove su institucije u novije vrijeme sve više usmjerene očuvanju rijetkih i ugroženih vrsta. Procjenjuje se da se u bankama sjemenaka danas čuvaju sjemenke između 10 i 20 tisuća divljih vrsta biljaka.

### **9.3 Literatura**

IUCN (2002) IUCN Technical Guidelines on the Management of Ex Situ Populations for Conservation. IUCN, Gland, Switzerland  
[<http://www.iucn.org/themes/ssc/pubs/policy/exsituen.htm>, accessed 18 August 2004].

IUDZG/CBSG IUCN/SSC (1993) The World Zoo Conservation Strategy: The Role of Zoos and Aquaria of the World in Global Conservation. Chicago Zoological Society, Brookfield, USA

Guerrant EO, Havens K, Maunder M (2004): Ex Situ Plant Conservation: Tools for Conserving Wild Populations, Island Press, Washington, DC, USA.

Maunder M, Byers O (2005): The IUCN Technical Guidelines on the Management of Ex Situ Populations for Conservation: reflecting major changes in the application of ex situ conservation. Oryx 39: 95-98.

## *Ex situ konzervacija*

Primack RB (2006): *Essentials of Conservation Biology*, 4<sup>th</sup> Edition, Sinauer Associates, Sunderland

Snyder NFR, Derrickson SR, Beissenger JW, Wiley TB, Smith WD, Toone WT, Miller B (1996): Limitations of captive breeding in endangered species recovery. *Conservation Biology* 10: 338–348.

Soulé ME, Gilpin M, Conway W, Foose TJ 1986: The millennium ark: how long a voyage, how many staterooms, how many passengers? *Zoo Biology* 5: 101–113.

Stanley Price MR, Maunder M, Soorae PS (2004): *Ex situ* support to the conservation of wild populations and habitats: lessons from zoos and opportunities for botanic gardens. In *Ex Situ Plant Conservation: Tools for Conserving Wild Populations* (urednici: Guerrant EO, Havens K, Maunder K), pp. 84–110. Island Press, Washington, DC, USA.

## 10. OBNOVA POPULACIJA I STVARANJE NOVIH

Stvaranje novih populacija u prirodi odnosi se na niz metoda kojima je cilj vrstama koje postoje samo u zatočeništvu ili su nestale iz dijelova areala omogućiti vraćanje u sve ili neke dijelove prvobitnog areala te zauzimanje ekološke i evolucijske uloge u biološkim zajednicama. Za neke ugrožene vrste pozitivnim se pokazao konzervacijski pristup u kojem se kombinira uspostavljanje nove populacije u prirodi i program uzgoja u zatočeništvu. Međutim, ponovno uspostavljanje populacije unutar njenog prvotnog areala (uz ili bez uzgoja u zatočeništvu) djelotvorno je jedino ako su uzroci pada i nestanka populacije razjašnjeni i uklonjeni. Moguće je osiguranje novog prostora u kojem nema prijetnji i u koji se onda premještaju jedinke, ali to redovito ima negativne posljedice za autohtonu zajednicu.

**OBNOVA POPULACIJA (AUGMENTACIJA)** označava dodavanje jedinki u postojeću populaciju radi povećanja njene gustoće i/ili genetske raznolikosti. Unesene jedinke mogu biti uzgojene u zatočeništvu ili iz druge divlje populacije.

**INTRODUKCIJA** jest unošenje jedinki (uzgojenih u zatočeništvu i/ili iz divlje populacije) u odgovarajući prostor koji nije dio prirodnog areala vrste. Ona se provodi u slučajevima kada je stanište unutar prirodnog areala uništeno do te mjere da vrsta tamo više ne može opstati ili nije moguće ukloniti čimbenik koji je doveo do nestanka vrste. Međutim, introdukcija ima negativne posljedice na lokalne autohtone populacije i zajednice te je potrebno dobro promišljanje, pažnja i rasuđivanje koristi naspram negativnih posljedica u svakom konkretnom slučaju. **TRANSLOKACIJA** je specifičan oblik introdukcije kada se sve jedinke iz nekog područja prenose u drugo jer se očekuje uništenje prvog područja.

**REINTRODUKCIJA** se odnosi na puštanje jedinki (uzgojenih u zatočeništvu i/ili iz divlje populacije) u odgovarajuće stanište unutar prirodnog areala vrste, s kojeg je ona nestala. Osnovni cilj reintrodukcije jest stvaranje nove populacije unutar prvobitnog areala,

a istovremeno se omogućuje ponovno uspostavljanje odnosa i stabilnosti u zajednici. Prije samog programa reintrodukcije nužno je iz staništa ukloniti prijetnje koje su dovele do nestanka vrste, odnosno osigurati odgovarajuće uvjete. Za neke su vrste potrebni prijelazni uvjeti i prijelazno stanište između boravka u zatočeništvu i potpunog povratka u divljinu. Sljedeći važan korak jest odabir jedinki za prijenos i puštanje u divljinu pri čemu su se vrlo korisnima pokazale metode molekularne genetike. Potrebno je odabrati jedinke genetski što srodnije originalnoj populaciji (pripadaju istoj vrsti, podvrsti, liniji ili soju), a svakako uzete iz područja što sličnijih klimatskih i ekoloških uvjeta. Prilikom odabira jedinki uzgojenih u zatočeništvu biraju se one sa što manjom MK vrijednosti i genotipom koji će pridonijeti povećanju genetske raznolikosti populacije i smanjenju vjerojatnosti depresije uslijed parenja u srodstvu. Osim na genetsku strukturu, kod odabira jedinki za reintrodukciju pažnju treba obratiti i na njihovo ponašanje i fenotipska svojstva te birate one čije će karakteristike pružiti veću vjerojatnost opstanka u divljini. Također je važno provjeriti da jedinke koje se planiraju pustiti u divljinu nisu prenosioci uzročnika bolesti ni parazita. Sljedeći korak mnogih programa reintrodukcije uključuje treniranje. Naime, jedinke socijalnih vrsta uzgojene u zatočeništvu često nisu sposobne za život u divljini ukoliko ne savladaju tehnike i vještine potrebne za preživljavanje u prirodi. Treniranje životinja u zatočeništvu vrlo je složena i zahtjevna metoda, a uključuje učenje pronalaženja hrane, vode, zaklona, učenje djelovanja u socijalnim skupinama, stjecanje straha od predatora itd. Djelotvorne tehnike treniranja za sada su razvijene tek za nekoliko vrsta sisavaca i ptica. Sljedeći korak programa reintrodukcije odnosi se na prehranjivanje i zaštitu jedinki tijekom razdoblja prilagodbe. Iako je jedinke nekih vrsta moguće naglo pustiti u divljinu bez prijelaznog razdoblja i bez dodatne pomoći njege (tzv. naglo puštanje), mnoge vrste neposredno nakon puštanja zahtijevaju osobitu njegu i pomoć. Tim se vrstama osigurava hrana i zaklon na mjestu puštanja dok se ne počnu snalaziti same ili čak jedinke neko vrijeme na mjestu puštanja borave u kavezu. To je tzv. nježno puštanje. Nakon puštanja jedinki u divljinu i završenog razdoblja prilagodbe potreban je odgovarajući monitoring kako bi utvrdili daje li program očekivane rezultate i postižu li se zadani ciljevi. Ključni elementi monitoringa su praćenje stope preživljavanja puštenih jedinki, njihove stope razmnožavanja, uspostavljanja stabilne populacije, praćenja trenda gustoće populacije i širenja područja obitavanja, praćenja elemenata ekosustava.

Uspješnost reintrodukcijskog programa ovisi o kvaliteti staništa (veća uspješnost u staništa izvrsne kvalitete nego u manje kvalitetna staništa), dijelu areala u koji se jedinke vraćaju (veća uspješnost u središte areala nego u rubna područja ili izvan areala), reintrodukciji iz druge divlje populacije ili iz zatočeništva (veća uspješnost prilikom reintrodukcije jedinki ulovljenih u divljini nego puštanja jedinki iz zatočeništva), broju reintrodciranih jedinki (kod ptica i sisavaca vjerojatnost uspostavljanja nove populacije raste proporcionalno s brojem reintrodciranih jedinki, ali do brojke od 100 puštenih jedinki) te značajkama vrste (uspješnije reintrodukcije biljoždera nego mesoždera). Vrste reintrodcirane u staništa u Hrvatskoj su ris, dabar i divokoza.



## **11. UVOD U KONZERVACIJSKU GENETIKU**

### **11.1 Da li je genetika važna za konzervaciju?**

Konzervacijska genetika je mlada, ali brzo rastuća interdisciplinarna nauka koja genetske metode primjenjuje u svrhu očuvanja biološke raznolikosti. Temelji se na principima molekularne biologije, populacijske genetike i evolucije, ali obuhvaća i elemente drugih bioloških disciplina. Njena osnovna postavka, ujedno i pretpostavka zbog koje je konzervacijska genetika razvijena, leži u važnosti očuvanja genetske raznolikosti radi opstanka vrsta. A genetsku raznolikost najjednostavnije je definirati kao varijabilnost gena unutar neke vrste ili populacije, koja vrstama omogućuje prilagodbu promijenjenim uvjetima, a onda i opstanak. Genetska se raznolikost odražava kroz stupanj heterozigotnosti u populaciji, broj alela po genskom lokusu te postotak polimorfnih lokusa. Ako je stupanj heterozigotnosti u populaciji veći, ona će sadržavati veću razinu genetske raznolikosti. Nadalje, ako populacija sadrži veći broj alela za neki lokus, njena genetska raznolikost, a najčešće i stupanj heterozigotnosti će biti veći.

Genetska raznolikost unutar neke populacije/vrste opisuje se izračunom nekoliko mjera genetskog polimorfizma za izabrani genetski marker, na temelju DNA sekvenci. Najčešće se određuju sljedeće mjere:

- broj haplotipova, definiranih kao jedinstvene sekvence, odnosno jedinstvene kombinacije nukleotida unutar populacije
- raznolikost haplotipova – mjera jedinstvenosti određenog haplotipa unutar populacije
- nukleotidna raznolikost – srednja vrijednost broja nukleotidnih razlika
- ukupan broj mutacija
- broj polimorfnih (varijabilnih) mjesta

Iako nije mjera genetskog polimorfizma, u istraživanjima genetske raznolikosti obično se računa još i frekvencija haplotipova, odnosno udio pojedinog haplotipa u populaciji.

Konzervacijska se genetika kao odvojena disciplina pojavila 1980.-ih. Za dobro poznavanje i primjenu konzervacijske genetike osobito je važno poznavanje populacijske genetike. Radi se zapravo o velikom i brzo rastućem dijelu konzervacijske biologije, koje obuhvaća nekoliko osnovnih područja, odnosno tema:

1. Depresija uslijed parenja u srodstvu
2. Nakupljanje štetnih alela
3. Gubitak genetske raznolikosti u smanjenim populacijama
4. Genetska prilagođenost na zatočeništvo i utjecaj na uspjeh reintrodukcija
5. Fragmentacija populacija
6. Rješavanje taksonomskih nedoumica
7. Određivanje konzervacijskih i/ili upravljačkih jedinica.

Vidljivo je kako se teme 1.-5. odnose na populacije malih veličina, odnosno osobit problem predstavljaju naglo smanjene populacije.

Razvoj konzervacijske genetike kao discipline potaknut je pitanjem: Da li je genetika važna za konzervaciju? Kako je cilj konzervacijske biologije spriječiti izumiranja, navedeno se pitanje zapravo može svesti na pitanje: Jesu li genetski čimbenici bitni u nastanku izumiranja? Rasprave oko tog pitanja započele su 80-ih godina prošlog stoljeća, no do danas je prikupljen veliki broj dokaza kako je odgovor na navedeno pitanje nedvojbeno potvrđan. To naravno nikako ne umanjuje važnost antropogenih (poput uništavanja staništa ili pretjeranog iskorištavanja) i okolišnih (poput katastrofa, epidemija ili kompeticija) čimbenika za izumiranja. Te se dvije skupine čimbenika, naročito antropogeni, smatraju presudnim uzrokom izumiranja vrsta.

Međutim, čak i kad se genetski problemi koji dovode ili ubrzavaju proces izumiranja primijete, rijetko kada ih je moguće popraviti. Zbog toga neki kažu kako genetika može biti 'sredstvo za dijagnozu', ali ne i 'za liječenje'. Drugi autori smatraju kako je genetika relativno nevažna jer su ljudski i okolišni čimbenici primarni uzrok opadanja i ugroženosti populacija, dok su genetski problemi posljedice, a ne uzroci. Dobar primjer je diskusija koja se u znanstvenoj literaturi vodi oko male genetske raznolikosti geparda, koja je utvrđena u više istraživanja. Pitanje oko kojeg se lome koplja, a koje još uvijek nema konačnog odgovora jest: Da li je mala genetska raznolikost sama po sebi bitan čimbenik u

ugroženosti opstanka geparda ili je ona tek odraz demografskog kolapsa koji zapravo predstavlja srž problema?

Čak i ako prihvatimo hipotezu da je demografija važnija u određivanju sudbine populacija, otkrit ćemo kako su genetske metode najbolje za razumijevanje demografije. Obrasci genetske raznolikosti, koje je jednostavno utvrditi na temelju DNA sekvenci, sadrže podatke o demografskim procesima i obrascima, kao što su fluktuirajuća veličina populacije, migracije, fragmentacije, varijacije u odnosu spolova itd. Osim toga, koalescencijskim pristupom i metodama populacijske genetike moguće je razlikovati procese koji su posve genetske prirode (kao što su mutacije) od demografskih procesa (poput promjena u veličini populacije) koji su najvažniji kada govorimo o konzervaciji. Demografska, odnosno ekološka istraživanja daju prilično kratkotrajnu sliku, bar u evolucijskom kontekstu – njima je moguće obuhvatiti razdoblje od nekoliko godina do nekoliko generacija. Stoga se takva istraživanja najbolje mogu iskoristiti kako bi se dobio uvid u važne dijelove životnog ciklusa, dok ne mogu biti oruđe za predviđanje (primjerice za procjenjivanje vjerojatnosti izumiranja u sljedećih 50 ili 100 godina). Svaka analiza demografskih podataka nužno se temelji na sadašnjim ili nedavnim uvjetima. S druge strane, genetski podaci pružaju dokaz dugotrajnog trenda koji može biti očekivan, ali i rijedak, specifičan. Ponekad je trend takav da su trenutni uvjeti posve nebitni za opstanak populacije. Nadalje, genetski podaci vrlo važni za određivanje stupnja povezanosti populacija. Protok gena nužan je za očuvanje genetske raznolikosti i vjerojatnosti opstanka metapopulacija.

Teoretske osnove konzervacijske genetike moguće je podijeliti u dva velika područja: prvo se odnosi na parenje u srodstvu, uska grla i gubitak genetske raznolikosti, dok drugo područje obuhvaća taksonomske jedinice utvrđene genetskim metodama, a bitne za konzervaciju.

## 11.2 Parenje u srodstvu (inbriding), uska grla, gubitak genske raznolikosti

Potomstvo dobiveno parenjem u srodstvu (tzv. inbridingom) često pokazuje smanjeni fitness u odnosu na jedinke koje nisu nastale inbridingom. Naime, kada u nekoj populaciji dolazi do znatnog parenja u srodstvu, štetni recesivni aleli, koji su uobičajeno sakriveni u velikoj populaciji, u znatnoj mjeri dolaze u recesivne kombinacije te se štetna svojstva pokazuju. Ta pojava, s izrazitim negativnim utjecajem na populaciju, poznata je kao depresija inbridinga. Depresija inbridinga jest, dakle, smanjenje fitnessa kod jedinki s visokim stupnjem homozigotnosti, uvjetovano većom ekspresijom umjereno do vrlo štetnih recesivnih alela (Hedrick i Kalinowski 2001). Kako bi probleme parenja u srodstvu, odnosno depresiju inbridinga bilo moguće dobro razumjeti, potrebno je objasniti pojam fitnessa. Ideja o fitnessu središnja je ideja teorije evolucije, a pojam fitnessa nam govori koliko jedinka određenog genotipa ili fenotipa doprinosi genskom skupu sljedeće generacije. Očito je kako fitness može biti definiran u odnosu na genotip ili u odnosu na fenotip. Ako razlike između alela pojedinog gena utječu na fitness, kroz generacije će doći do promjena u frekvencijama alela – prirodnom selekcijom aleli s većim fitnessom postaju češći.

Depresija inbridinga zapravo je genetski problem. Za konzervacijsku biologiju može biti važna ako se javlja kod organizama koji se štite, odnosno ako uzrokuje ugroženost neke vrste i populacije. Stoga se nameće pitanje koliko je pojava depresije inbridinga uopće važna u prirodnim populacijama. Ako se radi o velikoj populaciji, vjerojatnost da u njoj dolazi do značajnijeg parenja u srodstvu nije velika. Međutim, kada takve populacije postanu vrlo male (na primjer uslijed uskog grla ili fragmentacije), parenje u srodstvu je neizbježno te može doći do depresije inbridinga. Ona je najvjerojatnija upravo kod onih vrsta koje su kroz prošlost imale velike populacijske veličine, a zatim dolazi do naglog smanjenja – u tim slučajevima skriveni štetni aleli izrazito djeluju na jedinke koje se pare u srodstvu. Osim pojave nepoželjnih svojstava, populacije u inbridingu također su manje otporne na epidemije, što sve dovodi do daljnjeg smanjenja njihove efektivne veličine.

Iako očekivana u prirodnim populacijama čija je veličina znatno smanjena pod utjecajem ljudskih aktivnosti, prvi dokazi o depresiji inbridinga potječu od konzervacijskih programa uzgoja u zatočeništvu. Tako je depresija inbridinga uočena u Švedskoj, na

programu uzgoja ričovke u zatočeništvu. Cilj programa bio je vraćanje jedinki u prirodu, radi obnove populacija. U zatočeništvu je uzgajano 40 izoliranih jedinki te je utvrđena izražena depresija uslijed parenja u srodstvu, zbog čega su uzgojene jedinke bile posve nepogodne za vraćanje u prirodu. U tom je slučaju parenje u srodstvu bilo moguće spriječiti unošenjem novih jedinki u program uzgoja u zatočeništvu. No, u slučajevima prirodnih populacija u kojima dolazi do parenja u srodstvu, često puta unos novih jedinki nije moguć ili je vrlo kompliciran.

Jedinka nastala inbridingom ima nizak stupanj heterozigotnosti. Međutim, ako populacija pokazuje nizak stupanj heterozigotnosti, kao i drugih mjera genetske raznolikosti, to ne mora nužno biti znak parenja u srodstvu. U malim populacijama genetski drift može dovesti do gubitka alela, što rezultira nižom raznolikošću, a da pritom ne dolazi do parenja u srodstvu. S druge strane, visoka heterozigotnost nije posve isto što i velika genetska raznolikost. Međutim, populacija s velikom genetskom raznolikošću posjeduje mnogo alela te će, u pravilu, iskazivati velik stupanj heterozigotnosti.

U populaciji koja efektivnu veličinu  $N_E$  zadržava kroz  $t$  generacija, heterozigotnost će se gubiti prema sljedećoj formuli:

$$H_t = H_0(1 - 1/2N_E)^t,$$

gdje je  $H_t$  heterozigotnost nakon  $t$  generacija,  $H_0$  početna heterozigotnost, a  $N_E$  efektivna veličina populacije.

Obično se smatra kako populacija s manjom genetskom raznolikosti ima manji fitness u odnosu na raznolikiju populaciju, jer ima slabiju sposobnost prilagodbe na promjene u okolišu. To je jedna od postavki ideje o vorteksu izumiranja. Iako je dokazana u nizu populacija, postoje i drukčiji primjeri, osobito ako se radi o prirodnim populacijama, odnosno o populacijama u kojima je niska genetska raznolikost rezultat evolucijskog nasljeđa, a ne antropoloških prijetnji.

Osim depresije inbridinga, u smanjenim populacijama mogu se javiti još neki problemi genetske prirode, a koji uzrokuju smanjeni fitness i dodatno ugrožavaju populaciju, kao što su mutacijski kolaps i selektivna neutralnost. Mutacijski kolaps ili

mutacijsko taljenje (eng. *mutational meltdown*; Lynch i sur. 1995, Lande 1995) je hipoteza da su u vrlo malim populacijama štetne mutacije šire zastupljene i imaju veći utjecaj na fitnes, što dovodi do spiralnog opadanja i konačnog izumiranja. Prema teoriji selektivne neutralnosti, i štetan i koristan alel mogu biti selektivno neutralni ako je njihov utjecaj (poznat kao selekcijski koeficijent) manji od polovine efektivne veličine populacije. Stoga u dovoljno maloj populaciji čak i vrlo štetan alel može biti selektivno neutralan, zbog čega se vrlo teško riješiti štetnih alela. Dobar primjer je program uzgoja u zatočeništvu kalifornijskog kondora (*Gymnogyps californianus*), gdje je utvrđeno da bi za odstranjivanje recesivnog alela bilo potrebno isključiti više od polovice jedinki (Hedrick 2001, Ralls i sur. 2000). S druge strane, u malim populacijama uslijed drifta može doći do gubitka selektivno korisnih gena.

Ponekad autori podrazumijevaju da vrste malih populacijskih veličina imaju malu genetsku raznolikost, a da su vrste s vrlo malom genetskom raznolikošću sigurno prošle kroz jako usko grlo. Međutim, više istraživanja je pokazalo kako mišljenje da rijetke vrste imaju malu genetsku raznolikost često nije točno te proizvoljno donošenje takvih zaključaka može biti pogrešno. Takvi zaključci trebali bi proizlaziti iz detaljnih analiza. Čest je slučaj da rijetke, izolirane, male vrste pokazuju veliku genetsku raznolikost jer su stare, a njihov evolucijski razvoj nije bio ometan razdobljima snažnog selekcijskog pritiska. Ta drevna genetska raznolikost predstavlja neprocjenjiv izvor genetskih zaliha za preživljavanje promjena u okolišu.

Nadalje, više je istraživanja pokazalo kako su neke populacije koje su prošle kroz izrazito usko grlo (poput jazavca ili tuljana krznaša; Amos, 1999) zadržale visok stupanj genetske raznolikosti, dok nizak stupanj genetske raznolikosti nekih vrsta (npr. sjeverni morski slon) nije posljedica uskih grla. Dakle, veličina populacije, iako bitna, ipak nije jedino što treba uzeti u obzir prilikom razmatranja genetske i demografske otpornosti populacija. S druge strane, većina ugroženih vrsta živi u malim, izoliranim populacijama pa je, za njihovu zaštitu, bitno poznavati posljedice smanjene veličine populacija, a to su:

- gubitak genetske raznolikosti
- depresija inbridinga
- nakupljanje mutacija.

Kao posljedice genetskog drifta često dolazi do:

- slučajnih fluktuacija frekvencija alela
- slučajnih varijacija populacije
- povećane različitosti među populacijama
- smanjene heterozigotnosti unutar populacije
- povećane homozigotnosti unutar populacije
- povećane genetske srodnosti unutar populacije
- smanjene djelotvornosti selekcije

Posljedicama fragmentacije smatraju se:

- smanjenje heterozigotnosti unutar populacija
- povećanje homozigotnosti unutar populacija
- povećanje genetske srodnosti unutar populacija
- smanjenje genetske raznolikosti unutar populacija.

Smanjenje heterozigotnosti unutar populacije uvjetovano subpopulacijskom strukturom poznato je kao Wahlundov učinak. Ako dvije ili više subpopulacija imaju alele različitih frekvencija, ukupna se heterozigotnost smanjuje, čak i ako su populacije u Hardy-Weinbergovoj ravnoteži. Uzrok ovoj pojavi mogu biti prepreke protoku gena i drift.

Sa smanjenjem gustoće populacije, smanjuje se i mogućnost pronalaska partnera, što je poznato kao Allee-ev efekt. U malim je populacijama utvrđena pozitivna korelacija između gustoće populacije i populacijske stope rasta po jedinci.

Posljedice mutacija na male populacije nužno ovise o stopi mutacija, kao i o raspodjeli mutacijskih učinaka. Neke probleme populacija malih (točnije rečeno smanjenih) veličina moguće je riješiti ili bar ublažiti genetskim manipulacijama, poput uklanjanja loših mutacija ili križanja radi obnove genetske raznolikosti.

### **11.3 Taksonomsko korištenje genetike u konzervaciji**

Iako naizgled posve odvojene discipline, taksonomija je bitna za zaštitu prirode jer njome zapravo saznavamo što uopće postoji za štititi. U tom su pogledu neke skupine

životinja, poput sisavaca i ptica poprilično istražene. Srodstveni odnosi unutar nekih drugih skupina, poput mnogih beskralješnjaka i bakterija, prilično su nepoznati. S obzirom da se konzervacijske odluke najčešće temelje na taksonomskim jedinicama, poput vrsta, ili eventualno podvrsta, izuzetno je važno točno utvrđivanje taksonomskog statusa populacije o kojoj se radi. Međutim, čak ni same jedinice na kojima se temelje konzervacijske odluke nije lako odrediti. Pitanje 'Što je vrsta?' samo je naizgled jednostavno. Naime, postoje barem 22 definicije vrste i niti jedna nije opće prihvaćena. Zapravo na to pitanje u svakom pojedinom slučaju mogu odgovoriti samo detaljna taksonomska istraživanja. Koncept podvrsta još je subjektivniji i kontroverzniji od pojma vrste. No iako ih često ni ne mogu definirati, konzervacijski biolozi primjećuju jedinice ispod razine vrste koje je potrebno zaštititi.

Kad govorimo o zaštiti bioraznolikosti, uslijed pogrešnih taksonomskih klasifikacija moguć je nastanak problematičnih situacija i nedjelotvorne zaštite. Mogući su sljedeći scenariji:

- Ugrožene vrste ne dobiju zakonsku zaštitu i sredstva za konzervaciju.
- Konzervacijska sredstva budu potrošena na zaštitu populacija ne-ugroženih vrsta ili hibridnih biotipova.
- Programi za povećanje populacije na način da se organizmi prenesu iz jedne populacije u drugu, za koje se smatra da pripadaju istoj vrsti, mogu dovesti do neželjenih hibridizacija. Do tzv. genetskog onečišćenja može doći čak i kad se radi o istoj vrsti, ali različitim podvrstama ili genetskim linijama.
- Populacije koje bi mogle biti iskorištene za povećanje fitnesa neke populacije u kojoj se događa parenje u srodstvu, mogu ostati neprimijećene.

Bitno je također naglasiti kako mnogi znanstvenici smatraju kako je gubitak odvojenih, različitih populacija unutar vrste jednako štetan za bioraznolikost kao i gubitak same vrste.

Unatoč dugotrajnom oslanjanju isključivo na morfološka svojstva u taksonomiji, pokazalo se kako takav pristup ima niz nedostataka. Danas se za određivanje statusa vrste, ponekad čak i podvrste, uvelike koriste sekvence konzerviranih gena, poput dijelova mitohondrijskog genoma, pomoću kojih se izrađuju filogenetska stabla i otkrivaju srodstveni odnosi među organizmima. Osim s ciljem taksonomskog određivanja, genski se



markeri mogu koristiti i za tzv. forenzične primjene. Takve su primjerice praćenje rijetkih životinja ili životinja koje je teško primijetiti, ili određivanje vrste iz malog komadića tkiva, dlake ili fecesa. Na primjer, na taj su način praćeni pirinejski smeđi medvjed i dlakonosni vombat. Još jedan primjer uspješnog korištenja genetskih metoda u svrhu konzervacije je otkrivanje zaštićenih vrsta kitova u hrani koja se komercijalno prodaje.

Istraživanja mitohondrijske DNA kod morskih kornjača pružila su neprocjenjive podatke o odlaganju jaja i migracijama. Potvrđena je izuzetna vjernost ženki i njihovo nepogrešivo vraćanje na plaže na kojima su se i same izvalile. S druge strane, nuklearna DNA ukazala je na velik protok gena preko mužjaka, do čega vjerojatno dolazi uslijed parenja na migracijama.

Na sličan način analiza mtDNA smeđih medvjeda na Aljasci ukazala na veću sličnost između polarnih medvjeda i otočnih smeđih medvjeda, nego između kopnenih i otočnih smeđih medvjeda. Iz navedenog je zaključeno kako je smeđi medvjed zapravo parafiletski takson, jer ne uključuje pretka i sve njegove potomke. Međutim, analiza nuklearne DNA (mikrosatelita) pokazala je kako dolazi do znatnog protoka gena zahvaljujući mužjacima, kojima morski kanali nisu prepreka, kao što su prepreka za širenje ženki.

Važan dio konzervacijske genetike odnosi se na utvrđivanje konzervacijskih prioriteta. S obzirom da nije moguće štititi sve, genetske metode su često jedini ili najbolji način procjenjivanja kandidata, odnosno utvrđivanja koje vrste ili koje dijelove vrsta je potrebno štititi. Na sličan se način utvrđuju vruće točke bioraznolikosti. Možda i najuzbudljivija primjena konzervacijske genetike danas se odnosi na određivanje najvažnijih biogeografskih zona, koje su središta endemizma. Na primjer, genetska istraživanja ptica na padinama Anda u jugozapadnoj Kolumbiji, Ekvadoru, Boliviji i Peruu ukazala su kako su ta područja osobito bogata endemskim vrstama (npr. Brumfield i Capparella 1996) te se u tom području pojavljuje osmina od ukupnog broja vrsta ptica u svijetu. Područje Dalmacije predstavlja vruću točku raznolikosti i središte endemizma slatkovodnih riba u Europi, s mnogo većim bogatstvom vrsta i razinom genetske raznolikosti nego u središnjoj ili sjevernoj Europi.

## 11.4 Određivanje i gospodarenje sojevima, uzgoj u zatočeništvu

Metode molekularne genetike pokazale su se kao vrlo korisno oruđe za utvrđivanje posljedica unošenja stranih vrsta, ali i poribljavanja te prelova, osobito u ribljim zajednicama. Njima je, nadalje, relativno jednostavno utvrditi stupanj introgresije, kao i prisutnost ostalih genetskih problema, a važne su i prilikom uzgoja u zatočeništvu radi obnove populacija. Pritom je bitna mjera poznata kao *mean kinship*, odnosno MK vrijednost. MK vrijednost računa se za svaku jedinku u uzgajanoj populaciji, a daje brojčanu vrijednost u kako bliskom srodstvu je pojedina jedinka s populacijom. Stoga MK zapravo predstavlja mjeru koliko je jedinstvena kombinacija gena pojedine jedinke rijetka unutar populacije. Kod životinja s manjim MK vrijednostima, manji udio gena zajednički je s ostatkom populacije te se takve jedinke smatraju genetski vrijednijima u programima uzgoja. Programi uzgoja u zatočeništvu koji su usmjereni samo na određene gene uglavnom imaju katastrofalne posljedice na genom u cjelini.

## 11.5 Hibridizacija kao konzervacijski problem

U konzervacijskoj biologiji hibridizaciju i hibride moguće je promatrati sa dva stajališta:

1. Pitanje konzervacije prirodnih hibridnih oblika, koji do znatnije primjene molekularnih metoda uopće nisu bili poznati, a danas se zna da predstavljaju dugotrajne linije koje imaju vlastiti evolucijski put. Iako su takvi hibridni biotipovi uglavnom ovisni o diploidnim roditeljima, zabilježeni su slučajevi mijenjanja vrste o kojoj su ovisni i širenja izvan areala u kojem su nastali i izvan areala roditeljskih vrsta. I ne samo to, danas je poznato bar nekoliko vrsta koje su nastale putem hibridizacije pa se o hibridizaciji govori i kao o načinu specijacije.
2. Uslijed antropogenih introdukcija i translokacija pojavio se novi oblik izumiranja nativnih vrsta – izumiranje uslijed hibridizacije. Naime, novounesene vrste ili sojevi koji na nekom području nisu bili prisutni ne moraju autohtonu vrstu ili soj istisnuti kompeticijom. Ponekad to čine parenjem sa starosjediocem. Utvrđeno je, na

primjer, kako endemska novozelandska siva patka (*Anas superciliosus*) više ne postoji u izvornom obliku – uslijed hibridizacije s divljom patkom (*Anas platyrhynchos*) nastali su miješani biotipovi. Međutim, divlja je patka široko rasprostranjena vrsta, dok je endemska siva patka zapravo nestala.

Izumiranje uslijed hibridizacije s alohtonim vrstama među kralješnjacima najviše pogađa ribe. Brojne riblje zajednice doživjele su ogromne gubitke u izvornim genetskim linijama i originalnoj genetskoj raznolikosti.

Još je jedno konzervacijsko pitanje vezano uz hibridizaciju – u slučajevima kada čistih populacija više nema, da li su hibridni biotipovi (čak i antropogeno nastali) vrijedni zaštite, kao nekakav ostatak drevnog genetskog nasljeđa vrste koje više nema, ili je konzervacijske napore potrebno fokusirati samo na čiste vrste i na prirodne hibride? Ovo pitanje nema univerzalnog odgovora, različite konzervacijske skupine u različitim dijelovima svijeta rješavaju ga posve suprotno pa postoji čitav spektar razmišljanja od onog da neprirodni hibridi nikako ne smiju biti zaštićeni te predstavljaju prijetnju prirodnoj biološkoj raznolikosti sve do ulaganja znatnih napora u njihovo očuvanje. Jedan od najpoznatijih primjera odnosi se na zaštitu crvenog vuka u SAD-u, iako se izvornog crvenog vuka više nema, preostali su hibridni biotipovi, uvelike kojotskog porijekla.

## 11.6 Trenutni napori konzervacijskih genetičara

Sve teže okolnosti u konzervacijskoj biologiji motivirale su velik dio novih istraživanja na području populacijske genetike, ali i sistematike. Broj publikacija vezanih uz konzervacijske probleme posljednjih godina eksponencijalno raste. Moderna konzervacijska genetika izuzetno je perspektivna disciplina koja obuhvaća širok spektar tema, od ekspresije gena do lokalnih adaptacija, kvantitativne i populacijske genetike te ekoloških čimbenika koji pokreću selekciju. Generalno se može podijeliti u tri velika područja:

- ekologija
- molekularni biljezi
- kvantitativna genetika.

Neutralni molekularni biljezi su oni na koje ne djeluje selekcija i koji su u ili blizu ravnoteže mutacije-drift. Opisna istraživanja genetske varijabilnosti unutar i između populacija ugroženih vrsta čine najveći dio literature o temama konzervacijske genetike tijekom posljednjih 40-ak godina. I sasvim je jasno kako molekularna istraživanja koja opisuju obrasce protoka gena i evolucijske povijesti vrsta predstavljaju temelj za njihovu djelotvornu zaštitu. Neka novija istraživanja, međutim, usmjerena su na utvrđivanje važnosti primijećenih fenotipskih i genotipskih varijabilnosti za prilagodljivost. Osim toga, neutralni molekularni biljezi snažno su oruđe za utvrđivanje obrazaca disperzije i migracije ugroženih vrsta, dok je kvantitativnu genetiku moguće koristiti za proučavanje genetskih i okolišnih komponenata nekih značajki, poput migratornog ponašanja, iskorištavanja staništa itd. Kvantitativna genetika nastoji utvrditi koje fenotipske varijacije su genetski određene, a koje genetske varijacije su bitne za adaptaciju ili fitness.

Konzervacijski genetičari koriste nove metode kako bi osmislili istraživanje koje će rasvijetliti evolucijski proces prilagodbe na lokalni ekosustav. Ta strategija uključuje tri komponente:

- Prostorno i vremensko određivanje procesa u ekosustavu, koji su povezani sa selektivnim pritiskom, uključujući antropogene čimbenike.
- Opisi varijacije unutar, te kovarijacije između kvantitativnih i molekularnih značajki za koje se smatra da su pod djelovanjem selekcije.
- Opisivanje varijacija neutralnih molekularnih markera kako bi se dobio kontekst za objašnjavanje djelovanja selektivnog pritiska na fenotipske značajke.

Neutralni molekularni markeri i metode konzervacijske genetike bitne su za otkrivanje kriptičkih vrsta, unutarvrstne raznolikosti, vrsta koje igraju esencijalnu ulogu u ekološkim procesima (pa trebaju biti prioriteta za konzervaciju) te za utvrđivanje konzervacijskih jedinica. Osnovno načelo konzervacijske genetike podrazumijeva kako očuvanje genetske raznolikosti unutar i između populacija pruža nužnu tampon zonu za opstanak vrste u cjelini, osobito kod promijenjenih okolišnih uvjeta.

U svakom slučaju, 21. stoljeće stavilo je paradoks pred konzervacijske genetičare. Naime, radi se o najboljem vremenu do sada za genetičare, a najgorem za konzervacijske biologe. Metode koje su danas na raspolaganju za proučavanje raspodjele neutralnih i

adaptabilnih genetskih varijacija u populacijama izvrsne su, ali iste te varijacije nestaju sa lica Zemlje brže no što se stignu opisati.

#### **KONZERVACIJSKE JEDINICE**

**VRSTA:** Fokus glavnine praktične zaštite prirode. Međutim, većina stručnjaka slaže se kako je potrebno odrediti jedinice i ispod razine vrste jer postojeća taksonomija sasvim sigurno ne odražava u potpunosti gensku raznolikost koja leži ispod nje.

**JEDINICE GENETSKOG GOSPODARENJA** (eng. *Genetic Management Units*, MUs): Jedinice odijeljene geografskim barijerama. Ponekad se definiraju kao populacije među kojima danas postoji tek malo ili ništa protoka gena, ali nisu odijeljene tijekom duljeg evolucijskog razdoblja.

**OPERACIJSKE KONZERVACIJSKE JEDINICE** (eng. *Operational Conservation Units*, OCUs): Kontinuirano područje ograničeno geografskim barijerama i naseljeno jednom ili više populacija koje dijele isti genetski obrazac.

**ELEMENTARNE KONZERVACIJSKE JEDINICE** (eng. *Elemental Conservation Units*, ECUs): Demografski odvojene populacije čiji rizik izumiranja tijekom određenog vremena (npr. 100 godina) nije značajno utjecan prirodnom imigracijom iz drugih populacija.

**EVOLUCIJSKI ZNAČAJNE JEDINICE** (eng. *Evolutionary Significant Units*, ESUs): Ove jedinice odražavaju dublju evolucijsku podjelu unutar vrste. To su linije koje pokazuju vrlo ograničen protok gena prema drugim takvim linijama unutar vrste. Mogu se definirati kao populacije ili grupe populacija koje su značajno reproduktivno odvojene od ostalih populacija iste vrste te predstavljaju važnu sastavnicu evolucijskog nasljeđa vrste (Waples 1991). Ta je sastavnica produkt prošlih evolucijskih događaja, a predstavlja rezervoar o kojem ovisi budući evolucijski potencijal. Koncept evolucijski značajnih jedinica osmišljen je s ciljem stvaranja objektivnog pristupa određivanju jedinica za zaštitu ispod razine vrste. Evolucijski značajne jedinice smatraju se pogodnima za zaštitu cjelokupne bioraznolikosti te su ugrađene u zakonodavstva nekih zemalja (SAD, Australija).

## **11.7 Literatura**

Frankham R (1995): Inbreeding and extinction: a threshold effect. *Conservation Biology* 9: 792-799.

Hedrick PW, Kalinowski ST (2000): Inbreeding depression in conservation biology. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 31: 139-162

Hedrick PW (2001): Conservation genetics: where are we now? *Trends in Ecology and Evolution* 16: 629-636.

Kalinowski ST, Hedrick PW (1999): Detecting inbreeding depression is difficult in captive endangered species. *Animal Conservation* 2: 131-136.

Keller LF, Waller DM (2002): Inbreeding effects in wild populations. *Trends in ecology and evolution* 17: 230-241.

Lande R (1995): Mutation and conservation. *Conservation Biology* 9: 782-791.

Lynch M et al. (1995): Mutation accumulation and the extinction of small populations. *Am. Nat.* 146: 489-518.

Walters JR, Derrickson SR, Fry DM, Haig SM, Marzluff JM, Wunderle Jr JM (2010): Status of the California Condor (*Gymnogyps californianus*) and Efforts to Achieve Its Recovery *The Auk* 127: 969–1001.

## 12. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

*'Energija, to je ključni problem budućnosti. Pitanje života ili smrti.'* N. Tesla

Obnovljivima se smatraju trajni prirodni izvori iz kojih se dobiva energija. Prema definiciji Međunarodne agencije za energiju "Obnovljiva energija je ona koja se dobiva iz prirodnih izvora koji se neprestano nadopunjuju". Iako se energija iz obnovljivih izvora često naziva "čistom" energijom to ne vrijedi u potpunosti za sve oblike obnovljivih izvora energije. Emisija štetnih tvari u zrak i vodu kod onih obnovljivih vidova energije kod kojih je takva emisija prisutna, svakako je znatno manja nego prilikom korištenja fosilnih goriva. Osim onečišćenja, neki oblici dobivanja energije iz obnovljivih izvora imaju značajan utjecaj na biološke zajednice, prvenstveno putem uništenja i fragmentacije staništa.

**HIDROENERGIJA** – korištenje energije vode koja teče ili pada. Ovaj oblik dobivanja energije koristio se još od davnina, za pokretanje vodenih mlinica u drevnoj Indiji i starom Rimu, a u drevnoj Kini i za rad pumpi koje su tjerale vodu u kanale za navodnjavanje. Danas se u generatorima hidroelektrana kinetička energija vode pretvara u električnu energiju. Ovakav oblik dobivanja energije ima neke prednosti prema drugim obnovljivim izvorima energije, ali ima i velik utjecaj na okoliš.

PREDNOSTI:

- obnovljiv izvor
- zbog visokog prinosa dobivena energija spada među najjeftinije
- postrojenja dugotrajna
- obilan izvor (ovisno o klimatskim i geografskim čimbenicima)
- neprekidna, konstantna opskrba energijom
- višestruko iskorištavanje akumulacija (rekreacija, ribolov, akvakultura, kontrola poplava)
- mnogo manje onečišćenje zraka nego kod primjene fosilnih goriva

NEDOSTATCI:

- selidba ljudi, premještanje naselja

- olakšano širenje bolesti
- promjene hidrološkog režima
- smanjenje količine vode nizvodno
- smanjenje dotoka hranjivih tvari nizvodno
- erozija obala
- promjene ekoloških uvjeta staništa, degradacija staništa
- fragmentacija staništa vodenih organizama
- sprječavanje migracija riba (onemogućavanje mrijesta)
- promjene u zajednicama i gubitak bioraznolikosti nizvodno, ali i uzvodno
- zagađenje vode: nizak otopljeni  $O_2$ , povišenje  $H_2S$ , zamuljivanje
- zagađenje zraka: emisija  $CH_4$ ,  $N_2O$ ,  $CO_2$
- veliki problem predstavlja stavljanje hidroelektrana izvan pogona
- aktivnosti višestrukog iskorištavanja akumulacija mogu imati dodatan utjecaj na biološku raznolikost

**ENERGIJA VJETRA** iskorištava se na način da turbine, koje pokreće vjetar, direktno generiraju elektricitet. Pritom ne dolazi do stvaranja toplinske energije zbog čega je ovo vrlo učinkovit način pretvorbe energije, a količina energije koju vjetar prenosi do rotora ovisi o gustoći zraka, veličini rotora i brzini vjetra. Globalno je ovo najbrže rastući obnovljivi izvor energije.

### PREDNOSTI:

- obnovljiva i besplatna energija
- visok prinos energije
- vrlo čist način dobivanja energije (nema onečišćenja zraka ni vode)
- dugotrajnost sustava
- niski troškovi održanja
- brzina postavljanja
- mogućnost postavljanja na zemlji koja se koristi i u druge svrhe

### NEDOSTATCI:

- problem pohrane energije
- isprekidana opskrba energijom (ovisi o vjetru)



## Obnovljivi izvori energije

- pogodna samo za dovoljno vjetrovita područja
- vizualno zagađenje
- opasnost za ptice i šišmiše (smanjena kod novih generacija vjetroelektrana kod kojih se turbine sporije okreću, krilca su obojana itd., no ta prijetnja nije posve uklonjena te treba paziti gdje se vjetroelektrane postavljaju)
- niska "gustoća" energije vjetra, zbog čega su potrebne velike površine

**SOLARNA ENERGIJA** je najdostupniji izvor energije koji može osigurati višestruko veću količinu energije od ukupnih današnjih svjetskih potreba. Sunčeva svjetlost se pretvara u električnu energiju na dva načina:

1. SOLARNE TERMOELEKTRANE – stvara se para koja pokreće turbine
2. FOTOGALVANSKE ELEKTRANE – koriste fotogalvanske uređaje (solarne baterije) koji direktno pretvaraju solarnu energiju u elektricitet.

Osim navedena dva načina, solarna se energija može koristiti i za SOLARNO GRIJANJE.

PREDNOSTI:

- obnovljiva i besplatna
- visok prinos energije
- vrlo čist izvor energije (nema onečišćenja zraka ni vode)
- niski troškovi održavanja

NEDOSTATCI:

- problem pohrane energije
- isprekidan izvor
- niska "gustoća" energije zbog čega je potreban velik prostor

**ENERGIJA BIOMASE** odnosi se na korištenje živih i nedavno uginulih bioloških materijala kao izvora energije. S obzirom da energija biomase zapravo ovisi o skupljanju sunčeve energije i njejoj pretvorbi u kemijsku, za nju kažemo da je teoretski neutralna s obzirom na ugljike i obnovljiva. Tradicionalan način iskorištavanja energije biomase je korištenje drva kao goriva. Nove metode obuhvaćaju:

1. Korištenje biorazgradivog otpada za dobivanje energije.

2. Proizvodnju tzv. energetske usjeva i dobivanje energije iz njih. Energetski usjevi (npr. kukuruz, šećerna trska, uljana repica, konoplja itd.) imaju visok prinos i ne zahtijevaju mnogo brige. Neki od njih također se koriste u prehrani, no neki se uzgajaju isključivo kao izvor energije, pri čemu neke tvrtke u novije vrijeme koriste i genetski inženjering.
3. Proizvodnja biogoriva, koje može biti tekuće ili plinovito. Bioplin nastaje razgradnjom biomase bez prisutnosti kisika te sadrži metan, bioetanol nastaje fermentacijom npr. kukuruza, biodizel se dobiva iz uljane repice i nekih drugih izvora.

### PREDNOSTI:

- obnovljiva energija
- višestruki i raznoliki izvori i upotrebe
- u idealnom slučaju nema emisije CO<sub>2</sub> (no u stvarnosti to često nije slučaj)
- manja emisija SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> nego kod korištenja fosilnih goriva

### NEDOSTATCI:

- nizak prinos energije
- prenamjena zemljišta → uništenje staništa i bioraznolikosti
- problemi intenzivne poljoprivrede

**GEOTERMALNA ENERGIJA** je termalna energija stvorena i pohranjena u Zemlji. Može se koristiti na tri načina:

1. GEOTERMALNE ELEKTRANE – u parnim turbinama koristi se toplina Zemlje
2. DIREKTNO KORIŠTENJE GEOTERMALNE ENERGIJE – vrući izvori koriste se za dobivanje topline
3. GEOTERMALNE PUMPE

### PREDNOSTI:

- obnovljiva energija
- visok prinos energije
- lako dostupna u nekim područjima
- produkcija CO<sub>2</sub> manja nego kod primjene fosilnih goriva

### NEDOSTATCI:

## Obnovljivi izvori energije

- nije dostupna svugdje
- zagađenje sa H<sub>2</sub>S
- zagađenje vode

**ENERGIJU PLIME** moguće je iskorištavati na obalnim područjima (estuariji, zaljevi) s velikom razlikom plime i oseke. Tijekom plime se stvara akumulacija vode koja omogućuje protjecanje kroz turbine smještene u nasipu.

**ENERGIJA VALOVA** iskorištava se pomoću generatora za proizvodnju struje smještenih na površini oceana, no za sada nema širu upotrebu.

OČUVANJE BIOLOŠKE RAZNOLIKOSTI, autori: Ivana Buj, Marko Čaleta i Zoran Marčić

Udžbenik za konzervacijsku biologiju i zaštitu prirode



Development of master curricula in ecological monitoring and aquatic bioassessment for Western Balkans HEIs

*The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.*