

Вежба 7.

УТВРЂИВАЊЕ БРОЈНОСТИ ПОПУЛАЦИЈЕ МЕТОДОМ МАРКИРАЊА – Линколн-ов ИНДЕКС

Организам (индивидуа, јединка) представља почетни еколошки систем. Он је у сталној динамичкој равнотежи са средином. Међутим, усамљени организам није сам себи довољан. Да би биолошки комплетно функционисао (раст, исхрана, размножавање...) он мора да живи у заједници са индивидуама своје (у популацији, једној или више), а хтео не хтео, и других врста (у биоценози), јер индивидуа не гарантује опстанак врсти.¹¹

Смисао термина „популација“ се у различитим биолошким дисциплинама (генетика, етологија, зоогеографија, еволуција, екологија...) донекле разликује. У екологији се сматра да је **популација репродукцијом повезан колектив организама исте врсте, који је просторно ограничен и временски одређен, и функционише у оквирима једног екосистема**. Међутим еколози често користе и израз **мешовита популација** (=хетеротипска популација), при чему обједињују популације више различитих врста које припадају заједничком вишем таксону (нпр. популација риба у Скадарском језеру; популација звери на Старој планини; популација птица певачица у граду Крагујевцу; ...).

Сваку популацију карактерише низ структурних (бројност јединки, тј. њихова густина по јединици површине; просторни распоред јединки; хабитус; узрасна и полна структура; здравствено стање; понашање; наталитет; морталитет) и динамичких елемената (динамика мењања бројности, флуктуације и *раст популације*).

Бројност односно густина популације је специфична одлика сваке врсте. Зависи од захтева које та врста има према средини као и од капацитета (могућности) средине. Природа тежи максималној бројности популације, али која ће нанети минималне „ште-те“ средини, тј. која ће бити у равнотежи са условима животне средине, јер свака јединка у популацији има просторне [физичке (једном рису је потребно око 100 km², јелену око 1 km², а амеби мање од 1 cm³) и психичке (потреба за контактом са другима из популације додиром, мирисом, оглашавањем, обележавањем територије...)] и реквизитне захтеве (храна, појила, склоништа, гнездилишта...). Слонови, орлови, кондори и сл. имају малобројне популације, јер су ефекти њиховог живљења у датим срединама снажни и са малим бројем индивидуа.

Бројност и густина популације нису исто.

Бројност популације представља број јединки које је чине.

Густина популације представља број индивидуа (или количину њихове биомасе) по јединици површине (или запремине) коју она насељава. Изражавање у биомаси је подесније када се упоређују популације различитих врста (у истој шуми на 1m² има 0,01 јединка јелена, а више милијарди бактерија).

Могуће је разликовати **општу** (изражену на јединицу простора читавог демотопа¹²) и **еколошку** (по јединици простора дела демотопа који јединке дате врсте стварно насељавају) густину популације

Бројност популације представља основни формални елемент структуре популације. Зато је при демеколошким анализама битно да истраживач пре свега одреди бројност, тј. густину јединки у истраживаној популацији. Осим ње, у „личну карту“ попула-

¹¹ Овде је тек сажетак градива изложеног детаљно на 134-143. стр. уџбеника ЕКОЛОГИЈА ЖИВОТИЊА, односно 137-144. стр. ОСНОВИ ЕКОЛОГИЈЕ.

¹² Демотоп је део биотопа који настањује једна популација.

ције улазе: распрострањење и просторни распоред јединки, хабитус (изглед) популације, узрасна структура, полна структура и здравствено стање популације.

Апсолутна бројност се добија тоталним директним пребројавањем јединки (**цензусом**). Применљива је само на ограничени број врста, углавном крупних животиња на отвореним стаништима (слонови, жирафе, антилопе гну, китови, гнезда крупних птица на острвима и сл.). Углавном се у ту сврху праве видео-снимци (из авиона, хеликоптера, или, чак, сателита), па са њих касније пажљиво пребројавају (евентуално и препознају) јединке.

Апарентна (приближна) бројност се израчунава на основу узорака сакупљених јединки (директним методама, тј. ловом), или евидентираних индиректним методама (према остављеним траговима животних активности).

Директним методама се утврђује скоро апсолутна бројност јединки, али само на одређеним пробним површинама (или у запреминама), као делу простора који настањује анализирана популација, а потом је неопходно статистичко прерачунавање и одређивање просечног броја јединки по јединици површине [1 km^2 за крупне животиње, 1 m^2 за ситније (нпр. кишне глисте, инсекте)] или запремине (1 cm^3 за протозое у води и земљишту; 1 dm^3 за зоопланктон и микроскопске алге). Методе су директне зато што се долази у непосредни контакт са животињама које су предмет проучавања. Израчуната просечна вредност може бити прилично нетачна, ако није пажљиво (адекватно специфичностима грађе и покретљивости врсте) одабран број, распоред (просторни и временски) и величина проба/узорака/снимака и локација где се они узимају. Пробне површине (или запремине) најчешће су изабране *методом случајности*, али тако да *репрезентују* читав простор који дата популација насељава (њен демотоп). Битно је и како се временски (у сезони и током дана) распоређују узорковања или снимања (треба их спроводити у време највеће активности дате врсте животиња). Обрада података са већег броја пробних површина даје реалније вредности, блиске стварном стању у популацији. Ипак, претерано велика количина узорака може непотребно трошити сувише времена и средстава истраживача. Стога је за демеколошко истраживање изузетно важно да буде прецизно испланирано.

Једна од директних метода за утврђивање бројности популације животиња је **метода маркирања**. Примењује се углавном код врло покретљивих организама (нпр. сисари, птице, гмизавци, водоземци, рибе, инсекти). Састоји се од бар два изловљавања, при чему у првом улову истраживачи обележавају (=маркирају) животиње и пуштају их на слободу, натраг у популацију. Након времена довољног за репопулацију (мешање ловљених, тј. маркираних, и неловљених јединки) треба обавити поновни лов, а у њему се затичу и већ обележене јединке (из првог улова). Потом се примењује одређена математичка формула. Најједноставнија је **Линколнов индекс** (Lincoln, 1930):

$$N = \frac{N_1 \cdot N_2}{N_3}$$

где је N = укупан број јединки у популацији; N_1 = број уловљених и маркираних јединки у првом улову; N_2 = број уловљених јединки у другом улову; N_3 = број јединки из првог улова, које су уловљене и у другом (имају ознаку из првог улова).

Пошто је при сваком математичком раду потребно да буду задовољени прецизни услови, тако и за примену ове методе треба да буде испуњено следеће:

1. да обележене животиње нису маркирањем оштећене или угрожене (не разбољевају се, не угињавају и нису лакши плен него немаркиране);
2. да услед животних активности маркиране животиње неће изгубити ознаке (маркере) до поновног улова;

3. да се маркиране животиње апсолутно мешају са немаркиранима (нису игнорисане, али ни нападане у интраспецијским друштвеним односима);
4. да су улову подједнако подложне индивидуе оба пола (ако је врста гонохорист), из свих узрасних категорија и „социјалних група“, у пропорцијама у којима су заступљене у популацији;¹³
5. изловљавање се понавља у одређеним временским интервалима довољним за ре-популисање (повратак у улогу коју је јединка имала пре лова и маркирања);¹⁴
6. да између два улова нема битније ими- или емиграције у проучаваној популацији;
7. да није теже, а ни лакше, поново уловити маркиране од немаркираних јединки; и
8. да поновни лов врше исти људи, истом техником, у приближно једнаким условима (исто доба дана, године и метеоролошки).

С обзиром да се ради о живим организмима и да у периоду између два улова има и угинућа јединки, да неке страдају од предатора, неке постају инактивне, можда буде и принова и др., користе се сложеније математичке формуле базиране на већем броју понављања лова и маркирања. Нпр. за три лова образац за израчунавање бројности популације је:

$$N = \frac{a_2 \cdot N_2 \cdot r_{31}}{r_{32} \cdot r_{21}}$$

где је N = укупан број јединки у популацији; a_2 = број јединки по први пут уловљених у другом улову; N_2 = укупан број уловљених јединки у другом улову; r_{31} = број јединки из првог улова, које су уловљене и у трећем (имају ознаку из првог улова); r_{32} = број јединки из другог улова, које су уловљене и у трећем (имају ознаку из другог улова); r_{21} = број јединки из првог улова, које су уловљене и у другом (ово је, заправо иста вредност као N_3 у првом обрасцу!).

Технике и средства за маркирање (=означавање) се изабирају зависно од врсте која је објекат проучавања, али и од материјалних могућности истраживача и њихове сналажљивости. Према типу би могли да их групишемо у:

- *механичке* (скидање љуспица, длачица или крљушти на малој површини; гребање по оклопу; усецање карапакса или ушне шкољке; заламање трнића на оклопу или ногама, или одсецање прстића ситним сисарима; прстеновање (нпр. птица; погледати слике); жигосање; налепнице; плочице, минђуше; зумбање ушне шкољке...),
- *хемијске* (бојама које су водоотпорне, механички тешко скидиве и безопасне за маркиране животиње, истраживаче и животну средину),
- *физичко-хемијске* (радиоактивним изотопима кроз храну) и
- *физичке* (радио-одашиљачима и флуоресцентним бојама видљивим само под светлошћу посебних лампи).

¹¹ Врло тешко остварив услов, јер јединке по узрасту и полу могу имати драстично различит ниво активности, тј. бити и инактивне за истраживача који их проучава (нпр. окот, женке у лактацији, најстарије јединке и сл.). У том случају се пажљивим праћењем и искуствено ове категорије јединки додају у одговарајућој пропорцији на ловом констатовани број активних припадника популације.

¹⁴ Зависно од врсте (поготово од дужине њеног животног века) и типа истраживања, неколико сати (нпр. за пољске мишеве ноћу да не би угинули у живоловној клопци они који се ухвате између два пражњења клопки, птице врапчарке у јутарњим сатима да не би угинуле у орнитолошкој мрежи), једног дана (зриковци или буба-маре и др. инсекти на ливади), неколико дана (инсекти, средњи и крупни сисари)...



Орнитолошка мрежа за лов, и маркирање птица.

Циљ ове вежбе, осим демонстрације методе маркирања, је да покаже колико је битан добар избор технике лова и величине узорка тј. пробне површине, као и важност утицаја састава екипе истраживача да би добили што прецизније резултате, тј. што приближније стварној бројности јединки у популацији.

Практични рад

Уместо живих објеката, за демонстрацију методе је могуће користити зрна ситног, округластог белог пасуља.

Студенти се поделе у више екипа. Свака екипа наброји 500 зрна пасуља које убаца у лабораторијску чашу од 1 литра. То је популација чија бројност ће бити рачуната, а успешност метода лова ће бити одређивана по приближавању стварном броју (набрoјаних 500 зрна).

Свакој групи студената су потребне по три посуднице различите запремине, као црпилице (узоркивачи): од 3, 5 и 10 милилитара. Сваком црпилицом се раде по три „улова“ из литарске чаше са пасуљем, с тим да се након прва два примењује први, а после трећег и други образац. Све поновити три пута са сваком црпилицом. Маркирање је фломастерима разних боја, а студенти сами одређују какве ће ознаке да ставе (тачкице, цртице, иксиће, звездице...) ¹⁵.

По завршетку рада све екипе саопштавају податке који бивају унети у заједничку табелу и рачунају просеци за сваку величину црпилица. На крају, поређењем резултата треба извести закључак која је студентска екипа, која црпилица (тј. која величина узорка) била најбоља (дала резултат најприближнији броју 500) и по којем обрасцу (за два или три улова).

Рад може бити осмишљен и компликованије, са по више узорака у сваком лову, истом црпилицом, нпр.

¹⁵ Напомена: Важно је да маркације за сваки улов буду другачије и јасно препознатљиве.

РЕЗУЛТАТИ ПРАКТИЧНОГ РАДА

Прва студентска екипа

Најмања црпилица (3 mL)										
Понављање	Метода два улова				Метода три улова					
	N_1	N_2	N_3	Израчунато N	a_2	N_2	r_{31}	r_{32}	r_{21}	Израчунато N
1										
2										
3										
Средње велика црпилица (5 mL)										
1										
2										
3										
Највећа црпилица (10 mL)										
1										
2										
3										

Друга студентска екипа

Најмања црпилица (3 mL)										
Понављање	Метода два улова				Метода три улова					
	N_1	N_2	N_3	Израчунато N	a_2	N_2	r_{31}	r_{32}	r_{21}	Израчунато N
1										
2										
3										
Средње велика црпилица (5 mL)										
1										
2										
3										
Највећа црпилица (10 mL)										
1										
2										
3										