



**UNIVERSITATEA ECOLOGICĂ DIN
BUCUREȘTI**
**FACULTATEA DE ECOLOGIE ȘI
PROTECȚIA MEDIULUI**



**Program de studii universitare de licență: Ecologie și Protecția
Mediului**

Forma de învățământ: învățământ cu frecvență redusă

Suport de curs pentru disciplina:

ECOLOGIA POPULAȚIILOR



**Titular de disciplină:
Dr. Gabriela Staicu**

**București
2016**

Cuprins

Introducere	7
<i>a. Date privind titularul de disciplină.....</i>	<i>7</i>
<i>b. Date despre disciplină</i>	<i>7</i>
<i>c. Obiectivele disciplinei.....</i>	<i>7</i>
<i>d. Competențe acumulate după parcurgerea cursului.....</i>	<i>8</i>
<i>e. Resurse și mijloace de lucru</i>	<i>8</i>
<i>f. Structura cursului</i>	<i>9</i>
<i>g. Cerințe preliminare.....</i>	<i>10</i>
<i>h. Durata medie de studiu individual.....</i>	<i>10</i>
<i>i. Evaluarea</i>	<i>10</i>
Capitolul 1. CE ESTE ECOLOGIA POPULAȚIILOR ?	12
1.1. Introducere.....	12
1.2. Conținut.....	12
1.2.1. Scurta istorie a ecologiei populațiilor	13
1.2.2. Relația ecologiei populațiilor cu alte științe	18
1.2.3. Cum este văzut termenul de « ecologia populației » de diferite științe	19
1.2.4. Dificultăți în înțelegerea termenului de „populație”	19
1.3. Rezumat.....	19
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	20
1.5. Bibliografie recomandată.....	20
CAPITOLUL 2 NOȚIUNEA DE POPULAȚIE.....	21
2.1. Introducere.....	21
2.2. Conținut.....	21
2.2.1. Ce este o populație?	21
2.2.2. Cu ce probleme ne confruntăm în înțelegerea ecologiei populațiilor?.....	24
2.2.3. Modelul ca instrument de lucru în ecologia populațiilor	25
2.2.4. Populația ca sistem	27
2.3. Rezumat.....	30
2.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	30
2.5. Bibliografie recomandată.....	30
CAPITOLUL 3. SCALARITATEA, COMPLEXELE DE ECOSISTEME SI METAPOPULAȚIA	31

3.1. Introducere.....	31
3.2. Conținut.....	31
3.2.1. Metapopulația și ecologia metapopulațiilor	33
3.2.2. Conceptul de metapopulație in cazul plantelor	38
3.2.3. Efectul de salvare	39
3.2.4. Legatura metapopulație-complex de ecosisteme	39
3.2.5. Utilitatea modelelor metapopulaționale.....	40
3.3. Rezumat.....	41
3.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	42
3.5. Bibliografie recomandată	42
CAPITOLUL 4 METAPOPULAȚIA <i>VERSUS</i> FRAGMENTAREA HABITATELOR	43
4.1. Introducere.....	43
4.2. Conținut	43
4.2.1. Noțiunea de metapopulație.....	43
4.2.2. Metapopulația și fragmentare habitatelor	45
4.3. Rezumat.....	50
4.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	51
4.5. Bibliografia recomandată	51
CAPITOLUL 5 DISTRIBUTIA SPATIALA. CONTINUTUL INFORMATIONAL AL DISTRIBUTIEI SPATIALE STRUCTURA PE VARSTE. PIRAMIDE ALE VARSELOR. STRUCTURA GENETICA, POLIMORFISMUL GENETIC, STRUCTURA PE SEXE	52
5.1. Introducere.....	52
5.2. Conținut.....	53
5.2.1. Distribuția spațială a populației	53
5.2.2. Conținutul informațional al distribuției spațiale	57
5.2.3. Structura pe vârste a populației	59
5.2.4. Piramida vârstelor	62
5.2.5. Structura genetică.....	63
5.3. Rezumat.....	64
5.4. Test de autoevaluarea a cunoștințelor	65
5.5. Bibliografie recomandată.....	65

CAPITOLUL 6. DENSITATEA POPULAȚIEI. FORME DE EXPRIMARE A MĂRIMII POPULAȚIEI. METODE DE ESTIMARE A DENSITĂȚII ORGANISMELOR MOBILE. METODE INDIRECTE DE ESTIMARE A DENSITĂȚII POPULAȚIILOR.66

6.1. Introducere.....66

6.2. Conținut67

6.2.1. Cât de mare este populația?67

6.2.2. Densitatea populației.....70

6.3. Rezumat.....75

6.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor76

6.5. Bibliografie recomandată.....76

Capitolul 7 MĂSURAREA DINAMICII POPULAȚIEI. TABELE DE VIAȚĂ. CURBE DE SUPRAVIEȚUIRE. RATA DE CREȘTERE A POPULAȚIEI. DEPENDENȚA DE DENSITATE.77

7.1. Introducere.....77

7.2. Conținut.....78

7.2.1. Relația dintre mediu și creșterea populației78

7.2.2. Măsurarea dinamicii populației. Tabele de viața81

7.2.3. Modelul independent de densitate pentru populații cu sezoane discrete de reproducere84

7.2.4. Curba de supraviețuire.86

7.3. Rezumat.....88

7.4. Teste de autoevaluare a cunoștințelor89

7.5. Bibliografie recomandată.....89

CAPITOLUL 8 CREȘTEREA POPULAȚIILOR89

8.1. Introducere.....89

8.2. Conținut.....90

8.2.1. Modelul de creștere exponențială a populației90

8.2.2. Modelul de creștere logistică a populației94

8.2.3. Populații fluctuante98

8.3. Rezumat.....100

8.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor101

8.5. Bibliografie recomandată.....101

CAPITOLUL 9 CE ESTE REGLAREA POPULAȚIILOR. COMBINAREA FACTORILOR DEPENDENȚI DE DENSITATE ȘI A FACTORILOR INDEPENDENȚI DE DENSITATE.102

9.1. Introducere.....	102
9.2. Conținut.....	103
9.2.1. Primele teorii ale reglajului.....	103
9.2.2. Reglajul prin efecte directe ale factorilor climatici.....	106
9.2.3. Reglajul prin efecte directe ale factorilor biotici	106
9.2.4. Reglajul prin acțiunea globală a « factorilor » de mediu	108
9.2.5. Reglajul prin mecanisme interne populaționale.....	109
9.2.6. Teoria sintetică a reglajului.....	110
9.3. Rezumat.....	111
9.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	112
9.5. Bibliografie recomandată.....	112
CAPITOLUL 10 ROLUL POPULAȚIEI ÎN DESFĂȘURAREA FLUXULUI DE ENERGIE. BUGETUL ENERGETIC AL POPULAȚIEI. ROLUL POPULAȚIEI ÎN CIRCULAȚIA NUTRIENȚILOR.....	113
10.1. Introducere	113
10.2. Conținut.....	114
10.2.1. Rolul populației în desfășurarea fluxului de energie; bugetul energetic al populației	114
10.2.2. Rolul populației în circulația nutrienților	115
10.3. Rezumat.....	122
10.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	123
10.5. Bibliografie recomandată.....	123
CAPITOLUL 11. EXTINCȚIA SPECIILOR. CAUZE UMANE ALE DISPARIȚIEI POPULAȚIILOR	124
.....	124
11.1. Introducere.....	124
11.2. Conținut.....	124
11.2.1. Extincția speciilor. Cauze antropogene.	126
11.2.2. Cauze majore ale declinului populațiilor	128
11.2.3. Starea actuală a unor populații de animale din Europa	130
11.2.4. Exemple de populații dispărute ca urmare a vânării excesive	131
11.2.5. Exemple de populații în declin și managementul conservativ al acestor populații	131
11.2.6. Exemple de populații care manifestă o tendință de creștere accentuată	133

11.3. Rezumat.....	134
11.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	135
11.5. Bibliografie recomandată.....	135
12. Răspunsuri la testele de autoevaluare a cunoștințelor	136

Introducere

Cursul este destinat, în principal, studenților Facultății de Ecologie și Protecția Mediului din cadrul Universității Ecologice din București – învățământ cu frecvență redusă (IFR), dar poate constitui un util material de studiu și pentru studenții la învățământ cu frecvență (IF).

a. Date privind titularul de disciplină

Nume și prenume:	Staicu Gabriela
E-mail:	gstaicu@yahoo.com

b. Date despre disciplină

Anul de studiu:	III
Semestrul:	1

c. Obiectivele disciplinei

Obiectivul general al disciplinei	Abordarea cantitativă în studiului ecosistemelor pe baza populațiilor speciilor componente.
Obiectivele specifice	Formarea capacității de analiză a structurii și evoluției în timp și spațiu a populațiilor, în legătura cu dinamica ecosistemelor; •Formarea capacității de analiza a interdependentelor între habitat si populatii si între populatii interspecifice; •Înțelegerea corectă și completă a caracteristicilor și rolului populațiilor în ecosisteme și în lumea vie; •Înțelegerea și operaționalizarea particularităților populațiilor din sistemele semnificativ antropizate; •Formarea capacității de elaborare și implementare a protocoalelor de lucru pentru studiile de teren din domeniul ecologiei populatiilor.

d. Competențe acumulate după parcurgerea cursului

Competențe profesionale	• Utilizarea conceptelor și metodelor specifice ecologiei populațiilor; • Capacitate de predicție a evoluției populațiilor pornind de la informațiile de monitorizare pe termen mediu și lung și de la studiile de teren; • Capacitate de organizare a studiilor de teren în vederea fundamentării unor ipoteze de lucru și a culegerii de informații necesare menținerii stării ecologice sau reconstrucției ecologice, după caz; • Capacitate de formulare a ipotezelor de lucru privind impactul schimbărilor naturale sau antropice asupra ecosistemelor, prin intermediul analizei populațiilor; • Capacitate de interpretare a datelor populaționale rezultate din monitoringul ecologic pe termen lung; • Capacitate de stabilire a unor parametri populaționali utili pentru monitorizarea la nivelul ecosistemelor.
Competențe transversale	• Capacitatea de a decela fenomenele și procesele individuale de cele la nivel populațional; • Capacitatea de a identifica analize chimice și de altă natură pentru stabilirea stării de conservare a unor specii în habitate date; • Capacitatea de a înțelege și descrie legături la nivelul lumii vii; • Capacitatea și îndemânarea de lucru folosind noțiuni și concepte ce aparțin mai multor discipline de studiu pentru a descrie și evalua starea de conservare a unei populații.

e. Resurse și mijloace de lucru

Pentru o pregătire temeinică, vă sugerăm să efectuați toate testele de evaluare, astfel încât rezultatul pregătirii dumneavoastră să fie cât mai obiectiv. De asemenea, vă sugerăm să vă alcătuiți propriile dumneavoastră planuri și scheme, acestea ajutându-vă la o mai bună sistematizare a cunoștințelor dobândite.

Fiecare curs debutează cu prezentarea obiectivelor pe care trebuie să le atingeți – din punctul de vedere al nivelului de cunoștințe – prin studierea temei respective. Vă recomandăm să le citiți cu atenție și apoi, la sfârșitul cursului, să le revedeți pentru a verifica dacă le-ați atins în întregime.

Testele de evaluare prezente la sfârșitul fiecărui curs vă vor ajuta să verificați modalitatea specifică de învățare și să vă îmbunătățiți cunoștințele. Timpul recomandat rezolvării testelor este de 30 de minute. Rezolvați testele numai după studierea în întregime a unui curs și nu vă uitați la răspunsuri decât după rezolvarea testului și numai dacă nu reușiți să găsiți răspunsul prin recitirea cursului.

La fiecare curs există indicată o bibliografie selectivă pe care vă sfătuim să o parcurgeți.

f. Structura cursului

Cursul de Ecologia populațiilor este alcătuit din 11 capitole (fiecare capitol poate fi aferent uneia sau două **unități de învățare**):

Capitolul 1 tratează locul ecologiei populațiilor în cadrul ecologiei și noțiunile de bază de care este nevoie pentru înțelegerea utilității acestei discipline.

Capitolul 2 explică noțiunile de sprijin care sunt utile în înțelegerea metodelor aplicate în ecologia populațiilor.

Capitolul 3 definește scara de analiză a populațiilor și realizează legătura logică între scalaritatea, complexul de ecosisteme și metapopulație.

Capitolul 4 definește scara de metapopulațională, modele metapopulaționale și realizează legătura logică între fragmentare și metapopulație.

Capitolul 5 tratează parametrii de stare populaționali reprezentați de distribuție spațială și structura pe vârste. În plus capitolul se referă la rolul informațional al distribuției spațiale a populațiilor și alternative ale structurii de vârste, precum și modalitățile de reprezentare a structurii pe vârste.

Capitolul 6 se referă la modalități de exprimare a densității populațiilor, metode directe și indirecte de estimare a mărимii populațiilor.

Capitolul 7 se referă la măsurarea dinamicii populației și descrie modul de alcătuire a tabele de viață și a curbei de supraviețuire precum și modul de determinare a ratei de creștere a populației și dependența sa de densitate.

Capitolul 8 descrie metodele de analiză necesare pentru a determina modul în care populațiile cresc și prezintă principalele modele de creștere.

Capitolul 9 se referă la reglarea populațiilor și la combinarea factorilor dependenți de densitate și a factorilor independenți de densitate.

Capitolul 10 se referă la rolul populației în desfășurarea fluxului de energie, bugetul energetic al acesteia și descrie rolul specific al populației în circulația nutrienților.

Capitolul 11 se referă la extincția speciilor și particularizează cauzele umane ale dispariției populațiilor, un subiect de mare actualitate.

La sfârșitul fiecărui capitol beneficiați de modele de teste de autoevaluare care vă vor ajuta să stabiliți singuri ritmul de învățare și necesitățile proprii de repetare a unor teme. La sfârșitul suportului de curs sunt prezentate răspunsurile corecte la testele de autoevaluare a cunoștințelor.

Sunt formulate **3 teme de control**, în vederea evaluării pe parcurs, astfel:

Tema 1 – Capitolul 2: „Realizați un referat de maximum 5 pagini în care să tratați *„Utilitatea Ecologiei populațiilor în studiile de ecologie”*;

Tema 2 – Capitolul 8: „Realizați un referat de maximum 5 pagini în care să tratați *„Comparativ posibile metode de estimare a marimii populațiilor de tritoni și vidre”*;

Temele de control se prezintă de către fiecare student, iar rezultatele acestei evaluări se comunică de către cadrul didactic în mod direct și nemijlocit studenților.

Cursul de Ecologia populațiilor poate fi studiat în întregime, potrivit ordinii prestabilite a capitolelor, dar se poate și fragmenta în funcție de interesul propriu mai ridicat pentru anumite teme. Însă, în vederea susținerii examenului este obligatorie parcurgerea tuturor celor 11 capitole și efectuarea testelor prezentate.

g. Cerințe preliminare

Pentru o mai bună înțelegere a materiei, este necesară coroborarea cunoștințelor dobândite în cadrul acestei discipline cu cele acumulate la cursul de Ecosisteme și la Ecologie Generală, având în vedere că disciplina se studiază în anul III, semestrul I.

h. Durata medie de studiu individual

Durata medie de învățare estimată este de aproximativ 28 de ore, iar pentru examen ar fi necesar un studiu de o săptămână.

Studierea fiecărui capitol necesită un efort de 2 ore, astfel încât să se fixeze temeinic cunoștințele specifice acestui domeniu.

i. Evaluarea

La încheierea studierii cursului, este obligatorie realizarea celor trei teme de control.

Înainte de examen este indicat să parcurgeți din nou toată materia, cu atenție, durata estimată pentru această activitate fiind de aproximativ o săptămână.

Forma de evaluare (E-examen, C-colocviu/test final, LP-lucrări de control)		E
Stabilirea notei finale (procentaje)	- evaluarea finală	75%
	- activități aplicative /laborator/lucrări practice/proiect etc.	-
	- teste pe parcursul semestrului	-
	- teme de control	25%

INTRODUCERE ÎN ECOLOGIA POPULAȚIILOR

Capitolul 1. CE ESTE ECOLOGIA POPULAȚIILOR ?



1.1. Introducere

În cuprinsul acestui capitol sunt prezentate cunoștințele referitoare la obiectul de studiu al disciplinei, precum și conceptele, principiile și legitățile fundamentale ale domeniului. Un succint istoric al dezvoltării domeniului ecologiei populației în cadrul ecologiei vă familiarizează cu câteva etape ce au marcat progresele acestei discipline.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 2 ore.



1.2. Conținut

Un domeniu major al ecologiei moderne, ecologia populațiilor, se ocupă de determinarea abundenței speciilor în natură, de explicarea fluctuațiilor efectivelor speciilor și de înțelegerea relațiilor complexe dintre specii.

Pentru fiecare din cele aproximativ 2 milioane de specii binecunoscute astăzi (descrise, catalogate, având un cod de recunoaștere) se pot identifica în natură indivizi. Aceștia pot fi recunoscuți pe baza unor caracteristici comune, cel mai adesea morfologice, proprii speciei din care fac parte. Dar întotdeauna, acești indivizi vor fi găsiți în cadrul unor mulțimi/grupări de indivizi, mai mult sau mai puțin numeroase, localizate în mediul terestru sau acvatic : populațiile biologice.

Orice specie este formată dintr-un număr de populații, relativ izolate unele de altele. Această izolare relativă, care poate fi de natură geografică sau ecologică face ca fiecare populație să fie diferită de celelalte populații ale speciei dar nu chiar atât de diferită încât indivizii, întâlnindu-se, să nu se poată împerechea liber. Intre populațiile unei specii au loc

întotdeauna schimburi de indivizi, în ambele sensuri, emigrații (plecări din populație) și imigrații (sosiri în populație).

Totodată, populațiile fluctuează în privința mărimii lor, în privința structurii pe vârste sau sexe. Aceste fluctuații, adesea aparent haotice, depind de un complex de factori interni și externi.

Cunoașterea populațiilor, a caracteristicilor acestora, are numeroase aplicații practice : prevenirea apariției și combaterea speciilor dăunătoare agriculturii, controlul speciilor invazive (una din cele mai grave probleme care afectează biodiversitatea), reglementarea cantităților de pește care se extrag anual prin pescuitul industrial din apele marine și apele dulci (ținând seama de capacitatea reproductivă a speciilor), stabilirea numărului de exemplare care pot fi vâdate (în cazul speciilor cu valoare cinegetică), stabilirea stării de conservare a speciilor cu statut de protecție etc

Cunoștințele oferite prin acest curs vor permite înțelegerea și aprofundarea conceptelor legate de populații, definirea metapopulațiilor, înțelegerea modelelor de distribuție a indivizilor în cadrul populațiilor, interpretarea modelelor de creștere a populațiilor, cunoașterea structurii complexe a populațiilor precum și aspecte practice, economice și de conservare.

1.2.1. Scurta istorie a ecologiei populațiilor

Preocupări pentru aflarea mărimii unor populații de animale ce reprezentau obiectul vânătoriei, pescuitului sau creșterii în captivitate au existat încă din perioadele timpurii ale evoluției umane. Oamenii își numărau animalele și țineau socoteala efectivelor în vederea consumului sau comercializării. Totodată, au fost observate migrații ale unor mamifere și păsări, creșteri bruște și inexplicabile ale numărului de indivizi (de exemplu, lăcustele, menționate în Biblie, distrugând culturile agricole ale egiptenilor).

Prima încercare de a cuantifica creșterea unei populații îi aparține matematicianului Leonardo Pisano în anul 1202, an în care publică lucrarea *Liber Abaci* (*Cartea de calcul*). Pisano a fost cunoscut mai ales sub numele de Fibonacci. Un scurt pasaj se referă la următoarea problemă: câți iepuri se vor naște într-un an dintr-o primă pereche de iepuri, presupunând că, în fiecare lună, fiecare pereche prăsește încă o pereche și că iepurii încep să se reproducă la vârsta de două luni?

Fibonacci a descoperit că prima pereche de iepuri ar fi prăsit un total de 233 de perechi de urmași în decursul unui an. Matematicianul a mai descoperit ceva. El a presupus că prima pereche nu s-ar fi reprodus decât în a doua lună și apoi ar fi prăsit câte o pereche pe lună. În a patra lună, primii lor doi urmași ar fi început să se înmulțească. După începerea procesului, numărul total de perechi de iepuri la sfârșitul fiecărei luni ar fi fost: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233. Fiecare număr succesiv este suma celor două precedente. Dacă iepurii ar fi continuat timp de o sută de luni, numărul total de perechi ar fi: 354.224.848.179.261.915.075 (Bernstein, 2014).

Trebuie amintită lucrarea lui R.T Malthus, *Eseu asupra principilui populației*, apărută în 1798 și în care, autorul, considerat primul profesor de economie politică din Anglia, prezintă o teorie, îndelung comentată și criticată, despre factorii care controlează mărimea populației umane.

Conform teoriei lui Malthus, *populația crește în progresie geometrică, în timp ce mijloacele de subzistență cresc în progresie aritmetică*. Teoria sa este cunoscută sub numele de malthusianism; ca o consecință a acestei relații dintre populație și starea economică, Malthus considera că sărăcia, bolile, epidemiile și războaiele sunt factori pozitivi pentru omenire, dat fiind că asigură echilibrul între numărul populației și cantitatea mijloacelor de subzistență. Malthus pune în evidență, "limita economică" a pământului, generată de costurile sporite, solicitate de creșterea în ritm rapid a producției și care însă nu pot fi acoperite eficient. El surprinde și o "limită fizică" a solului, generată de sărăcirea și deteriorarea acestuia. Discutabile sunt însă atât cauzele, cât și remediile propuse de Malthus pentru soluționarea problemei.

Ca orice domeniu al științelor biologice și ecologia populațiilor a fost influențată de ideile lui Darwin: evoluția prin selecție naturală.

Ecologia populațiilor a început să se dezvolte ca un domeniu de sine stătător al ecologiei în perioada 1860-1920, sub forma cercetărilor de teren, a cercetărilor de laborator și a studiilor teoretice matematice, orientate către speciile invazive și speciile rare. De altfel, preocupări pentru înțelegerea fenomenului invaziilor biologice sunt mai vechi, mai ales după anul 1500 când conchistadorii spanioli au ajuns în teritoriile actuale ale statelor Mexic și Peru și au adus cu ei boli care raspândindu-se în populațiile locale au dus la distrugerea acestora.

Mai târziu, negrii africani aduși ca sclavi în America au purtat cu ei germenii malariei și febrei galbene.

Culturile agricole dezvoltate în noi teritorii au însemnat nu doar recolte dar și specii consumatoare importate odată cu speciile cultivate. Una din primele încercări de combatere a unei specii invazive a avut loc în anii 70 ai secolului XIX în Jamaica și Puerto Rico. Plantațiile de trestie de zahăr erau atacate de șobolani iar un fermier a adus câteva manguste ca mijloc de protecție. Dar mangustele sunt diurne iar șobolanii nocturni așa că micile predatoare au preferat puii fermierilor.

O altă încercare, de data aceasta reușită, a avut loc în 1887, în California: livezile de citrice erau atacate de ploșnița *Icerya purchase*, adusă accidental din Australia. Entomologii au adus, tot din Australia, un parazit al ploșniței, o specie de hymenopter, care răspândindu-se, a redus populația dăunătorului la un nivel acceptabil.

La sfârșitul sec. XIX, entomologi din Europa și America de Nord au început să studieze dinamica populațiilor de insecte care produceau daune în culturile agricole. Cercetările au cuprins și aspecte de modelări matematice simple. În 1911, Howard și Fiske publică o monografie privind dinamica populațiilor a două specii invazive de fluturi din Europa.

Zoologii norvegieni au dezvoltat primele cercetări asupra populațiilor de cod, pește cu o deosebită valoare economică, corelând variațiile acestor populații cu variații ale speciilor planctonice cu care se hrănește codul.

În anii 1920 au apărut primele prelucrări ale datelor culese din studierea unor populații animale, realizate de doi oameni de știință, americanul Alfred Lotka, biolog și matematician și italianul Vito Volterra, matematician. Ei au utilizat un sistem de ecuații diferențiale pentru a descrie dinamica unui sistem biologic format din două specii/populații care interacționează. Era vorba de un sistem pradă-prădător: pești și rechini.

$$dF/dt = F(a-bS) \quad (1)$$

$$dS/dt = S(cF-d) \quad (2)$$

F = populația inițială de pești; S = populația inițială de rechini; a = rata de reproducere a peștilor; b = rata de consum a rechinilor; c = valoarea nutrițională a peștilor; d = rata mortalității rechinilor; dt = intervalul de timp.

Astfel, populația de pești va crește exponențial în absența rechinilor (ecuația 1) iar populația de rechini va crește proporțional cu numărul peștilor scăzând totodată cu rata corespunzătoare a mortalității (ecuația 2).

Urmându-i pe Lotka și Volterra, G.F. Gause a modelat interacțiunile dintre două populații de microorganisme (drojdii) iar rezultatele cercetărilor sale au devenit unele din cele mai importante în domeniul ecologiei populațiilor.

În 1930 entomologul A.J. Nicholson a propus un model de reglare a populațiilor, susținând ideea că o specie fluctuează din punct de vedere numeric între niște limite determinate de factori externi.

Ch. Elton publică în 1927 lucrarea, devenită clasică, *Ecologie animală* în care, în capitolele dedicate ecologiei populației, menționează cinci factori care controlează mărimea populațiilor animale: hrana, variabilitatea climatică, bolile, capacitatea ereditară de creștere și capacitatea intrinsecă de reglare. În 1942 îi apare cartea *Cârțițe, șoareci și lemingi: probleme ale dinamicii populației*, în care sunt prezentate considerații privind variațiile numerice ale populațiilor, în condițiile acelor vremuri. Mai târziu, în 1958, va apare lucrarea *Ecologia invaziilor plantelor și animalelor*.

În 1954, H.G. Andrewartha și L.C. Birch publică *Distribuția și abundența animalelor*, dezvoltând ideea factorilor dependenți de densitate și competiția care reglează mărimea populațiilor.

R.H. MacArthur introduce în ecologie, în anii 1950, metoda ipotetico-deductivă și se remarcă drept un teoretician ce utilizează rezultatele cercetărilor practice, mai ales asupra populațiilor de păsări.

În 1961, L. Slobodkin dezvoltă câteva idei deosebit de importante pentru ecologia populațiilor: teoria nișei, teoria logistică, competiția, relația pradă-prădător.

În anii 1970 Robert May, un ecolog teoretician, a arătat că populațiile pot manifesta, pentru perioade lungi de timp, fluctuații haotice care nu pot fi prognozate. Astfel, a fost creat un

model al felului în care variază o populație de la o generație la alta, când resursele disponibile sunt limitate (Stewart, 2013):

$$x_{t+1} = kx_t (1 - x_t)$$

x_t fiind mărimea populației în prezent, x_{t+1} mărimea populației în generația următoare iar k rata de creștere.

Deoarece majoritatea sistemelor naturale sunt sisteme dinamice neliniare, ele au comportament caracterizat prin haos determinist. Cercetări ulterioare asupra planctonului marin au demonstrat o dinamică haotică, populațiile studiate au fluctuat foarte mult, unele crescând de chiar 100 de ori ca apoi să se reducă drastic (Beninca et coll., 2008).

Astăzi, ecologia populațiilor este un domeniu cu o mare aplicabilitate practică, servind atât interese economice (stabilirea normelor de exploatare a speciilor sălbatice cu valoare directă pentru sistemul socio-economic) cât și interese de conservare a biodiversității (stabilind nivelurile numerice critice pentru speciile amenințate).

Să ne reamintim !

Ierarhia ecologică și nivelele de organizare



1.2.2. Relația ecologiei populațiilor cu alte științe

Ecologia populațiilor este o ramură a ecologiei care studiază structura și dinamica populațiilor.

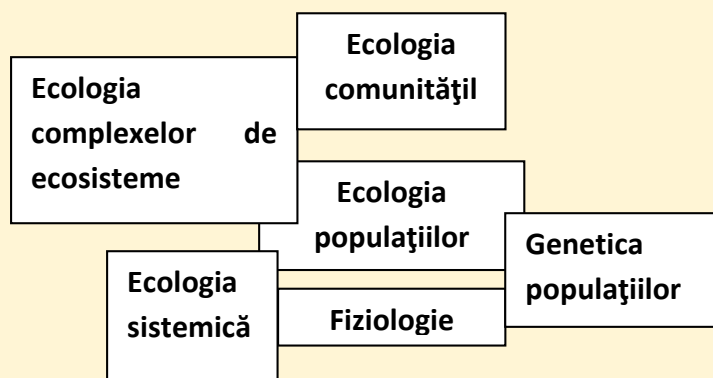


Figura 1 Relațiile dintre diferitele științe care contribuie la definirea domeniului ecologiei populațiilor

Fiziologia studiază caracteristicile individuale și procesele individuale. Acestea sunt utilizate ca bază pentru procesele predictive de la nivel populațional.

Ecologia comunităților studiază structura și dinamica comunităților de plante și animale. Ecologia comunităților furnizează instrumentele de modelare care pot fi utilizate pentru predicția privind structura și dinamica populațiilor din specii diferite, componente ale comunitatii.

Genetica populației studiază frecvența genelor și microevoluția populațiilor. Avantajele selective depind de succesul organismelor în procesul de supraviețuire, reproducere și competiție. Și aceste procese sunt studiate de ecologia populațiilor. Ecologia populațiilor și genetica populațiilor sunt deseori considerate ca fiind de fapt, biologia populațiilor.

Ecologia sistemică este o disciplină relativ nouă care studiază interacțiunile populației umane cu mediul. Unul din conceptele sale majore este legat de optimizarea exploataării ecosistemelor și managementul durabil al ecosistemelor

Ecologia complexelor de ecosisteme este de asemenea o zonă "nouă" a ecologiei. Ea studiază ecosistemele la o scară foarte largă utilizând ca instrument de lucru GIS-ul

(*Geographic Information Systems*). Dinamica populațiilor poate fi studiată la nivelul complexelor de ecosisteme, populațiile cu o mobilitate mare distribuindu-se la nivelul complexelor de ecosisteme.

1.2.3. Cum este văzut termenul de « ecologia populației » de diferite științe

Termenul de "**populație**" este interpretat în mod diferit de diferite științe:

- ☞ în **demografia umană**, populația este o grupare de organisme umane într-o zonă dată;
- ☞ în **genetică** o populație este un grup de indivizi din aceeași specie care se reproduc, și care sunt izolați de alte asemenea grupări;
- ☞ în **ecologia populației** o populație este un grup de indivizi din aceeași specie care trăiesc pe același teritoriu și care au posibilitatea de a se reproduce între ei.

1.2.4. Dificultăți în înțelegerea termenului de „populație”

Sunt două dificultăți în înțelegerea noțiunii de populație:

- o serie întreaga de discipline biologice precum anatomia plantelor, zoologie au ca nivel de abordare nivelul individual;
- una este dată de confuzia asocierii noțiunii de populație exclusiv cu populația umană.

Problema majoră în ecologia populației este de a deriva caracteristicile **populației** din caracteristicile **indivizilor** și implicit, a deriva procesele **populaționale** din procesele organismelor **individuale**.



1.3. Rezumat

Ecologia populațiilor este o disciplină a ecologiei care se ocupă de sistemele supraindividuale de nivel populațional, având multe aplicații practice.

Ecologia populațiilor s-a dezvoltat ca urmare a nevoii oamenilor de a gospodări eficient resursele biologice (speciile) și de a conserva biodiversitatea. Pentru estimarea mărimii populațiilor, a creșterii acestora și pentru cuantificarea caracteristicilor se folosesc metode matematice și statistice.

Termenul populație este interpretat diferit în diferite domenii.

Ecologia populațiilor este legată nu numai de discipline ecologice dar și de alte discipline din domeniul biologiei.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

Folosind notițele de la cursul de Ecologie generală și materialele bibliografice conexe, întocmiți un scurt eseu privind locul Ecologiei populațiilor în cadrul domeniului Ecologiei.



1.5. Bibliografie recomandată

Agencia Europeană de Mediu 2015 Mediul european. Starea și perspectiva 2015. Raport de sinteză. Copenhaga (cap. 3 Protejarea, conservarea și ameliorarea capitalului natural pp 51-82)

Malthus R.T. 1992 Eseu asupra principiului populației. Edit. Științifică și enciclopedică, București

CAPITOLUL 2 NOȚIUNEA DE POPULAȚIE



2.1. Introducere

Deși pare foarte simplă, noțiunea de populație depășește cu mult nivelul unei banale „colecții” de indivizi. Câteva exemple sunt necesare pentru a intui că o populație este un sistem complex, cu o dinamică greu de cuantificat. Caracteristicile indivizilor su se pot însuma pentru a obține caracteristicile populației, numărul acestora, relațiile dintre ei și procesele individuale se reflectă în procesele populaționale.

Lucrul cu populațiile necesită simplificare și astfel apare nevoia construirii unor modele ale populațiilor, prin abstractizare și interpretare. Utilizând abordarea sistemică, modelarea beneficiază de identificarea factorilor și proceselor care determină structura populațiilor.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 2 ore



2.2. Conținut

2.2.1. Ce este o populație?

Să începem cu câteva exemple!

Quercus alba Stejarii dintr-o pădure de amestec au fost evaluați în privința vârstei prin “forarea” unor găuri în scoarță, spre centrul trunchiului, pentru a descoperi numărul inelelor de creștere. Densitatea stabilită este de 20,7 copaci de peste 15 cm diametru pe un hectar. Copacii sunt grupați în clase de vârstă la intervale de 50 ani.

Grafic, această situație se poate reprezenta fie logaritmice, fie printr-o linie dreaptă, în acest din urmă caz apărând o simplă serie geometrică. Linia dreaptă semnifică existența unei fracții constante de 34,4% între clasele de vârstă, reprezentată de indivizii care mor. Frațiunea de indivizi care mor într-o unitate de timp, dintr-o populație sau dintr-o clasă de vârstă reprezintă **rata mortalității**. Astfel,

~ 21 ~

rata mortalității pentru specia discutată este de 34% pentru un interval de 50 ani, ceea ce înseamnă 0,344/50 sau 0,08/decadă.

Ce înseamnă, mai clar, acest ritm, această rată a mortalității? Se poate imagina un flux continuu de indivizi (copaci) în timp: un prim grup (A), de vârstă cuprinsă între 1 și 50 ani se adaugă populației existente, prin mecanismele de reproducere; în intervalul în care acest grup îmbătrânește, apropiindu-se de al doilea interval (51-100 ani), pierde 34 % dintre indivizii săi; mai departe, pierde încă 34% șamd până ce ultimul individ al grupului A dispare în jurul vârstei de 400 ani. În tot acest timp alte grupe de vârstă parcurg exact aceleași etape. De reținut că *într-un interval de 50 ani numărul de indivizi noi care se adaugă primului grup de vârstă este egal cu suma pierderilor din toate grupele de vârstă; numărul adăugat la al doilea grup de vârstă este egal cu suma pierderilor începând cu grupul respectiv până la ultimul șamd*. Acesta este, de fapt, un flux constant de indivizi prin clasele de vârstă sau prin toată populația, ca un întreg.

Totuși, chiar în populațiile stabile au loc fluctuații ale ratelor de natalitate și mortalitate astfel încât se înregistrează variații ale densității în jurul unei valori medii.

Bradul și molidul. În unele zone populate cu păduri de brad și molid au loc periodic furtuni puternice care doboară copacii (vezi exemplul pădurilor de conifere din jud. Harghita și Covasna doborâte de furtunile deosebit de violente din anul 1998). În locul copacilor căzuți se dezvoltă indivizii tineri care astfel au șansa de a crește și a atinge înălțimi destul de mari. La rândul lor, doborâți de o nouă furtună peste un interval de timp, vor oferi șansa de a crește altor puieți. *Populația se menține nu printr-un proces continuu de reproducere ci prin pulsații, cu explozii reproductive urmate de perioade de creștere și maturitate, timp în care numărul indivizilor rămâne destul de constant*. Deci, populația apare a fi periodică sau ciclică dar fără a avea o ciclicitate regulată.

Ierburile din prerie. Ierburile preriei sunt mult mai vulnerabile față de variațiile climatice anuale de cât cei mai mulți copaci. S-a observat, în cazul preriei din statul Nebraska, o diminuare a unor populații de ierburi din genul *Andropogon*, de la 50% la doar 1% suprafață de teren acoperită, într-un interval de câțiva ani secetoși. Alte specii înregistrează scăderi mai mici dar în același mod determinat de perioadele nefavorabile. Ulterior, în perioadele favorabile are loc o revenire puternică

a populației. Populația fluctuează în mod neregulat dar este prezentă permanent; este totuși mai puțin stabilă decât populația de stejar menționată anterior.

Epilobium angustifolium. Este o iarbă comună în zonele muntoase cu brad și molid, din Munții Stâncoși (SUA și Canada - *Rocky Mountains*), vulnerabilă la incendii. După ce o porțiune de pădure este distrusă de un incendiu semințele acestei ierburi sunt duse de vânt și întâlnind un loc favorabil germinează, refăcând populația. La câțiva ani după incendiu, suprafețe întinse ale coastelor montane sunt acoperite cu *Epilobium*. Ulterior, odată cu revenirea brazilor și molizilor, ierburile se înmulțesc din ce în ce mai greu dar vântul continuă să poarte semințele spre alte terenuri care au fost afectate de foc. Astfel, această specie poate fi considerată *fugitivă*, apărând în unele locuri și dispărând din altele, în funcție de foc. În absența focului specia supraviețuiește, cu un număr redus de indivizi, în lungul râurilor sau în locurile în care nu cresc copaci.

Lăcustele. Specia *Chortoicetes terminifera* poate fi întâlnită în multe părți ale Australiei, în populații mici. În multe zone rata mortalității este ridicată populația fiind menținută probabil numai prin imigrații. Totuși, în sudul Australiei, acolo unde există terenuri întinse acoperite cu ierburi uscate, lăcusta găsește combinația de sol și vegetație cea mai favorabilă pentru creștere și reproducere. Aici, în perioadele favorabile, populația poate atinge nivele numerice mari, de milioane de indivizi. De aici, roiurile formate pot migra în alte zone, devenind dăunătoare. Problema invaziei se rezolvă de la sine datorită secetei și implicit a înfometării insectelor. Invaziile au loc odată la 30-40 de ani în sudul continentului dar mult mai frecvent în est, datorită impactului activităților umane (suprapășunatul determină modificarea calităților solului și vegetației în favoarea lăcustelor). Este o specie *eruptivă*.

Fluturile *Euphydryas editha*. În nordul Californiei, acest fluture trăiește numai în zonele cu roci din categoria serpentinitelor, dar nu în toate zonele cu asemenea roci. Mărimea populației suferă fluctuații frecvente, dispărând uneori din anumite locuri și reapărând după un timp, prin recolonizare. Arealul speciei este vast iar fluctuațiile amintite au loc numai în zonele stâncoase cu serpentinite.

Iepurele *Lepus americanus*. Trăiește în zona arctică a Canadei. Câțiva ani populația crește până ce atinge densitatea maximă apoi scade drastic. În medie, perioada dintre două niveluri numerice de vârf este de 10 ani reflectând o variație asemănătoare ce are loc în populația principalului său predator, râsul.

Pasărea *Vireo olivaceus*. Este principala specie de mici dimensiuni care trăiește în pădurile de foioase din estul USA. Perechile reproducătoare ocupă aceleași teritorii, an de an. S-au numărat 43 perechi pe 40 ha pădure. Există astfel un “surplus” de exemplare nereproducătoare care se deplasează permanent în căutarea hranei dar segmentul de reproducători este relativ stabil. În momentul în care un reproducător moare locul său este imediat luat de o altă pasăre care, până atunci, nu avusese șansa reproducerii. Pierderile din clasele de vârstă (exceptându-le pe cele foarte tinere) sunt relativ constante, de aproximativ 50% anual. Astfel, această pasăre are o populație destul de stabilă, cu o înlocuire continuă.

2.2.2. Cu ce probleme ne confruntăm în înțelegerea ecologiei populațiilor?

Problema majoră în ecologia populației este de a deriva caracteristicile **populației** din caracteristicile **indivizilor** și implicit, a deriva procesele **populaționale** din procesele organismelor **individuale**.

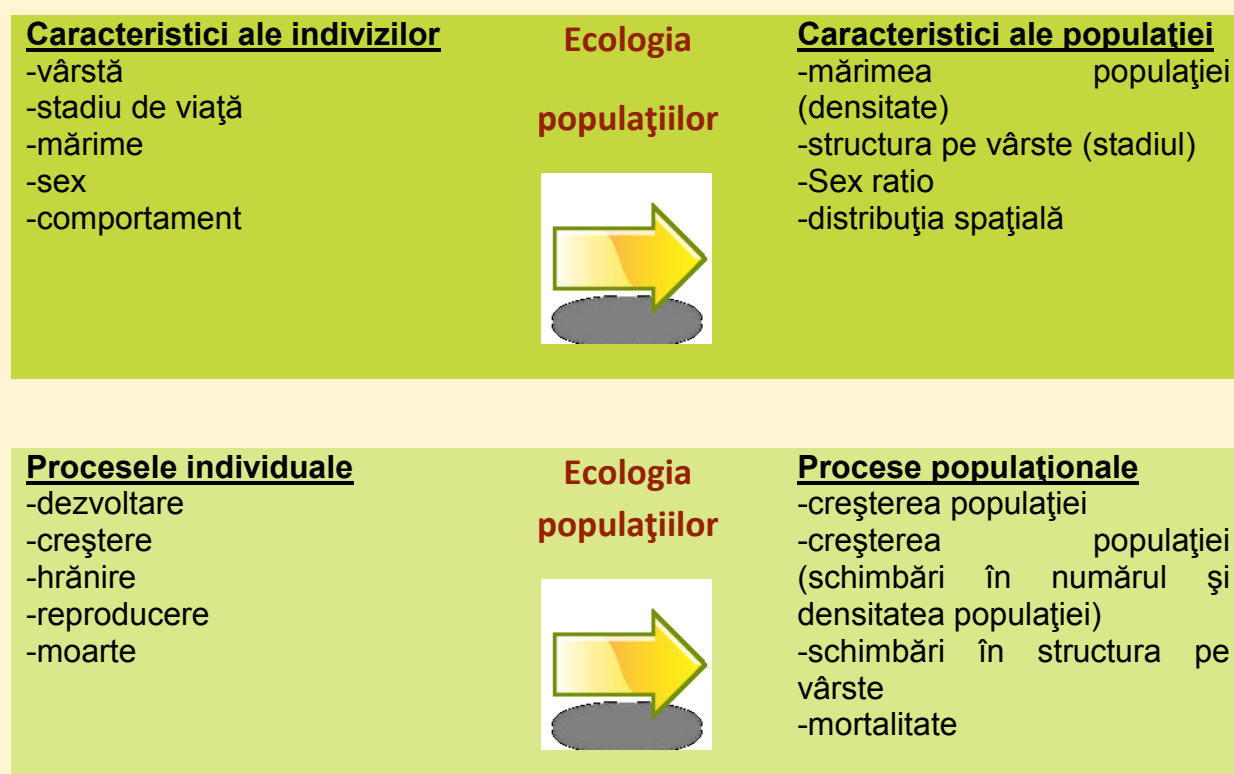


Figura 2 Relația dintre individ și populație

Principala axiomă a ecologiei populațiilor este următoarea: **organismele într-o populație sunt echivalente ecologic**. „*Echivalente ecologic*” înseamnă:

- ∞ Organismele urmează același ciclu de viață;
- ∞ Organismele dintr-un stadiu particular a ciclului de viață sunt implicate în același set de procese ecologice;

Altfel spus, „viteza” acestor procese legate de ciclul de viață - sau probabilitatea evenimentelor ecologice implicate - este similară dacă organismele sunt puse în același mediu. Sunt permise doar unele variații individuale, dar care nu schimbă esențial cursul evenimentelor.

2.2.3. Modelul ca instrument de lucru în ecologia populațiilor

Ecologia populațiilor este cea mai formală „zonă” a ecologiei. Modelul este un instrument foarte utilizat și nu trebuie considerat ca ultim scop în studiile de ecologie. Modelul și realitatea sunt legate una de cealaltă prin două elemente: **abstractizarea și interpretarea**, descrise în continuare.

Abstractizare

Abstractizarea înseamnă generalizare: luăm în considerare cele mai importante elemente ale unui sistem real și ignorăm componentele cel mai puțin importante.

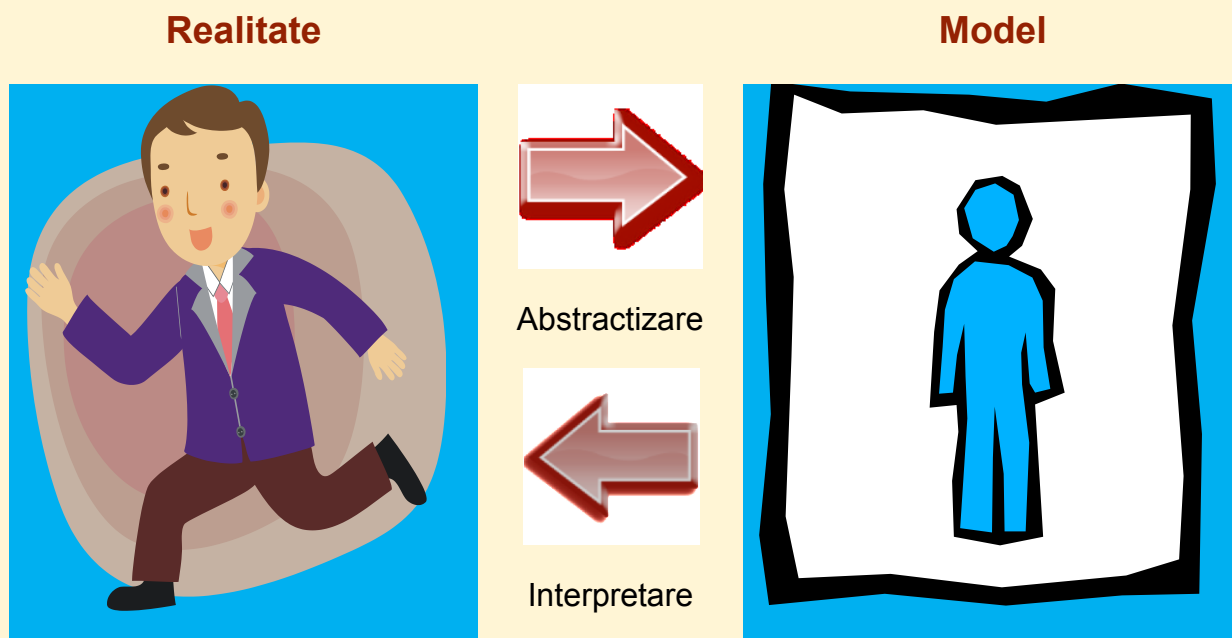


Figura 3 *Relatia model- realitate*

Importanța în cauză este evaluată prin efectul relativ a sistemelor componente asupra dinamicii lor. De exemplu dacă găsim că rata parazitismului la insectele considerate “dăunătoare” este întotdeauna sub 5%, rezultă că paraziții sunt excluși din model.

Interpretare

Interpretarea înseamnă că elementele componente unui model cum ar fi variabilele sau parametrii săi și în general comportamentul unui model pot fi puse în legătură cu componentele, caracteristicile și comportamentul unui sistem real.

În general ecologii nu sunt foarte „îndemânatici” la interpretare. Una dintre cele mai des întâlnite cauze ale dificultăților de interpretare rezidă în faptul că ei construiesc un model în care încearcă să încorporeze el fiecare detaliu cunoscut. Rezultă modele foarte complicate.

Dimpotrivă, mulți matematicieni nu posedă abilitățile și cunoștințele necesare de ecologie pentru interpretarea modelelor construite de ei. De obicei ei se gândesc la un model bun și la o realitate greșită.

Din aceasta situație reiese că atât abstractizarea cât și interpretarea sunt necesare pentru succesul modelării. Cooperare interdisciplinară este necesară în ambele procese: de abstractizare și respectiv de interpretare.

Din punct de vedere strict științific, modelele sunt de multe ori parțial eronate, dar multe dintre ele sunt utile.

Strategia de modelare în ecologia populațiilor

- Selectați nivelul optim de complexitate;
- Nu construiți un model pe mai mult de 1 an;
- Evitați tentația de a introduce toată informația disponibilă în modelul respectiv;
- Urmăriți niște obiective specifice, nu încercați să faceți un model universal;
- Dacă este posibil, luați în considerare modelele deja existente.

Proprietățile sistemului și proprietățile modelului

Trebuie ținut seama de faptul că între sistemul real și modelul sau există întotdeauna diferențe evidente, rezultate din chiar construcția modelului:

- ☞ Unele proprietăți ale sistemului nu sunt reprezentate în model- de exemplu structura pe vârste nu este reprezentată nici chiar în mode simple care redau doar evoluția în timp a numărului de indivizi (modelul exponențial sau cel logistic – a se vedea capitolul respectiv);
- ☞ Unele proprietăți ale modelului nu pot fi regăsite la sistemul real – de exemplu soluțiile ecuațiilor ce stau la baza construirii modelului conduc la grafice continue, simple, în timp ce traiectoriile sistemului sunt departe de a fi în acest fel (au adesea discontinuități).

Să ne reamintim !

Termenul "populație" – înțeles diferit în diferite științe:

- În demografia umană, populația este o sumă de indivizi dintr-o zonă dată;
- În genetică, populația este un grup de indivizi din aceeași specie, care se pot încrucișa între ei și care este izolat de alte grupuri;
- În ecologia populației, o populație este un grup de indivizi din aceeași specie care trăiesc în aceeași zonă, în același timp și se reproduc acolo.

2.2.4. Populația ca sistem

Simpu spus, un **sistem** este un ansamblu de structuri și relațiile dintre acestea, care se comportă diferit de simpla adunare a structurilor. Astfel, un aparat de radio nu este o simplă cutie cu piese electronice, ci piese electronice legate între ele în așa fel încât împreună receptează undele radio și le transformă în muzică.

Înțelegerea aborării sistemice este esențială în ecologia populațiilor, sistemul este principalul concept cu care aceasta lucrează. Nu este nevoie de reținerea unei definiții stricte ci doar de înțelegerea sa adecvată.

Una dintre definițiile sistemului face referire la următoarele componente ale sale:

- ☞ Intrări și ieșiri ("Input" și "Output")
- ☞ Procesorul (ansamblul proceselor ce se petrec)
- ☞ Elementele de control (ce procese reglează alte procese)
- ☞ Mediul (obiectele și parametrii)
- ☞ Feedback (influența inversă, reciprocă)
- ☞ Limitele și interfețele

Componentele majore ale populației ca sistem sunt:

- ☞ **Populația însăși:** organismele din populație pot fi și împărțite în anumite grupe după vârstă, sex, sradu de viață, sex și alte caracteristici;
- ☞ **Resursele:** hrană, adăpost, locuri de depunere a pontei în general spațiul disponibil.
- ☞ **“Dușmanii”:** predători, paraziți , patogeni;
- ☞ **Mediul:** aer, temperatură, compoziție, variabilitatea acestora în timp și spațiu.

Populația ca sistem prezintă o anumită **structură**, atât ca organizare în **spațiu** cât și ca evoluție a sa în **timp**. Structura în timp a populației este reprezentată de procese, adică de succesiunea evenimentelor în timp. Deoarece procesele pot fi văzute distinct, ele formează tot structuri. Spre exemplu, o structură ar fi ciclul de viață al unui individ, o alta ar fi evenimentele ce compun viața unui individ într-o zi și așa mai departe.

Această abordare asigură separarea structurilor în elemente ce pot fi analizate separat sau care pot fi conectate între ele – de exemplu prin modele.

Structura temporală

Ciclurile diurne

Ciclurile sezonale

Cilurile pe termen-lung



Structura spațială

Distribuția spațială

Structura habitatului

Metapopulațiile

O serie de concepte fac modelarea mai ușoară:

Conceptul factor - efect: condițiile de mediu (“factorii”) afectează direct densitatea populației, adică atunci când se modifică, se modifică și densitatea populației.

- **Avantaje:** explicarea cauzală a modificărilor din populație.
- **Dezavantaje:** este util pentru un efect instantaneu din prima fază, dar devine un concept confuz atunci când efectul este determinat de un factor care are și alte efecte sau daca există o întârziere în manifestarea efectului.

- **Exemplu:** scăderea excesivă a adâncimii bălților (= factor) conduce la scăderea populației de tritoni din acele bălți.

Conceptul factor-proces: condițiile de mediu afectează rata de desfășurare a unor procese ecologice, cum ar fi natalitatea sau mortalitate, care în final se manifestă printr-o modificare a densității populației.

- **Avantaje:** prin aceste concept se pot modela interacțiuni dinamice complexe care au loc între componentele populației,
- **Dezavantaje:** dificil de prevăzut efectul final, din cauza impactului unei modificări asupra mai multor procese (spre exemplu, o anumită schimbare poate afecta și populațiile de prădatori și populațiile pradă, dar este greu de spus în ce măsură aceste procese sunt interdependente)
- **Exemplu:** schimbările climatice afectează multe populații în același timp.

Exemple de factori:

- La modelele simple (de exemplu, exponențial sau logistic), există doar un singur factor (= componenta): populația însăși. Valoarea sa este densitatea populației;
- La populațiile structurate de vârstă, fiecare clasă de vârstă este un factor și valoarea sa este egală cu densitatea indivizilor din această clasă.
- Dușmani naturali și diverse resurse pot fi considerate ca fiind factori suplimentari. Apoi, abundența de animale de pradă, paraziți, sau produsele alimentare vor fi valori ale acestor factori.
- Vremea poate fi privit ca un set de factori: temperatura, precipitațiile, etc. Fiecare dintre acești factori are o valoare numerică.

Exemple de procese

- Nașterea unui organism este un eveniment. Rata natalității este numărul de nașteri pe unitatea de timp. Rata natalității specifică (= rata de reproducere) este rata natalității per 1 de sex feminin (sau per 1 părinte).
- Moartea unui organism este un eveniment. Mortalitatea organismelor dintr-un anumit stadiu, dintr-o cauză specifică (de exemplu, parazitismul, prădarea, infometare) este un

proces. Rata de mortalitate este numărul de decese pe unitatea de timp. Rata de mortalitate specifică este numărul de decese pe unitatea de timp per organism.

- Alte procese sunt: creșterea, dezvoltarea, consumul de resurse, dispersia, intrarea în diapauza etc.



2.3. Rezumat

Populațiile sunt sisteme supraindividuale complexe, cu o structură proprie, determinată de relațiile dintre indivizi, de factorii interni și externi și de o serie de procese individuale și populaționale.

Analiza unor populații evidențiază aspecte articulare, specifice care nu pot fi extrapolate altor populații dar și aspecte comune ce caracterizează acest tip de sistem biologic.

Pentru a putea descrie, urmări dinamica și realiza prognoze privind tendințele populațiilor este necesară modelarea acestora astfel încât să surprindem atât structura spațială cât și structura temporală.



2.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

- Care este diferența dintre factori și procese ?
- Ce înțelegem prin structura populației ?
- Dați 2 exemple de populații sălbatice din perimetrul ecosistemului urban și comentați câteva din caracteristicile acestora.



2.5. Bibliografie recomandată

Botnariuc N. 1999 Evoluția sistemelor biologice supraindividuale. Edit. Universității din București (cap. 1.2. Însușiri ale sistemelor biologice pp 10-21; cap. 1.4. Categorii de ierarhii în lumea vie pp 23-40; cap. 3 Evoluția organizatorică a populației pp 58-89)



CAPITOLUL 3. SCALARITATEA, COMPLEXELE DE ECOSISTEME ȘI METAPOPULAȚIA

3.1. Introducere

Studierea populațiilor, fie pentru stabilirea nivelului optim de exploatare, fie pentru identificarea celor mai potrivite metode de conservare impune o anumită modalitate de cercetare care să permită înțelegerea locului acestora în cadrul marilor structuri ecologice: ecosistemele și complexe de ecosisteme.

Populațiile nu sunt uniforme, în sensul distribuției indivizilor sau în privința mărimii lor ci mai curând se poate vorbi de submulțimi de indivizi în cadrul unei mulțimi – populația. Astfel a apărut noțiunea de metapopulație, adică o populație de populații.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 2 ore



3.2. Conținut

În ecologia populațiilor există mai multe **scări de abordare**. Astfel trebuie făcută o distincție între scara locală, scara metapopulațională și scara geografică, distincție mai ușor de înțeles prin prisma frecvenței deplasării unui individ:

- ☞ **Scara spațială locală (populațională)** este cea în care indivizii din cadrul populației se deplasează și interacționează permanent; majoritatea indivizilor se nasc și mor rămânând cantonați la acest nivel (adică nu se deplasează între populații);

- ☞ **Scara spațială metapopulațională** este spațiul în care indivizii se mișcă cu frecvență redusă, de la o populație locală la alta, traversând porțiuni de habitat nefavorabile; din această cauză deplasarea în aceste condiții implică un risc substanțial;
- ☞ **Scara spațială geografică** se referă la întregul areal al unei specii; indivizii dintr-o metapopulație nu au posibilitatea să se deplaseze decât într-o mică parte a acestei distribuții.

Această înțelegere a deosebirii dintre nivelele de organizare se numește de regulă **scalaritate**.

Ca urmare a aplicării scalarității apare **ecologia “spațială”**, ce reprezintă “introducerea progresivă a variabilității și complexității spațiale în analiza ecologică, inclusiv a modificărilor modului de organizare spațială în timp” (Rockwood, 2006).

Această abordare ecologică spațială cuprinde 2 nivele de analiză distincte:

- ☞ **Ecologia complexelor de ecosisteme**
- ☞ **Ecologia metapopulațiilor**

Ecologia complexelor de ecosisteme se caracterizează prin următoarele (Wiens, 1992): cele mai multe studii au loc la scară largă, complexe de ecosisteme ocupând de regulă o arie întinsă; Descrierea ecologică urmând această scalaritate și ierarhizare pe nivele de organizare poate fi ușor realizată de către ecologi, dar aceasta ușurință operațională nu conduce automat la abilitatea de a transla procese și fenomene de pe un nivel de organizare pe altul, în condițiile de ne-liniaritate a spațiilor (Wiens, 1989).

Altfel spus, un proces ce este înțeles în profunzime la nivel populațional necesită eforturi serioase de cunoaștere pentru a fi înțeles și la nivelul metapopulațional.

Din acest motiv, studierea complexelor de ecosisteme, a metapopulațiilor și a populațiilor trebuie realizată **în paralel** în vederea înțelegerii proceselor la toate nivelele de organizare ale lumii vii.

Ecologia complexelor de ecosisteme ia considerare modificările în timp și spațiu ale ecosistemelor atunci când studiază mobilitatea indivizilor și repartiția dinamică a resurselor (Rockwood, 2006).

Un complex de ecosisteme este caracterizat prin heterogenitatea sa și nu prin scala spațială absolută. Un complex de ecosisteme poate ocupa o zonă geografică mai întinsă sau mai restrânsă, întinderea ariei ocupate nefiind determinantă în cazul identificării unui complex de ecosisteme, ci heterogenitatea caracteristicilor.

Ecologia complexelor de ecosisteme include analiza organizării spațio-temporale a ecosistemelor, a relației dintre:

- a) **Procese** ce se derulează la această scală (dispersia populațiilor, a indivizilor și a resurselor în timp;
și
- b) **Modul de organizare** spațio-temporală (modelul) a complexului de ecosisteme (distribuția resurselor)

- ☞ cele mai multe studii sunt descriptive sau conceptuale (caracteristica a disciplinelor de studiu în curs de formare);
- ☞ este preferată modelarea experimentului, în special din cauza dificultăților de experimentare sau de investigare la această scară;
- ☞ accentul cade pe studierea modelului covorului vegetal și a utilizării terenului.

Ecologia complexelor de ecosisteme este în prezent împărțită în 2 școli de gândire:

- ☞ americană, caracterizată prin preocuparea pentru modelare și accentul pus pe caracteristicile biologice;
- ☞ europeană, caracterizată prin accentul pus pe mediul construit, inclusiv din cauza faptului că la scară mare ecosistemele neafectate de antropizare sunt relativ rare.

3.2.1. Metapopulația și ecologia metapopulațiilor

Termenul de *metapopulație* a fost introdus de Levins (1970) pentru a descrie o populație de populații. Metapopulația este alcătuită dintr-un ansamblu de populații ce persistă unei rate mari de extincții locale, datorită recolonizării repetate.

Persistența metapopulației depinde de parametrii care influențează ratele („vitezele”) de extincție și colonizare: numărul de habitate prielnice, numărul populațiilor componente, ratele și căile de migrare între acestea.

Metapopulația este prin urmare un ansamblu de populații locale strâns conectate între ele datorită ratei mari de dispersie a indivizilor componenți. Astfel ansamblul poate persista,

chiar dacă populațiile locale componente au o probabilitate de extincție ridicată, cât timp rata de colonizare este mai mare sau cel puțin egală cu rata locală de extincție.

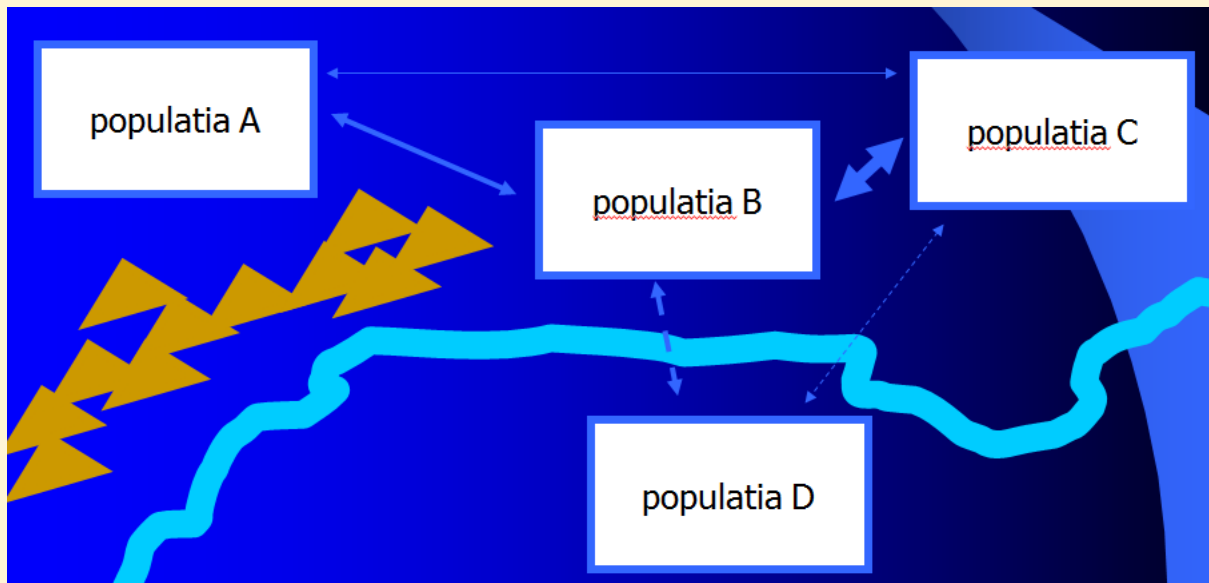


Figura 4 Mai multe populații ce formează o metapopulație

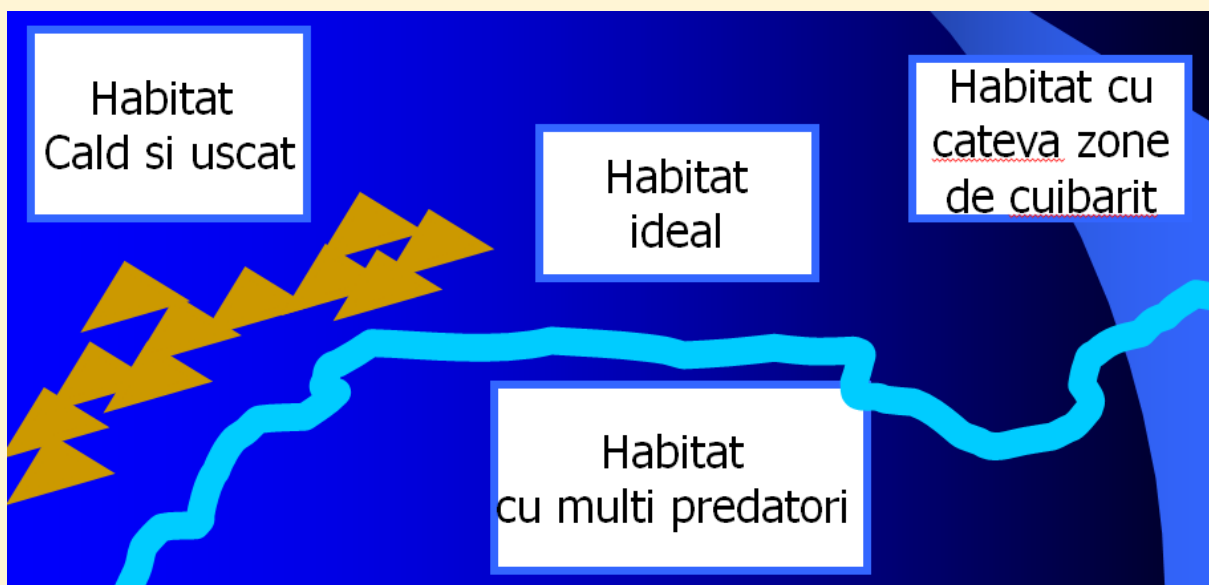
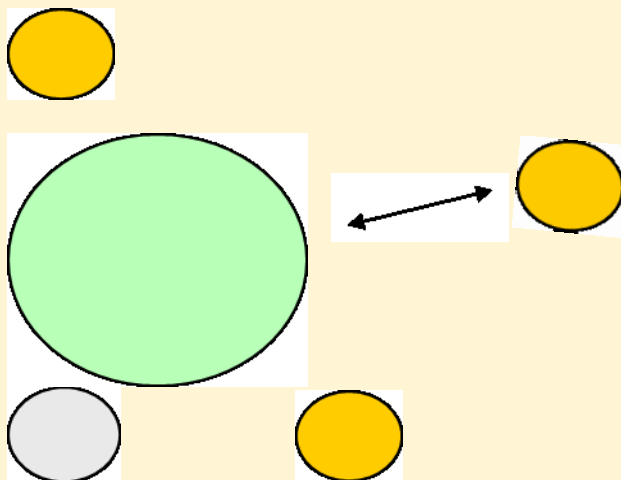


Figura 5 Nu toate habitatele populațiilor ce formează o metapopulație sunt echivalente
 Hanski (1998) propune 4 condiții pentru acceptarea ideii că dinamica metapopulațiilor poate explica persistența speciilor:

- 1) Fragmentele trebuie să fie zone de habitat bine delimitate, asemănătoare calitativ (omogene);
- 2) O singură populație nu este destul de mare pentru a asigura supraviețuirea speciei pe termen lung;

- 3) Fragmentele de habitat trebuie să nu fie atât de izolate încât să nu permită recolonizarea din alte habitate învecinate;
- 4) Dinamica unei populații locale trebuie să fie destul de asincronă în raport cu alte populații locale astfel încât să nu aibă loc extincția simultană a tuturor populațiilor.

Dacă nu se îndeplinesc condițiile 2 & 3: avem o metapopulație principală, insulară.



De exemplu, menținerea depinde de primirea de indivizi din populația-sursă, alte fragmente mai mici neputând primi imigranți ori furniza emigranți.

Structura unei populații este dată de particularitățile distribuției spațiale a fragmentelor de habitat prielnice de diferite mărimi și de distanța dintre acestea.

Au fost propuse mai multe modele, dintre care două pot fi considerate modele extreme de structură a metapopulației:

Modelul propus de Levins (1969) consideră un ansamblu de populații ce ocupă habitate cu suprafață aproximativ egală și au efective apropiate, între care se realizează schimburi de indivizi. Suprafața habitatelor este mică astfel încât toate populațiile locale au o probabilitate de extincție ridicată.

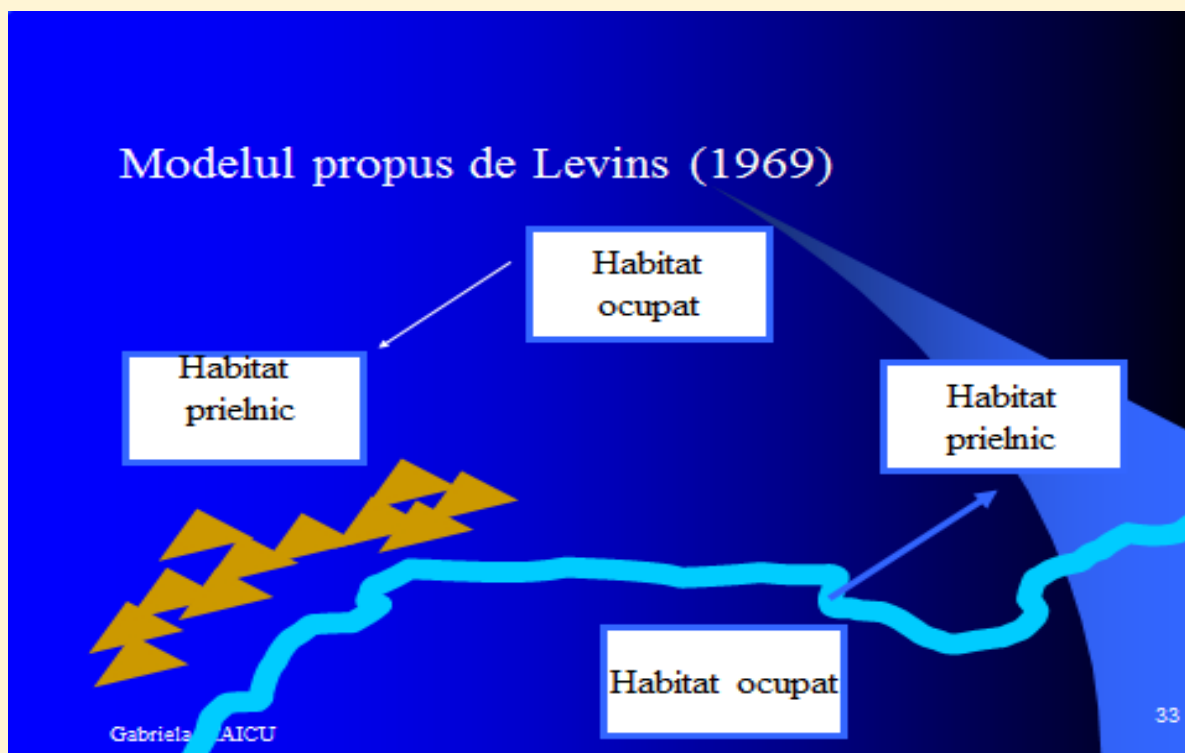


Figura 6 Modelul metapopulațional lui Levins

Modelul propus de Levins presupune (Wells și Richmond, 1995):

- ∞ toate ariile de răspândire (“*patches*” eng.) ale populațiilor sunt egale, ca suprafață;
- ∞ toate procesele de dispersie au o egală probabilitate de a atinge toate ariile de răspândire ale unei populații;
- ∞ în toate zonele de răspândire ale populațiilor probabilitatea de extincție a acestora este egală.

Probabilitatea unei arii neocupate de a fi colonizate este $c \times N$. Levins nu vedea acest model ca o simplificare operațională, ci înțelegea că doar seturile de populații care corespund acestor restricții pot fi considerate metapopulații.

Altfel spus, populațiile sunt considerate grupuri în care exista mai multe legături interne între indivizi decât cu indivizii altor grupuri. Într-o arie dată modelul Levins considera doar prezența-absența unei populații. Matematic acest model este descris în cele ce urmează.

Fie « N » procentul de arii ocupate de populații la un moment dat. Fie « e » probabilitatea de extincție a populației după un timp dat într-o anumită arie și « c » rata de propagare pentru o arie dată.

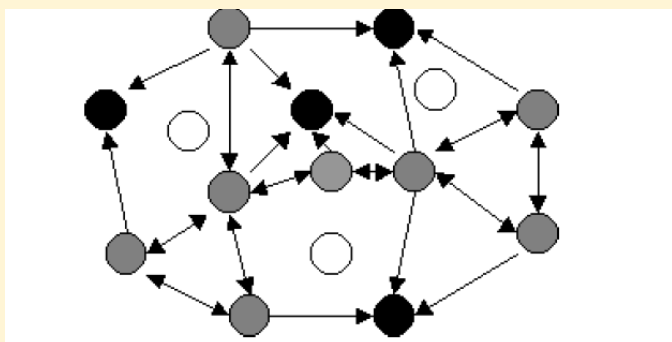
Valoarea de echilibru se afla prin egalarea cu zero a lui dN . Solutia acestei ecuatii este $N=0$ si

$$N = 1 - e / c$$

Din aceasta rezultă că întotdeauna o anumită proporție din arii rămâne necolonizată.

Alți autori (Wells si Richmond, 1995) consideră drept caracteristica esențială a unei metapopulații **separarea spațială** a unor grupuri de indivizi care pot să schimbe indivizi între ele. Separarea spațială însă nu trebuie înțeleasă în acest caz ca efect exclusiv al unor bariere naturale, ci ca un rezultat al relațiilor dintre populațiile respective și mediul lor.

Modelul propus de Boorman și Levitt (1973) consideră tot un ansamblu de populații, din care o populație este dispusă central, ocupă o suprafață mare și funcționează ca *rezervor*, având probabilitate redusă de extincție. Aceasta este înconjurată de habitate prielnice cu suprafețe mult mai mici, ce au probabilitate ridicată de a fi colonizate. Dispersia în acest caz se realizează unidirecțional, de la populația ce funcționează ca “*rezervor*” către habitatele adiacente, ale căror populații au o probabilitate ridicată de a fi colonizate.



O metapopulație ideală: între populațiile locale se mențin schimburile de indivizi ceea ce asigură raportul optim între colonizare și extincție.

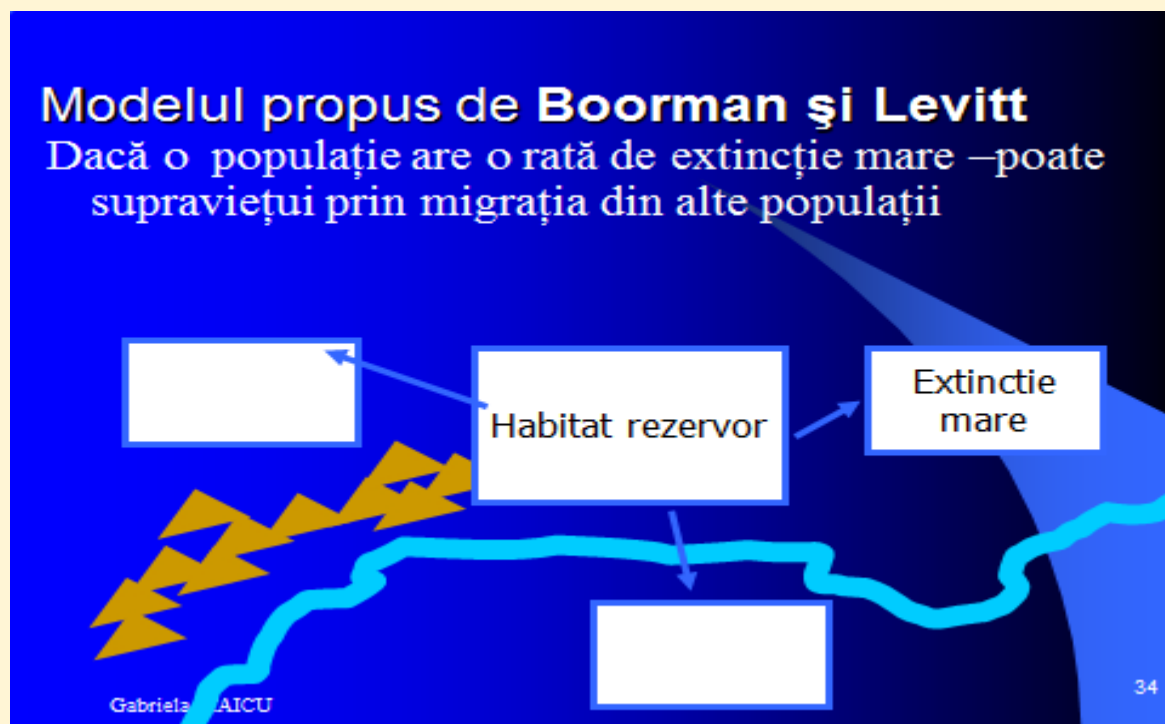


Figura 7 Modelul metapopulațional lui Boorman

3.2.2. Conceptul de metapopulație în cazul plantelor

O specie de plantă numită popular „cruciuliță” (*Jacobaea vulgaris* sau *Senecio jacobaea*) are o capacitate de reproducere extrem de mare, o singură plantă este capabilă să producă 20.000 sau mai multe semințe dispersate de vânt. Astfel, este capabilă să colonizeze zonele neocupate rapid. Dinamica metapopulației de cruciuliță nu e legată de potențialul reproductiv, ci de abilitatea de răspândire a plantei.

Dinamica structurii metapopulaționale rezultă dintr-o interacțiune complexă între cruciuliță și alte două organisme care trăiesc în strânsă asocieră cu ea. Una dintre ele este omida fluturelui *Tyria jacobaeae* (molia cinabru), specializată pe această plantă. Deși destul de toxică (dar utilizată în medicina naturistă) planta este consumată de omizi care concentrează toxinele în propriile țesuturi. Un alt „jucător” în acest sistem este viespea *Cotesia popularis*, din familia Braconide care parazitează omizile de *Tyria jacobaeae*.

S-a observat că metapopulațiile de *Jacobaea vulgaris* prezintă o dinamică complexă, ele menținându-se nu atât ca număr cât mai ales ca locații (situri) în care pot fi găsite. Dinamica naturală a speciei este influențată atât de organismele asociate (omizile și viespile parazite) cât și de acțiunile de combatere mecanică (datorită toxicității sale).

3.2.3. Efectul de salvare

Situațiile în care imigrația împiedică o populație să intre în declin și chiar să fie aproape de dispariție, demonstrează un fenomen numit efectul de salvare.

Populația ciocănitorei stejarului (*Melanerpes formicivorus*) este împiedicată să fluctueze în limite largi care să ducă la dispariție din punct de vedere numeric- este "salvată" de la dispariție – prin input-ul de la o altă populație. Pasărea se hrănește mai ales cu ghinde pe care le depozitează în crăpăturile scoarței stejarilor dar și cu insecte și fructe.

Persistența populației depinde de imigranți de la populațiile ale căror dinamică variază în mod independent. (Stecey and all., 1997)

3.2.4. Legatura metapopulație-complex de ecosisteme

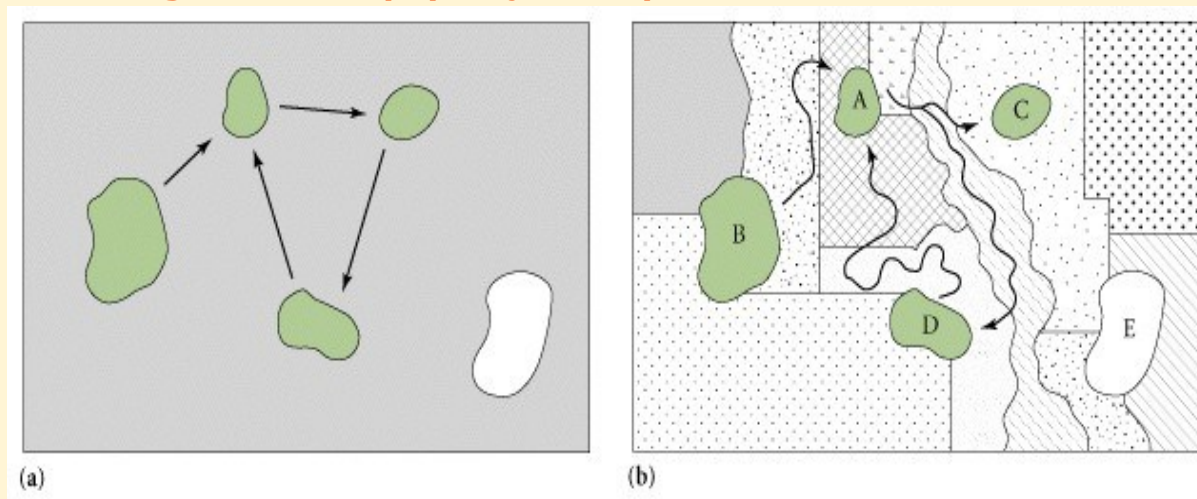


Figura 8 O descriere schematică a diferențelor principale dintre conceptul metapopulație și complexul de ecosisteme ; metapopulație cu cinci fragmente de habitat prielnice dintre care patru sunt ocupate (zonele verzi) și una dintre acestea fiind neocupate (alb, zonă deschisă).

Aceeași metapopulație suprapusa pe un complex de ecosistem compus dintr-un mozaic de tipuri diferite de habitate, care așa cum este ilustrat prin săgeți, afectează interacțiunile habitatele în cadrul metapopulației.

Să ne reamintim !

∞ ABSTRACTIZARE-generalizare;

∞ INTERPRETARE-elementele componente (variabilele, parametrii) și modelul de comportament pot fi în legătură cu componentele, caracteristicile și comportamentul unui sistem real.

3.2.5. Utilitatea modelelor metapopulaționale

Utilitatea teoriei și modelelor metapopulaționale este evidentă numai în situațiile în care există un număr suficient de zone de ocupare ale populațiilor („patches”) în cadrul unui complex de ecosisteme și în cazurile în care rata de înlocuire în cadrul populațiilor („turnover”) este ridicată (Hanski, 2004).

Prin urmare, modelele metapopulaționale clasice pot clarifica procesele și fenomenele de bază care determină apariția unor metapopulații în complexe de ecosisteme cu un grad ridicat de fragmentare, cum ar fi extincția, dinamica în corelare cu caracteristicile spațiale și dinamica tranzițiilor spre stările de echilibru, în urma unor perturbări (Hanski, 2004).

În consecință, aceste modele metapopulaționale sunt instrumente de studiu de bază în **biologia conservăționistă**.

Principala întrebare care se pune în eforturile de conservare a speciilor este dacă este preferabilă (adică dacă este într-o stare mai bună de conservare) o singură populație cu număr mare de indivizi și habitat întins sau mai multe populații cu un număr mai mic de indivizi care se găsesc distribuiți grupat pe mai multe suprafețe restrânse.

Această discuție este recunoscută academic drept “**SLOSS debate**” de la inițialele cuvintelor din limba engleză “*Single Large or Several Small*” [populations]. Unii autori [5] recunosc faptul că deși ecologia populațiilor a avansat foarte mult în ultimele decenii, conducând la noi concepte și instrumente de lucru, **SLOSS** și-a păstrat actualitatea și semnificația.

Acești autori sintetizează astfel dihotomia celor două modele de distribuție metapopulațională:

“Pe de o parte, mai multe populații reduse pot avea un risc de extincție mai mic față de o cazul unei singure populații mai numeroase dacă rata de dispersie este suficient de mare și nivelul de corelare între mediile de viață respective este suficient de restrâns. Acest lucru survine deoarece o singură populație numeroasă nu beneficiază de fluctuațiile de mediu independente din suprafețele distincte, ca în cazul mai multor populații. Altfel spus dacă o singură populație numeroasă este extinsă, ea nu mai poate fi recolonizată. Pe de altă parte, fiecare populație restrânsă luată în parte este mai vulnerabilă decât populația numeroasă,

datorită influenței mai puternice a factorilor ce conduc la extincție cum ar fi mortalitatea ridicată sau factorii demografici legați de procese stochastice”.

Obiectul studiilor metapopulaționale îl constituie populațiile ca atare și nu indivizii, ca în cazul ecologiei populațiilor propriu-zise. Trebuie subliniat caracterul încă empiric al acestor studii, în pofida avansului în modelarea lor matematică și în dobândirea de noi cunoștințe în special după ultimul deceniu al secolului XX.

Acest caracter empiric este de luat în seamă în analiza studiilor de ecologie conservacionistă, în sensul că nu este posibilă nici o determinare strict matematică între variabilele studiate și nici o extrapolare cu acuratețe de 100% a rezultatelor și interpretărilor dintr-o situație în alta. Altfel spus, trebuie acceptată o subiectivitate a interpretărilor și un anumit nivel de incertitudine. Acest lucru nu trebuie însă să descurajeze studiile și mai ales interpretările, ci trebuie doar să atenționeze asupra tentației erorii “adevărului absolut”.

Nouhuys (2009) atenționează asupra influenței reciproce a interacțiunilor dintre specii și a structurii metapopulațiilor. Spre exemplu, relațiile pradă-prădător se manifestă diferit în diverse populații ceea ce conduce la refugiul unor exemplare din pradă în alte populații unde presiunea prădătorilor este mai redusă [43].



3.3. Rezumat

Datorită structurii sale, orice populație poate fi abordată la diferite scări spațiale ceea ce face ca aplicarea regulii de scalaritate să fie una din cele mai importante reguli aplicate în studiul populațiilor naturale. Analiza include nivelul metapopulației și nivelul complexelor de ecosisteme.

Metapopulația, adică o populație de populații, este o noțiune foarte utilă mai ales în domeniul conservării biodiversității. Metapopulația este o grupare de (mai multe) populații; conectate prin dispersia indivizilor; rata de colonizare este mai mare sau cel puțin egală cu rata locală de extincție.

Persistența metapopulației depinde de: numărul de habitate prielnice, numărul populațiilor componente, ratele și căile de migrare între acestea.



3.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

- Ce rol au metapopulațiilor în supraviețuirea populațiilor ?
- Ce legătură există între ecologia metapopulațiilor și ecologia complexelor de ecosisteme ?



3.5. Bibliografie recomandată

Cogălniceanu, D. 1999. Managementul Capitalului Natural . [Management of Natural Capital]. Editura Ars Docendi, p. 108-109 ISBN 973-99407-8-1.1

METAPOPULAȚIA

CAPITOLUL 4 METAPOPULAȚIA VERSUS FRAGMENTAREA HABITATELOR



4.1. Introducere

Extinderea populației umane a fost întotdeauna însoțită de transformarea habitatelor naturale în terenuri agricole sau cu altă destinație. Astfel, multe specii s-au confruntat cu distrugerea pe scară largă a ecosistemelor și cu fragmentarea populațiilor.

Cercetătorii ecologi au dezvoltat noi metode pentru abordarea teoretică și practică a acestei situații. Ideea de bază este aceea că petice de habitat sunt colonizate, facilitând supraviețuirea populației prin intermediul metapopulațiilor. Noțiunea de metapopulație este deci bazată pe interpretarea observațiilor din natură, obținute prin studierea fenomenelor care au loc odată cu fragmentarea habitatelor. Aceeași interpretare a fost susținută de biogeografia insulară (MacArthur și Wilson, 1967) care a analizat migrarea în insule a speciilor provenite din teritoriile continentale.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ ore



4.2. Conținut

Noțiunea de metapopulație a fost introdusă în ecologie de Levins în 1970. Populațiile sunt definite ca un ansamblu de indivizi aflați în interacțiune și având o durată de viață finită; metapopulațiile sunt ansambluri de populații aflate în interacțiune, cu o durată de viață finită, adică cu probabilitatea de extincție. Noțiunea de metapopulație este astfel legată de procesele populaționale de turn-over, extincție și stabilire de noi populații. Studiul metapopulațiilor este esențial pentru înțelegerea proceselor populaționale.

4.2.1. Noțiunea de metapopulație

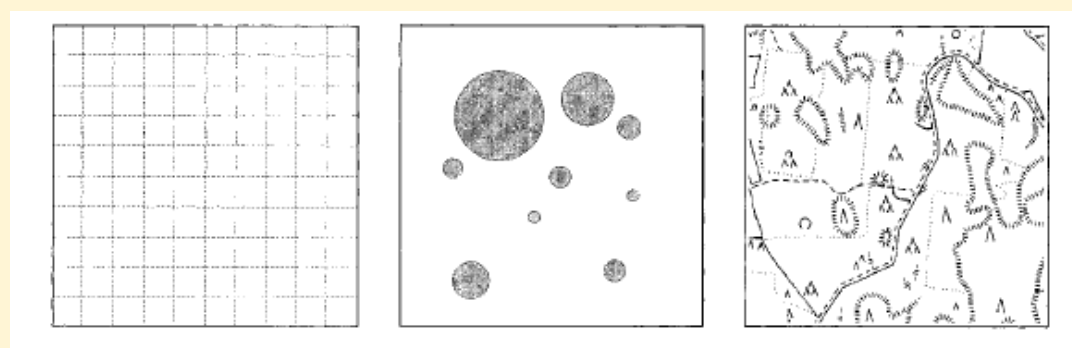
După Levins, o metapopulație este *o populație de populații locale care au fost stabilite de coloniști, supraviețuiesc un timp, pierd indivizi prin migrație și eventual dispar.*

Menținerea unei specii într-o regiune depinde de rata de colonizare care depășește rata de extincție locală. Astfel, în viziunea lui Levins, metapopulația este o populație de subpopulații locale instabile, ocupând un mozaic de fragmente discrete de habitat. Menținerea metapopulației depinde de raportul dintre extincția locală și stabilirea de noi grupări în fragmentele neocupate.

Definiții mai recente descriu metapopulația ca o populație limitată la o rețea de fragmente de habitate separate geografic care poate suferi extincții locale dar se poate reface prin recolonizare prin dispersia indivizilor din alte fragmente de habitat.

Metapopulația este foarte mult utilizată în studierea efectelor fragmentării habitatelor asupra speciilor. Fragmentarea habitatelor este considerată principala amenințare asupra diversității speciilor și populațiilor ca urmare a dezvoltării economiei umane. Pentru a se putea stabili măsuri de diminuare a efectelor negative generate de acest proces și pentru a se putea construi un management adecvat pentru menținerea unui nivel optim de diversitate specifică este necesară evaluarea stării și dinamicii metapopulațiilor.

O serie de studii bazate pe serii de timp demonstrează rata de extincție locală trebuie să fie legată de mărimea fragmentului de habitat, în timp ce rata de recolonizare depinde de gradul de izolare. Cele mai multe dovezi provin din studii ale modelelor de distribuție care au arătat că probabilitatea prezenței metapopulației depinde de mărimea fragmentelor de habitat, de poziția relativă a acestor fragmente în cadrul complexelor de ecosisteme și de densitatea coridoarelor care reduc așa numita rezistență a complexului de ecosisteme (adică permit mișcarea indivizilor de la un fragment de habitat la altul). Aceste date sunt în concordanță cu previziunile din teoria metapopulației.



Ecologie teoretică

Ecologia metapopulațiilor

Ecologia complexelor de ecosisteme

Există trei abordări în ecologia spațială: teoreticienii lucrează cu spații omogene, continui sau discrete; ecologii care studiază metapopulațiile consideră că habitatele potrivite pentru anumite specii formează o rețea de fragmente (petice), variabile ca dimensiuni, grad de izolare și calitate; ecologii care se ocupă de complexe de ecosisteme (*landscape ecology* – eng.) analizează structura acestor complexe, fără a aborda sau modela dinamica populațiilor.

Probabilitatea relativă de extincție și recolonizare este ideea principală a teoriei metapopulației. Prin modelarea metapopulațiilor s-a constatat că stabilitatea unei populații regionale este favorizată atunci când populația este divizată în subpopulații distincte deoarece dinamica fluctuantă de la nivelul subpopulațiilor locale se poate stabiliza la nivelul metapopulațional.

4.2.2. Metapopulația și fragmentare habitadelor

Fragmentarea habitadelor se studiază în cadrul ecologiei complexelor de ecosisteme (McGarigal și Cushman, 2002). Înțelegerea proceselor care conduc la fragmentarea ecosistemelor este utilă fundamentării măsurilor de protecție a habitadelor și speciilor.

În ecosistemele terestre fragmentarea începe de obicei prin formarea unor lacune sau prin pierderea “colțurilor” habitatului.



Figura 9 Fragmentarea habitadelor

Impactul este la început foarte mic și poate trece neobservat pentru o vreme.

Pe măsură ce lacunele se extind, habitatul se fragmentează și în final se poate transforma în altceva (cum ar fi în suprafețe cultivate).

Ce anume generează fragmentarea? Răspunsul este: apariția unor bariere. Dar ceea ce se constituie într-o barieră în calea deplasării indivizilor depinde de specie.

Spre exemplu, o perdea forestieră este un « gard » (adică un obstacol) sau un coridor (adică o porțiune de teren mai ușor de parcurs)? Răspunsul corect ar fi ca depinde de specie.

Din păcate, cunoștințele despre percepția barierelor (sau coridoarelor) de către diferite specii sunt precare.

În cele mai multe cazuri, putem spune însă că obiectele generate (construite) de om se constituie în bariere și pot genera fragmentare, dar nu este o regulă.

La ce scară spațială se raportează metapopulația ? În capitolul 3 ați găsit ideile de bază pentru înțelegerea importanței scalarității în ecologie în general și în ecologia populațiilor în special. În tabelul de mai jos sunt prezentate principalele scări spațiale care cuprind individul, metapopulația și specia.

Scara spațială	Caracterizare
Locală	Scara la care indivizii se deplasează și interacționează
Metapopulațională	Scara la care indivizii se mută dintr-un habitat în altul, traversând zone inospitaliere, cu riscul de a nu supraviețui
Geografică	Arealul speciei

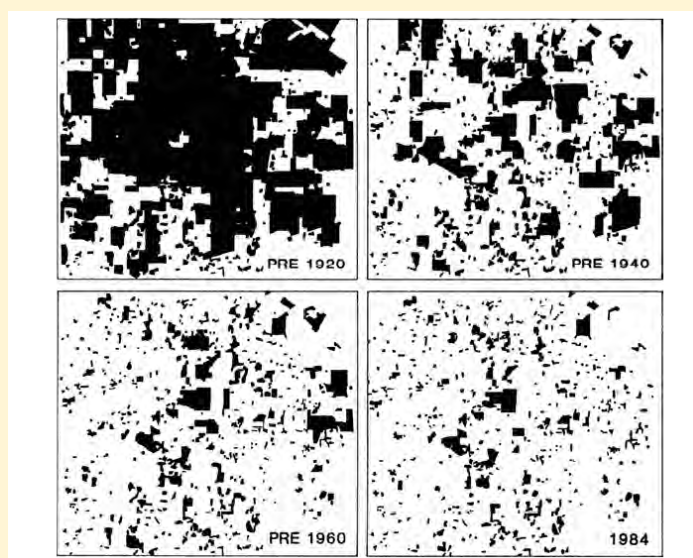
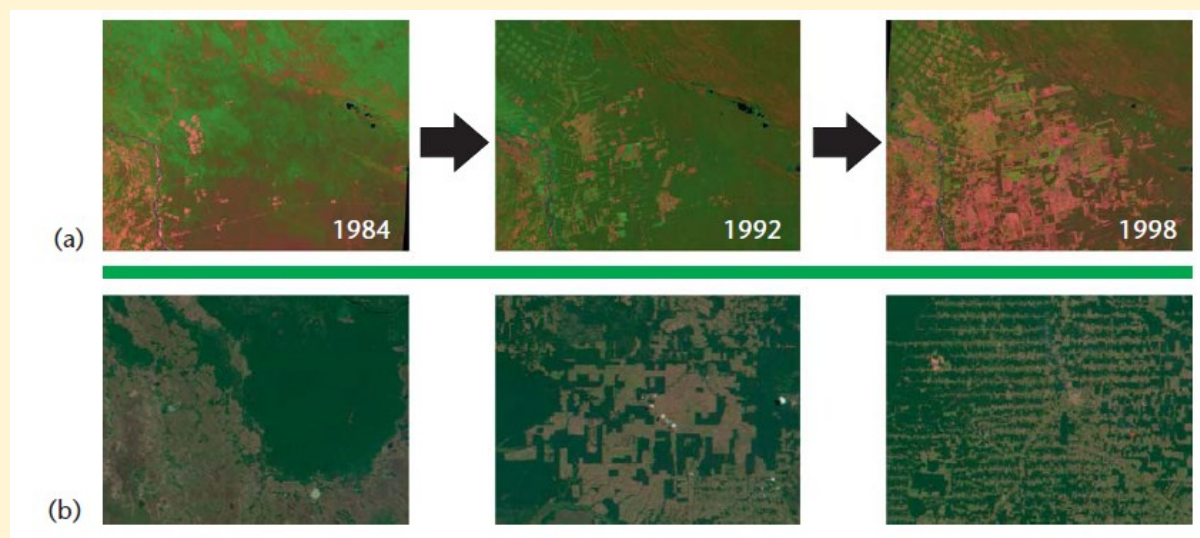


Figura 10 Pierderea și fragmentarea habitatelor naturale într-un interval de 64 ani (Australia de vest, după Saunders, 1993)



Definirea fenomenului de fragmentare a habitatelor. a) fragmentarea ca proces ; b) fragmentarea ca model (pattern).

Fragmentarea ca proces : întregul proces spațio-temporal prin care pierderea de habitate duce la divizarea habitatului inițial în petice de mici dimensiuni, izolate prin alte habitate care formează o matrice. Fragmentarea ca model : doar diferențele care apar datorită aranjării spațiale diferite a fragmentelor de habitat care au rămas în cadrul complexului de ecosisteme. (Imaginile satelitare arată fragmentarea habitatelor în Santa Cruz, Bolivia, 2001. <http://visibleearth.gov>)

Consecințele biologice/ecologice ale fragmentării sunt:

- ⌘ **Excluderea și extincția.** Dispariția populațiilor/speciilor în ariile pierdute (deteriorate)= excluderea inițială. Multe specii au populații cu distribuție relativ restrânsă, cazuri în care fragmentarea habitatului conduce în cele din urmă la extincția speciei.
- ⌘ **Efectul de aglomerare.** Când porțiuni ale habitatului se pierd, populațiile acestora caută să se refugieze în porțiunile rămase. Ca urmare, într-o primă fază, abundența crește abrupt. Creșterea este urmată de o prăbușire puternică a efectivelor, mai ales în cazul existenței unor efecte dependente de densitate.
- ⌘ **Efectul de “insularizare”.** Ariile restrânse nu pot găzdui speciile care au nevoie de zone largi pentru a trăi - de exemplu râsul are nevoie de 10 - 200km².

Să ne reamintim !

- ☞ **Scara spațială locală (populațională)** este cea în care indivizii din cadrul populației se deplasează și interacționează permanent.
 - ☞ **Scara spațială metapopulațională** este spațiul în care indivizii se mișcă cu frecvență redusă, de la o populație locală la alta, traversând porțiuni de habitat nefavorabile.
 - ☞ **Scara spațială geografică** se referă la întregul areal al unei specii.
-

Heterogenitate vs. fragmentare- acest lucru este dificil de diferențiat, deoarece complexe de ecosisteme sunt prin ele însele mozaicuri și gradient create de perturbații naturale, ceea ce înseamnă că sunt heterogene prin natura lor.

Această heterogenitate este tocmai cea care conduce la distribuția speciilor sub formă de metapopulații. Sau, altfel spus, speciile se adaptează natural la heterogenitate.

Prin contrast, fragmentare înseamnă împărțire, adică tocmai separarea populațiilor din cadrul unei metapopulații.

Se observă că nu întotdeauna sunt simplu de deosebit heterogenitatea de fragmentare.

„Permeabilitatea” complexelor de ecosisteme este importantă pentru specii cu nevoi de suprafețe mari și cu densități reduse (de exemplu carnivorele mari din zona temperată). Indivizii unor astfel de specii trebuie să poată deplasa liber pe întreaga suprafață a complexului de ecosisteme, ceea ce înseamnă că orice obstacol, adică orice fragmentare scade șansele de supraviețuire.

Ecologii dar și inginerii au ajuns la concluzia că efectele de fragmentare generate de construcții trebuie combătute pentru a se asigura starea ecologică favorabilă a populațiilor speciilor. S-a născut astfel o știință aparte, aflată încă la început numită de unii “ingineria defragmentării”.

Dintre obiectele mai des realizate pentru combaterea fragmentării se pot cita:

- ☞ Pod înierbat între două blocuri de pădure, destinat trecerii carnivorelor mari
- ☞ Porți în garduri pentru animale sălbatice

- ♻ Ecoducte, adică un fel de prelungiri ale porțiunilor de habitat fragmentate, cum ar fi ecoductul De Woeste Hoeve peste autostrada A50 din Olanda.

Măsurile de diminuare a fragmentării habitatelor sunt utile dacă sunt prevăzute încă din faza de proiectare a drumurilor, autostrăzilor sau altor obiective de infrastructură cu impact asupra naturii. Aceste pasaje de trecere pot avea diferite funcții:

- coridor de conectare a fragmentelor de habitat (facilitează dispersia indivizilor)
- coridor de asigurare a rutelor de migrație
- coridor de asigurare a mișcărilor zilnice între adăposturi și sursele de hrană
- prevenirea accidentării animalelor care traversează șoseaua
- crearea de noi fragmente de habitat care să le înlocuiască pe cele distruse



Figura 11 Fragmentarea habitatelor după Bekke, 2003 (Habitat fragmentation due infrastructure, ICOET Proceedings, Netherlands)

Pe baza constatărilor legate de fenomenul fragmentării habitatelor s-au dezvoltat cercetările privind dinamica metapopulațiilor. Multe specii care aveau o distribuție spațială continuă prezintă o structură metapopulațională determinată de fragmentarea habitatelor. Înțelegerea dinamicii populațiilor fragmentate este vitală pentru prevenirea extincției.

În managementul conservării, având în vedere impactul fragmentării habitatelor asupra metapopulațiilor, s-au identificat câteva aspecte de care trebuie să se țină seama (Hanski, 1997):

- dacă deteriorarea habitatelor continuă, va avea loc cu siguranță extincția metapopulațiilor
- procesul de extincție al unei metapopulații durează ceva timp astfel încât se pot lua unele măsuri care să faciliteze recolonizarea
- nu se ajunge niciodată la o stare de echilibru

- trebuie conservate oricât de multe fragmente este posibil
- nu contează dacă sunt multe fragmente dacă distanța dintre ele este mare: recolonizarea nu poate avea loc și nu se manifestă nici efectul de salvare
- distanța nu este singurul factor care afectează posibilitățile de migrație; sunt foarte importante caracteristicile terenului și prezența coridoarelor de migrație
- de asemenea, dacă fragmentele sunt foarte apropiate este posibil ca ele să manifeste o dinamică sincronă (ceea ce înseamnă că pot avea loc aceleași fenomene negative în toate fragmentele); prevenirea acestei dinamici sincrone se poate face prin conservarea mai multor feluri de fragmente, chiar dintre cele de o calitate mai slabă
- dacă recolonizarea are loc pe parcursul a câtorva generații atunci metapopulația are șanse să se mențină
- este importantă dimensiunea fragmentelor deoarece probabilitatea demografică poate duce la extincția speciilor cu o rată reproductivă redusă
- fragmentele mari sunt valoroase pentru că au populații mari, cu potențial de emigrare

Cercetările privind metapopulația au aplicabilitate în managementul resurselor biologice. Exploatarea heringului (*Clupea harengus*) în Atlanticul de Nord a determinat derularea unor studii privind estimarea capacității productive a ecosistemelor marine de la coastele norvegiene (Defeo și Cansado, 2015). A fost investigată o populație locală de hering care se hrănește și se reproduce într-un ecosistem marin semi-închis (fiord) care este legat de un alt fiord doar printr-o strâmtoare îngustă. Înregistrările acustice și probele de pescuit au arătat că există indivizi din două metapopulații, la un moment dat, în aceeași zonă de depunere a icrelor. Cele două metapopulații au fost identificate datorită structurii pe vârste diferită, deși indivizii se aflau în același stadiu de maturare a gonadelor. S-a considerat astfel că are loc interfecundarea celor două metapopulații provenite din habitate diferite.



4.3. Rezumat

Fenomenul larg răspândit astăzi, al fragmentării habitatelor naturale, afectează multe specii, accentuându-le declinul. Înțelegerea structurii metapopulaționale a speciilor/populațiilor este o necesitate pentru găsirea celor mai potrivite căi de stopare a declinului. Structura metapopulațională asigură menținerea speciilor datorită capacității acestor populații locale de a se reface prin emigrații și imigrații de indivizi.

Mozaicul format din fragmente (petice) de habitate reprezintă cadrul geografic al dezvoltării și menținerii metapopulațiilor iar păstrarea unor coridoare de legătură între fragmente este vitală pentru supraviețuirea populației.

Multe specii au populații cu distribuție relativ restrânsă, cazuri în care fragmentarea habitatului conduce în cele din urmă la extincția speciei. Când porțiuni ale habitatului se pierd, populațiile acestora caută să se refugieze în porțiunile rămase. Ca urmare, într-o primă fază, abundența crește abrupt. Creșterea este urmată de o prăbușire puternică a efectivelor, mai ales în cazul existenței unor efecte dependente de densitate.



4.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

- O perdea forestieră este un gard viu sau un coridor?
- Dați exemple de fragmentare a habitatelor caracteristice pentru carnivorele mari din România (Cele mai bune practici și acțiuni demonstrative pentru conservarea populației de *Ursus arctos* din zona central-estică a Carpaților Orientali - LIFEURSUS, 2014
http://ec.europa.eu/environment/life/toolkit/comtools/resources/documents/afterLIFE_ConservPlan_lifeplus.pdf)



4.5. Bibliografia recomandată

Botnariuc N., Vadineanu A. 1982 Ecologie. Edit. Didactică și Pedagogică, București, (Capitolul Ecologia populației -pp. 205-265)

Cogălniceanu D. 1999 Managementul capitalului natural. Univ. București, Edit. Ars Docendi (cap 4 Diversitatea genetică pp 46-56; cap. 9 Fragmentarea habitatelor naturale pp 105-121; cap.10 Introducerea de noi specii pp 122-129)

PARAMETRII STRUCTURALI AI POPULAȚIEI

CAPITOLUL 5 DISTRIBUTIA SPATIALA. CONTINUTUL INFORMATIONAL AL DISTRIBUTIEI SPATIALE STRUCTURA PE VARSTE. PIRAMIDE ALE VARSTELOR. STRUCTURA GENETICA, POLIMORFISMUL GENETIC, STRUCTURA PE SEXE



5.1. Introducere

Una din problemele centrale ale ecologiei este explicarea modului în care condițiile de mediu și procesele populaționale determină abundența și distribuția speciilor. Aceste două caracteristici ale speciilor, abundența și distribuția sunt strâns legate atât la nivel local (mozaicul de habitate sau fragmente de habitate) cât și la nivelul unei provincii geografice. Distribuția spațială a indivizilor unei populații este dinamică, depinzând de o sumă de condiții de mediu.

În natură, populațiile diferitelor specii sunt mai ușor sau mai greu de identificat. Speciile sesile (fixate de substrat) sunt vizibile iar indivizii pot fi numărați. Este cazul moluștelor lamelibranhiate sau al crustaceelor cirripede.

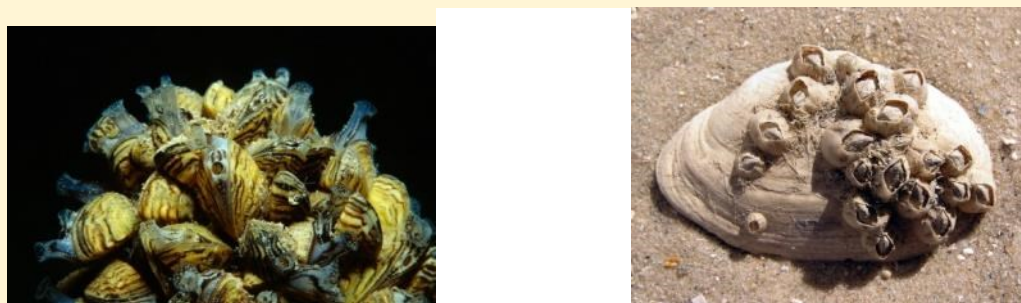


Figura 12 Aglomerare de *Dreissena polymorpha* Crustace cirripede (sursă Ș US Fish and Wildlife Service, 2011)

Populațiile speciilor foarte mobile necesită metode speciale pentru a putea fi observate iar indivizii să fie numărați.

În funcție de biologia speciei, populațiile pot avea, în același timp, indivizi de vârste diferite. Structura pe vârste a populației ne oferă nu doar o imagine la un moment dat dar și perspectiva populației: un număr mare de indivizi tineri arată un viitor potențial reproductiv iar dominanța indivizilor bătrâni arată un viitor potențial reproductiv redus.

Din punct de vedere genetic populațiile sunt cel mai adesea polimorfe. Cea mai simplă caracterizare genetică este dată de raportul dintre sexe (sex ratio).

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 4 ore



5.2. Conținut

5.2.1. Distribuția spațială a populației

Distribuția spațială a unei populații este un parametru de stare ce oferă informații care caracterizează procesele ecologice la care această este parte.

În detaliu, semnificația ecologică a distribuției spațiale constă în reflectarea informațională a organizării interne a populației și a relațiilor sale cu componentele biotice și abiotice ale ecosistemului.

Distribuția spațială a populației nu trebuie confundată cu distribuția spațială a speciei: specia este prezentă în arealul său prin populații care sunt distribuite în funcție de relief, condiții climatice locale, disponibilitatea resurselor trofice, existența culoarelor de migrație.

Populațiile speciilor sedentare pot avea un model mai stabil de distribuție în comparație cu speciile mobile. Totuși, s-a demonstrat, în cazul populațiilor de arbori, existența unei tendințe de rărire naturală a distribuției indivizilor, în timp, pornind de la un model mai grupat. Odată cu îmbătrânirea și creșterea diametrului trunchiului arborilor, pădurile din zonele temperate devin mai rarefiate. Se știe astăzi că nativii nord-americani obișnuiau să defrișeze pădurile bătrâne, sărace în vânat, pentru a favoriza întinerirea acestora și îmbogățirea lor în vânat.

În cele mai multe cazuri, populațiile plantelor superioare au o răspândire determinată de factori abiotici (disponibilitatea resurselor) și factori biotici (competiția, consumul ierbivorelor)

În general, populațiile naturale pot avea distribuție spațială: (i) **întâmplătoare**, (ii) **uniformă** sau (iii) **grupată** – vezi Figura 13.

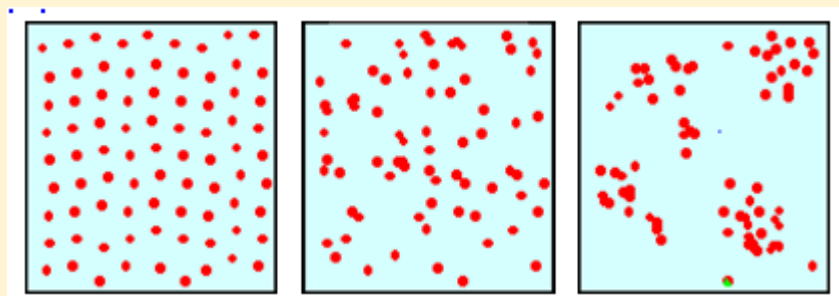


Figura 13 Distribuție spațială: (i) întâmplătoare, (ii) uniformă, (iii) grupată

În cercetarea de teren, ecologul este interesat de densitatea indivizilor care formează o populație și de modul în care aceștia sunt răspândiți pe unitatea de suprafață sau volum (modelul de dispersie). Desigur, nu este posibil ca în natură să fie identificați și numărați toți indivizii astfel încât se folosesc metode de probare (sampling) prin care se extrage doar un număr de indivizi, de mai multe ori iar rezultatele se extrapolează la întreaga populație.

Procesul de probare este folosit în analiza statistică în care, un număr predeterminat de observații provine dintr-o populație. Metodologia de probare depinde de tipul de analiză care urmează a fi folosită și poate fi randomizată sau sistematică.

O probă este o parte dintr-un întreg. De exemplu, dacă urmărim estimarea unei populații de libelule trebuie să avem în vedere atât adulții care sunt foarte mobili cât și larvele care sunt mult mai puțin mobile și trăiesc în mediul acvatic. Astfel, se vor captura adulți, cu fileul entomologic (plasa de fluturi) de pe o suprafață stabilită sau într-un interval de timp (ori se pot observa și număra, fără a fi capturați). Larvele nu pot fi văzute așa că se va extrage o cantitate de sediment (de obicei măr) sau plante acvatice dintr-un corp de apă și se vor alege organismele care interesează, dintre toate organismele capturate.

Probarea se poate efectua într-un pătrat, de-a lungul unei linii (transect) sau sub formă de ploturi (probe mai mici care să acopere randomizat o suprafață mare).

O distribuție (dispersie) **întâmplătoare** înseamnă că există aceeași probabilitate, pentru orice individ, de a fi găsit în orice loc din habitat; prezența unui individ nu influențează prezența altui individ.

O distribuție (dispersie) **grupată** înseamnă că prezența unui individ într-un anumit loc din habitat determină cu o probabilitate mai mare prezența unui alt individ lângă el.

O distribuție (dispersie) **uniformă** înseamnă că indivizii manifestă comportament teritorial sau că resursele sunt limitate.

Care model de distribuție este cel mai frecvent în natură și de ce?

După prelucrarea probelor se calculează media de indivizi per probă și deviația standard de la medie. Cu aceste două valori se poate stabili rapid modelul de distribuție spațială :

Coeficientul de dispersie $CD = SD^2/M$

dacă $CD \ll 1$ distribuția este uniformă

dacă $CD \gg 1$ distribuția este randomizată

dacă $CD \gg 1$ distribuția este grupată

Cât de mare ar trebui să fie o probă pentru a fi relevantă? Desigur, cu cât o probă este mai mare există mai multe șanse ca ea să cuprindă un număr relevant de indivizi dar, în același timp este mai costisitoare și necesită mai mult timp pentru prelucrare. Pentru a stabili numărul optim de probe necesare pentru obținerea unei imagini corecte a unei populații se construiește o curbă de acumulare, pe baza probelor prelevate și a indivizilor identificați în fiecare probă: pe axa ox se marchează numărul de probe iar pe axa oy numărul mediu de indivizi per probă. Cu cât crește numărul de probe va crește și numărul de indivizi dar numai până la un moment dat când se va observa o plafonare a curbei obținute; acel punct arată că oricât de multe probe se vor lua în continuare, numărul de indivizi nu va mai crește semnificativ.

i. Distribuție spațială întâmplătoare

Indivizii unei populații au distribuție spațială **întâmplătoare** atunci când poziția în spațiu a fiecărui individ este independentă de poziția celorlalți indivizi. Datorită modului de organizare a populațiilor naturale și relațiilor pe care acestea le au cu alte populații sau factorii abiotici din cadrul ecosistemelor, această condiție este rar îndeplinită în natură. În cazul unei populații cu efectiv mare, ocupând un spațiu restrâns, ai cărei indivizi au o

mobilitate mare, se poate considera că fiecare individ se poate afla în orice punct în spațiu, ceea ce ar corespunde unei distribuții întâmplătoare.

Astăzi se consideră că indivizii oricăror populații prezintă un anumit model de distribuție care este determinat de factori de control interni și externi.

ii. Distribuție spațială **uniformă**

Dacă indivizii unei populații sunt distribuiți în spațiu la distanțe egale cu o probabilitate mai mare decât cea care corespunde întâmplării spunem ca populația este distribuită **uniform**. Acest tip de distribuție poate fi întâlnit la populațiile animale cu comportament de teritorialitate și care populează medii relativ omogene și la o serie de populații vegetale în interiorul ora competiția pentru spațiu este severă.

Distribuția uniformă evocă:

- ☞ Mediu omogen;
- ☞ Comportament teritorial ;
- ☞ Asocierea acestor două elemente (mediu și comportament).

Se consideră că între indivizi se dezvoltă relații de antagonism iar resursele locale sunt insuficiente.

iii. Distribuție spațială **grupată**

Distribuția grupată ar indica o viață socială dezvoltată pe un anumit comportament legat de reproducere, anumite particularități ale pantei (depunerea grupată a pantei), transportul pasiv dar orientat în lungul anumitor gradienti, al semințelor la plante sau al pantei și al indivizilor din primele stadii de dezvoltare la animale sau un comportament colectiv de apărare și căutare a hranei.

Distribuția grupată s-ar putea datora faptului ca organismele pot răspunde activ la heterogenitatea mediului, evitând zonele în care valorile factorilor de mediu se îndepartează de la optimul caracteristic speciei, aglomerându-se în zonele în care valorile factorilor sunt aproape de optim.

Competiția între diferite populații naturale asociată cu heterogenitatea mediului conduce la o grupare a indivizilor în zonele în care fiecare din acestea sunt avantajate.

Distribuția grupată evocă:

- ∞ O viață „socială” dezvoltată;
- ∞ Un anumit comportament legat de reproducere, particularități ale ponteii, comportament colectiv de apărare, cautare a hranei;
- ∞ Faptul că organismele răspund activ la un mediu heterogen;
- ∞ Existența unei competiții semnificative între populații.

Determinarea tipului de distribuție spațială se face prin metode de analiză statistică a datelor empirice rezultate din analiza unităților de probă. Modelele de distribuție pot varia în funcție de scara spațială considerată.

Distribuția spațială a populațiilor se caracterizează printr-o dinamică temporală și determină distribuția spațială a speciilor. Este bine studiat cazul fluturelui monah, *Danaus plexippus*, care efectuează migrații de 3.000 km între Munții Stâncoși și coastele Californiei, pentru iernare. Milioanele de exemplare care pleacă toamna spre sud caută, la destinație, pâlcurile de pin de Monterrey (*Pinus radiata*), rămășițe ale pădurilor de altădată.



Figura 14 după Jepsen et coll., 2015 (Jepsen S. et coll., 2015 Conservation status and ecology of the monarch butterfly in the USA. The Xerces Society for invertebrate conservation. Portland, Oregon

5.2.2. Conținutul informațional al distribuției spațiale

Densitatea populației este un important indicator ecologic al distribuției spațiale a indivizilor, al dinamicii mărimii populației și al manifestării selecției naturale. Oferta unui habitat pentru hrană și adăpost poate fi judecată prin densitatea medie a populației.

La densități mari, indivizii multor populații manifestă un comportament specific, determinat hormonal care se exprimă prin migrații în masa. Invers, reducerea densității induce creșterea ratei natalității.

Fiecare specie, în raport cu modul ei de viață (sesile, mobile, migratoare etc.) are un optimum al densității și anumite limite în privința fluctuațiilor densității.

Densitatea indivizilor unei populații poate fi determinată de productivitatea habitatului în care trăiește acea populație dar și de o multitudine de alți factori. Modelul de distribuție a indivizilor reflectă limitările impuse de toți acești factori. O densitate mare a indivizilor nu arată neapărat o mare disponibilitate a resurselor trofice, aceasta poate fi legată de o anumită heterogenitate a ecosistemului în privința habitatelor accesibile.

Pe de altă parte, fiecare specie are particularități comportamentale și adaptative care se reflectă la nivelul populațiilor. Astfel, unele specii de țestoase sunt capabile să identifice o baltă de la peste 300 m distanță, orientându-se după lumina polarizată. Habitatul de baltă atrage indivizii și aceștia pot forma o aglomerare, respective pot atinge o anumită densitate. Alte specii nu au această abilitate: șoareci de pădure identifică habitatul optim doar de la cel mult 30 m distanță. Multe insecte nu pot detecta vizual fragmentele favorabile de habitat, detectarea se bazează doar pe semnale chimice iar acestea depind de condițiile meteo. Din aceste exemple reiese că interpretarea valorilor de densitate observată în natură trebuie să țină seama de foarte mulți factori, atât interni, proprii populației cât și externi.

În practică, estimarea densității populaționale și a biomasei indivizilor este importantă pentru calcularea stocurilor exploatabile (pești, moluște, crustacee) la o scară spațială mare. Densitatea se estimează prin raportare la o suprafață care este traulată (se folosește o plasă tip traul care se menține la o anumită adâncime și care capturează toate organismele care nu pot trece prin ochiurile plasei). Se aplică apoi, pentru stabilirea erorilor, calculul varianței probărilor. În final este realizată strategia de exploatare.

Urmărirea variațiilor densității populației, anual sau în diferite sezoane, poate oferi date privind așa numitele habitate de supraviețuire, zone în care indivizii se mențin în perioadele nefavorabile. De exemplu, pentru rozătoare, care au o fecunditate deosebită, aceste habitate de supraviețuire nu depășesc 3-10% din suprafața pe care sunt răspândiți indivizii. Identificarea acestor habitate este foarte utilă pentru agricultură sau silvicultură: controlul speciilor dăunătoare se face în aceste zone, ceea ce este economic și previne contaminarea întregului areal.

Să ne reamintim !

Consecințele biologice ale fragmentării sunt:

- ☞ Excluderea și extincția
- ☞ Dispariția populațiilor/speciilor în ariile pierdute (deteriorate)= excluderea inițială

- ∞ Multe specii au populații cu distribuție relativ restransă, cazuri în care fragmentarea habitatului conduce în cele din urmă la extincția speciei
- ∞ Ariile restrânse nu pot găzdui speciile care au nevoie de zone largi pentru a trăi - de exemplu râsul are nevoie de 10 – 200 km²

5.2.3. Structura pe vârste a populației

Structura pe vârste este un parametru definit de:

- ∞ numărul claselor de vârstă;
- ∞ amplitudinea claselor de vârstă;
- ∞ distribuția efectivului populației pe clase de vârstă.

Durata ciclului de dezvoltare și în consecință a fiecărei clase de vârstă variază în cadrul aceleiași specii de la o populație la alta și la aceeași populație.

Determinarea vârstei este o problemă practică importantă, existând metode pentru diferiți taxoni:

- ∞ Numărarea inelelor diferențiabile la solzi - în special dar și folosind otolitele sau alte părți ale corpului -cazul peștilor- vezi [38];
- ∞ Numărarea inelelor diferențiabile la cochilie - cazul bivalvelor –vezi [31];
- ∞ Măsurarea dimensiunii capsulei cefalice-cazul chironomidelor;
- ∞ Numărarea inelelor de creștere-cazul arborilor.

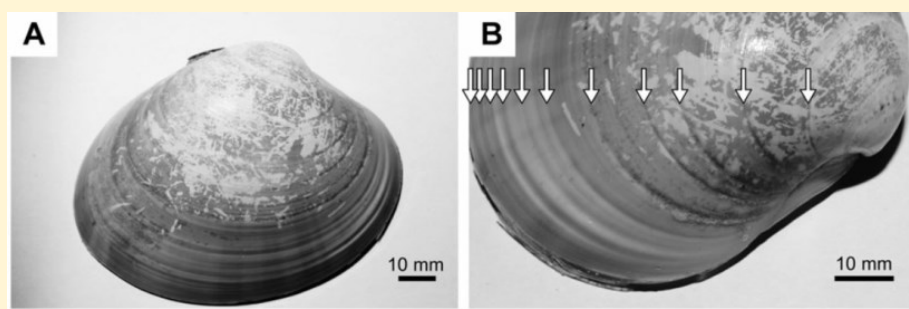


Figura 15 Numărarea inelelor diferențiabile la cochilie - cazul bivalvelor – reprodus după: [31]

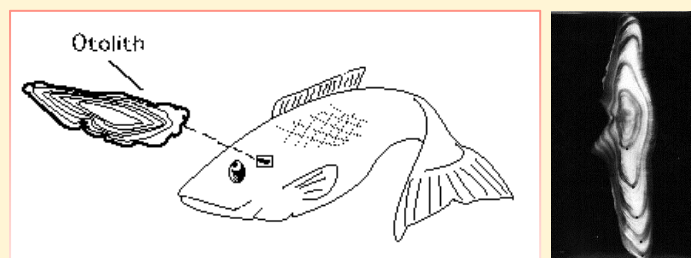


Figura 16 Utilizarea otolitelor pentru determinarea vârstei peștilor (o linie = un an) - reprodus după: [24]

O variabilă importantă caracteristică a structurii pe vârste este **amplitudinea**, aceasta variază în cadrul aceleiași specii de la o populație la alta în funcție de parametrii de mediu.

În privința efectivului populației pe clase de vârstă s-ar putea diferenția din punct de vedere teoretic trei situații distincte, dintre care numai una este întâlnită la populațiile naturale:

- populația își modifică mărimea exponențial, ceea ce conduce la o distribuție stabilă pe clase de vârstă (teoretic);
- mărimea populației s-ar prezenta constantă pe structura sa (ipotetic) ;
- în raport cu presiunea mediului proporțiile indivizilor pe clase de vârstă se modifică în limite largi (întâlnit în realitate).

În cazul în care populația și-ar modifica mărimea după o curbă exponențială s-ar realiza o distribuție stabilă pe clase de vârstă, presupunere nerealistă pentru populațiile naturale. Foarte rar o populație are o distribuție stabilă pe clase de vârstă, deoarece nu își desfășoară activitatea într-un mediu nelimitat sau constant.

În distribuția efectivului pe clase de vârstă se pot distinge trei situații distincte:

Cazul 1 –teoretic

- ∞ populația își modifică mărimea exponențial, rezultând o distribuție stabilă pe clase de vârstă;
- ∞ foarte rar însă o populație are o structură stabilă pe clase de vârstă.

Cazul 2-ipotetic

- ∞ mărimea populației ar avea o structură constantă;
- ∞ rata mortalității = rata natalității ;
- ∞ discutată ipotetic, arată compoziția pe vârste la o anumită rată a mortalității.

Cazul 3 – al populațiilor naturale

- ∞ în raport cu presiunea mediului proporțiile indivizilor pe clase de vârstă se modifică în limite largi;
- ∞ distribuția indivizilor pe clase de vârstă se reprezintă pentru fiecare moment de prelevare a probelor;

se reprezintă grafic prin piramide ale vârstelor.

Numai atunci când o specie pătrunde într-un ecosistem nou, populația care o reprezintă are în prima fază o creștere numerică exponențială și s-ar putea vorbi pe un interval relativ scurt de timp, de o distribuție stabilă pe clase de vârstă.

Dacă mărimea populației s-ar menține la o valoare constantă, atunci rata globală a mortalității ar egala rata natalității și rata intrinsecă de creștere ar fi nulă.

În aceste condiții s-ar realiza o distribuție staționară pe vârste. Distribuția staționară pe clase de vârstă este discutată de regulă doar ipotetic, ea arătând care ar fi compoziția pe vârste a populației la o **anumită** rată a mortalității, dacă rata natalității ar egala-o.

În cazul populațiilor naturale, în raport cu presiunea mediului, proporțiile indivizilor pe clase de vârstă se modifică în limite largi de la un moment la altul, distribuția pe **clase** de vârstă reprezentând elementul cel mai sensibil al structurii pe vârste.

Analiza unităților de probă prelevate cu frecvență stabilită, precum și determinarea vârstei pe căi diferite, în funcție de grupul cărora le aparțin, va permite estimarea mărimii populației și respectiv distribuția indivizilor pe clase de vârstă la diferite momente de timp.

Distribuția indivizilor pe clase de vârstă se reprezintă grafic pentru fiecare prelevare a probelor, plasând pe ordonată clasele de vârstă cu amplitudinile corespunzătoare, iar pe abscisă proporția de indivizi caracteristică vârstei respective.

Structura pe vârste - Cazul plantelor

Populațiile animale sunt de obicei structurate pe vârstă. Vârsta însă nu este atât de importantă la plante. Pentru o serie de specii de plante, în special cele perene, habitusul unei plante (modul în care arată, în ansamblu) nu este atât de dependent de vârsta absolută, cât mai degraba de mărimea sa sau de stadiul de creștere.

De exemplu, pentru a caracteriza cu acuratețe pe baza structurii pe vârste starea unei populații de stejar, care include indivizi de până la 300 de ani, conform teoriei demografice clasice, intervalele de vârste trebuie să fie de un an fiecare. Structura pe clase /vârste în acest caz este lipsită de utilitate. Un alt exemplu este că 75% din stejarii crescuți după defrișarea unei păduri au luat naștere cu 40 de ani în urmă, pe rădăcinile arborilor tăiați. Se presupune

că plantulele acestea au rămas supresate într-un stadiu de vârstă incipient, datorită unor factori ca pășunatul, tasarea solului și condițiile nefavorabile de creștere.

Plantele au modele de creștere foarte flexibile. Pot să piardă anumite părți și se pot reduce de la an la an, pot trece prin ani de hibernare, sau pot să nu apară deasupra solului într-un anumit an. Plantele pot avansa direct la unele stadii, pot rămâne în același stadiu sau pot să existe reveniri la anumite stadii.

In cazul plantelor, dimensiunea individuală și numărul acestora sunt mult mai importante decât structurarea pe vârste.

Structura pe vârste- alternative

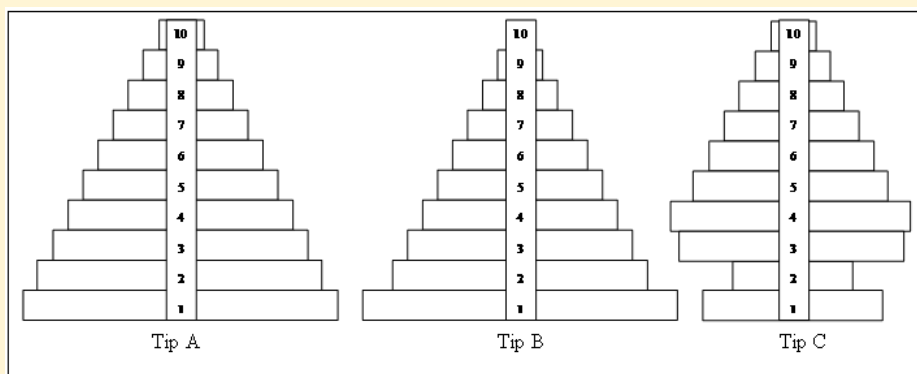
O altă alternativă la distribuția pe clase de vârstă sau stadii de dezvoltare este **structura pe dimensiuni**. Aceasta analiză se aplică în cazul populațiilor pentru care este dificilă, irelevantă sau nu se pot determina vârsta și stadiul de dezvoltare, sau chiar în cazul plantelor care pot nu numai să regenereze, dar în cadrul aceluiași stadiu de vârstă își pot schimba semnificativ dimensiunile. Alegerea între gruparea indivizilor bazată strict pe varsta, dimensiune sau cea pe baza stadiilor de creștere și dezvoltarea sau un hibrid al acestor metode este dependentă în mare măsură de specia studiată (Begon și Mortimer, 1986).

De exemplu, în cazul oligochetelor nu este posibilă estimarea vârstei pe baza criteriilor de morfologie externă și, în plus, structura pe dimensiuni nu coincide cu structura reală pe vârste. Acest lucru se datorează faptului că distribuția de frecvențe a greutateilor individuale prezintă un domeniu foarte larg de variație nu numai pentru adulți (ca urmare a faptului că fiecare individ participă de mai multe ori la procesul de reproducere și după reproducere are loc absorbția structurilor genitale și regresia biomasei) ci și pentru juvenili. Pentru stabilirea grupelor de dimensiuni în cazul acestor populații adesea este folosită drept criteriu lățimea segmentului VII (Lazim și Iearner, 1986), criteriu folosit pentru caracterizarea populațiilor dominante de oligochete din sectorul inferior al Dunării (Rașnoveanu și Vadineanu, 2000).

5.2.4. Piramida vârstelor

Distribuirea pe clase de vârstă a indivizilor unor specii se regăsește în piramida vârstei. Aceste piramide sunt de trei feluri : tipul A, având la bază un număr mare de tineri, caracteristic pentru populațiile în creștere rapidă; tipul B, având un număr de tineri mai mic,

cu o evoluție mai lentă; tipul C, cu un număr de tineri mai mic decât cel al maturilor, reprezentând o populație în declin.



Piramida vârstelor este foarte utilă în prognozarea dinamicii populației. De pildă, în acțiunile de management ale unor specii de mamifere amenințate este necesară cunoașterea structurii pe vârste la un moment dat și compararea cu un model teoretic.

5.2.5. Structura genetică

Structura genetică și mai ales modificarea sa în timp reprezintă principala cale de estimare cantitativă a ratei transformărilor adaptative și a posibilităților de răspuns ale populațiilor naturale la modificările presiunii mediului.

În studiile de ecologie acest parametru este redus numai la aspectele sale principale și este reprezentat de structura pe sexe.

Diferențierea pe sexe reprezintă una din expresiile polimorfismului genetic.

Pentru caracterizarea dinamicii populațiilor naturale cu reproducere sexuată este obligatoriu să se cunoască proporția de reprezentare a celor două sexe în cadrul fiecărei populații, precum și măsura în care acest raport se menține stabil sau se modifică în timp în favoarea sau în detrimentul femelelor.

Acest lucru este important pentru că rata intrărilor de indivizi în populație prin reproducere este determinată de numărul de femele și prolificitatea acestora.

La majoritatea organismelor superioare dimorfismul sexual se bazează pe diferențierea genetică și morfologică a unei singure perechi de cromozomi, denumiți cromozomi ai sexului.

La multe specii sexul este determinat cromozomial, femela conține garnitură dublă de cromozomi și o pereche de cromozomi x, iar masculul o pereche de cromozomi xy.

În condiții normale, atât cromozomul x cât și cel y conțin gene care reprezintă gene și conferă o anumită orientare în producerea unui tip de gameți, realizându-se în felul acesta un raport echilibrat (1:1).

La alte specii sexul este determinat genic și acest mecanism de determinare se caracterizează printr-o mare labilitate în raport cu factorii de mediu.

Pentru populațiile acestor specii este de așteptat ca în funcție de fluctuațiile factorilor de mediu să se producă transformarea sexului și să înregistrăm fluctuații ale raportului pe sexe.

Structura genetică reprezintă estimarea cantitativă a ratei transformărilor adaptative la care se adaugă posibilitățile de “răspuns” ale populației.

În studiile de ecologie **structura genetică s-a redus la structura pe sexe**, ca expresie a polimorfismului genetic.



5.3. Rezumat

Distribuția populației are un bogat conținut informațional. Distribuția întâmplătoare apare la nivelul populațiilor cu efective mari cu mobilitate mare; fiecare individ se poate afla în orice punct în spațiu. Distribuția grupată arată viața socială dezvoltată, un anumit comportament legat de reproducere, particularități ale pondei, comportament colectiv de apărare, căutare a hranei; organismele răspund activ la un mediu heterogen. Distribuția uniformă arată un mediu omogen și comportament teritorial.

Structura pe vârste a populației este definită de: numărul claselor de vârstă, amplitudinea claselor de vârstă, distribuția populației pe clase de vârstă. Intervalul dintre generații este pur și simplu intervalul de timp dintre apariția unor indivizi și apariția urmașilor acestora. Cu cât intervalul dintre generații este mai scurt, cu atât populația va crește mai repede. De menționat că în cazul speciilor la care indivizii se pot reproduce mai mult decât o dată în viața lor, apar suprapuneri între generații, ceea ce înseamnă că, de fapt, cohortele parentale și cele generate pot trăi simultan cu cele ale progeniturilor și pot chiar concura între

ele. Altfel spus, în cazul când speranța de viață este mai mare decât intervalul dintre generații, generațiile se vor suprapune.

Structura genetică a populației este reflectată de polimorfismul genetic. Structura genetica înseamnă estimarea cantitativa a ratei transformărilor adaptative posibilitățile de “raspuns” ale populației. În studiile de ecologie s-a redus la structura pe sexe, ca expresie a polimorfismului genetic.



5.4. Test de autoevaluarea a cunoștințelor

- Ce semnifică o distribuție grupată a unei populații de rozătoare?
- Cum arată o piramidă a vîrstelor pentru o populație de mamifere mari?



5.5. Bibliografie recomandată

Botnariuc N., Vadineanu A. 1982 Ecologie. Edit. Didactică și Pedagogică, București, (Capitolul Ecologia populației -pp. 205-265)

Cogălniceanu D. 1999 Managementul capitalului natural. Univ. București, Edit. Ars Docendi (cap 4 Diversitatea genetică pp 46-56; cap. 9 Fragmentarea habitatelor naturale pp 105-121; cap.10 Introducerea de noi specii pp 122-129)

Botnariuc N. 1999 Evoluția sistemelor biologice supraindividuale. Edit. Universității din București (cap. 1.2. Însușiri ale sistemelor biologice pp 10-21; cap. 1.4. Categori de ierarhii în lumea vie pp 23-40; cap. 3 Evoluția organizatorică a populației pp 58-89)

CAPITOLUL 6. DENSITATEA POPULAȚIEI. FORME DE EXPRIMARE A MĂRIMII POPULAȚIEI. METODE DE ESTIMARE A DENSITĂȚII ORGANISMELOR MOBILE. METODE INDIRECTE DE ESTIMARE A DENSITĂȚII POPULAȚIILOR.



6.1. Introducere

Populația umană a depășit 7,3 miliarde persoane și se estimează pentru 2025 cca 8,1 miliarde. Avem date destul de exacte privind populațiile de carnivore mari din România – urs (7.000 – 8.000 exemplare), lup (4.000 exemplare), râs (2.000 exemplare), știm că în Filipine mai trăiesc doar 100 de bivoli de apă iar pe insula Vancouver doar 75 marmote. Dacă avem o aproximare acceptată de specialiști a numărului de specii de pe planetă în schimb cunoaștem foarte puțin despre mărimea populațiilor acestor specii. Unele sunt foarte numeroase și nu dau semne că ar fi în pericol, altele însă se diminuează pe zi ce trece.

Mărimea și densitatea populațiilor sunt cele mai importante valori statistice folosite în ecologia populațiilor. Mărimea unei populații se referă la numărul total de indivizi (N) care o compun iar densitatea se referă la numărul de indivizi de pe o suprafață dată sau dintr-un volum. Populațiile mai mari sunt mai stabile, cele mici, datorită variabilității genetice reduse au o capacitate mai slabă de a se adapta la modificările mediului.

Organismele de mici dimensiuni au populații cu o densitate mare iar cele de mari dimensiuni au populații cu densitate mică.

Ecologia a dezvoltat teorii și tehnici de estimare a mărimii populațiilor ca o necesitate practică legată de nevoia de resurse biologice și nevoia de protejare a speciilor aflate în declin.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 4 ore



6.2. Conținut

6.2.1. Cât de mare este populația?

Întrebarea fundamentală în ecologia populațiilor este “Cât de mare este o populație?”

Mărimea populației este principalul parametru structural care caracterizează orice populație naturală, parametru aflat în interdependență cu ceilalți parametri de stare structurali pe care îi influențează și de care este influențat profund. Mărimea populațiilor naturale fluctuează în limite largi fiind cel mai sensibil parametru de stare la modificările presiunii mediului. Pentru foarte multe specii nu există date suficiente pentru estimarea mărimii populațiilor, fie din cauza dimensiunilor indivizilor fie din cauza mobilității lor. Date mai consistente există pentru vertebrate, mai ales pentru cele de interes economic sau conservativ.

În tabelul de mai jos găsiți câteva valori ale mărimii populațiilor unor specii aflate în declin și care beneficiază atât de atenție din partea spocilaștilor cât și de măsuri de conservare.

Specia	Mărimea estimată a populației sălbatice
<i>Ursus maritimus</i> – ursul polar	20.000 – 25.000
<i>Ailuropoda melanoleuca</i> – marele panda	1.000 – 2.000
<i>Ursus arctos horribilis</i> – ursul grizzly	500
<i>Bison bison</i> – bizonul american	30.000
<i>Camelus ferus</i> – cămila bactriană	950
<i>Camelus dromedarius</i> - dromaderul	Extinctă în stare sălbatică
<i>Acinonyx jubatus</i> - cheetah	7.000 – 10.000
<i>Pan troglodytes</i> – cimpanzeul comun	150.000 – 250.000
<i>Pan paniscus</i> - bonobo	30.000 – 50.000
<i>Gymnogyps californianus</i> - condorul	130
<i>Vultur gryphus</i> – condorul din Anzi	?

Specia	Mărimea estimată a populației sălbatice
<i>Platanista gangetica</i> – delfinul sud-asiatic	1.000
<i>Elephas maximus</i> – elefantul indian	40.000 – 50.000
<i>Loxodonta africanus</i> – elefantul african	470.000 – 690.000
<i>Gorilla beringei</i> – gorilla de munte	700
<i>Panthera unica</i> – leopardul de zăpadă	4.000 – 6.000
<i>Panthera leo</i> – leul african	30.000 – 50.000
<i>Pongo abelii</i> – urangutanul din Sumatra	7.000
<i>Ceratotherium simum</i> – rinocerul alb	17.000
<i>Panthera tigris tigris</i> – tigru bengalez	2.000
<i>Panthera tigris altaica</i> – tigru siberian	500

* * * 2016 The IUCN Red List of Threatened species.

Multe specii sunt considerate rare și se presupune că populațiile lor sunt foarte mici dar aceste constatări pot fi determinate de necunoașterea biologiei lor sau de incapacitatea obiectivă a cercetătorilor de a le identifica în natură.

Identificarea indivizilor pentru numărare poate fi o problemă în sine: se identifică cu dificultate indivizii atunci când obiectul cercetării sunt fungii care trăiesc în sol. În astfel de cazuri numărarea indivizilor poate să nu fie atât de utilă ca determinarea biomasei (cantitatea de țesut viu) per metru cub de sol și poate fi util să ignorăm întrebarea dacă aceasta este dată de un individ, mai mulți indivizi sau de un număr mare de indivizi.

Unele animale sunt sesile și coloniale astfel că și în cazul lor indivizii sunt greu de identificat chiar dacă nu se mișcă.

În scopul estimării mărimii populației (sau a altor parametrii populaționali, cum ar fi mortalitatea sau migrația) pentru populațiile animale sunt folosite o serie întreagă de tehnici.

Multe animale sunt ușor de identificat ca individ dar au abilitatea de a se mișca mult și rapid (de a se deplasa cu rapiditate), ceea ce face ca numărarea lor să se realizeze foarte greu. Uneori numărarea se face atât de repede încât este imposibil ca un animal să fie numărat de doua ori.

Există 2 atribute fundamentale, care afectează și influențează alegerea tehnicii pentru estimarea populației:

1-Mobilitatea

- se bazează pe capacitatea de mișcare a organismelor



2-Dimensiunea

- animalele/plantele de dimensiuni mici sunt de obicei mult mai abundente decât animalele/plantele mari.

Mărimea populației este deosebit de importantă pentru supraviețuirea acesteia. De exemplu, dacă într-o populație cu 10 indivizi unul din aceștia moare, populația se micșorează cu 10%. Dacă însă într-o populație cu 1000 indivizi unul din aceștia moare, populația se reduce cu numai 0,1%.

Mărimea efectivă a unei populații este numărul de indivizi care contribuie prin reproducere la generația următoare. În sens ecologic, mărimea efectivă poate fi estimată prin numărarea adulților dintr-o anumită locație.

În timp, mărimea populației poate suferi creșteri sau diminuări în funcție de condițiile de mediu care sunt variabile. Totodată, populațiile depind de fluxul de gene din populațiile învecinate, flux asigurat de emigrații și imigrații. Izolarea reproductivă a unei populații poate duce în final la dispariția acesteia. Vipera europeană comună (*Vipera berus*) este prezentă pe tot continentul sub forma unor mici populații separate unele de altele prin distanțe de sute sau mii de metri. Aceste distanțe nu sunt atât de mari ca să împiedice fluxul de gene: în perioada

de reproducere masculii se deplasează mult în căutarea femelelor. Însă, datorită agriculturii, rețelelor rutiere și altor lucrări, multe din aceste mici populații s-au izolat definitiv de celelalte și existența lor viitoare este sub semnul întrebării.

Mărimea populațiilor este variabilă în timp, chiar în condiții favorabile de mediu. Creșterea în exces este controlată de o multitudine de factori interni și externi. De exemplu, funcționarea relației pradă-prădător asigură un echilibru între perechile de populații.

6.2.2. Densitatea populației

De multe ori, valorile densității sunt relevante pentru mărimea populației. Densitatea maximă ce poate fi atinsă de o populație în condiții favorabile nu este neapărat și cea optimă. Tendința oricărei populații este stabilirea unei densități optime. Astfel, în perioada de fixare de substrat, larvele de crustacee cirripede manifestă fenomenul de evitare reciprocă (*spacing behaviour*) pentru a realiza, în stadiul adult, o densitate optimă. Pe de altă parte, o densitate prea mică este de asemenea evitată: s-a observat, în cazul larvelor de *Balanus* (cirriped prezent și în Marea Neagră, fixat pe diferite suporturi) că metamorfoza nu are loc dacă exemplarele sunt izolate. Reacția de evitare este o caracteristică a speciei.

În cazul himenopterelor ihneumonide care își depun ouăle în omizile de fluturi s-a observat că populația își menține densitatea optimă prin depunerea unui singur ou într-o omidă. Dacă totuși, într-o omidă sunt depuse două ouă, larvele care ies din aceste ouă, au, în primul stadiu de dezvoltare, mandibule ascuțite cu care se luptă, una fiind eliminată. Cantitatea de hrană (omida) fiind strict limitată, lupta mai târzie nu ar mai avea rost, ambele larve neputând supraviețui.

La șoareci, hrana insuficientă într-un habitat stabil determină ca mulți indivizi să nu ajungă la maturitate sexuală și deci să nu se reproducă dacă populația a tins o densitate mare.

Formele de exprimare a densității populației

Formele de exprimare a densității populației pot fi:

1. densitatea absolută
2. densitatea relativă, cunoscută și ca indice de abundență
3. densitatea ecologică, egală cu numărul de indivizi / unitatea de suprafață sau volum locuită de populație în ecosistem; presupune cunoașterea distribuției și delimitarea grupărilor de indivizi.

Densitatea absolută a populației și folosirea unităților de probă

Estimarea densității absolute se realizează prin prelevare și analiză a probelor, pe baza următorului principiu:

- prelevarea la fiecare moment a n unități de probă;
- analizând n unități de probă-se obțin n valori privind numărul de indivizi din populație/unitatea de probă;
- se extrapolează rezultatul privind numărul mediu de indivizi din probă; la o unitate standard (m^2 sau m^3) = densitatea medie a populației.

Densitatea absolută se poate estima prin metoda capturării de indivizi, marcarea lor eliberarea și apoi recapturarea lor (engleză: „CMR = Capture, Mark, Release”).

Este o metodă aplicată de obicei populațiilor cu mobilitate mare.

Densitatea populației-condiții

- Cunoașterea cu exactitate a suprafeței sau a volumului unitatii de probă;
- Extragerea unităților de probă-să surprindă heterogenitatea condițiilor de mediu (o combinație de extragere randomizată și sistematică);
- Numărul de indivizi din fiecare probă sa fie determinat cu exactitate;
- Analiza unitară a unităților de probă.

Cum se poate stabili/măsura mărimea unei populații?

Numărarea indivizilor în totalitate este aproape imposibilă, cu excepția unor specii aflate în declin puternic (vezi tabelul de mai sus) și care au indivizi de talie suficient de mare pentru a putea fi observați direct. De cele mai multe ori se estimează numărul de indivizi per unitatea de suprafață sau volum și se extrapolează la suprafața/volumul întregului habitat în care se presupune a se afla populația.

Recensământul este o metoda aplicată în populația umană, pe anumite zone, de obicei suprafața unei țări. Dar chiar și în cazul unui recensământ se acceptă unele erori așa că, pentru populațiile sălbatice trebuie să aproximăm valorile finale, bazându-ne pe datele obținute prin metode de teren.

Probarea stratificată

Se utilizează dacă suprafața sau volumul de probare sunt heterogene. Dacă dimensiunile mozaicului probat (*patch size*) sunt mai mari decât distanța dintre probe se folosește o altă metodă (spre exemplu *kriging*).

În programul de probare stratificată, suprafața (volumul) se divide în 2 sau mai multe părți care se probează separat. Exemplu: viespea-fierăstrău (Hymenoptera: Tenthredinidae) preferă să țeasă coconii foarte aproape de copaci; zona adiacentă copacilor (în cadrul unui perimetru cu raza de 1 m) trebuie astfel probată separat față de restul zonei.

Densitatea probelor pentru fiecare strat trebuie să fie proporțională cu varianța numărului de organisme înregistrat pentru stratul respectiv-este necesară o precizie cât mai mare. Legea puterii a lui Taylor poate fi folosită pentru prognozarea varianței în raport cu media. În mod obișnuit varianța crește cu media astfel că stratul cu cea mai mare densitate de organisme va fi probat mai intens.

Densitatea medie a populației, M , se estimează ca o medie ponderată a densităților medii, M_i , pentru fiecare strat, i , cu ponderea w_i , egală cu suprafața acoperită de stratul i :

$$M = \sum_i M_i * w_i$$

Eroarea standard, SE, a mediei este egală cu

$SE = \sqrt{\sum SE_i^2 * w_i^2}$, unde SE_i este eroarea standard a mediei în stratul i .

Metoda de măsurare a mărimii populației prin capturare-marcare-recapturare

Metoda presupune că proporția de indivizi marcați este aceeași cu proporția de indivizi recaptați care păstrează semnul marcării :

$$M/N = R/C$$

Unde:

M = numărul total de indivizi marcați în populație,

N = mărimea populație (pe care nu o cunoaștem dar o presupunem),

R = numărul de indivizi marcați care au fost recapturați la a doua probare,

C = numărul total de indivizi (marcați sau nemarcați), capturați la a doua probare,

Mărimea populației poate fi scrisă ca $N=MC/R$ (indicele lui Lincoln)

Trebuie îndeplinite următoarele condiții:

- În perioada dintre eliberare și recapturare nu au loc intrări și ieșiri de indivizi;
- Probabilitatea capturării să fie aceeași pentru toți indivizii;
- Marcările să nu se piardă;
- Prelevarea probelor și marcarea trebuie să se realizeze în intervale scurte de timp;
- Indivizii marcați se răspândesc la întâmplare în interiorul populației

Există numeroase modele pentru experimentele de capturare-recapturare specifice pentru o anumită populație. De exemplu, structura pe vârste a populației poate să fie importantă ori câțiva indivizi pot fi capturați cu o probabilitate mai mare.

O altă problemă este impusă de situațiile în care populația nu are niște limite precise de răspândire.

În acest caz trebuie stabilită o grilă de capcane, iar pentru analiză se folosesc doar rezultatele obținute din centrul grilei (capcanele situate la margine pot fi influențate de migrații). Suprafața acoperită de grilă trebuie să fie mai mare decât distanța medie de dispersie a animalelor.

Metoda trebuie să fie adaptată în funcție de biologia fiecărei specii.

Metoda eliminărilor succesive

Metoda se bazează pe o capturare (colectare) intensivă într-un teritoriu izolat. Migrația este evitată prin existența unor bariere. Se consideră că nu există nașteri și decese și că proporția animalelor capturate zilnic este aceeași. Astfel, mărimea populației și numărul de indivizi capturați scad exponențial.

Modelul de “mișcare” este: $dN/dt = -aN$ unde a este rata de înlocuire

Soluția acestei ecuații diferențiale este $N = N_0 \exp(-at)$ unde N_0 este numărul inițial de indivizi. Astfel, numărul de animale capturate în unitatea de timp este

$$A(t) = a N_0 \exp(-at).$$

Parametrii a și N_0 pot fi estimați folosind regresia neliniară. Pielou folosește o metodă diferită pentru estimarea acestor parametri, care se bazează doar pe analiza a două intervale de timp. De exemplu, dacă în cele 2 intervale s-au capturat 29 și respectiv 18 animale

$$N_0 = 29^2 / (29 - 18) = 76.5$$

$$A = (29 - 18) / 29 = 0.38$$

Acest model poate fi generalizat luând în considerare intrările de organisme. (de exemplu emergența insectelor adulte din sol).

Exemplu de aplicare a metodei capturare-marcare-recapturare

Să presupunem ca dorim să cunoaștem numărul de păstrăvi din niste lacuri mici, pentru a evalua impactul pescuitului asupra acestor resurse de pește. Putem apela la marcarea populației de păstrăv.

Pentru aceasta au fost marcați și eliberați 109 păstrăvi, iar în a doua proba colectată la câteva zile mai târziu au fost capturați 177 păstrăvi, dintre care 57 au fost marcați. Din aceste date, care este densitatea populației?

Folosind formula:

$$\frac{57}{177} = \frac{109}{\text{Densitate populației}}$$

$$\text{Densitatea populației} = \frac{(109 \times 177)}{57} = 338 \text{ păstrăvi}$$

Metode indirecte de estimarea a mărimii populației (estimări relative)

Există mai multe metode care se pot corela cu densitatea populației. Capturarea cu ajutorul capcanelor, numărare directă (recensământ), numărarea “produselor” animale (cum ar fi cuiburile sau excrementele), proporția de gazde infestate.

$$\sim 74 \sim$$

Măsurătorile indirecte pot fi legate de densitatea populației folosind analizele de regresie lineară sau nelineară.

Metode indirecte:

- Numărul de cuiburi, ingluvii, estimarea numărului de probe care contin organisme in loc sa estimăm numărul de organisme din fiecare probă-cazul gândacilor de Colorado, numărul de pelete fecale (de exemplu la cormorani);
- La pești: numărul de indivizi/100 ore de pescuit;
- Estimarea densității relative-cazul capcanelor luminoase, capcane pentru rozătoare, fileu planctonic;
- Gradul de acoperire al suprafeței solului de către o specie de plante.

Densitatea ecologică

- ☞ Densitatea în general oferă informații cu privire la numărul de indivizi pe unitatea de suprafață/volum;
- ☞ Densitate ecologică oferă informații cu privire la numărul de indivizi pe unitatea de habitat ocupat/potrivit, **nu** pe total arie;
- ☞ Ex: prepelița albă necesită garduri vii ca habitat, prin urmare densitatea ecologică este reprezentată în acest caz de numărul de păsări per kilometru de garduri vii.

Nu întotdeauna este posibil practic să fie determinată suprafața sau volumul în care se află sau s-ar putea afla indivizii speciei respective.



6.3. Rezumat

Populațiile biologice se diferențiază mai ales prin mărime, adică numărul de indivizi (N). Mărimea populației arată totodată și starea acesteia iar urmărirea în timp a acestui parametru de stare indică tendințele populației.

Estimarea mărimii populației se face prin metode directe dar cel mai adesea prin metode indirecte datorită dificultăților de observare și numărare a indivizilor în condiții naturale.

Densitatea unei populații ne arată gradul de concentrare a indivizilor pe unitatea de suprafață sau volum. Densitatea influențează comportamentul indivizilor și este reglată de o multitudine de factori.



6.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

- Care sunt metodele indirecte de estimare a mărimii populațiilor?
- Cum se poate exprima densitatea unei populații?



6.5. Bibliografie recomandată

Botnariuc N., Vadineanu A. 1982 Ecologie. Edit. Didactică și Pedagogică, București, (Capitolul Ecologia populației -pp. 205-265)

Sandu R.M. 2012 Mic ghid de identificare și interpretare a urmelor, marcajelor și semnelor carnivorelor mari. Proiect LIFE08NAT/RO000500.

PROCESE CARE INDUC DINAMICA EFECTIVULUI POPULAȚIEI

Capitolul 7 MĂSURAREA DINAMICII POPULAȚIEI. TABELE DE VIAȚĂ. CURBE DE SUPRAVIEȚUIRE. RATA DE CREȘTERE A POPULAȚIEI. DEPENDENȚA DE DENSITATE.



7.1. Introducere

Populațiile sunt sisteme dinamice, modificându-și în timp mărimea și structura. Rata de reproducere, mortalitatea și migrațiile sunt factori ai dinamicii populaționale. Dinamica include fluctuații în jurul unei anumite stări, poate fi ciclică sau haotică și este controlată de factori ecologici precum competiția și predatorismul.

Orice populație tinde să crească dacă resursele și condițiile permit aceasta, într-un ritm exponențial. Creșterea exponențială nu se realizează de obicei în natură, doar în anumite condiții (resurse bogate și lipsa predatorilor). Ceea ce se observă în natură este creșterea logistică.

Unele populații cresc rapid, altele au o creștere lentă, manifestând strategii diferite de utilizare a resurselor de mediu.

Cunoașterea dinamicii populațiilor este esențială pentru realizarea unui management eficient atât în exploatarea resurselor biologice cât și în conservarea biodiversității.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 4 ore



7.2. Conținut

7.2.1. Relația dintre mediu și creșterea populației

Ecosistemele sunt integrate în mediu datorită fluxului de energie și circuitului nutrienților. Înțelegerea completă a acestor procese include estimarea dinamicii indivizilor în cadrul ecosistemelor.

Nivele trofice nu se reproduc, aceasta este doar caracteristica organismelor. Mărimea fiecărei populații variază în mod obișnuit în timp, după unul sau două modele. Unele populații își mențin o mărime relativ constantă, altele însă înregistrează fluctuații considerabile.

Lemingii (genurile *Dicrostonyx* și *Lemmus*), rozătoare caracteristice tundrei, prezintă fluctuații mari ale populațiilor, periodice sau neperiodice. Dacă populația devine prea mare indivizii încep să migreze reducând astfel mărimea populației la o valoare optimă. În cazul lemingilor norvegieni s-a observat, în cursul unor cicluri de 2-4 ani, perioade în care indivizii aproape că dispar, populația atingând limita inferioară a mărimii. Ulterior, populația se reface până la nivelul optim.

Iepurele roșu (*Lagopus lagopus*) a fost recenzat în anii 60 în nord-vestul Scoției în două zone aflate la distanță de 2,5 km una de alta. Una avea 49 ha cealaltă 47 ha. Într-una din zone numărul iepurilor a rămas constant, în cealaltă s-au înregistrat două creșteri, în 1965 și 1966 și apoi o scădere accentuată în 1968.

Principala diferență de mediu a fost determinată de un experiment care urmărea creșterea populației de iepuri. Principala lor sursă de hrană este o specie de iarbă, iar animalele preferă mai mult plantele tinere și le evită pe cele bătrâne. Într-o zonă experimentală, vegetația a fost incendiată anual pentru a menține plantele la stadiul tânăr, astfel că populația de iepuri, contrar așteptărilor, a înregistrat la început o creștere spectaculoasă, urmată însă de o cădere accentuată. Acest lucru nu s-a întâmplat în zona de control menținută în condiții naturale, în care populația de iepuri a înregistrat variații normale ale densității.

Acest experiment a ridicat o serie de întrebări privind ecologia populației studiate. Unele populații sunt relativ stabile, altele fluctuează puternic în timp. Pentru ecologia populațiilor trebuie să mai ținem seama și de alte două observații:

- ☞ Speciile nu sunt egal distribuite în arealul lor; pot fi foarte comune în unele zone și pot lipsi din alte zone ale arealului.
- ☞ Speciile nu au aceeași abundență, unele sunt comune, altele rare.

Ambele observații pot fi explicate dacă ținem seama de ritmul de reproducere și de durata de viață a indivizilor. Studiile care privesc dinamica populației urmăresc menținerea echilibrului dintre nașteri și decese în condiții experimentale și naturale.



Figura 17 Mărimea populației variază în timp (este dinamică) în funcție de raportul dintre factorii de creștere și cei de scădere a numărului de indivizi

Prin *mortalitate* se înțelege procentul de indivizi din populație care mor într-un an.

Mortalitatea naturală este moartea cauzată de predatorism, boli, accidente etc.

Mortalitatea indusă este moartea cauzată de vânătoare sau pescuit. Termen artificial, inclus în predatorism.

Mortalitatea totală depinde de capacitatea de suport a habitatului („carrying capacity”).

Cauza mortalității nu schimbă mortalitatea totală.

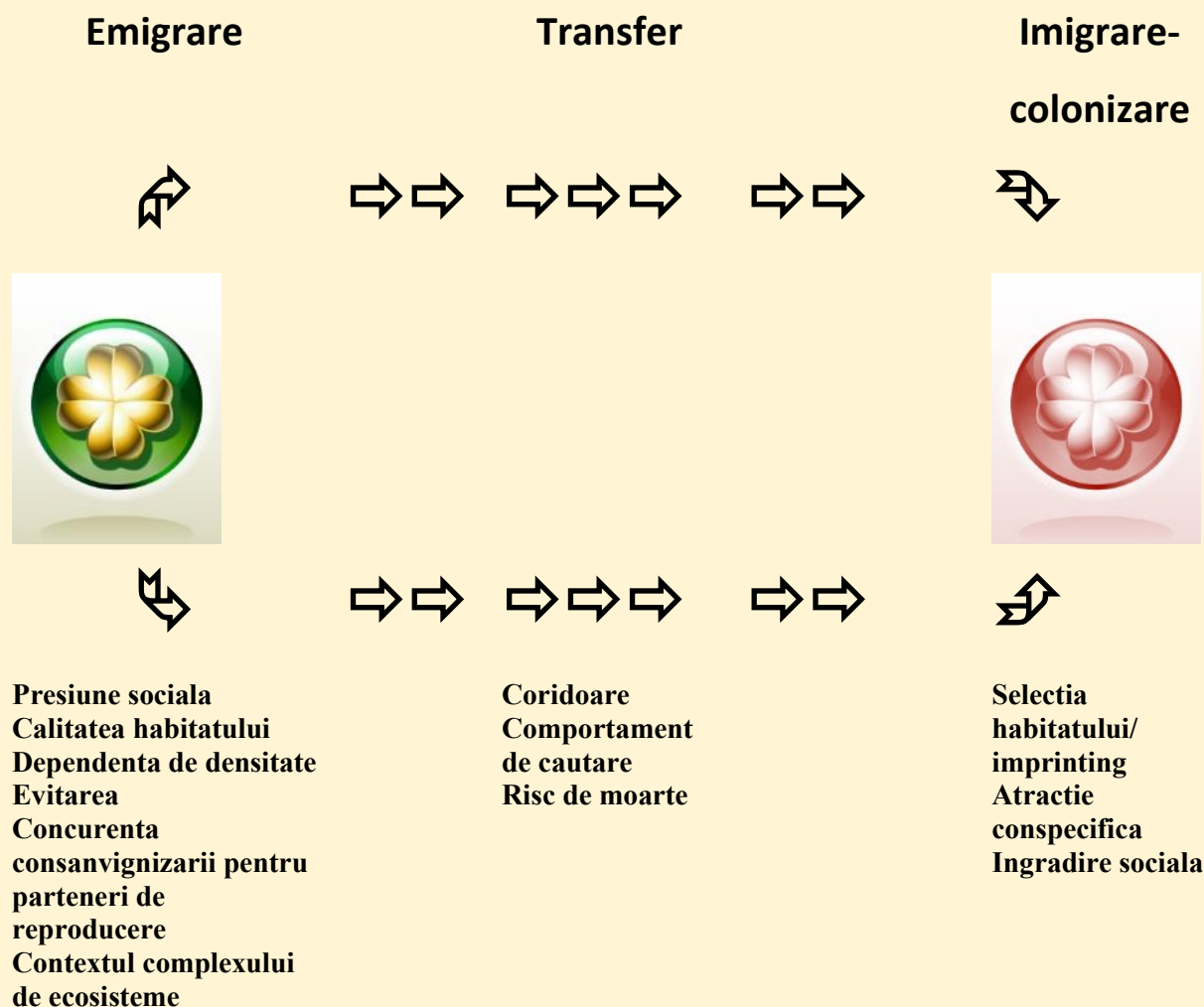
Surplusul productiv este numărul de animale care pot fi “scoase” fără a afecta populația.

Imigrația+emigrație=dispersie

Dispersia: mișcare într-un singur sens a indivizilor în afara spațiului lor de trai;

Migrație: sinonimă cu dispersia pentru geneticieni și entomologi, dar are înțeles diferit pentru ornitologi (mișcare sezonală).

Dispersie natală: mișcarea indivizilor din spațiul de bază într-un spațiu în care să se reproducă. Prin *filopatrie* înțelegem tendința indivizilor de a sta în zona în care s-au născut “home area”, pentru hrănire sau reproducere.



De ce are loc dispersia ?

Cauze **imEDIATE**:

- ∞ Agresiune intrapopulațională
- ∞ Calitatea habitatului
- ∞ Densitate intraspecifică
- ∞ Ectoparaziți, starea fizică a indivizilor, schimbul de gene congenital

Cauze **esențiale** (profunde):

- ∞ Evitarea consagvinizarii
- ∞ Concurența pentru parteneri sexuali
- ∞ Competiție pentru resurse

Dispersia - modele și ipoteze -cazuri

Unii autori (Greenwood) arată că în cazul mamiferelor masculii realizează dispersia în timp ce în cazul păsărilor femelele realizează dispersia.

Greenwood pornește de la ideea că diferența între modelele de dispersie ale mamiferelor și cele ale pasărilor respectiv, se datorează diferențelor sexuale în competiția intrasexuală pentru resurse, rezultând din sistemul predominant de împerechere.

7.2.2. Măsurarea dinamicii populației. Tabele de viața

Un obiectiv central al ecologiei populațiilor este înțelegerea felului în care acestea cresc și descresc în timp. Trebuie calculată rata de supraviețuire (sau rata mortalității, care oferă aceleași informații). Se folosește un instrument numit tabel de viață în care se însumează ratele specifice de mortalitate pentru fiecare vârstă.

Construirea unui tabel de viață este o metodă simplă prin care se contabilizează, pentru o populație de interes conservativ sau importantă ca resursă biologică, nașterile, decesele și out-put-ul reproductiv. Se folosesc trei metode pentru realizarea acestor tabele :

- tabelul cohortei – se urmărește un grup de indivizi de aceeași vârstă (o cohortă) de la naștere (sau din stadiul de pontă) pe parcursul întregii vieți
- tabel static – se construiește folosind date adunate de la toate categoriile de vârstă la un anumit moment ; se presupune că structura pe vârste este stabilă de la o generație la alta
- tabel construit pe baza datelor de mortalitate adunate într-o perioadă determinată ; de asemenea, se presupune că structura pe vârste este stabilă.

Pentru speciile care au sexe separate de obicei se urmăresc numai femelele.

S-au calculat ratele de supraviețuire și mortalitate pentru o populație de bivoli sălbatici:

Vârsta (ani) (x)	Număr indivizi în viață la începutul intervalului (nx)	Proporția de supraviețuitori la începutul intervalului (lx)	Număr decese în intervalul de la x la x+1 (dx)	Rata mortalității (qx)	Rata de supraviețuire (px)
0	1000	1,00	440	0,44	0,56
1	560	0,56	225	0,40	0,60
2	335	0,34	106	0,32	0,68
3	229	0,23	88	0,38	0,62
4	141	0,14	36	0,26	0,74
5	105	0,11	35	0,33	0,67

Vârsta (ani) (x)	Număr indivizi în viață la începutul intervalului (nx)	Proporția de supraviețuitori la începutul intervalului (lx)	Număr decese în intervalul de la x la x+1 (dx)	Rata mortalității (qx)	Rata de supraviețuire (px)
6	70	0,07	11	0,16	0,84
7	59	0,06	16	0,27	0,73
8	43	0,04	22	0,51	0,49
9	21	0,02	14	0,67	0,33
10	7	0,01	5	0,71	0,29
11	2	0,00	2	1,00	0,00

Se observă, în cazul acestei populații, că rata cea mai mare de supraviețuire este între 4 și 7 ani. Pe măsură ce indivizii rămași îmbătrânesc, scade șansa lor de supraviețuire.

Tabel de viață pentru *Poa* sp.(firuță). Este un tabel de viață al cohortei sau un tabel de viață dinamic, realizat pentru un grup de indivizi născuți în același timp și pentru intervalul cuprins între nașterea și moartea ultimului individ. Tabelul de mai jos este realizat pentru o perioadă de vegetație de 9 luni. Supraviețuirea se referă la indivizii de o anumită vârstă.

Vârsta (număr de luni)	Număr indivizi în viață	Supravie- țuire lx	Rata de mortalitate mx	Rata de supravie- țuire sx	Speranța de viață ex	Fecunditate bx
0	843	1,000	0,143	0,857	2,114	0
1	722	0,857	0,271	0,729	1,467	300
2	527	0,625	0,400	0,600	1,011	620
3	316	0,375	0,544	0,456	0,685	430
4	144	0,171	0,626	0,374	0,503	210
5	54	0,064	0,722	0,278	0,344	60
6	15	0,018	0,800	0,200	0,222	30
7	3	0,004	1,000	0,000	0,000	10
8	0	0,000	/	/	/	/

Tabel de viață statistic, pentru o anumită perioadă de timp.

Tabelul de viață pentru o populație de oi sălbatice dintr-un parc național din Alaska. Datele s-au obținut prin studierea scheletelor de oi sălbatice colectate din zona de cercetare, schelete, evident, reprezentând indivizi morți în diferite intervale de timp. Din cele 608 schelete observate, 121 aparțineau unor indivizi care aveau mai puțin de 1 an la data morții, 7 între 1 și 2 ani, 8 între 2 și 3 ani șamd, conform tabelului de mai jos. S-a considerat că toate cele 608 oi erau născute vii, nu moarte, 487 erau vii la vârsta de 1 an ($608-121=487$), că 480 erau încă în viață la vârsta de 2 ani (din totalul de 608 se scade suma deceselor din primii doi ani, adică $121+7=128$, deci $608-128=480$) șamd. Supraviețuirea l_x a fost calculată prin împărțirea numărului de animale vii de la începutul fiecărui interval cu fracția zecimală a celor vii la data nașterii. Astfel, 390 oi vii existente la începutul celui de-al șaptelea an au reprezentat 64% (fracția zecimală 0,640) din cele născute în tot intervalul de probare.

Interval (ani)	Nr. Indivizi morți din fiecare interval	Nr. supraviețuitori la începutul fiecărui interval	Fracția de supraviețuitori l_x
0-1	121	608	1,000
1-2	7	487	0,801
2-3	8	480	0,789
3-4	7	472	0,776
4-5	18	465	0,764
5-6	28	447	0,734
6-7	29	419	0,688
7-8	42	390	0,640
8-9	80	348	0,571
9-10	114	268	0,439
10-11	95	154	0,252

Interval (ani)	Nr. indivizi morți din fiecare interval	Nr. supraviețuitori la începutul fiecărui interval	Fracția de supraviețuitori l_x
11-12	55	59	0,096
12-13	2	4	0,006
13-14	2	2	0,003
14-15	0	0	0,000

Deși tabelele de viață sunt foarte utile în studierea populațiilor, ele necesită multe eforturi pentru a fi realizate. De aceea, modelele matematice sunt metode mult mai convenabile pentru studierea efectelor diverșilor factori asupra mărimii populației. Primele modele au fost realizate de P.F. Verhulst în Franța, la mijlocul sec. XIX, pentru populația umană și la începutul sec. XX de A.J. Lotka, V. Volterra și R. Pearl.

Clasificarea modelelor matematice se bazează pe date privind biologia reproducerii speciilor. Unele organisme au au sezoane distincte (discrete) de reproducere, altele se pot reproduce oricând (de exemplu, bacteriile și oamenii).

O altă modalitate de clasificare se bazează pe modul de creștere al populațiilor: independent sau dependent de densitate. Astfel, populațiile care cresc independent de densitatea lor manifestă adesea tendința exponențială, până ce intervine un factor extern limitativ iar populațiile care cresc dependent de densitatea lor manifestă pentru un timp foarte scurt tendința exponențială, limitându-se apoi la nivelul capacității de suport a mediului.

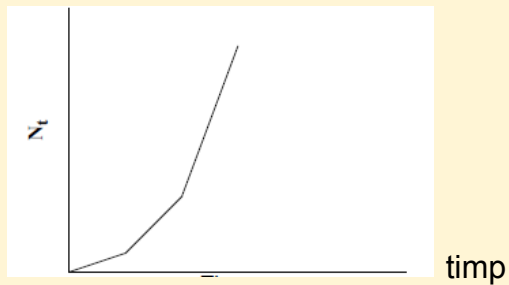
7.2.3. Modelul independent de densitate pentru populații cu sezoane discrete de reproducere

Dacă vom cunoaște mărimea populațiilor la un anumit timp (N_t), durata unei generații (T) în ani și rata intrinsecă de reproducere (r), atunci, mărimea populației în următoarea generație (N_{t+T}) poate fi calculată prin ecuația:

$$N_{t+T} - N_t = T \times r \times N_t \quad \text{care poate fi rescrisă sub forma}$$

$$N_{t+T} = N_t + (T \times r \times N_t)$$

Modelul arată astfel:

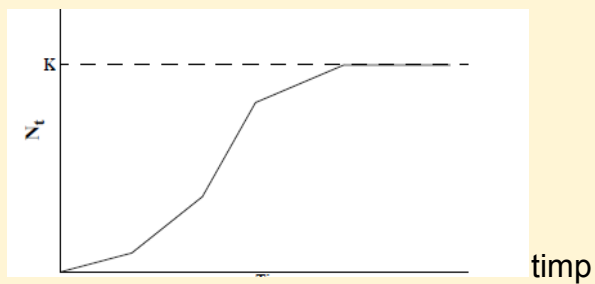


Modelul dependent de densitate pentru populații cu sezoane discrete de reproducere

Se ține seama de capacitatea de suport a mediului. Ecuația poate fi scrisă astfel:

$$N_{t+T} = N_t + [T \times r \times N_t \times (K - N_t/K)]$$

Modelul arată astfel:



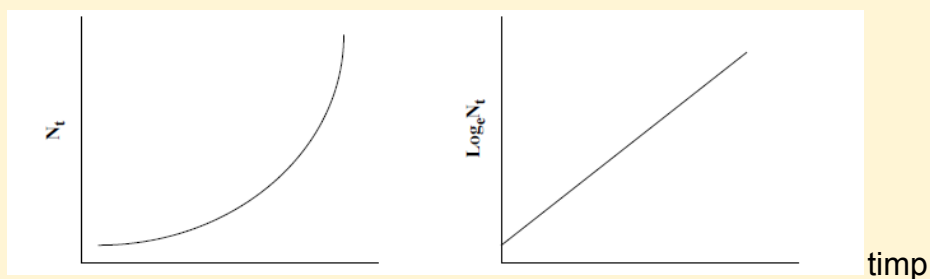
Modelul independent de densitate pentru populații cu sezon continuu de reproducere

Creșterea populației poate fi descrisă prin ecuația

$$N_t = N_0 \times e^{r \times t} \text{ iar în forma diferențială } dN/dt = r \times N \text{ de unde reiese că}$$

$$r = dN/dt \times 1/N \text{ adică rata de creștere per capita}$$

Modelul arată astfel:



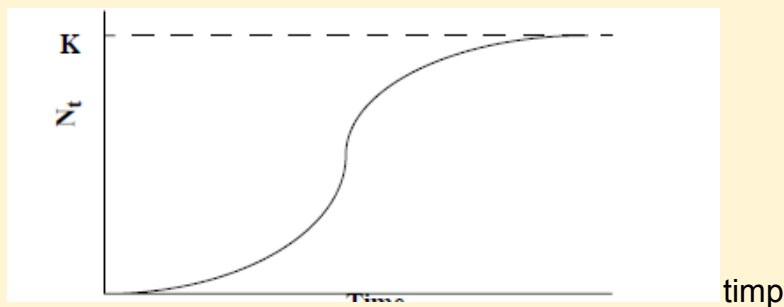
Modelul dependent de densitate pentru populații cu sezon continuu de reproducere

$$dN/dt = r_{\max} \times N \times (K - N/K)$$

Mărima populației la timpul t poate fi exprimată prin ecuația

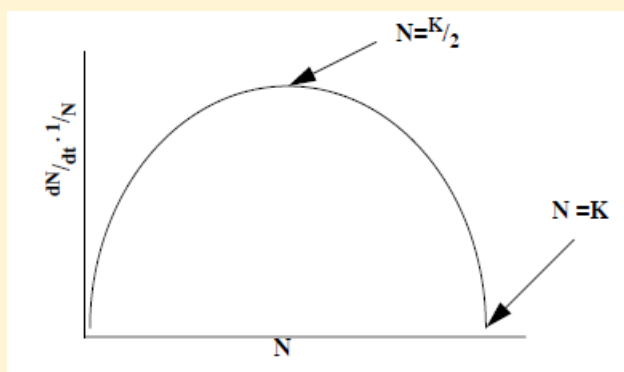
$$N_t = K / (1 + e^{-(r_{\max} \times t)})$$

Modelul arată astfel:



Se observă o creștere lentă la început, creșterea devine apoi rapidă până este atinsă capacitatea de suport a mediului.

Modelul de creștere per capita ca funcție a populației pentru ecuația logistică:



7.2.4. Curba de supraviețuire.

Tabelul de viață arată șansa de supraviețuire a unui grup de indivizi născuți în același timp, din aceeași populație. Din acest grup (numit și cohortă) numai un anumit număr de indivizi va ajunge la un nivel de vârstă; există un nivel de vârstă pe care nu-l poate atinge niciunul dintre indivizi. Dacă într-un grafic marcăm numărul de indivizi în viață la fiecare interval de vârstă obținem curba de supraviețuire a populației. De obicei, aceste curbe sunt exprimate mai degrabă semilogaritmice decât aritmetice.

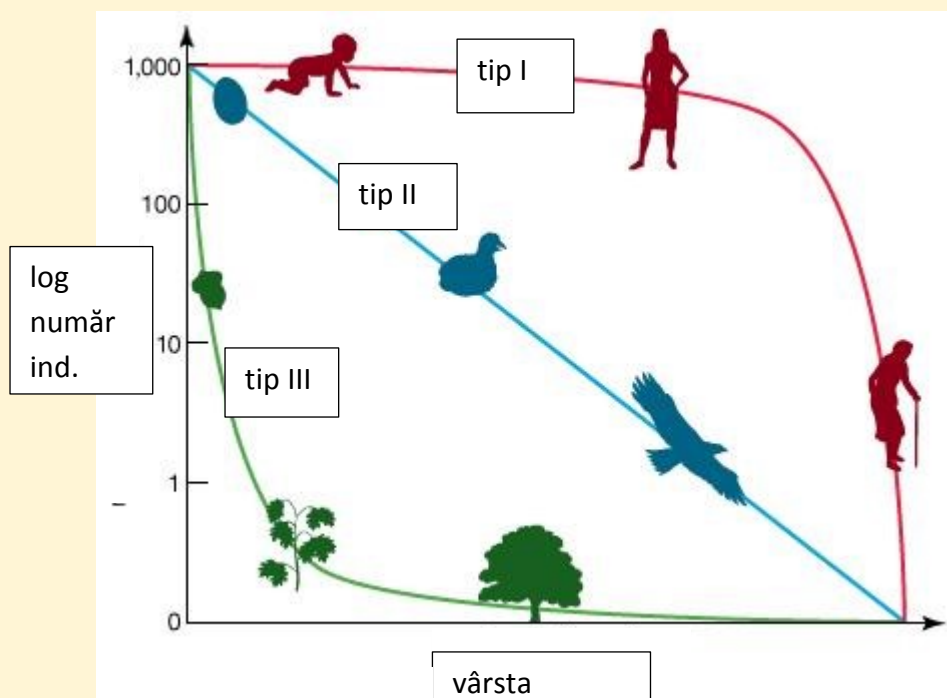
În general se obțin trei tipuri de curbe de supraviețuire.

Pentru populația umană sau pentru alte mamifere mari se obține curba de tip I. Aceste populații se caracterizează prin nașterea unui număr mic de descendenți pentru care adulții investesc mult timp și energie pentru creștere (strategie de tip **k**). Juvenili au o rată redusă a mortalității și mulți indivizi ajung la bătrânețe.

Curba de tip II arată o posibilitate constantă de deces la orice vârstă; panta curbei scade către 0. Un asemenea model îl prezintă șopârlele, unele păsări și rozătoarele. Se nasc mulți descendenți dar mortalitatea este mare la vârstele tinere (strategie de tip **r**).

Curba de tip III arată o rată mare a mortalității la vârstele tinere dar indivizii care supraviețuiesc trăiesc destul de mult. Este caracteristică populațiilor de insecte și unor populații de pești.

Aceste trei tipuri sunt cele ideale. În natură multe specii prezintă modele mult mai complexe, unele situându-se între cele trei curbe. De exemplu, cintezele au o rată mare a mortalității în primul an de viață ca în următorii ani rata mortalității să fie mult mai constantă.



Tipuri de curbe de supraviețuire

Curba de supraviețuire de tip I: unele organisme “investesc” foarte mult în fiecare nouă generație și ca urmare rata supraviețuirii la vârste mici este ridicată; deoarece indivizii tind să moară după o curbă exponențială, din cauza accidentelor și prădătorilor, adesea este o bună strategie ca reproducerea să aibă loc mai degrabă la începutul vieții decât spre sfârșitul ei;

asemenea strategie se complică dacă fecunditatea individuală crește cu vârsta; speciile la care maximum de fecunditate se întâlnește la începutul vieții, plătesc faptul acesta prin scăderea capacității de a supraviețui perioade mai lungi.

Curba de supraviețuire tip II: scăderea este exponențială, rata mortalității fiind egală pentru toate cohortele; forma curbei pe graficul semilogaritmice este linia dreaptă; indivizii populațiilor care prezintă o astfel de curbă nu îmbătrânesc și se nasc cu toate caracteristicile unui adult; indivizii dispar mai ales în accidente sau prinși de prădători.

Curba de supraviețuire tip III: organismele “investesc” puțin în noua generație, rezultând o rată scăzută a supraviețuirii la vârste mici, ceea ce se compensează prin producerea unui număr ridicat de indivizi; organismele acestea prezintă o scădere minimă a ratei de natalitate cu vârsta, dacă supraviețuiesc primelor stadii ale vieții; aceste specii au o rată ridicată a mortalității în tinerețe dar dacă supraviețuiesc tinereții, vor produce cu atât mai multe progenituri cu cât vor trăi mai mult.



7.3. Rezumat

Procesele ecologice sunt specifice vârstei (sau stadiului) organismelor și trebuie analizate în funcție de stadiul din ciclul de viață. Înregistrarea proceselor ecologice pe grupe de vârstă se face prin metoda “tabele de viață”. Tipuri de tabele de viață: pe grupe de vârstă, pe stadii (din ciclul de viață).

În tabelele de viață se listează rata de supraviețuire (sau de mortalitate) în funcție de vârstă. Se poate lista în mod asemănător rata de reproducere în funcție de vârstă. Din considerente de utilizare ulterioară mai simplă, cel mai des se folosesc tabele de acest tip pentru femele. În natura mortalitatea și reproducerea depind de mai mulți factori: densitatea populației, prădători etc. Prin tabelele de viață este ilustrată relația dintre vârstă și rata de supraviețuire- prin interpretare tabelul poate da indicii asupra impactului acestor factori asupra evoluției numerice a populației.



7.4. Teste de autoevaluare a cunoștințelor

- Care este utilitatea modelelor pentru măsurarea dinamicii populațiilor?



7.5. Bibliografie recomandată

Botnariuc N., Vadineanu A. 1982 Ecologie. Edit. Didactică și Pedagogică, București, (Capitolul Ecologia populației -pp. 205-265)

MODELE DE CREȘTERE A POPULAȚIEI

CAPITOLUL 8 CREȘTEREA POPULAȚIILOR



8.1. Introducere

Creșterea populațiilor este procesul fundamental care asigură existența speciilor. Creșterea sau multiplicarea numărului de indivizi este “dorinta” oricărei populații, această tendință manifestându-se fie mai lent fie mai rapid. Urmărirea felului în care cresc populațiile este o necesitate, atât pentru obiectivele de exploatare a resurselor biologice cât și pentru obiectivele de conservare.

Cel puțin în prima fază orice populație arată o creștere exponențială urmată apoi de o creștere așa numită logistică. Modelele de creștere sunt fundamentate pe observații asupra populațiilor și stau la baza prognozelor privind dinamica acestor populații.



8.2. Conținut

8.2.1. Modelul de creștere exponențială a populației

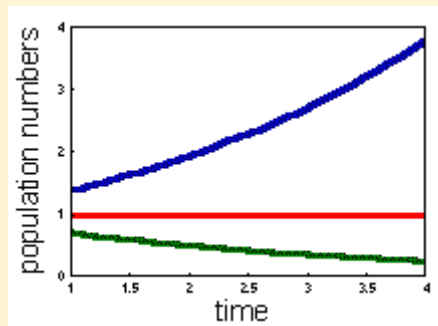
Modelul exponențial – pornește de la ideea că orice populație poate să crească ca număr de indivizi într-o serie geometrică. De exemplu, dacă speciile au generații care nu se suprapun și fiecare organism produce R juvenili, mărimea populației în generații $t=0,1,2,\dots$ este egală cu:

$$N_1 = N_0 \cdot R$$
$$N_t = N_0 \cdot R^t$$

Când t este mare, ecuația poate fi aproximată cu o funcție exponențială:

$$N_t = N_0 \cdot \exp(rt) = N_0 \cdot e^{rt}$$

Există trei posibile interpretari ale modelului:



1. Populația scade exponențial ($r < 0$)
2. Populația crește exponențial ($r > 0$)
3. Populația nu se schimbă ($r = 0$)

Parametrul r se numește:

- Parametru Malthusian
- Rata intrinsecă de creștere
- Rata instantanee de creștere naturală
- Rata de creștere a populației

Ipoteze ale modelului exponential:

1. Reproducere continuă
2. Toate organismele sunt identice (e.g., nu ia în considerare structura pe vârste)
3. Mediu este constant în timp și spațiu (e.g., resursele sunt nelimitate)

Parametrul r poate fi interpretat ca diferența dintre rata nașterilor și a mortalității :

$$\frac{dN}{dt} = (b - m)N = rN$$

unde b este rata natalității și m este rata mortalității. Rata natalității este numărul de juvenili produși de un organism în populație per unitate de timp.

Dacă într-o populație nu se manifestă fenomenul de migrație atunci eventualele modificări ale numărului de indivizi într-un interval de timp depind de raportul dintre nașteri și decese.

$$\Delta N / \Delta t = b - d$$

În care b =nr de indivizi născuți și d =nr. de indivizi decedați

Dacă nașterile și decesele au valori egale în intervalul de timp Δt atunci mărimea populației rămâne constantă; dacă $b > d$ atunci populația crește-; dacă $b < d$ atunci populația înregistrează un declin. Rata de natalitate și mortalitate se exprimă în mod obișnuit pe baza datelor înregistrate (existente) și nu sub forma unor valori absolute.

Aceasta permite comparații între populații cu nivele numerice foarte diferite. Valoarea *per capita* a ratei natalității și mortalității se află prin împărțirea numărului de nașteri și decese la numărul total de indivizi la începutul și la sfârșitul perioadei de estimare.

Rata de creștere a unei populații astfel obținută este de obicei exprimată prin simbolul r . În cazul populațiilor de organisme care se reproduc sexuat r este în general limitat la numărul de femele, deoarece numai acestea contribuie în mod direct la creșterea populației.

Rata de creștere instantanee poate fi exprimată :

$$dN/dt = rN$$

N =numărul de indivizi la începutul perioadei de estimare. Deoarece r reprezintă diferența dintre ratele de natalitate și mortalitate se consideră că o populație crește dacă r este pozitiv și scade dacă r este negativ. În același sens o populație stabilă are r de valoare 0.

Dacă indivizii unei populații se reproduc repede și această rată de reproducere depășește rata mortalității, iar r rămâne constant atunci populația va crește exponențial.

Creșterea unei asemenea populații poate fi cuantificată prin integrarea ecuației anterioare, astfel încât $N_t = N_0 e^{rt}$, unde N_t este numărul de indivizi după intervalul t , N_0 este numărul de indivizi la începutul intervalului, iar e baza logaritmilor naturali.

Transformată logaritmic acest tip de creștere devine de tip linear, iar panta drepte este r .

În condiții experimentale se poate estima o capacitate maximă de creștere a populației care este determinată de caracteristicile genetice ale indivizilor. În mod obișnuit această capacitate este desemnată cu r_m , ceea ce înseamnă capacitatea intrinsecă (înnăscută) de creștere. Ea reprezintă o valoare medie pentru toate femele din populație.

O altă valoare luată în considerație și numită parametru malthusian (m) exprimă valoarea contribuției maxime a fiecărei femele la creșterea populației. Deoarece cele mai multe populații și mai ales cele cu reproducere sexuată au mai mult decât o singură femelă, valoarea lui m se poate stabili cu mare dificultate astfel încât ecologii utilizează în general valoarea medie, adică r_m .

Multe populații ating densitatea optimă atunci când înregistrează un nivel maxim de reproducere. Peste sau sub această densitate optimă, rata de reproducere este mai scăzută. De exemplu s-a observat un asemenea fenomen în cazul protozoarelor ciliate când rata de diviziune celulară a atins valori maxime numai la o densitate optimă a indivizilor. Mecanismul care determină densitatea optimă nu este cunoscut prea bine. S-ar părea că diviziunea celulară în acest caz este favorizată, sau inhibată de anumite modificări ale mediului. În cazul reproducerii sexuate este nevoie de un nivel minim al populației care să asigure fertilizarea fiecărei femele; fiecare femelă rămasă nefecundată poate determina o scădere a ratei de reproducere exprimată ca ieșiri din populație.

Rata mortalității prezintă de asemenea fluctuații în raport cu densitatea populației. Trebuie precizat însă că o densitate optimă la care mortalitatea este mică nu este egală neapărat cu densitatea optimă necesară reproducerii.

Corelarea ratelor de natalitate și mortalitate în raport cu densitatea poate să inducă densitatea optimă care asigură maximizarea creșterii populației. Astfel densitatea optimă este atinsă atunci când $b-d$ are valoare maximă, dar nu neapărat atunci când valoarea lui b este maximizată, iar a lui d este minimizată în raport cu densitatea.

O populație care se găsește într-un mediu care îi permite să crească cu o rată determinată de capacitatea ei intrinsecă va manifesta o creștere exponențială la infinit cu rata $r_M N$. Din punct de vedere ecologic această expresie este un nonsens, dar ea ridică o problemă interesantă: de ce populațiile nu continuă să crească exponențial pentru o perioadă lungă de timp?

Pentru a crește exponențial pentru o perioadă nedefinită o populație trebuie să se afle într-un mediu care se extinde exponențial (vezi nișa ecologică) și foarte puține populații se găsesc în condiții optime de existență pentru o lungă perioadă de timp.

Condițiile de mediu reduc capacitatea populației de a-și menține aceeași rată de creștere. Fie că mortalitatea crește, fie că natalitatea scade, rata de creștere se reduce. Fazanii introduși într-o insulă de pe coasta statului Washington (SUA) au înregistrat o creștere exponențială timp de 5 ani cu mici scăderi anuale după fiecare sezon de reproducere. Ulterior rata lor de creștere a scăzut, cauza aparentă fiind colonizarea tuturor habitatelor disponibile.

Multe experimente de laborator au arătat că populațiile mici cresc la început foarte repede, dar că intră în declin pe măsură ce nivelul lor numeric crește.

O serie geometrică se poate transforma în serie exponențială:

Serie geometrică: 2 4 8 16 32

Serie exponențială: 2^1 2^2 2^3 2^4 2^5

Serie logaritmică: 1 2 3 4 5

Logaritmi naturali se întrebuintează aproape exclusiv în matematicile superioare. Baza lor, numărul e este definită prin

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (1 + 1/n)^n = 1 + 1/1! + 1/2! + 1/3! + \dots$$

$$n \rightarrow \infty$$

$$e = 2,7182818...$$

puterea lui e , cu diferiți exponenți reprezintă funcția exponențială, adecvată pentru descrierea tuturor acelor fenomene a căror creștere sau descreștere este astfel încât **derivata este proporțională cu valoarea funcției**, de exemplu dezintegrarea radioactivă, dezvoltarea unei păduri sau creșterea populației umane. Se poate calcula câți ani sunt necesari pentru ca o pădure să crească (deci să aibă loc o creștere a numărului de indivizi) cu ajutorul formulei *dobândă la dobândă*:

$$b_n = b(1 + p / 100)^n$$

în care b , respectiv b_n reprezintă stadiile pădurii la începutul și la sfârșitul perioadei de timp considerate, iar p rata anuală de dezvoltare, exprimată în procente. Această formulă este valabilă pentru o dezvoltare naturală.

Funcția exponențială $y = e^x$ se folosește deseori ca funcție de creștere pentru a ilustra anumite fenomene din natură. Funcția poate fi crescătoare $y = e^x$ sau descrescătoare $y = e^{-x}$

8.2.2. Modelul de creștere logistică a populației

Capacitatea de suport

Acțiunea mediului asupra valorii lui r poate determina o eventuală creștere a limitei superioare de mărime a populației. Dacă $r=0$, atunci când se atinge acesată mărime a populației, mediul poate să susțină în continuare supraviețuirea indivizilor. Acesată limită superioară se numește capacitate de suport și este reprezentă de obicei prin simbolul K . Ea nu se referă nici la mediu și nici la originea indivizilor ca atare, ci la interacțiunea dintre acestea. Cel puțin pentru unele specii mărimea populației devine stabilă în jurul valorii lui K .

Dacă populația depășește capacitate de suport pentru un timp scurt, ea va înregistra o scădere deoarece resursele sunt insuficiente pentru toți indivizii; dacă populația se situează sub nivelul capacității de suport, atunci acțiunea mediului care reduce rata de creștere se va diminua, iar populația va crește din nou.

Populațiile au două valori de densitate la care raportul $dN/dt=0$. Dacă N se apropie de 0 se înregistrează o valoare critică a mărimii populației; sub această valoare populația nu-și poate menține o rată pozitivă de creștere.

Dacă valoarea raportului de mai sus tinde spre 0, se consideră că factorii care determină capacitatea de suport permit menținerea unui nivel suficient al populației. Astfel putem concluziona că determinarea limitei superioare de creștere a populației este condiționată numai de acei factori de mediu, care induc scăderea ratei de creștere în așa fel încât valoarea raportului dN/dt să fie 0. Acești factori pot fi hrana disponibilă, prădătorii, locurile de adăpost sau spațiile de cuibărit, după caz.

❖ Capacitatea de suport (K)

- ❖ Populația subzistă (supraviețuiește) pe o cantitate finită de resurse, și pe măsura ce populația se aglomerează, fiecare individ are acces la o parte din ce în ce mai redusă a resurselor. În final, există un număr limitat de indivizi ce sunt suportați de un habitat dat =capacitatea de suport (K)
- ❖ Definiția capacității de suport = dimensiunea maximă **stabilă** pe care un mediu dat o poate suporta o perioadă relativ lungă de timp
- ❖ **Capacitatea de suport-** K este o proprietate a mediului respectiv (și nu a populației sau speciei!) și care este variabilă în timp, sub influența modificării resurselor disponibile pentru populația în cauză
- ❖ Astfel, va exista întotdeauna un număr maxim de indivizi suportabili de către un mediu dat, fără ca să apară o degradare a condițiilor, care să facă imposibilă supraviețuirea unui număr suplimentar de indivizi în acel mediu.
- ❖ Matematic, aceasta se exprimă prin ajungerea la zero a ratei de creștere a populației (r) atunci când se atinge capacitatea de suport (K) - curba exponențială de forma literei J se transformă într-o curbă de forma literei S

Este important de menționat că valoarea lui K poate să varieze în timp, deși în ecologie pentru simplificare se consideră că această valoare este constantă. De asemenea orice factor de mediu care influențează valoarea lui K poate să sufere variații în timp, mai ales pentru perioade lungi.

Nici hrana disponibilă și nici populațiile de prădători nu rămân constante, chiar în cursul aceluiași sezon. Valoarea lui K este influențată de caracteristice genetice ale indivizilor

din populație care le permit să răspundă la acțiunea factorilor de mediu și astfel fenomenul evolutiv poate modifica valoarea lui K.

Unele caracteristici ale mediului pot orienta rata de creștere către 0 dar acțiunea lor nu este întotdeauna dependentă de mărimea populațiilor. De exemplu vremea poate afecta negativ reproducerea unei populații, dar faptul se manifestă indiferent de mărimea acesteia. Vremea poate determina raportul dN/dt de valoare 0, dar nu poate determina o valoare superioară a populației printr-un fenomen de feedback negativ.

Atunci când o populație atinge capacitatea de suport rata de creștere se modifică ajungând la valoarea 0. În aceste fel ecuația creșterii exponențiale poate fi modificată pentru a reflecta feedback-l negativ determinat de capacitatea de suport asupra ratei de creștere:

$$dN/dt = r_m N(1 - N/K)$$

Populațiile ideale se pot clasifica în ce privește ecuația de creștere logistică:

❖ **Populații k-selectate (populații de echilibru)**

- ❖ Cele care maximizează și mențin numărul de indivizi pentru capacitatea de suport K
- ❖ De obicei se întâlnesc în medii stabile
- ❖ Ex: gorilele

❖ **Populații r-selectate (populații oportuniste)**

- ❖ Creșterea este rapidă, dar capacitatea de a menține un număr mare de indivizi la capacitatea de suport este scăzută
- ❖ De obicei în medii instabile
- ❖ Ex: flora spontană

r Mediu instabil, independent de densitate	K Mediu stabil, interacțiuni dependente de densitate
Dimensiune redusă a organismului	Dimensiune mare a organismului
Energia folosită pentru reproducere este scăzută	Energia folosită pentru reproducere este ridicată
Sunt produși mulți urmași	Sunt produși puțini urmași

Maturitate timpurie	Maturitate târzie, de obicei după o perioadă lungă de îngrijire parentală
Speranța de viață redusă	Speranța de viață ridicată
Fiecare individ se reproduce doar o dată	Fiecare individ se reproduce mai mult de o dată

CÂTEVA CONSIDERAȚII PRIVIND ECUAȚIA LOGISTICĂ

Ecuția logistică a creșterii populației se bazează pe câteva presupuneri:

- * fiecare individ este echivalent cu oricare alt individ din populație
- * eventualele întârzieri în manifestarea efectului unei modificări de mediu asupra creșterii populației nu sunt importante
- * K și r_m sunt constante
- * nu există fenomene inițiale asociate răspunsului față de nivelul K

Trebuie precizat că aceste presupuneri se îndeplinesc foarte rar în situația populațiilor sălbatice. Doar populațiile unor organisme mai simple, crescute în condiții de laborator au o creștere care este foarte bine ilustrată de ecuația logistică.

Primul aspect este contrazis prin existența diferențelor în privința șanselor pe care le au femelele din orice populație de a contribui la creșterea acelei populații. Femelele au nevoie de un oarecare timp pentru a deveni capabile de reproducere și fiecare poate produce un număr diferit de descendenți, fiecare din ele are o anumită eficiență în utilizarea resurselor.

Nivelul numeric al populației se poate stabiliza în raport cu capacitatea de suport în funcție de rapiditatea de ajustare a ratei de creștere față de modificările mediului. Orice întârziere în ajustarea răspunsului provoacă oscilații care se accentuează odată cu creșterea intervalului de timp necesar pentru elaborarea răspunsului.

Capacitatea de suport nu se menține constantă, cu excepția cazurilor în care populațiile sunt crescute în laborator, în condiții strict controlate. Să considerăm că valoarea lui K se referă doar la hrana disponibilă. În zonele cu climă temperată au loc modificări importante, de la un sezon la altul, în privința disponibilității resurselor trofice. Astfel, reducerea capacității de suport a determinat perfecționarea unor adaptări ca hibernarea, migrațiile, diapauza insectelor. De asemenea, dacă resursele nu se refac destul de repede avem de-a face cu reducerea capacității de suport. În acest sens există multe exemple: vrăbiile

care trăiesc în pajiștile din sud-vestul SUA sunt dependente, mai ales în timpul iernii, de cantitatea de semințe produse de ierburi în timpul sezonului de vegetație. Hrana consumată în decembrie-semințele rămase din vară-nu se regenerează decât în vara următoare astfel că pot avea loc reduceri drastice ale populațiilor. În acest caz apreciem că menținerea unei capacități de suport constantă depinde de refacerea resurselor cu o rată egală cu rata de consum.

În experimentele cu celule de drojdie s-a observat că pe măsură ce crește numărul de indivizi scade rata de creștere a populației iar graficul relației are forma unei curbe concave. Uneori însă, în anumite condiții, curba devine concavă. Este vorba de situațiile în care factorii limitanți ai mediului au influență redusă asupra creșterii populației până ce aceasta atinge valoarea maximă pentru K .

8.2.3. Populații fluctuante

Există multe populații care nu-și reduc rata de creștere chiar dacă are loc o mărire a nivelului numeric astfel că valoarea lui r se menține constantă. Dar, odată cu scăderea resurselor populația se poate prăbuși. Un bun exemplu în acest sens îl furnizează populațiile de muște din genul *Calliphora*, crescute în laborator: distribuirea zilnică a unei cantități constante de hrană a determinat o valoare constantă pentru K . S-au făcut trei experiențe, cu larve, adulți și cu larve și adulți cărora li s-a raționalizat hrana. Totodată însă a fost menținut un lot de control care a primit hrană din abundență.

Larvele de *Calliphora* au nevoie de o anumită cantitate de hrană pentru a crește, a se transforma în pupe și apoi în adulți. Dacă hrana este abundentă larvele sunt mai mari iar larvele mai mari vor produce adulți mai mari ceea ce, pentru populația va însemna un număr mai mare de ouă. Pentru a depune ouă femelele au nevoie de proteine astfel încât reducerea cantității de proteină disponibilă va avea ca efect reducerea numărului de ouă. Dacă densitatea larvelor este mare dar hrana insuficientă, atât numărul de pupe cât și numărul de adulți vor fi mici.

La începutul experimentului s-au folosit doar câțiva adulți. Larvele ieșite din ouăle depuse nu au avut prea multă hrană la dispoziție dar cu toate acestea prima generație a produs un număr mare de adulți. Adulții aceștia numeroși au primit hrană din belșug astfel că a fost depus un număr foarte mare de ouă. În continuare, noile larve au primit puțină hrană și următoarea generație de adulți a fost puțin numeroasă. Concluzia a fost că raționalizarea hranei pentru unul sau altul din stadiile de viață a dus implicit la producerea unor fluctuații

mari, în timp, a nivelului numeric al populației. Reducerea numărului de adulți s-a produs fie ca urmare a limitării hranei pentru adulți fie ca urmare a limitării hranei pentru larve.

Nici adulții și nici larvele nu au răspuns față de atingerea capacității de suport prin reducerea numărului de indivizi care acumulasera deja o cantitate suficientă de hrană din resursele disponibile și limitate. Numărul de adulți a scăzut atunci când hrana a fost insuficientă fie din cauza numărului mic de ouă depuse fie deoarece prea puține larve s-au împupat. Acțiunea independentă a factorilor limitanți la nivelul adulților și larvelor a sigurat o creștere a populației prin rata individuală: au apărut mai puțini indivizi dar suficient de mari pentru a asigura numărul necesar de ouă! Raționalizarea simultană a hranei pentru adulți și larve a dus la scăderea drastică a populației (obs. NG: eficiența controlului unei populații de insecte depinde de cunoașterea biologiei tuturor fazelor ciclului de viață).

MODIFICĂRI ALE ECUAȚIEI LOGISTICE

Modificări bazate pe caracteristici energetice

Experimentele cu *Daphnia* au arătat că organismele care continuă să trăiască și după ce și-au încetat creșterea continuă să acumuleze energie dar o folosesc pentru menținere și reproducere. Din această cauză ar fi de așteptat ca aceste situații să nu se potrivească modelului logistic de creștere. Tot în urma experimentelor de laborator cu populații de daphnii menținute la o densitate constantă, cu o valoare K constantă dar cu stimularea unor variații în utilizarea eficientă a resurselor au fost propuse câteva “amendamente” la modelul logistic de creștere:

- * hrana utilizată este o măsură a nivelului numeric al populației, deci se aplică legea masei
- * relația dintre rata de utilizare a hranei și biomasă poate fi cuantificată printr-o regresie lineară
- * eficiența de conversie a hranei în biomasă nouă este similară eficienței de conversie a hranei în biomasă de înlocuire
- * când se atinge densitatea de saturație se poate folosi calculul numărului de indivizi morți și înlocuiți pentru a estima rata de înlocuire a întregii populații



8.3. Rezumat

Dinamica populației este influențată de natalitate – numărul de indivizi născuți într-o anumită perioadă, fertilitatea – numărul de indivizi care s-au născut și au supraviețuit ca adulți; mortalitatea – procentul de indivizi din populație care mor într-un an; mortalitatea naturală – moarte cauzată de predatorism, boli, accidente etc; mortalitatea indusă – moarte cauzată de vânătoare sau pescuit.

Orice populație tinde să crească dacă resursele și condițiile de mediu îi sunt favorabile.

Populația crește în condiții ideale și fără limitari, cât de repede se poate; în acest caz, se maximizează diferența dintre rata natalității și rata mortalității. Acest tip de creștere este o caracteristică a populației și nu a mediului în care trăiește.

Astfel, în cele mai multe medii de viață, chiar ideale, populația nu este capabilă să atingă maximul de creștere, ci doar să prezinte o curbă de creștere exponențială. Creșterea exponențială poate avea loc atunci când natalitatea excede mortalitatea; natalitatea și mortalitatea sunt independente de dimensiunea populației; se neglijează migrația. Creșterea exponențială are loc conform ecuației

$$N_t = R^t N_0$$

Speciile invazive cresc exponențial, cel puțin în prima fază a invaziei. De asemenea creșterea exponențială este posibilă dacă habitatul este uniform, lipsesc prădătorii, lipsesc bolile.

În natură populațiile subzistă pe o cantitate finită de resurse, și pe măsura ce populația se aglomerează, fiecare individ are acces la o parte din ce în ce mai redusă a resurselor. În final, există un număr limită de indivizi ce sunt suportați de un habitat dat =capacitatea de suport (K - dimensiunea maximă **stabilă** pe care un mediu dat o poate suporta o perioadă relativ lungă de timp). **Capacitatea de suport-** K este o proprietate a mediului respectiv (și nu a populației sau speciei!) și care este variabilă în timp, sub influența modificării resurselor disponibile pentru populația în cauză. Astfel, va exista întotdeauna un număr maxim de indivizi suportabili de către un mediu dat, fără ca să apară o degradare a condițiilor care să facă imposibilă supraviețuirea unui număr suplimentar de indivizi în acel mediu. Matematic, aceasta se exprimă prin ajungerea la zero a ratei de creștere a populației (-r) atunci când se

$$\lambda \sim 100 \sim$$

atinge capacitatea de suport ($-K$) - curba exponențială de forma literei **J** se transformă într-o curbă de forma literei **S**.

Populațiile ideale se pot clasifica în ce privește ecuația de creștere logistică:

❖ **Populații k -selectate (populații de echilibru)**

- ❖ Cele care maximizează și mențin numărul de indivizi pentru capacitatea de suport K ; de obicei se întâlnesc în medii stabile, ex: gorilele

❖ **Populații r -selectate (populații oportuniste)**

- ❖ Creșterea este rapidă, dar capacitatea de a menține un număr mare de indivizi la capacitatea de suport este scăzută; de obicei în medii instabile, ex: flora spontană



8.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

- În ce condiții o populație din natură își poate menține multă vreme o creștere de tip exponențial?
- Definiți capacitatea de suport a mediului.



8.5. Bibliografie recomandată

Botnariuc N. 1999 Evoluția sistemelor biologice supraindividuale. Edit. Universității din București (cap. 1.2. Însușiri ale sistemelor biologice pp 10-21; cap. 1.4. Categori de ierarhii în lumea vie pp 23-40; cap. 3 Evoluția organizatorică a populației pp 58-89)

Botnariuc N., Vadineanu A. 1982 Ecologie. Edit. Didactică și Pedagogică, București, (Capitolul Ecologia populației -pp. 205-265)

REGLAREA STĂRII POPULAȚIILOR NATURALE

CAPITOLUL 9 CE ESTE REGLAREA POPULAȚIILOR. COMBINAREA FACTORILOR DEPENDENȚI DE DENSITATE ȘI A FACTORILOR INDEPENDENȚI DE DENSITATE.



9.1. Introducere

Reglarea populațiilor este un proces ecologic fundamental. Toate populațiile, indiferent cărei specii îi aparțin, sunt supuse acțiunii unor factori care le limitează creșterea, mai devreme sau mai târziu. Acești factori limitativi reglează astfel mărimea populației însă, de multe ori, acțiunea lor este greu de corelat cu anumite condiții și relații din mediul de viață al populațiilor. Unele specii/populații manifestă o dinamică ciclică ce poate fi urmărită și prognozată. Altele prezintă creșteri și scăderi ale efectivului întâmplătoare, haotice (deși și acestea, la o scară mare de timp, manifestă o anumită ciclicitate).

În general, factorii limitativi sau reglatori ai creșterii se împart în două categorii: dependenți de densitate și independenți de densitate.

Un exemplu devenit clasic se referă la populația de iepuri-pradă și râși-prădători din Canada, în intervalul 1845-1925, datele provenind din registrele de vânatoare și din cele de vânzare a blănurilor. Curba prădătorului urmează îndeaproape curba prăzii și multă vreme s-a considerat că relația pradă-prădător este factorul care reglează ambele populații. Mai târziu s-a constatat că intervin mulți alți factori – hrana iepurilor, condițiile de habitat, variațiile vremii, paraziții etc

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 4 ore



9.2. Conținut

9.2.1. Primele teorii ale reglajului

Au existat și există încă multe contradicții în privința modului de a privi mecanismele de reglare a populațiilor.

A.J. Nicholson, ecolog australian, este autorul teoriei privind reglarea nivelului populațional prin intermediul factorilor biotici-interacțiuni biotice dependente de densitate (așa numitele “reacții guvernate de densitate”). Astfel, aceste mecanisme (reacții) induse de modificările de densitate mențin populația într-o stare echilibrată în mediul de viață. Principalul mecanism este reprezentat de competiția intraspecifică.

Cu toate că Nicholson recunoștea că există și alți factori, independenți de densitate, care pot avea efecte importante la nivelul populațiilor (modificându-le densitatea) el considera că aceștia acționează doar prin modificarea unor caracteristici ale indivizilor sau prin modificarea unor caracteristici ale mediului, influențând astfel nivelul de manifestare a reacțiilor induse de densitate. Chiar în condițiile în care acțiunea factorilor independenți de densitate este deosebit de puternică totuși, după părerea lui Nicholson, mecanismele dependente de densitate sunt cele care ajustează densitatea populației, desigur, în mod neuniform în timp, cu perioade de “relaxare” și cu altele de influență intensă.

Alți doi ecologi australieni, Andrewartha și Birch, susțin o părere contrară celei a lui Nicholson, afirmând că procesele dependente de densitate au o importanță redusă în reglarea populațiilor. După acești autori, numărul de indivizi (cu referire la animale) dintr-o populație naturală poate fi limitat în trei feluri:

1. Prin reducerea resurselor materiale (hrană, locuri de cuibărit etc.)
2. Prin inaccesibilitatea resurselor materiale în raport cu capacitatea de dispersie a indivizilor
3. Prin scurtarea timpului de creștere cu rata r

Probabil că în natură ce-a de a treia cale este cea mai importantă iar prima este cea mai puțin importantă. Fluctuațiile valorii lui r pot fi induse de vreme, prădători sau de orice alt factor de mediu care poate influența rata de creștere a populației.

Andrewartha și Birch au respins tradiționala subdivizare a mediului în factori fizici și biotici și factori dependenți și independenți de densitate considerând **că această clasificare nu reprezintă un cadru util de discutare a problemelor ecologiei populațiilor.**

Un exemplu: *Thrips imaginis*

Davidson și Andrewartha au studiat modificările care au loc într-o populație de insecte fitofage, tripsul mărului și trandafirului (ord. Thysanoptera – tripși) care trăiește pe trandafirii din sud-estul Australiei. Ei au studiat abundența acestei specii timp de 81 luni consecutive, numărând tripșii de pe 20 de trandafiri, 20 de zile pe lună. În următorii 7 ani au luat probe numai primăvara și la începutul verii. Suplimentar, ei au monitorizat temperatura și precipitațiile. Folosind metoda regresiei multiple ei au putut să explice 78% din varianța maximului numeric anual prin referire la 4 factori climatici:

- Oportunitatea valorilor termice pentru dezvoltarea populației, până la 31 august
- Oportunitatea valorilor termice pentru dezvoltarea populației, în septembrie și octombrie
- Oportunitatea valorilor termice pentru dezvoltarea populației, în luna august a sezonului anterior
- Precipitațiile din septembrie și octombrie

Cu alte cuvinte, datele obținute în privința acestor 4 factori, pentru fiecare an, au permis stabilirea, cu o acuratețe statistică staisfăcătoare, a vârfurilor de creștere pentru populația de tripși.

Este evident că factorii climatici au cel mai important rol.

Aplicarea metodei propuse a evidențiat că modelul creșterii (reglării) dependentă de densitate se observă mai ales pentru nivelele maxime de creștere:

- a. s-au observat corelații negative semnificative între modificări ale populației și mărimea acesteia, chiar în preajma atingerii nivelului maxim de primăvară
 - b. în același interval s-a observat o rapidă descreștere a varianței în mărimea populației
- Mai mult decât, atât s-a putut afirma că există un factor de mortalitate dependent de densitate foarte puternic care acționează imediat după ce s-a atins maximum măririi.

Din experimentele făcute de cei doi autori au reieșit câteva concluzii:

1. trebuie făcută distincția între determinarea abundenței și reglarea abundenței.
- Reglarea abundenței prin defecție poate avea loc numai ca un rezultat al unui proces dependent de densitate. Pe de altă parte abundența este determinată de totalitatea factorilor și proceselor care se manifestă alși nivelul unei populații

2. factorii abiotici (vremea) interacționează cu factorii biotici astfel încât nu poate fi evidențiat un singur factor reglator
3. chiar dacă cei doi ecologi australieni au arătat că procesele dependente de densitate nu sunt importante în determinarea abundenței unei specii aceasta nu înseamnă că acele specii nu sunt reglate
4. chiar dacă se consideră că procesele dependente de densitate au în general o importanță redusă trebuie remarcată constatarea că modificările vremii au fost răspunzătoare pentru 78% din variațiile valorilor maxime ale nivelului numeric.

Analiza unei populații de gândaci de Colorado

S-a aplicat metoda tabelului de viață după studierea unei populații care avea o generație pe an. Adulții de primăvară ies din hibernare la mijlocul lui iunie atunci când plantele încep să iasă din sol. Are loc depunerea ouălor, perioadă care durează 1 lună cu un vârf de activitate la începutul lui iulie. Ouăle sunt depuse în grămezi, în medie 34 de ouă, pe suprafața inferioară frunzelor, iar larvele apărute se târăsc până la vârful plantei de unde încep să se hrănească. La maturitate larvele cad pe sol, intră în sol și formează pupele. La începutul lui august apar adulții de vară, care ies din sol pentru a se hrăni până la începutul lui septembrie până reintră în sol și se pregătesc de hibernare. Din analiza tabelului de viață s-au tras următoarele concluzii:

- mortalitatea ouălor este determinată de prădătorism, canibalism, spălarea de pe tulpini din cauza ploii, principalul factor de mortalitate pentru larvele din primul stadiu a fost ploaia, care le poate spăla cu ușurință de pe plantă;
- mortalitatea determinată de paraziți și prădători a fost nesemnificativă pentru larve, dar parazitismul este cel mai important factor pentru pupe;
- în cazul adulților de vară reducerea resursei de hrană a fost principalul factor care a determinat emigrarea și deci creșterea mortalității. Populația de adulți hibernanți a fost afectată cel mai mult de îngheț.

Se pare că în fenomenul de reglare a populației de gândaci de Colorado, emigrarea adulților de vară (care este un factor cheie), pare să acționeze într-o manieră care să compenseze densitatea crescută a indivizilor, adesea în exces. Trebuie avut în vedere însă că sistemul cartof-gâdac de Colorado este menținut ca atare de om care previne dispariția

culturii de cartof prin replantare. Parzitimul exercitat asupra pupelor (o muscă din familia Tachinidae) **pare a fi prea puțin dependent de densitate, dar rata de mortalitate a acestui stadiu este în general mică.**

9.2.2. Reglajul prin efecte directe ale factorilor climatici

Variațiile vremii au un impact direct asupra dinamicii populaționale. Dispersia și mărimea populațiilor sunt în mod special afectate de factorii climatici. În consecință schimbările climatice vor afecta atât modelele de dispersie și de creștere cât și reglajele stării populației.

Reglajul prin efecte directe ale factorilor climatici este în mod special decelabil la populațiile de insecte [Karuppaiah, 2012].

În cazul insectelor se disting cu ușurință reglajele induse de următoarele:

- Variațiile regimului temperaturii - > influențează: viteza de reproducere și de creștere, voltinismul și rata de supraviețuire;
- Variațiile climatice generează o serie întreagă de modificări în serie în mediul abiotic;
- Diapauza, mortalitatea de iarnă, zborul și dispersia în general;
- Dezvoltarea și reproducerea în general – cât timp limita superioară de supraviețuire nu este atinsă, insectele pot profita de creșterea temperaturii;
- Creșterea temperaturii în iarnă, în zona temperată poate avea fie un efect pozitiv asupra populațiilor speciilor cu rezistență redusă la temperaturi scăzute, fie un efect negativ asupra speciilor ce necesită o temperatură cât mai scăzută în timpul iernii;
- Regimul de umiditate, seceta sau creșterea precipitațiilor- spre exemplu modelul de migrație a lăcustei de deșert (*Schistocerca gregaria*) se poate modifica radical în cazul unei secete prelungite.
- Modificările în regimul precipitațiilor au un efect diferit asupra populațiilor de insecte ce trăiesc pe rădăcini și se hrănesc cu plante.

9.2.3. Reglajul prin efecte directe ale factorilor biotici

Relația pradă – prădător este una din cele caracteristice interacțiunilor directe dintre populațiile diferitelor specii.

Prădătorii pot afecta populațiile speciilor pradă atât prin mortalitatea direct indusă de activitatea lor de prădători, cât și prin efectele indirecte asupra comportamentului prăzii și a

modului lor de viață. O scădere a populațiilor pradă conduce la creșterea abundenței resurselor ecosistemului utilizate de speciile –pradă. Prădătorii pot avea dimpotrivă efecte directe dar non-letale în ce privește comportamentul păsii. Asemenea situații conduc la scăderea ratei de creștere a populației pradă (Peckarsky, 2009).

Comportamentul de evitare a prădătorului se concretizează în scăderea timpului afectat hrănirii, modificarea teritoriilor de hrănire spre altele mai puțin expuse prădătorului sau derularea activităților de hrănire într-o perioadă a zile când sunt mai puțin eficiente (Peckarsky, 2009).

Impactul prădătorilor diferă în funcție de selectivitatea acestora pentru hrană sau altfel spus pentru anumite specii.

Unii autori (Peckarsky, 2009) sintetizează astfel « Impactul prădătorilor diferă și în funcție de vulnerabilitatea relativă a prăzii, de ratele de emigrare și de tendința de a emigra de teritoriile frecventate cu predilecție de prădători ».

Cu toate acestea, unii autori subliniază că atât populațiile pradă cât și populațiile de prădători beneficiază de pe urma conectivității habitatelor, dar într-o măsură diferită deoarece speciile pradă se pot reproduce cu riscuri mai mici în complexe de ecosisteme fragmentate (Baggio, 2011).

Un alt exemplu de reglaj este **canibalismul**. Canibalismul este un tip de relație intraspecifică/intrapopulațională prin care indivizii se consumă între ei. Este un fenomen răspândit în toată lumea animală și apare atunci când resursele de hrană sunt insuficiente, densitatea populației este foarte mare sau habitatele de adăpost și refugiu sunt prea aglomerate. La specii de urși, feline, canide, multe rozătoare, femelele ucid și își mănâncă puii. De asemenea, acest comportament apare la insecte, pești, amfibieni, reptile și păsări.

Este un mecanism propriu populației prin care se obține adaptarea mărimii și densității la capacitatea de suport a mediului.

Studii teoretice au arătat o diversitate de efecte potențiale ale canibalismului asupra dinamicii populațiilor. Canibalismul poate salva o populație de la dispariție (mecanismul cunoscut sub numele de *barcă de salvare*) sau poate duce la stabilitatea populației. Cercetări efectuate pe specii de gândaci de făină din genul *Tribolium* au arătat că consumul ouălor proprii induce o dinamică complexă, chiar haotică. Totodată, canibalismul poate reduce fluctuațiile dintr-o populație. Un canibalism moderat reduce competiția dintre cohorte permițând coexistența mai multor cohorte. Un canibalism vorace, în populația de biban, în combinație cu competiția dintre indivizi, are ca rezultat o populație bimodală în privința

dimensiunilor indivizilor, cu mulți de mici dimensiuni și câțiva foarte mari (Claessen și colab. 2000).

În cazul peștilor tilapia (*Oreochromis niloticus*) s-a observat că juvenalii de mari dimensiuni îi mănâncă pe cei mai mici dacă hrana este insuficientă.

La salamandre, o aglomerare mare a larvelor induce canibalismul: larvele mai mari le consumă pe cele mici, în felul acesta rezolvând incapacitatea bălții în care trăiesc de a oferi hrană tuturor exemplarelor.

Toate speciile de moluște cefalopode (sepia și caracatițe) sunt predatoare și canibalismul este des întâlnit în populațiile acestor specii. Canibalismul este dependent de densitatea indivizilor datorită comportamentului lor agresiv și datorită teritorialității, de disponibilitatea hranei și de durata sezonului de reproducere. Comportamentul canibal este corelat cu dimensiunea consumatorilor și a celor consumați și poate afecta dinamica populației în perioade în care hrana este săracă iar numărul de indivizi este mare. Cefalopodele sunt cunoscute ca având o capacitate redusă de a stoca energia astfel încât au nevoie permanent de hrană. Canibalismul este un aspect al strategiei energetice a populației permițând cefalopodelor să reacționeze la condițiile favorabile sau defavorabile de mediu prin creșterea sau reducerea numărului de indivizi (Ibanez și Keyl, 2010).

La urșii polari canibalismul a fost semnalat încă din 1896 observându-se că este mai frecvent în zone în care, condițiile geografice reduc posibilitatea de dispersie a indivizilor. După anul 2000 se semnalează creșterea numărului de cazuri de cannibalism, faptul fiind legat de reducerea banchizei polare: topirea timpurie a gheții face ca urșii să-și găsească cu dificultate hrana lor preferată, focile, pe care le vânează pe gheață, înlocuindu-le cu păsări, ouă de păsări și chiar gunoaie de lângă așezările umane. Astfel, canibalismul devine o alternativă la lipsa hranei tradiționale dar și un mijloc de a reduce dimensiunile populației.

9.2.4. Reglajul prin acțiunea globală a « factorilor » de mediu

Creșterea cantității de dioxid de carbon (CO₂) din activitățile umane afectează atmosfera, conducând la încălzire globală și schimbări climatice. Mai puțin cunoscut este însă faptul că dioxidul de carbon alterează chimismul oceanelor, care devin mai acide. Această acidificare poate conduce la consecințe grave asupra compoziției pe specii, asupra lanțurilor trofice și asupra ecosistemelor în general [UNEP, 2010].

Chiar și corali de apă rece, ce trăiesc în adâncuri și care se constituie în importante locații de reproducere și de hrănire pentru diverse specii de pești, sunt vulnerabili la acidificarea apei oceanelor [UNEP, 2010].

Pierderea habitatului, supraexploatarea (suprapescuitul în cazul mărilor și oceanelor) schimbările climatice și poluarea au impact asupra populațiilor marine. Acidificarea se adaugă acestor stressori cunoscuți [UNEP, 2010].

9.2.5. Reglajul prin mecanisme interne populaționale

Caracteristicile ciclului de viață sunt recunoscute de mulți cercetători ca având o importanță deosebită pentru aprecierea riscului de extincție.

Cele mai importante trăsături din acest punct de vedere sunt :

- **Abilitatea de dispersie.** Capacitatea de migrare între fragmentele de habitat conferă o șansă mult mai bună de a realiza un grad suficient de diversitate genetică pentru a asigura supraviețuirea populației respective – reglarea populației are loc prin șansele de a găsi parteneri de reproducere.
- **Gradul de specializare.** În mod evident, dependența de o singură sursă de hrană (de exemplu urșii panda care se pot hrăni numai cu bambus) reduce șansele de supraviețuire a populației respective iar capacitatea de a se hrăni din surse diverse asigură a rată de supraviețuire mai ridicată. Trebuie subliniat însă că și speciile cu care aceste populații se hrănesc prezintă interdependență la rândul lor cu alte specii, astfel încât rezultatul final al relațiilor trofice poate să difere foarte mult de ceea ce ar fi de așteptat intuitiv.
- **Viteza de reproducere.** Unele specii se pot reproduce foarte repede. Trebuie însă ținut seama de faptul că populația respectivă poate să prezinte o rată de reproducere diferită de cea recunoscută academic, din diverse cauze interne sau externe. Mai mult, nu ar trebui pus semnul egal între viteza de reproducere și capacitatea de a rezista la schimbări de mediu, din rațiuni de logică.
- **Longevitatea.** Sunt valabile aceleași considerații privind reținerea de la generalizări în cazuri practice de mai sus.

Reglajul la nivel populațional prin factori intrinseci necesită prezența unor mecanisme comportamentale ce împiedică sau măcar întârzie creșterea mărimii populației înainte de a atinge limita de hrană disponibilă [Wolff, 1997].

Cole, citat de (Blomquist, 2007), a demonstrat ca predicția structurii și dinamicii populaționale se poate realiza și cu o informație relativ restrânsă asupra biologiei și comportamentului animalelor respective și, în plus, a arătat că un ciclu de viață ar trebui văzut ca o serie de adaptări strategice la nivel de supraviețuire de **grup**, și nu ca o adaptare individuală.

Echilibrul dinamic al efectivului numeric de indivizi ai populației reprezintă un **proces autoreglator**, dinamica populației fiind rezultatul schimbării efectivului numeric al populației prin acțiune unor factori **abiotici** cu impact direct și al proceselor de **reglare** a populației – ca rezultat al manifestării relațiilor intraspecifice și interspecifice ale organismelor, prin inerție - (depind de densitatea populațiilor precedente) sau momentane (referitoare la densitatea generațiilor la un moment dat).

9.2.6. Teoria sintetică a reglajului

Teoria sintetică a reglajului populațional se definește astfel: « Teoria sintetica a reglajului abordează unitar ansamblul de factori ecologici interni și externi care acționează asupra efectivului populațional. Contribuții importante în acest sens au fost aduse de G.A. Victorov (1971), N. Botnariuc (1976), A. Vădineanu (1980), B. Stugren (1982). Intrările și ieșirile indivizilor din populație sunt modulate. Se ține cont de organizarea populațiilor, organizarea biocenozei și particularitățile biotopului, respectiv de polimorfismul genetic, relațiile dintre indivizi și funcțiile lor în cadrul populațiilor, numărul de populații și caracterul lor polifuncțional, relațiile dintre populații și gradul de maximalizare a fluxurilor de energie, precum și domeniile de fluctuație ale factorilor ecologici. »

Teoria sintetică tinde să schițeze un tablou unitar al modului de acțiune, al ansamblului de factori și să scoată în evidență conexiunile inverse din acest sistem. Mecanismele de reglare acționează atât din interiorul populației cât și din exterior, fiind sau mecanisme de autoreglare, sau mecanisme exogene.

Mecanismele de autoreglare acționează pe baza capacității de autoreproducere a populației și a mijloacelor proprii de apărare. Autoreglarea se bazează pe selecția intrapopulațională, ceea ce înseamnă că dacă rata natalității depășește o anumită mărime, nimicirea indivizilor din aceeași specie devine intensivă.

Dacă rata mortalității scade la un nivel suportabil, intensitatea selecției se reduce. Cele mai multe mecanisme de reglare lucrează cu efect întârziat. Mecanismele de reglare sunt unilaterale, deoarece limitează în mod activ numai creșterea efectivului [Malschi, 2014].

Structura populațională este descrisă ca unitatea dinamică printr-un vector al cărui stare este caracterizată de ecuația:

$$p_i = x_i / N,$$

în care:

- x_i este numărul de indivizi dintr-o grupă “i” din cadrul populației;
- N este efectivul populației.



9.3. Rezumat

Populațiile funcționează ca niște sisteme biologice cu autoreglare. Reglarea mărimii, densității și a altor parametri populaționali este un proces complex, controlat atât de factori externi cât și de factori interni.

Reglajul la nivel populațional prin factori intrinseci necesită prezența unor mecanisme comportamentale ce împiedică sau măcar întârzie creșterea mărimii populației înainte de a atinge limita de hrană disponibilă.

Echilibrul dinamic al efectivului numeric de indivizi ai populației reprezintă un proces autoreglator, dinamica populației fiind rezultatul schimbării efectivului numeric al populației prin acțiune unor factori abiotici cu impact direct și al proceselor de reglare a populației – ca rezultat al manifestării relațiilor intraspecifice și interspecifice ale organismelor, prin inerție - (depind de densitatea populațiilor precedente) sau momentane (referitoare la densitatea generațiilor la un moment dat).



9.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

- Interpretați rolul reglator al canibalismului.
- Cum contribuie factorii climatici la reglarea populației?
- Ce înseamnă dependența de densitate în reglarea populațiilor?



9.5. Bibliografie recomandată

Botnariuc N., Vadineanu A. 1982 Ecologie. Edit. Didactică și Pedagogică, București, (Capitolul Ecologia populației -pp. 205-265)

Botnariuc N. 1999 Evoluția sistemelor biologice supraindividuale. Edit. Universității din București (cap. 1.2. Însușiri ale sistemelor biologice pp 10-21; cap. 1.4. Categoriile de ierarhii în lumea vie pp 23-40; cap. 3 Evoluția organizatorică a populației pp 58-89)

FUNCȚIILE POPULAȚIEI

CAPITOLUL 10 ROLUL POPULAȚIEI ÎN DESFĂȘURAREA FLUXULUI DE ENERGIE. BUGETUL ENERGETIC AL POPULAȚIEI. ROLUL POPULAȚIEI ÎN CIRCULAȚIA NUTRIENȚILOR.



10.1. Introducere

Urbanizarea a început independent în perioada 5.000 – 3.500 î.e.n., în văile fertile ale marilor râuri, văi care, în acea perioadă adăposteau populații importante de mamifere mari, inclusiv elefanți (în Mesopotamia, Egipt, China). Aceste animale jucau un rol vital în îmbogățirea cu nutrienți a zonelor limitrofe zonelor inundabile iar dispariția lor a determinat o reducere drastică a aportului de nutrienți. În absența lor, productivitatea gricolă s-a redus simțitor.

Estimările au arătat că concentrația de fosfor s-a redus cu 40% (Doughty et col., 2013). Transferul de nutrienți din zonele riverane spre zonele învecinate s-a redus cu 63-97% ca urmare a scăderii efectivelor de mamifere mari, în special elefanți. Se apreciază că populațiile de elefanți s-au redus până la dispariție acum 3000 ani în Mesopotamia, acum 2000 în China și acum 1000 de ani pe valea Indusului. Agricultorii au avut contribuția esențială, ei exterminând animalele care, prin eplasarea lor le distrugau culturile.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 4 ore



10.2. Conținut

10.2.1. Rolul populației în desfășurarea fluxului de energie; bugetul energetic al populației

Cea mai des întâlnită **compensație** pentru derularea ciclului de viață, cu rol reglator constă în decizia cu privire la investirea disponibilului de energie în supraviețuire vs. investirea în reproducere.

Situația se complică în cazul în care decizia aceasta trebuie luată și în termeni de timp: trebuie investit în reproducere în acest sezon sau trebuie amânat până în sezonul următor?

Bilanțul energiei în reproducere conține atât energia stocată în materialul de reproducere (de exemplu în ouă) și energia ce ar trebui utilizată în alăptare, în îngrijirea puilor sau descendenților și alte asemenea.

Plantele sălbatice ierboase perene investesc 15-20% din energie în reproducere, în timp ce plantele anuale cultivate ajung până 30-40%. În regnul animal, șopârlele investesc 7-9% iar salamandrele - până la 48%.

Fluxul de energie este un tip important de interacțiune ecologică. Dinamica populației include fluxul de energie care se desfășoară între unitățile ecologice, indivizii. Fluxul de energie printr-o unitate ecologică (indivd) heterotrofă se definește astfel:

Consum	C	Cantitatea totală de hrană ingerată în unitatea de timp
Asimilație	A	Procentul din C folosit pentru nevoile fiziologice
Producție	Ps	Producția somatică: procentul din A folosit pentru formarea de noi țesuturi și creștere
Output gonade	Pg	Procentul din A folosit pentru șesutul reproductiv
Respirație	R	Procentul din A convertit în căldură, direct sau prin lucru mecanic
Egestie	E	Procentul din C care nu poate fi folosit (se mai notează F - fecale

Bugetul energetic arată cum este consumată și investită energia:

$$C = E + A$$

$$C = E + P_s + P_g + R$$

Pentru analiza fluxului de energie în populație se adaugă următorii parametri:

Abundența	N	Numărul de indivizi pe suprafața de referință sau volum
Masa corporală	M	Masa corporală a unui individ
Biomasa	B	Total masă vie (suma maselor corporale individuale) per suprafață sau volum

De asemenea, se au în vedere două procese biologice care afectează abundența:

Recrutare (recruitment)	Adăugarea de noi indivizi în populație
Mortalitate	Pierderea de indivizi din populație

Utilizarea energiei diferă de la specie la specie:

- Energia folosită de părinți pentru îngrijirea puilor este invers proporțională cu capacitatea reproductivă a speciei
- Speciile animale care produc urmași de mici dimensiuni, vulnerabili, au tendința de a nu se îngriji de aceștia din cauza constrângerilor energetice; totuși, destui urmași supraviețuiesc pentru a asigura perpetuarea speciei
- Speciile animale care au puțini urmași cheltuie multă energie pentru îngrijirea lor
- Plantele cu fecunditate redusă produc puține semințe bogate în energie în energie dar cu o rată mare de germinare; plantele cu fecunditate ridicată produc multe semințe mici, sărace în energie, cu o rată mică de germinare
- Speciile semelpare folosesc tot bugetul de energie pentru un singur sezon de reproducere iar speciile iteropare pentru mai multe sezoane de reproducere.

10.2.2. Rolul populației în circulația nutrienților

Spre deosebire de energie, ce parcurge drumul prin ecosistem într-un singur sens, nutrienții parcurg un drum ciclic.

Ciclul azotului

Azotul este parte a unor constituenți celulari cum ar fi aminoacizii, acizii nucleici precum și al nucleelor porfirinice ale clorofilei și hemoglobinei. Din punct de vedere populațional, furnizarea (disponibilul) de azot reprezintă un important factor limitativ al producției primare din mediile terestre și marine.

Ciclul carbonului

Carbonul este o parte esențială a moleculelor organice și se găsește în atmosferă, sub forma unor gaze ce influențează decisiv schimbările climatice.

O parte din carbon parcurge ciclul cu rapiditate, ca urmare a schimburilor dintre organisme și atmosferă, în timp ce o altă parte rămâne în forme indisponibile lungi perioade de timp (în roci ce conțin carbonat, soluri).

Ciclul fosforului

Fosforul este important pentru obținerea de energie în organisme vii, pentru genetica și structurile constitutive ale viețuitoarelor – face parte din ATP, ADN, ARN și din moleculele de fosfolipide. Deși este de mare importanță pentru viețuitoare, fosforul nu este foarte abundent în biosferă.

Spre deosebire de carbon și azot, ciclul global al fosforului nu include un parcurs atmosferic semnificativ, cea mai mare parte a fosforului se găsește în minerale și în sedimentele marine.

În analiza ciclurilor nutrienților la nivel de populație se țin seama de următoarele caracteristici generale:

- Rata de descompunere este influențată de temperatură, umiditate și compoziția chimică;
- Plantele și animalele pot modifica distribuția și ciclurile de nutrienți în ecosisteme;
- Diverși factori perturbatori cresc scurgerea de nutrienți din ecosistemul perturbat.

În cazul fitoplanctonului, compoziția pe specii și înflorirea depind de forma sub care nutrienții se află, ca și de abundența lor. Proporția dintre nutrienți este determinantă pentru viteza de creștere a acestuia [Donald et coll., 2002].

Legăturile dintre populații se manifestă în multe situații printr-o evidentă modificare a nivelului de nutrienți - astfel, viermii din solul unei păduri formează humusul, proces ce cunoaște însă forme și manifestări diferite în funcție de stadiul în care se află pădurea [Ponge, 1999] .

Eliminarea oxigenului din cauza descompunerii macroalgelor plutitoare influențează comunitățile de macronevertebrate, ceea ce conduce la o descreștere a populațiilor de nevertebrate și la schimbări structurale. Descompunerea macroalgelor conduce la condiții hipoxice în mod periodic. Macroalgele reprezintă și un agent alt reglajelor la nivel populațional în habitatele acvatice: cantități mari de fosfor sunt eliberate în timpul descompunerii algelor, ca și cantități ridicate de carbon în cazul porțiunilor de alge inactive din punct de vedere al fotosintezei [Berezina et coll., 2007].

Un proces similar are loc și în cazul efemeropterelor, ale căror populații sunt influențate de utilizarea terenului, în special de fluxurile de nutrienți modelate de procese naturale dar și antropice [Selvakumar et coll., 37].

Populațiile diverselor macronevertebrate din râuri demonstrează că nivelul de nutrienți depinde de organisme autotrofe (alge, bryophyte și macrofite), ca și de descompunători heterotrofi (funghi și bacterii). Creșterea și activitatea organismelor autotrofe pot fi limitate de disponibilitatea nutrienților anorganici, ca și de lumină și de stabilitatea substratului.

Aceste procese paralele ce se desfășoară la nivelul populațiilor modelează fluxul nutrienților [Savic et coll., 2010].

Păsările au un rol deosebit în încărcarea cu nutrienți minerali a ecosistemelor acvatice. În unele lacuri, păsările acvatice contribuie cu 69% în încărcarea cu carbon, cu 27% pentru azot și cu 70% pentru fosfor. Populațiile de pescăruși pot îmbogăți bălțile în care se hrănesc cu 42% din necesarul de fosfor. Studii efectuate în Ungaria au arătat rolul păsărilor acvatice în circuitul nutrienților din mlaștini alcaline (Boros et col., 2008). Excrementele păsărilor s-au dovedit a fi surse majore de nutrienți în aceste mlaștini care primesc un aport redus din freatic. Astfel, s-a estimat aportul zilnic de carbon, azot și fosfor pentru populațiile mai multor specii, având în vedere o medie lunară a numărului de indivizi:

Specia sau grup de specii	C	N	P
---------------------------	---	---	---

<i>Larus ridibundus</i> (pescăruș râzător)	3,48	0,36	0,23
<i>Phalacrocorax carbo</i> (cormoran)	19,60	1,04	4,58
<i>Anser albifrons</i> (gârliță mare)	8,60	0,69	0,08
<i>Larus canus</i> (pescăruș comun)	4,32	0,48	0,3
Ploier, nagâț, fluierar	2,52	0,65	0,12
Cioc-întors, piciorong, sitar de mal	5,00	2,16	0,36

Dintre speciile de păsări acvatice observate, nu toate au contribuit la încărcarea cu nutrienți a mlaștinilor (import de nutrienți): unele s-au hrănit în mlaștini dar au depus excrementele departe pe uscat, altele au avut o activitate mixtă, aducând nutrienți dar și exportând nutrienți. Contribuția celor trei categorii de păsări a fost următoarea (raportată la total contribuție de nutrienți adusă de păsări):

Categoria	C %	N %	P %
Importatori de nutrienți	77	71	61
Importatori/exportatori	21	24	31
Exportatori	2	5	5

Lilieci sunt între cele mai importante mamifere în privința impactului pe care-l au asupra circuitului nutrienților. Noaptea consumă cantități mari de insecte și astfel pot aduce, prin excremente, caron, azot și fosfor în habitatele de odihnă. Lilieci care se adăpostesc în scorburi sunt considerați generatori de zone foarte bogate în nutrienți (*nutrient hot spots*) (Duchamp și Sparks, 2010). Cantitatea de guano depusă de acești lilieci crește odată cu densitatea populației mai ales în perioadele de naștere a puilor și de alăptare. Mineralizarea azotului provenit din guano este 380% din mineralizarea literei pădurii.

Păsările acvatice sunt de asemenea furnizoare de guano. Sunt bine cunoscute depozitele de guano formate pe țărmul vestic al Americii de Sud și pe insulele învecinate. În sec. XIX Peru a exportat 13 milioane tone de guano iar exploatarea a continuat, cu întreruperi până astăzi. Păsările acvatice preiau nutrienții din lanțurile trofice marine, prin intermediul peștilor pe care-i consumă și îi depun pe uscat prin intermediul dejecțiilor. În lungul coastelor peruane trăiesc 80% din efectivele de anciovete (*Engraulis ringens*, rudă cu hamsia) care reprezintă hrana celor aproximativ 5 milioane de păsări acvatice.

Insectele fitofage influențează, direct sau indirect, circuitul nutrienților. Un studiu asupra cosașilor (Orthoptera) a arătat că aceste insecte influențează circuitul azotului fie prin excrementele depuse pe sol fie prin modificarea compoziției litierii datorită consumului anumitor plante. Creșterea densității populațiilor de cosași a avut un efect direct asupra mineralizării azotului (Belovsky și Slade, 2000).

Biomasa insectelor reprezintă un procent redus din biomasa totală a biosferei. De exemplu, într-o pădure de amestec din zona temperată, biomasa tuturor artropodelor este doar 1-5% din biomasa litierii. În anumite ecosisteme, biomasa insectelor este totuși foarte mare și are o contribuție însemnată pentru reciclarea nutrienților: cicadele din multe păduri nord-americe sau chironomidele din lacurile islandeze care furnizează nutrienți habitatelor riverane (Yang și Gratton, 2014).

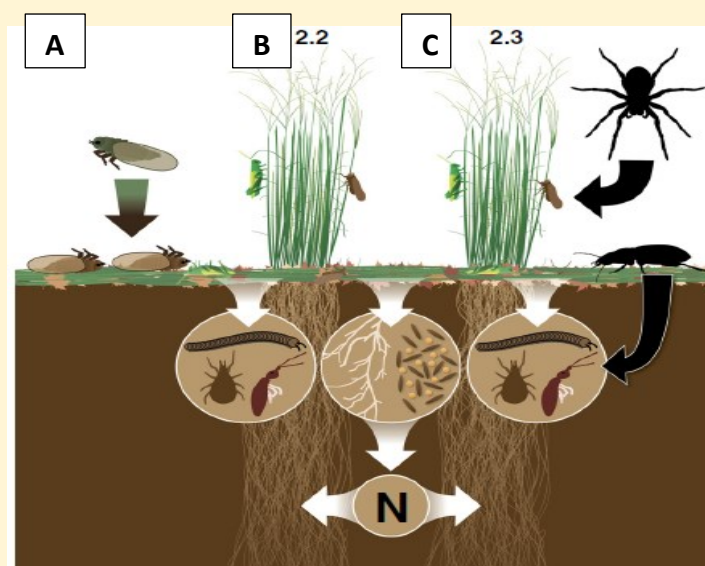


Figura 18 Rolul populațiilor de insecte la nivleul litierii (după Yang și Gratton, 2014)

Populațiile de insecte și de alte artropode de mici dimensiuni pot influența funcționarea ecosistemelor, direct și indirect, prin modificarea cantității de detritus din litieră și din sol. Intrările directe (A) sub formă de necromasă în sol înseamnă un supliment de azot; artropodele transformă necromasa (B) influențând rata de reciclare a carbonului și azotului; artropodele predatoare care consumă descompunători (C) modifică dimensiunile particulelor de detritus și rata de descompunere.

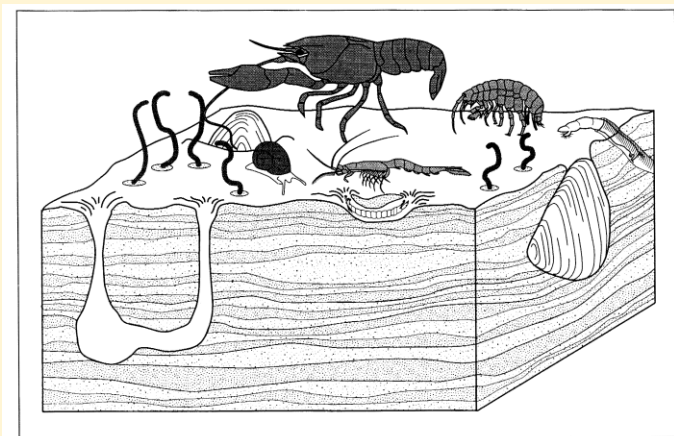
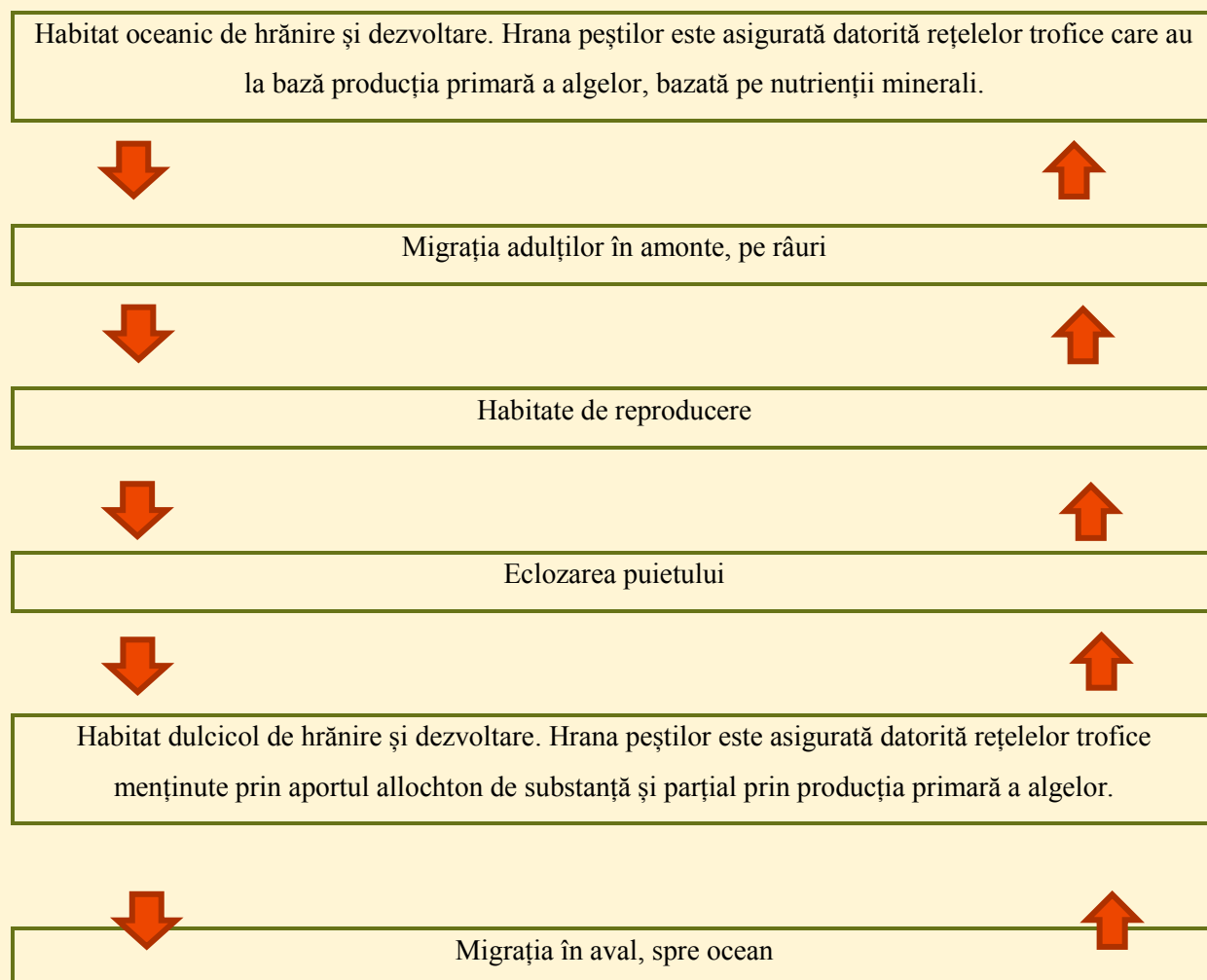


Figura 19 Localizarea populatiile de nevertebrate bentonic (după Covich, 1999)

Populațiile de nevertebrate bentonice din apele dulci (bivalve, crustacee, larve de insecte, tubificide) sapă și răscolesc sedimentele și accelerează circuitul nutrienților (Covich and col., 1999). În bentos, detritusul organic este descompus în nutrienți dizolvați care ajung în stratul de deasupra sedimentelor și sunt folosiți de alge și macrofitele acvatice. Prin aerarea și amestecarea sedimentelor și consumul diferitelor resurse (alge, macrofite, zooplancton) nevertebratele bentonice influențează producția microbiană și eliberarea de bioxid de carbon, metan, hidrogen sulfurat și azot.

Salmonidele migratoare sunt vectori importanți în transferul de energie și substanță între ecosistemele marine și cele dulcicole lotice, influențând structura rețelelor trofice în ambele tipuri de ecosisteme. Somonii își depun icrele în râuri, în sectoarele oligotrofe iar aportul lor de carbon, azot, fosfor și alți nutrienți este deosebit de important pentru menținerea productivității biologice a acelor sectoare. Acești nutrienți sunt furnizați mai ales de masa organică a peștilor care epuizați după drumul în amonte mor curând după reproducere dar și de dejecțiile acestora. Totodată, somonii sunt consumați de mamifere mari și de păsări care astfel, transferă biomasă bogată în nutrienți în ecosistemele terestre.

Pe de altă parte, puietul care se dezvoltă și migrează în aval transportă cantități mari de nutrienți.



Bazinul râului Columbia din America de Nord a fost unul din cele mai productive zone în privința salmonidelor migratoare. S-a estimat că anual, acești pești furnizau din ocean între 2,3 și 31 milioane kilograme de azot și între 0,3 și 0,4 kilograme de fosfor care ajungeau în ecosistemele din interior (Kohler et coll., 2013). Astăzi, populațiile de somoni (genul *Onchorhynchus*) sunt într-un declin accentuat (reducere cu 90%), urmarea pescuitului industrial intens, dezvoltării amenajărilor hidrotehnice pe râuri, pierderii habitatelor de reproducere. În consecință, cantitatea de nutrienți furnizată de aceste populații s-a redus la doar 6-7% din valorile de odinioară. Această cantitate nu este compensată de aportul local de nutrienți, fie din ecosistemele riverane fie din producția biologică a algelor, nevertebratelor și altor specii de pești.

Populațiile de crabi din genul *Upogebia* care trăiesc în nisipul umed al plajelor au o intensă activitate de bioturbare, adică de răscolire a nisipului, în timpul nopții. Datorită densității mari, aceste populații contribuie semnificativ la aerarea nisipului și totodată la mineralizarea resturilor organice. S-a constatat că urmare a activității crabilor fluxul de azot

anorganic dizolvat dinspre plajă spre ocean crește de 1,9 până la 3,7 ori (față de situația în care acești crabi n-ar fi prezenți).

Leii de mare sunt pinipede din familia Otariidae care se hrănesc în mare, consumând cantități importante de pești, crustacee și alte animale acvatice. Se odihnesc pe uscat, în grupuri numeroase și tot pe uscat își depun excrementele. S-a calculat că o populație de lei de mare din Australia, de 1100 indivizi, contribuie cu peste 3800 kg azot anual la îmbogățirea solului din parcul natural Seal Bay.

Echinodermele holoturiide (castraveții de mare) trăiesc printre recifii de corali, pe sedimente nisipoase sau măloase sau pe suprafețele stâncilor submarine. Sunt suspensivori și detritivori și contribuie la menținerea calității apei. Amoniul pe care-l excretă castraveții de mare este folosit de populațiile de alge diatomee. Prin numărul mare de indivizi și prin modul de hrănire, holoturiile reprezintă factori biologici de mare importanță pentru asigurarea fluxului normal de nutrienți în ecosistemele marine bentonice. Supraexploatarea acestor populații s-a reflectat în reducerea productivității biologice a habitatelor bentonice.

În tundră, datorită condițiilor climatice specifice, reciclarea nutrienților este lentă, bacteriile și fungii descompunând necromasa doar în perioadele scurte ale verii arctice. Un supliment de azot este oferit de populațiile de lemingi care, prin dejecțiile pe care le depun în jurul vizuinilor după consumul de plante, îmbogățesc stratul superficial de sol în azot.



10.3. Rezumat

Bugetul energetic al populațiilor diferă în funcție de strategiile reproductive și de particularitățile ciclurilor biologice. Fluxul de energie este un tip important de interacțiune ecologică. Dinamica populației include fluxul de energie care se desfășoară între unitățile ecologice, indivizii. Fluxul de energie printr-o unitate ecologică (indivizii) heterotrofă se definește astfel: consum, asimilație, producție, output gonade, respirație și egestie.

Populațiile sunt verigi ale circuitului nutrienților, unele contribuind mai mult la accelerarea circuitelor (de exemplu prin procesul de bioturbare a sedimentelor), altele contribuind la formarea rezervelor de nutrienți (de exemplu, depozitele de guano formate pe țărm, de păsările acvatice sau în peșteri, de lilieci).



10.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

- Cum apreciați exploatarea industrială a depozitelor de guano formate de păsările acvatice? Este benefică mediului?
- Ce diferență este între populațiile semelpare și cele iteropare în privința bugetului energetic?



10.5. Bibliografie recomandată

Botnariuc N., Vadineanu A. 1982 Ecologie. Edit. Didactică și Pedagogică, București, (Capitolul Ecologia populației -pp. 205-265)

DINAMICA SPAȚIALĂ ȘI TEMPORALĂ A POPULAȚIILOR.

CAPITOLUL 11. EXTINCȚIA SPECIILOR. CAUZE UMANE ALE DISPARIȚIEI POPULAȚIILOR



11.1.Introducere

Din capitolele anterioare reiese că ecologia populațiilor oferă instrumentul științific necesar pentru înțelegerea modului în care populațiile naturale cresc, se mențin, fac față variațiilor factorilor de mediu și se structurează sub formă de metapopulații.

Populația este sistemul supraindividual fundamental care asigură supraviețuirea speciilor. Într-un context economic și social care necesită cantități tot mai mari de resurse naturale cunoașterea ecologiei populațiilor devine o condiție a dezvoltării durabile.

Tendința scăderii numărului actual de specii este luată din ce în ce mai mult în serios de factorii de decizie ca urmare a numeroaselor atenționări din partea segmentului de cercetare. Înțelegerea efectelor pe termen lung ale acestui fenomen este legată de înțelegerea dinamicii spațiale și temporale a populațiilor.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 2 ore



11.2.Continut

Orice populație manifestă o anumită dinamică spațială și temporală : spațiul (terestru sau acvatic) pe care-l ocupă se poate extinde sau diminua în raport cu acțiunea factorilor abiotici (climat) sau biologici (specii concurente, disponibilitatea resurselor) ; populația poate să-și încheie existența în spațiul dat (cauze interne, genetice sau cauze externe) afectând mai mult sau mai puțin existența speciei din care face parte. Această dinamică poate fi previzibilă

sau poate fi haotică. Se presupune că o dinamică haotică a unei populații arată mai curând capacitatea acelei populații de a răspunde la o mare varietate de factori de mediu.

Este important să reținem că existența unei specii depinde de **capacitatea populațiilor care o alcătuiesc de a face față modificărilor mediului de viață**. Cu cât o specie pierde mai multe populații arealul ei se micșorează iar șansele de supraviețuire scad. Pe de altă parte, dacă o populație nu-și menține contactul cu alte populații, deci schimburile genetice se diminuează, va scădea polimorfismul genetic și implicit capacitatea sa adaptativă.

Pragul de extincție este un termen folosit în biologia conservacionistă pentru a explica punctul în care o specie, o populație sau o metapopulație manifestă o scădere puternică a numărului de indivizi, cauzată de un factor de mediu, cum ar fi pierderea de habitate favorabile.

Pentru populațiile care au o distribuție fragmentată se aplică adesea teoria metapopulației. S-a observat că după fragmentarea habitatelor naturale (mai ales din cauze antropogene) în fragmentele formate rezistă grupări de indivizi – metapopulațiile. Aceste populații ale căror indivizi rămân în spațiile fragmentate au capacitatea de a evita extincția tocmai datorită abilității indivizilor de a se răspândi în aceste mici spații disponibile. Astfel, pentru conservare este necesară menținerea conectivității între fragmentele de habitat.

Abordarea metapopulațională s-a dezvoltat în domeniul managementului speciilor sălbatice, mai ales în cazul celor care demonstrează o mare complexitate și o deosebită dinamică a fragmentelor de habitat. Biologia conservacionistă se confruntă adesea cu cazul unor populații care se mențin într-un peisaj heterogen făcând față cu succes modificării fragmentelor de habitat. S-au realizat modele matematice cu care se poate evalua relația dintre dinamica populației, tendința de mișcare a indivizilor și caracteristicile peisajului (complexului de ecosisteme).

Specia de fluture *Hesperia comma*, din Marea Britanie, considerată a fi foarte rară, are o organizare metapopulațională: în 1982 a fost observată în 48 din cele 69 fragmente de pajiște potențial favorabile. După 9 ani, fluturele colonizase alte 12 fragmente dar dispăruse din 7 fragmente. Metapopulațiile mici și izolate au fost cele mai sensibile pe când cele care au beneficiat de un fragment mai mare de habitat au supraviețuit.

Astfel, managementul conservării speciilor cu distribuție fragmentată, în mozaic, este mai eficient dacă se concentrează pe abordarea metapopulațională.

11.2.1. Extincția speciilor. Cauze antropogene.

Istoria vieții pe Terra cunoaște perioade importante de extincție a speciilor, mărturie stând resturile fosile. Rata de extincție a fost aproximată la 10 - 100 specii per 1 million de specii pe an. În comparație cu această estimare bazată pe date paleontologice, extincția actuală a speciilor este mult mai rapidă. Mamiferele au o durată de viață a speciilor (de la formare prin fenomenul speciației până la extincție) de aproximativ 1 million de ani (unele specii ajung chiar la 10 milioane). Se cunosc în prezent 5.000 specii de mamifere.

Considerând durata medie de existență a unei specii se poate aproxima o rată de dispariție de 1 specie per 200 ani. Totuși, în ultimii 400 de ani s-au înregistrat 89 specii de mamifere dispărute (de 45 ori mai mult decât rata calculată) iar în prezent alte 169 specii sunt în pericol să dispară.

Chiar dacă, considerând totalul speciilor existente astăzi, rata de extincție este încă acceptabilă, totuși, situația multor specii este critică deoarece **populațiile lor s-au micșorat considerabil și șansele lor de supraviețuire sunt minime**. Din această cauză, 30% din actualele specii de plante și animale ar putea să dispară în următorii 100 de ani.

Această situație trebuie corelată cu principalele faze/tranziții de dezvoltare a populației umane :

Prima tranziție: folosirea focului – acum 250.000 ani: vegetația a fost îndepărtată de pe suprafețe mari, favorizând vânărea animalelor mari; focul ținea departe carnivorele mari, ca urmare a crescut populația umană și au fost populate zonele reci; prin pregătirea hranei a crescut cantitatea de energie ingerată; s-a marit volumului creierului

A doua tranziție: limbajul – începând de acum 40.000 ani: comunicare mai eficientă, dezvoltarea abilităților mentale, planificarea activitatilor; dezvoltarea abilităților de vânătoare și răspândirea populației; răspândirea tehnologiei.

A treia tranziție: agricultura - începând de acum 10.500 de ani: vânătoarea a redus efectivele animalelor salbatice, unele au fost domesticite; sfârșitul glaciatiunii a favorizat anumite plante; s-a dezvoltat practica pastrării semintelor; populația umană a crescut semnificativ; stocarea surplusului de hrană; a început fragmentarea habitatelor

A patra tranziție: organizarea statală – începând de acum 5.500 de ani: urbanizarea; stratificarea socială; scrisul; folosirea metalelor – arme mai eficiente pentru vânătoare; inventarea de dispozitive tehnice; noi tehnologii agricole care au crescut productivitatea, s-au marit suprafețele cultivate în detrimentul habitatelor naturale; noi surse de energie – forța animalelor de tracțiune, apa, vântul

A cincea tranziție: cucerirea de noi teritorii – din sec. XV: introducerea de specii noi; schimburi de specii domestice; începuturile economiei mondiale; decaderea și dispariția culturilor pre-columbiene

A șasea tranziție: revoluția tehnico-științifică – începând din a doua jumătate a sec. XVIII: combustibilii fosili reprezintă sursa dominantă de energie (exploatarea rezervelor de cărbune și petrol și implicit poluarea mediului natural); electricitatea; economia de piață; industrializarea; dezvoltarea industriei chimice; industrializarea agriculturii și pescuitului; urbanizarea în masă; evoluția științei și modificarea seturilor de valori; medicina și industria chimică împotriva patogenilor.

Se poate pune întrebarea dacă astăzi cauzele antropogene sunt singurele care influențează dinamica naturală a populațiilor și conduc implicit la extincția accelerată a speciilor. Desigur, există și alte cauze dar acestea « se pierd » în mulțimea și forța cauzelor antropogene. În acest sens sunt importante câteva considerații privind raporturile populație umană-populații sălbatice: societatea umană nu poate fi opusă naturii; ființele umane și tot ceea ce produc nu pot fi separate de natură; natura nu este umană și nu este centrată pe nevoile omului; abordarea antropocentrică trebuie evitată;

Trebuie să recunoaștem că natura este în transformare permanentă și mereu în refacere (*underconstruction*); ar trebui revitalizată istoria naturală a sec. XIX, în sensul înțelegerii filogeniei și ontogeniei ca procese istorice; natura nu poate fi subordonată *teoriei despre tot* (!); natura este deschisă dar nu poate fi pur și simplu adăugată universului; viitorul naturii este imprevizibil; natura implică fluxuri continue de energie; sisteme complexe organizate (de la uragane la organisme) se pot forma deoarece pot disipa eficient energia; natura implică o rețea continuă de cauze care produc efecte, efecte care devin cauze pentru alte efecte ... *ad infinitum*. În natură, energia este transformată, iar informația este procesată.

11.2.2. Cauze majore ale declinului populațiilor

Degradarea habitatelor este o amenințare majoră cu care se confruntă foarte multe populații. Degradarea habitatelor are două cauze :

- reducerea mărimii habitatului prin pierdere sau fragmentare
- reducerea calității habitatului prin pierderea de resurse, poluare sau alte forme de alterare

Ambele cauze măresc riscul de extincție prin diferite mecanisme :

- ✓ reducerea mărimii habitatului determină scăderea capacității de support ceea ce face ca populația dintr-un habitat mic să fie mai sensibilă la variațiile numărului de indivizi
- ✓ habitatul de slabă calitate crește riscul de extincție pe două căi :
 - corelat cu reducerea dimensiunii – poate asigura condiții doar pentru populații mici care sunt instabile
 - diminuează rata de creștere a populației – o populație mică nu mai are timpul necesar pentru a se reface

Populațiile de bursuci (*Meles meles*) din Europa sunt dependente atât de suprafața habitatului (pădurea) cât și de calitatea acestui habitat. Dacă pădurea acoperă peste 20% din zona de răspândire a bursucului atunci contează calitatea habitatului iar dacă acoperirea este sub 20% contează existența unui număr minim de fragmente.

Supraexploatarea. Datele paleontologice și arheologice arată că popoarele preistorice au determinat dispariția unor populații de animale pe care le foloseau ca hrană sau pe care le ucideau ca să și-și protejeze așezările. Resturile de unelte și arme dovedesc că după ce exterminaseră mamiferele mari, oamenii de Cro-Magnon vânau animale de talie mică, marmote sau șobolani.

Un exemplu de supraexploatare este arborele Pau-Brazil (*Caesalpinia echinata*), din familia leguminoaselor, cu lemnul roșu, foarte valoros și care a dat numele țării, Brazilia. Odinioară abundent în zonele estice ale Braziliei, formând aglomerări dense de-a lungul a 3000 km de pădure atlantică, a ajuns astăzi o raritate. Între 1500 și 1875 acest arbore a constituit obiectul unui comerț intens între noua colonie portugheză și piețele europene.

Sardina braziliană (*Sardinella brasiliensis*) a devenit un exemplu clasic de supraexploatare a unor populații marine. În anii 1970, ani de vârf ai pescuitului de sardine se

capturau anual 200.000 tone (!) ca mai târziu, în anii 2000 cantitatea să scadă la 20.000 tone. Deocamdată nu sunt semne că populația ar putea reveni la mărimea inițială, în ciuda măsurilor de reducere a presiunii exercitate de pescuitul industrial.

Comerțul cu animale sălbatice. Ca urmare a folosirii timp îndelungat a unor specii de țestoase și crocodili ca hrană s-a înregistrat un declin sever al populațiilor și chiar dispariția unora dintre ele. Totodată amfibienii și reptilele fac obiectului unui comerț foarte dezvoltat, în toată lumea ceea ce a determinat multe state să interzică acest comerț.

Modificările/variațiile climatice pot induce schimbări ale distribuției populațiilor și pot afecta mărimea acestora. Populațiile de arțar *Acer saccharum* din America de Nord tind să ocupe habitate mai nordice, apropiate de Canada; la fel se întâmplă cu populațiile de iarbă de mare, *Zostera marina* care tind să se mute în estuare mai nordice.

Populații de păsări arctice care se hrănesc cu o specie de cod care trăiește la limita banchizei au de suferit dacă limita gheții se modifică și ele trebuie să zboare mai mult pentru a-și găsi hrana: zburând prea departe nu-și mai pot hrăni eficient puii din cuiburile care sunt construite pe uscat.

Specii invazive. O specie invazivă este aceea care ajunge (adesea cu ajutorul omului) într-un habitat în care nu mai fusese până atunci și în care stabilește o populație ce se poate răspândi apoi în alte habitate.

Populații aparent inofensive, autohtone, pot manifesta la un moment dat o tendință puternică de expansiune, răspândindu-se exploziv. De exemplu, în America de Nord, stuful comun, *Phragmites australis*, a început să invadeze diferite habitate, încă din sec. XIX. Explicația a fost găsită abia la începutul sec. XXI: genotipul local a fost înlocuit de un genotip adus neintenționat din Europa sub formă de lăstari în pământul folosit ca balast de navele de transport.

Elymus athericus, o specie de graminee din Europa a fost favorizată de creșterea cantității de azot adus de ploaie (azot de origine antropogenă) și s-a răspândit excesiv. Populațiile de *Elymus* folosesc surplusul de azot pentru a rezista la variațiile concentrației de sare din sol.

Poluarea

Folosirea unor pesticide foarte puternice a afectat masiv populațiile de albine sălbatice care și-au diminuat efectivele cu peste 23%.

11.2.3. Starea actuală a unor populații de animale din Europa

Moluștele de apă dulce

Total specii 3.373 (nu se include speciile din Rusia); peste 90% sunt endemice pentru Europa, fac parte din patrimoniul natural al continentului; 44% sunt în pragul extincției; 20% sunt amenințate; 8 specii au dispărut iar altele 35 sunt în stare critică; Principalele amenințări identificate: poluarea din agricultura și silvicultura; baraje și diguri; poluarea domestică și urbană; drenarea apelor și schimbarea regimului de curgere; urbanizarea; fenomene meteo extreme; specii invasive; construcția de drumuri.

Pești de apă dulce

531 specii, 426 (80%) fiind endemic; dispărute 2,5%; amenințate critic 12%; amenințate 9,9%; vulnerabile 15,1%

Principalele amenințări identificate: pescuit ; exploatarea apelor subterane; baraje ; specii invasive; ape uzate din industrie, agricultura și casnice; seceta

Amfibieni

Total 85 specii, din care Anure 58 și Caudate 26; 64 specii endemice (75,3%); critic amenințate 2,4%; amenințate 7,2%; vulnerabile 13,3%.

Principalele amenințări identificate: pierderea și degradarea habitatelor; specii invasive; colectarea indivizilor; mortalitate accidentală; fenomene meteo extreme; dezastre naturale; modificări în dinamica populațiilor; factori intrinseci.

Reptile

Total 151 specii din care șerpi și șoparle 143, țestoase 8; 73 specii endemice (48,3%); amenințate critic 4,3%; amenințate 7,9%; vulnerabile 7,2%.

Principalele amenințări identificate: pierderea și degradarea habitatelor; specii invasive; colectare de indivizi; Mortalitate accidentală; persecuție; poluare și fenomene meteo extreme; dezastre naturale; modificări în dinamica populațiilor; factori intrinseci.

11.2.4.Exemple de populații dispărute ca urmare a vânării excesive

În sec. XIX vânătoarea a fost factorul principal care a dus la extincția unor specii.

Porumbelul sălbatic migrator *Ectopistes migratorius* specie endemică pentru America de Nord a dispărut în sec. XIX, pe la 1889, fiind intens vânată. Se menționează că în 1878, un singur vânător ar fi împușcat peste 3 milioane de exemplare (!). Ultimul exemplar al acestei specii, numit Martha, a murit în captivitate în grădina zoologică din Cincinnati în 1914.

În sec. XVI, în America de Nord trăiau 25-30 milioane de bizoni. Vânătoarea, mai ales călare, a dus la exterminarea acestui mamifer astfel încât, la 1880 rămăseseră mai puțin de 100 exemplare în stare sălbatică.



Figura 20 Grămadă de cranii de bizon, urmând a fi prelucrate și folosite ca îngrășământ agricol (Ellsworth 1920 A. The evolution of the conservation movement. American Memory.)

11.2.5. Exemple de populații în declin și managementul conservativ al acestor populații

Înainte de sosirea europenilor ursul Grizzly (*Ursus arctos horribilis*) era larg răspândit în jumătatea vestică a continentului nord-american, în Mexic, SUA, Canada și Alaska. Cel puțin pentru SUA, populația de urși Grizzly atingea 50.000 exemplare. Dezvoltarea orașelor în vest și politica guvernamentală de eradicare a urșilor, considerați un

pericol pentru oameni, împușcarea, otrăvirea și prinderea lor în capcane a avut ca rezultat un declin dramatic al populației.

În anii 1930 urșii se redusese la 2% din efectivele inițiale. În 1975, când numărul de exemplare varia între 136 și 312, specia a fost declarată amenințată, pe teritoriul a 48 de state americane. Au fost identificate 6 ecosisteme potrivite pentru refacerea populației iar planul de refacere avea în vedere restabilirea mărimii minime a populației, asigurarea dispersiei normale a femelelor în aria de refacere și menținerea mortalității la un nivel care să nu afecteze obiectivele conservării.

S-au stabilit metode și zone de monitorizare. În 2013, având în vedere succesul măsurilor de conservare s-a stabilit un alt obiectiv și anume menținerea unei populații minime de 500 exemplare (minimum 48 femele cu pui). În intervalul 1983-2001 s-a înregistrat o scădere a ratei de creștere a populației și o modificare a raportului dintre sexe (sex-ratio) și apoi o stabilizare în jurul mărimii de 700 exemplare (pentru aria de monitorizare). Măsurile de management au avut ca efect reducerea mortalității în rândul femelelor, mortalitate care influențează mult mai puternic traiectoria mărimii populației decât mortalitatea masculilor.

Strategia de conservare a ursului Grizzly din 2016 prevede, între altele, măsuri de asigurare a habitatelor de adăpost pentru femelele gestante, măsuri de menținere a nivelului de mortalitate care să nu afecteze viitorul populației, obligații ale organismelor statele și federale. Strategia este fundamentată științific, baza ei fiind studiile de ecologia populațiilor.

Dropia este o pasăre semimigratoare de talie mare, masculii bătrâni putând atinge 16 kg. Locurile de cuibărit sunt legate de zonele ierboase naturale de câmpie. Efectivele mondiale de dropie (*Otis tarda*) erau estimate, la nivelul anului 2010, la 44.100 – 57.000 exemplare din care, în Spania 57-70%, în Rusia Europeană 15 – 25%, în China, Mongolia și sud-estul Rusiei 4 – 10%, în Portugalia 3 - 4%, în Ungaria 3%, în Turcia 1 – 2% și în procente foarte mici în alte țări printre care și România. Deși specia este considerată a fi în declin totuși șansele ei de supraviețuire sunt mari și aceasta datorită faptului că populațiile din Spania (cele mai numeroase) și Portugalia sunt relativ stabile. Declinul este urmarea intensificării agriculturii, degradării habitatelor de cuibărit, braconajul și accidente provocate de coliziunea cu liniile de înaltă tensiune.

În Ungaria s-au aplicat măsuri de management care au dus la stabilizarea populației de dropii: s-au refăcut câteva pajiști în regim semi-natural (câteva mii de hectare), cu cosire

în primul an de producție și ulterior doar pășunat, au fost protejate zonele de cuibărit iar efectivele au fost permanent monitorizate.

11.2.6. Exemple de populații care manifestă o tendință de creștere accentuată

Dreissena polymorpha este o specie de lamelibranhiate, un relict ponto-caspic răspândit în tot bazinul Dunării. Formează adesea aglomerări recifale pe diferite suporturi (lemne, diguri, carena bărcilor, tulpini de stuf, cochiliile altor moluște) și se poate răspândi rapid în condiții favorabile. Uneori, dezvoltându-se excesiv, poate obtura conductele de apă. Totuși, în arealul ei de origine, această scoică nu produce daune însemnate așa cum se întâmplă în zonele în care a ajuns accidental, devenind specie invazivă. În SUA s-a extins în multe bazine acvatice producând pagube estimate la 1 miliard dolari anual (costurile pagubelor directe și costurile măsurilor de control, raportat la anii 2000). Studiile au demonstrat că populațiile de *Dreissena* prezintă fluctuații în timp. Modelele realizate au arătat că aceste populații pot urma un ciclu stabil de 4-5 ani sau dimpotrivă pot urma traiectorii neregulate sau haotice, ajungându-se chiar la scăderea puternică a mărimii populației, până la dispariție. Larvele veligere ale acestei specii asigură o răspândire rapidă dar sunt foarte sensibile la stressul termic (variații mari ale temperaturii apei) și la cantitatea de oxigen dizolvat. Succesul măsurilor de combatere depinde de înțelegerea dinamicii spațio-temporale a populațiilor.

Șacalul auriu (*Canis aureus*) s-a răspândit în ultimii ani pe teritorii întinse din România. Specia este originară din Peninsula Arabiei și inițial s-a răspândit spre Europa, spre Africa și Asia de Est. Populația de șacal auriu este un important rezervor și vector al unor specii de nematode parazite de importanță medicală (Ionică et coll., 2016).

În zona balcanică acest animal atinge o densitate medie a populației de 0,6-1,1 grupuri teritoriale pe o suprafață de 10km² ajungând și până la 4,8 grupuri teritoriale (Salek et coll., 2014). Șacalul este un animal foarte adaptabil, alegând acele habitate care sunt disponibile. Se pare că extinderea populației este urmarea schimbărilor în folosința terenurilor și creșterii heterogenității culturilor agricole.

În România, șacalul a apărut înainte de 1950 iar la începutul anilor 1990 era semnalat doar în sud și sud-est. În prezent este localizat în Dobrogea și Delta Dunării, sud-estul

Moldovei, sudul Munteniei și al Olteniei, Câmpia de Vest și câteva puncte în centrul Podișului Transilvaniei, cu densități mai ridicate în luncile fluviului și râurilor interioare și populații insulare stabilite între râuri, din ce în ce mai depărtate de luncile acestora.

Estimările AGVPS arată la nivelul anului 2014 o populație de 7.500 exemplare ceea ce înseamnă o creștere de aproape 7 ori în numai 14 ani.

Managementul populației de șacali din România este deocamdată într-o fază incipientă. Sunt necesare măsuri de control deoarece specia are o rată a natalității foarte mare și o mortalitate redusă și are un spectru trofic foarte larg, de la vegetale la pui de păsări și mamifere.



11.3. Rezumat

Populațiile, ca sisteme biologice supraindividuale, se caracterizează printr-o anumită dinamică în timp și spațiu. Această dinamică este determinată de factori naturali dar, cel puțin în ultimele secole, este determinată preponderent de factori antropogeni. Acțiunea factorilor antropogeni a devenit foarte puternică și apropiie multe populații de pragul de extincție.

Pragul de extincție este un termen folosit în biologia conservacionistă pentru a explica punctul în care o specie, o populație sau o metapopulație manifestă o scădere puternică a numărului de indivizi, cauzată de un factor de mediu, cum ar fi pierderea de habitate favorabile. Declinul populațiilor este urmarea deteriorării habitatelor, supraexploatării, comerțului (adesea ilegal), modificărilor climei, poluării, extinderii arealelor speciilor numite invazive.

Managementul populațiilor amenințate se bazează pe metodele și principiile ecologiei populațiilor și contribuie la stoparea declinului biodiversității.



11.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

Analizați cele 6 faze de tranziție în dezvoltarea societății umane și identificați factorii care au contribuit la fragmentarea habitatelor naturale, reducerea efectivelor populațiilor, scăderea disponibilității resurselor de hrană pentru populațiile sălbatice.



11.5. Bibliografie recomandată

Cogălniceanu D. 1999 Managementul capitalului natural. Univ. București, Edit. Ars Docendi (cap 4 Diversitatea genetică pp 46-56; cap. 9 Fragmentarea habitatelor naturale pp 105-121; cap.10 Introducerea de noi specii pp 122-129)

Agenția Europeană de Mediu 2015 Mediul european. Starea și perspectiva 2015. Raport de sinteză. Copenhaga (cap. 3 Protejarea, conservarea și ameliorarea capitalului natural pp 51-82)

12. Răspunsuri la testele de autoevaluare a cunoștințelor

Cap. 1. Folosind notițele de la cursul de Ecologie generală și materialele bibliografice conexe, întocmiți un scurt eseu privind locul Ecologiei populațiilor în cadrul domeniului Ecologiei.

R: Eseul trebuie să cuprindă: definirea ecologiei și definirea ecologiei populației; nivelul populațional în cadrul ierarhiei sistemelor biologice și ecologice; specia și populația.

Cap.2. Care este diferența dintre factori și procese ? R : Un factor este o componentă, o caracteristică a populației. Un proces este un eveniment care are loc într-o populație.

Ce înțelegem prin structura populației ? R : Totalitatea elementelor componente și a relațiilor dintre aceste componente.

Dați 2 exemple de populații sălbatice din perimetrul ecosistemului urban și comentați câteva din caracteristicile acestora. R : Populația de porumbei sălbatici – mărimea deosebită, natalitatea foarte mare, adaptabilitatea trofică ; populația de pescăruși – dependența de resturile organice.

Cap.3 Ce rol au metapopulațiilor în supraviețuirea populațiilor ? R : Asigură o “rezerva” de indivizi mai ales în cazul habitatelor fragmentate, acești indivizi putându-se deplasa spre fragmentele din care au dispărut alte metapopulații (cu condiția existenței coridoarelor de deplasare).

Ce legătură există între ecologia metapopulațiilor și ecologia complexelor de ecosisteme ? R : Scara spațială a complexelor de ecosisteme include scara spațială a metapopulațiilor.

Cap. 4 O perdea forestieră este un gard viu sau un coridor? R: Ambele.

Dați exemple de fragmentare a habitatelor caracteristice pentru carnivorele mari din România. R: Fragmentarea populațiilor de urs datorită căilor rutiere; fragmentarea populațiilor de râs datorită amenajărilor silvice și disponibilității prăzilor.

Cap. 5 Ce semnifică o distribuție grupată a unei populații de rozătoare? R: Existența unei resurse trofice bogate.

Cum arată o piramidă a vîrstelor pentru o populație de mamifere mari? R: baza relativ redusă iar celelalte nivele aproximativ egale, cu scădere spre nivelele superioare; reflectă strategia de supraviețuire de tip k.

Cap. 6 Care sunt metodele indirecte de estimare a mărimii populațiilor? R: identificarea urmelor animalelor, numărul de cuiburi, compoziția ingluviilor, folosirea capcanelor, numărul de gazde infestate cu un parazit.

Cum se poate exprima densitatea unei populații? R: Numărul de indivizi per unitate de suprafață sau volum.

Cap. 7 Care este utilitatea modelelor pentru măsurarea dinamicii populațiilor? R: Dinamica populației este un proces complex, influențat de o multitudine de factori și ca atare foarte greu de urmărit și cuantificat. Modelele (fie tabelul de viață, fie curbele de supraviețuire etc) permit, pe baza unui set de date culese din natură să ofere o imagine corectă a dinamicii și o predicție a dinamicii viitoare.

Cap. 8 În ce condiții o populație din natură își poate menține multă vreme o creștere de tip exponențial? R: Dacă lipsesc prădătorii, dacă resursele de hrană sunt abundente, dacă populația a ajuns într-un habitat nou (cazul speciilor invazive)

Definiți capacitatea de suport a mediului. R: Prezența resurselor și condițiilor necesare creșterii și stabilității populațiilor.

Cap. 9 Interpretați rolul reglator al canibalismului. R: Mecanism de reglare a numărului de indivizi în situația resurselor trofice deficitare.

Cum contribuie factorii climatici la reglarea populației? R: variațiile factorilor climatici pot afecta dispersia și mărimea populațiilor.

Ce înseamnă dependența de densitate în reglarea populațiilor? R: reglarea în funcție de densitatea populației precedente sau de densitatea momentană.

Cap. 10 Cum apreciați exploatarea industrială a depozitelor de guano formate de păsările acvatice? Este benefică mediului? R: Aceste depozite reprezintă blocări de fosfor, pentru

perioade îndelungate (totuși, este un proces natural). Exploatarea industrială este benefică agriculturii, oferind un fertilizant de înaltă calitate dare pentru mediu pot apare efecte negative, indirecte.

Ce diferență este între populațiile semelpare și cele iteropare în privința bugetului energetic?

R: Populațiile semelpare investesc o singură dată o cantitate mare de energie în procesul reproducerii; cele iteropare investesc cantități mai mici, periodic.

Cap. 11 Analizați cele 6 faze de tranziție în dezvoltarea societății umane și identificați factorii care au contribuit la fragmentarea habitatelor naturale, reducerea efectivelor populațiilor, scăderea disponibilității resurselor de hrană pentru populațiile sălbatice. R: Pentru fiecare etapă detaliați factorii respectivi ținând seama de nivelul de dezvoltare al societății umane.



Bibliografie curs

1. * * * 2008 Conservation of *Otis tarda* in Hungary. Layman's Report. Project LIFE04Nat/HU/000109
2. * * * 2016 Endangered and Threatened Wildlife and Plants; Removing the Greater Yellowstone Ecosystem Population of Grizzly Bears From the Federal List of Endangered and Threatened Wildlife; Proposed Rule. *Federal Register*, 81,48
3. © UNEP 2010. UNEP Emerging Issues: Environmental Consequences of Ocean Acidification: A Threat to Food Security
4. A. Savić, V. Randjelović & J. Krpo-Četković (2010) Seasonal Variability in Community Structure and Habitat Selection of Mayflies (Ephemeroptera) in the Nišava River (Serbia), *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 24:sup1, 639-645, DOI: 10.1080/13102818.2010.10817913
5. Akcakaya, H-R, Mills, G și Doncaster, C. Patrick, The role of metapopulations in conservation, *Macdonald/Key Topics in Conservation Biology*, 2006.
6. Baggio, J.A.- Landscape connectivity and predator-prey population dynamics- *Landscape Ecol* (2011) 26:33–45, DOI 10.1007/s10980-010-9493-y, Springer
7. Belovsky G.E., Slade J.B. 2000 Insect herbivory accelerates nutrient cycling and increases plant production. *PNAS*, 97, 26
8. Berezina N. A., Tsiplenkina I. G., Pankova E. S., Gubelit J. I. - Dynamics of invertebrate communities on the stony littoral of the Neva Estuary (Baltic Sea) under macroalgal blooms and bioinvasions - *Transitional Waters Bulletin TWB, Transit. Waters Bull.* 1(2007), 65-76 - ISSN 1825-229X, DOI 10.1285/i1825229Xv1n1p65
9. Bernstein P.L. 2014 Impotriva zeilor. Remarcabila poveste a riscului. Edit. *Humanitas*, București, XXXVI-XXXVI
10. Berryman A. A. (1981) Population systems: a general introduction. New York: Plenum Press.
11. Blomquist, G.E. - Population Regulation and the Life History Studies of LaMont Cole, *Hist. Phil. Life Sci.*, 29 (2007), 495-516
12. Boros E., Nagy T., Pigniczki Cs., Kotyman L., Balogh K.V., Voros L. 2008 The effect of aquatic birds on the nutrient load and water quality of soda pans in Hungary. *Acta Zool.Acad. Sci.Hung.*, 54 (Suppl 1), 207-224
13. Chauvet, J și colab. - A Lotka-Volterra Three-species Food Chain, *Mathematics*, VOL. 75, NO. 4, OCTOBER 2002.
14. Claessen D., de Ross A.M., Persson L. 2000 Dwarf and giants: cannibalism and competition in size-structured populations. *The American Naturalist*, 155, 2
15. Clark L. R., P. W. Geier, R. D. Hughes, and R. F. Morris (1967) The ecology of insect populations. London
16. Covich A.P., Palmer M.A., Crowl T.A. 1999 The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems. Zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. *BioScience*, 49,2
17. Defeo O., Cansado S. 2015 The relevance of the metapopulation concept to fisheries: a review. *Marine Stewardship Council Science Series*, 3, 1-80
18. Donald, M.A., Glibert, P.M., Burkholder, J.M. - Harmful Algal Blooms and Eutrophication: Nutrient Sources, Composition, and Consequences - *Estuaries Vol.* 25, No. 4b, p. 704–726 August 2002

19. Doughty C.E., Wolf A., Malhi Y. 2013 The impact of large animal extinction on nutrient fluxes in early river valley civilizations. *Ecosphere*, 4, 12
20. Duchamp J.E., Sparks D.W., Swihart R.K. 2010 Exploring the nutrient hot spot hypothesis at trees used by bats. *Journal of Mammalogy*, 91(1): 48-53
21. E. Benincà, J. Huisman, R. Heerkloss, K.D. Jöhnk, P. Branco, E.H. van Nes, M. Scheffer & S.P. Ellner (2008). Chaos in a long-term experiment with a plankton community. *Nature*, 451 (7180), 822-825.
22. Egerton FN. 2015 History of Ecological Sciences. Part 55: Animal Population Ecology. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 96 (4)
23. Hanski, Ilkka - Metapopulation theory, its use and misuse - Basic and Applied Ecology 5 (2004) 225–229, Elsevier 2004.
24. <http://www.education.noaa.gov>
<https://www.ma.utexas.edu/users/davis/375/popecol/lec1/struct.html>
25. Ibáñez, C.M. & Keyl, F. 2010 Cannibalism in cephalopods. *Rev Fish Biol Fisheries*, 20: 123
26. Ionică A.M. et coll. 2016 Role of golden jackals (*Canis aureus*) as natural reservoirs of *Dirofilaria* spp. in Romania. *Parasites and Vectors*, 9:240
27. Karuppaiah, V, Sujayanad, G.K. - Impact of Climate Change on Population Dynamics of Insect Pests, *World Journal of Agricultural Sciences* 8 (3): 240-246, ISSN 1817-3047, 2012
28. Malschi, D – ECOLOGIE și MANAGEMENT ECOLOGIC – Support de curs, Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca – 2014
29. Martin Šalek M., Červinka J., Banea O.C., Krofel M., Čirović D., Selanec I., Penezić A., Grill S., Riegert J. 2014 Population densities and habitat use of the golden jackal (*Canis aureus*) in farmlands across the Balkan Peninsula. *European Journal of Wildlife Research*, 60,2, 193-200
30. Mcgarigal Kevin, Cushman Samuel A. - Comparative Evaluation Of Experimental Approaches To The Study Of Habitat Fragmentation Effects *Ecological Society of America., Ecological Applications*, 12(2), 2002.
31. Moura, P, Gaspar, B, Monteiro, C- Age determination and growth rate of a *Callista chione* population from the southwestern coast of Portugal – *AQUATIC BIOLOGY*, Vol. 5: 97–106, 2009, doi: 10.3354/ab00119, 2009
32. Paul Opdam, 1991. Metapopulation theory and habitat fragmentation: a review of holarctic breeding bird studies. *Landscape Ecology* vol. 5 no. 2 pp 93-106
33. Peckarsky, Barbara L.- *Predator-Prey Interactions, Methods in Stream Ecology* – Elsevir, 2009
34. Ponge, Jean-Francois - Heterogeneity in soil animal communities and the development of humusforms. Rastin, N; Bauhus, J. *Going underground: ecological studies in forest soils*, *Research Signpost*, pp.33-44, 1999. <hal-00504917>
35. Rîșnoveanu, G., 1999, *Metode și tehnici în ecologia populației*. Editura Universității din București, (ISBN 973-575-408-8).
36. Rockwood, Larry L – *Introduction to Population Ecology*, Blackwell Publishing, UK 2006.
37. Selvakumar, C. și colab. Impact of riparian land-use patterns on Ephemeroptera community structure in river basins of the southern Western Ghats, India- *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* (2014) 412, 11
38. SESHAPPA, G - Recent studies on age determination of Indian fishes using scales, otoliths and other hard parts, *Indian J. Fish.*, 46(1) : 1-11, Jan.-Mar., 1999

39. Sharov, A. A. 1992. Life-system approach: a system paradigm in population ecology. *Oikos* 63: 485-494
40. Shaviro, Steven 2016 *Discognition*, Repeater Books, London
41. Stewart I. 2013 17 ecuații care au schimbat lumea. Edit. Paralela 45, 250-258
42. Susan Harrison, Chris D. Thomas and Thomas M. Lewinsohn, 1995- Testing a Metapopulation Model of Coexistence in the Insect Community on Ragwort (*Senecio jacobaea*). *The American Naturalist*, pp. 546–562.
43. Van Nouhuys, Saskya, Metapopulation Ecology, Encyclopedia of Life Sciences, John Wiley & Sons, 2009.
44. Wells, Jeffrey V., Richmond, Milo E. – Populations, Metapopulations and Species Populations: what are they and who should care? *Wildlife Society Bulletin*, 23(3):458-462, 1995.
45. Wiens J. A. - Spatial Scaling in Ecology *Functional Ecology*, Vol. 3, No. 4. (1989), pp. 385-397.
46. Wiens, J.A. What is landscape ecology, really? *Landscape Ecol.* 7:149-150. 1992
47. Wolff, J.O.- Population Regulation in Mammals: An Evolutionary Perspective - *Journal of Animal Ecology*, Vol. 66, No. 1 (Jan., 1997), pp. 1-13, British Ecological Society, URL: <http://www.jstor.org/stable/5959>, rev. 2009
48. Yang L.H., Gratton C. 2014 Insects as drivers of ecosystem processes. *Current Opinion in Insect Science*, 2, 26-32