

Ecologia

Anno Accademico 2023-24

Docente:

Prof. Stefano Martellos

martelst@units.it

(<http://dryades.units.it/SM>)



La diversità **all'interno e fra comunità** forse è il livello più studiato dagli ecologi e più o meno c'è l'accordo di valutare la diversità in termini di **specie**, anche se i lavori scientifici che usano entità tassonomiche diverse (come le famiglie o i generi) non mancano.

Certamente però c'è più accordo fra gli ecologi sul concetto di specie, rispetto al concetto di famiglia o genere.

In pratica non vengono mai contate tutte le specie di una comunità ma spesso si fa riferimento a **gruppi di specie** (es: uccelli, mammiferi, piante vascolari, zooplankton, fitoplancton, ecc).

Due delle componenti più importanti della diversità sono:

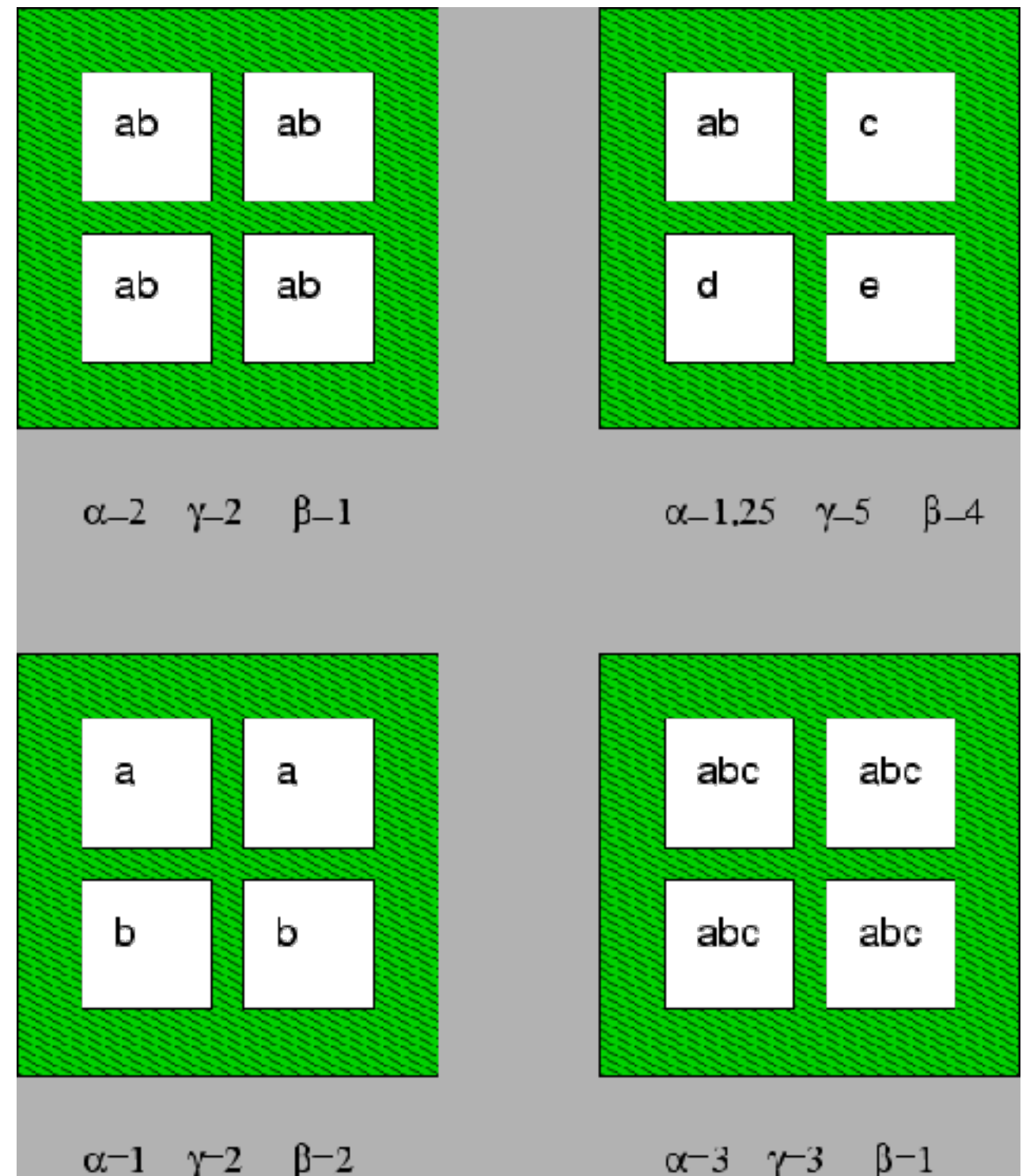
1. il numero di specie
2. l'equiripartizione (evenness)

Secondo Whittaker (1972) la biodiversità di una vasta area (**gamma-diversità**) ha due componenti: la diversità locale (**alfa-diversità**, la media della diversità totale di ogni habitat nell'area di interesse), e la variazione di diversità tra un habitat e l'altro (**beta-diversità**) a una scala regionale, ove non vi siano barriere che impediscono la dispersione di individui e diaspore tra un habitat e l'altro.

$$\text{Gamma} = \text{Alfa} \times \text{Beta}$$

Alfa e Gamma sono espresse come numero di specie, mentre Beta è adimensionale, e rappresenta il cambiamento nella composizione di specie da un habitat ad un'altro di un'area. Beta può essere calcolato come

$$\text{Beta} = \text{Gamma} / \text{Alfa}$$



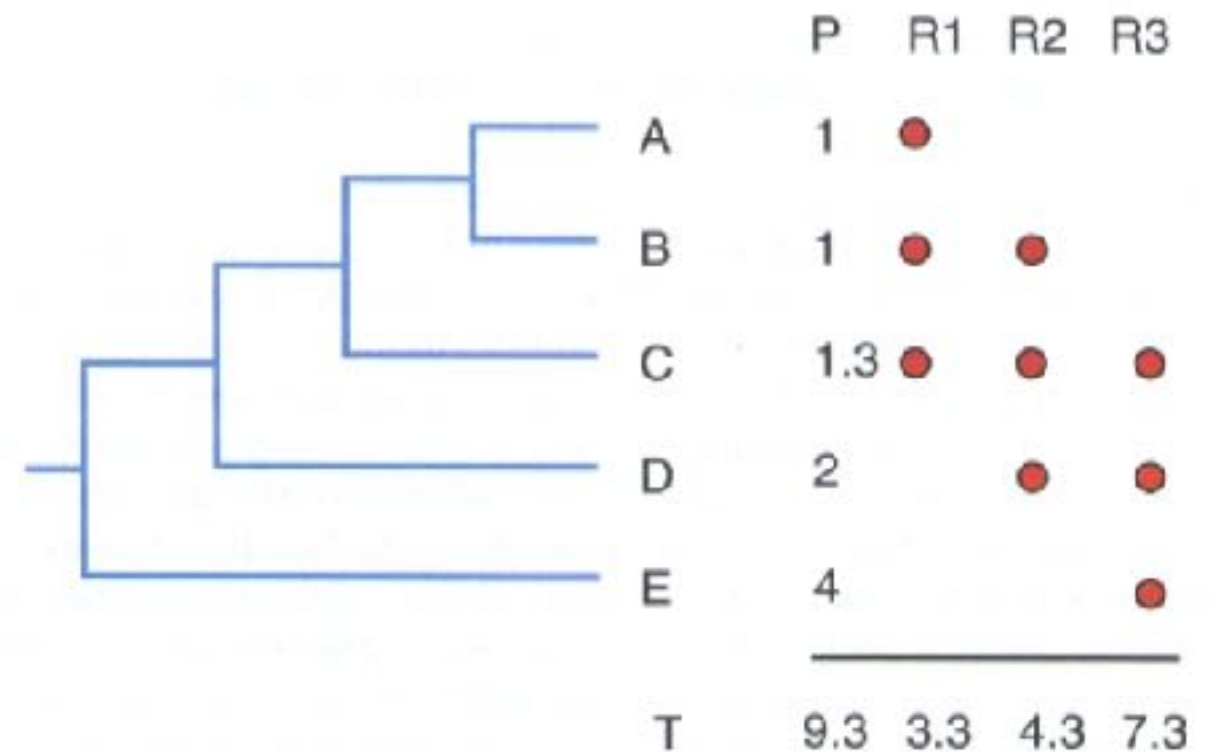
Biodiversità a livello genetico

La biodiversità deve tenere conto dei rapporti filogenetici tra le specie. Per la stima della biodiversità:

- non conta solo il numero di specie censite in un'area, ma anche le loro relazioni filogenetiche
- maggior valore di biodiversità va attribuito ad aree ricche di specie filogeneticamente distanti

Alla base di questo concetto vi è il fatto che l'evoluzione è un evento potenzialmente ripetibile, ma con tempi inversamente proporzionali alla distanza filogenetica tra le specie.

Una eccessiva riduzione della variabilità genica in una popolazione rende la stessa incapace di rispondere in modo efficace a mutate condizioni ambientali, ovvero alla pressione della selezione naturale. Eventi come la frammentazione dell'habitat, che riducono le dimensioni delle popolazioni, ne diminuiscono anche le relative variabilità geniche, rendendo più probabili fenomeni di estinzione locale.



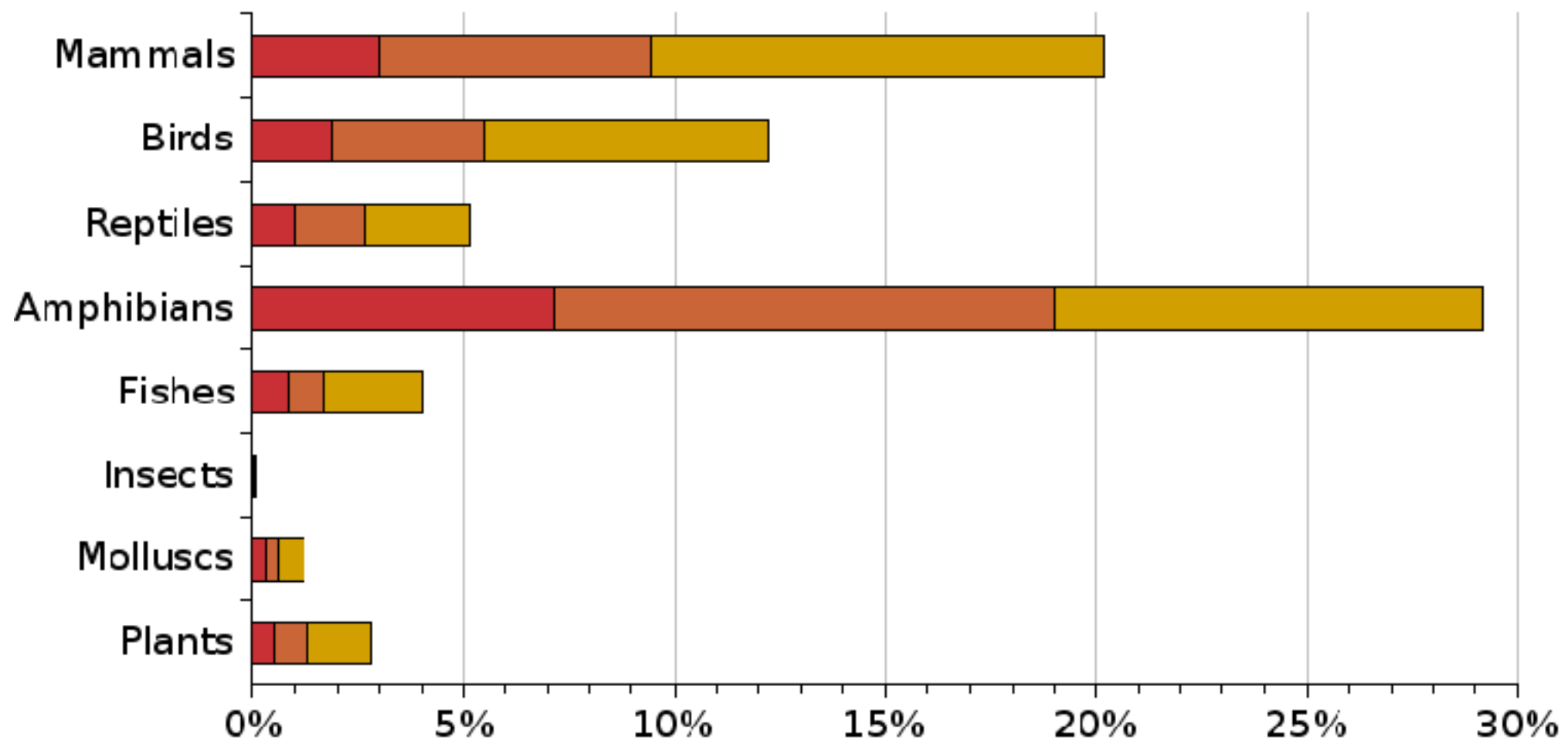
Conservazione della biodiversità

Le principali minacce alla biodiversità sono:

- La distruzione dell'habitat
- L'arrivo di specie invasive
- L'inquinamento
- La crescita della popolazione umana
- Il sovra-sfruttamento

La World Conservation Union (IUCN) ha il compito di monitorare le specie a rischio di estinzione. La IUCN pubblica ed aggiorna costantemente delle **liste rosse** per tutti gli organismi viventi (IUCN red list of threatened species).





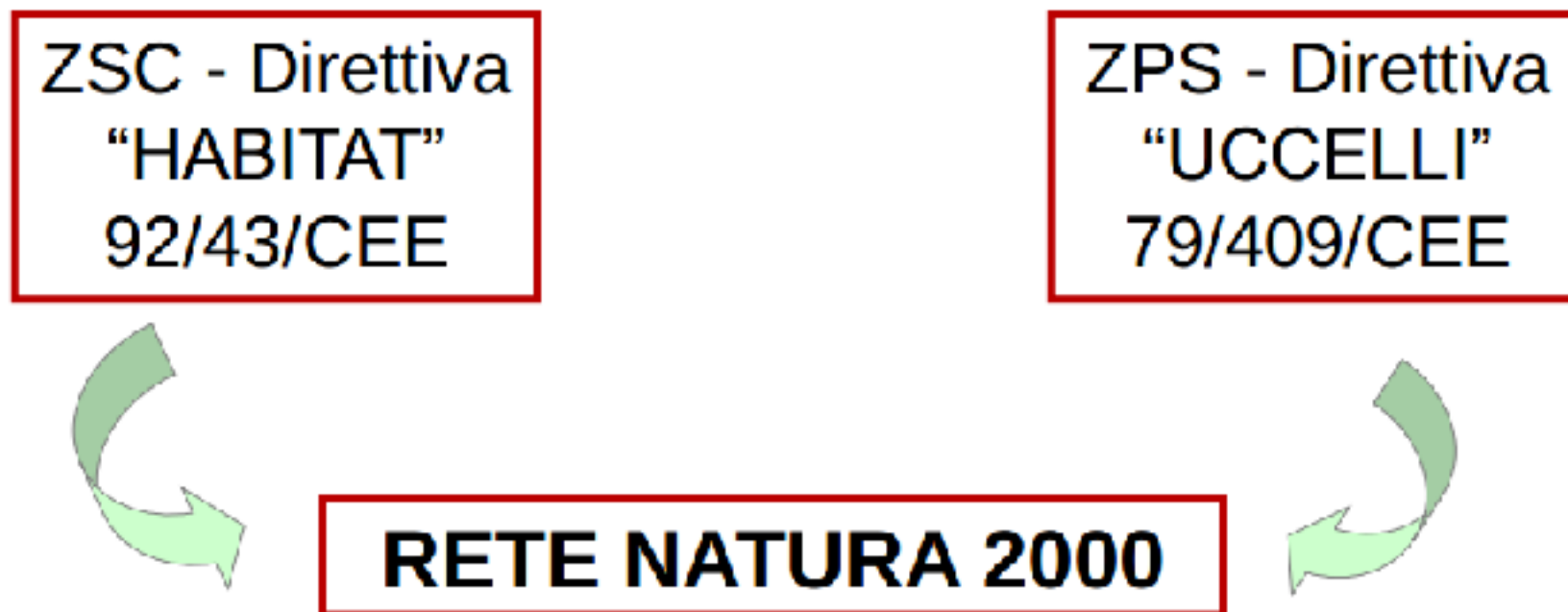
La percentuale di specie in diversi gruppi che sono seriamente a rischio (rosso), a rischio (arancio) o vulnerabili (giallo) secondo l'ultima stesura della lista rossa IUCN (2007).

E' importante fare una attenta valutazione su quali siano le estinzioni causate dall'aumentata pressione antropica e quali siano “naturali”. Mantenere specie naturalmente destinate ad estinzione sarebbe un errore, così' come estinguere specie non destinate all'estinzione.

Natura 2000: Sistema coordinato della UE per la conservazione della biodiversità. La rete Natura 2000 si basa su due importanti direttive comunitarie «Direttiva Uccelli» -2009/147/CE e «Direttiva Habitat» - 1992/43/CEE.

La Rete Natura 2000 comprende un vasto complesso di aree protette per la salvaguardia di habitat e di specie vegetali e animali vulnerabili o in serio pericolo di estinzione.

Per raggiungere l'obiettivo, la Direttiva Habitat prevede l'istituzione di aree soggette a tutela chiamate «Zone Speciali di Conservazione ZSC» e la tutela di specie vegetali e animali indicate in specifici elenchi (Allegati).



ALTRE TIPOLOGIE DI AREE PROTETTE: PARCHI, RISERVE E BIOTOPI

I parchi naturali e le riserve naturali sono aree in cui sono presenti ambienti ed ecosistemi intatti o poco modificati dall'uomo, con caratteristiche fisiche, biologiche e anche storico-culturali particolari.

Esse vengono protette con l'obiettivo di conservare la flora e la fauna spontanea e di mantenere l'ambiente naturale.

I parchi sono più grandi, hanno una gestione più autonoma garantita dall'Ente Parco, e al loro interno sono più frequenti le attività agricole, turistiche e di sviluppo locale. Uno degli scopi dei parchi naturali è proprio quello di promuovere la conservazione della natura e di garantire forme di sviluppo sostenibili nel parco e nelle aree vicine.

Nelle riserve naturali l'obiettivo principale è quello di conservare e proteggere la natura ma sono anche esse partecipi dello sviluppo sostenibile dei territori essendo ad esempio dei grandi attrattori di visitatori.

I biotopi sono piccole aree che ospitano habitat e specie rare e a rischio di distruzione e scomparsa e che quindi necessitano di una tutela accurata e di una gestione diretta che viene garantita dalla Regione o dai Comuni.

ECOLOGIA DEL PAESAGGIO

L'Ecologia del paesaggio integra conoscenze delle scienze naturali con quelle delle scienze sociali in un'approspettiva olistica. Questo perché il paesaggio non è composto solo di *patches*, o aree, naturali, ma anche (e in alcune parti del pianeta soprattutto) di aree più o meno antropizzate, ovvero modificate in qualche misura dall'uomo.

Il concetto di **metapopolazione** che deriva dalla teoria della **biogeografia delle isole**, è un concetto centrale in ecologia del paesaggio. Esso infatti fornisce strumenti per valutare la frammentazione del paesaggio, e quindi di intervenire in modo appropriato per conservare la biodiversità.

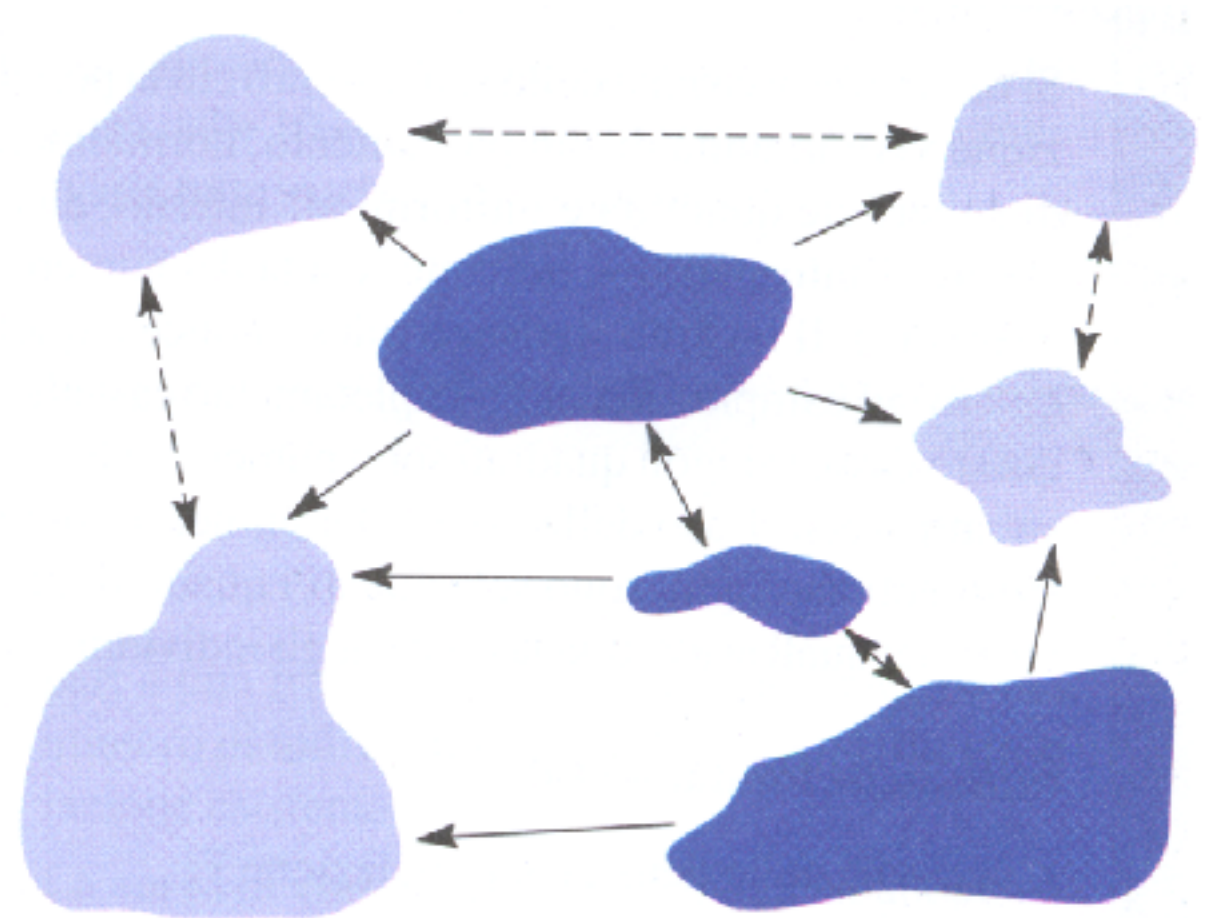
In tempi recenti, lo sviluppo della tecnologia GIS (Geographic Information Systems) ha fornito all'ecologia del paesaggio strumenti estremamente efficaci.

Il paesaggio, oggetto di studio di questa disciplina, è definito come viene quindi considerato come un "sistema complesso di ecosistemi", in cui si integrano gli eventi della natura e le azioni della cultura umana.

Perché una popolazione non si estingua in una determinata area, il numero totale i individui che la compongono non deve scendere sotto una soglia definita **minima popolazione vitale (MVP)**. Un numero eccessivamente basso di individui porta ad un fenomeno definito **deriva genica**, ovvero l'accumulo di mutazioni recessive potenzialmente dannose, che in grandi popolazioni verrebbero perse, o comunque rimarrebbero recessive ed inesprese

Un limite al rischio di estinzione in habitat frammentati è costituito dallo scambio di materiale genetico con popolazioni di frammenti attigui.

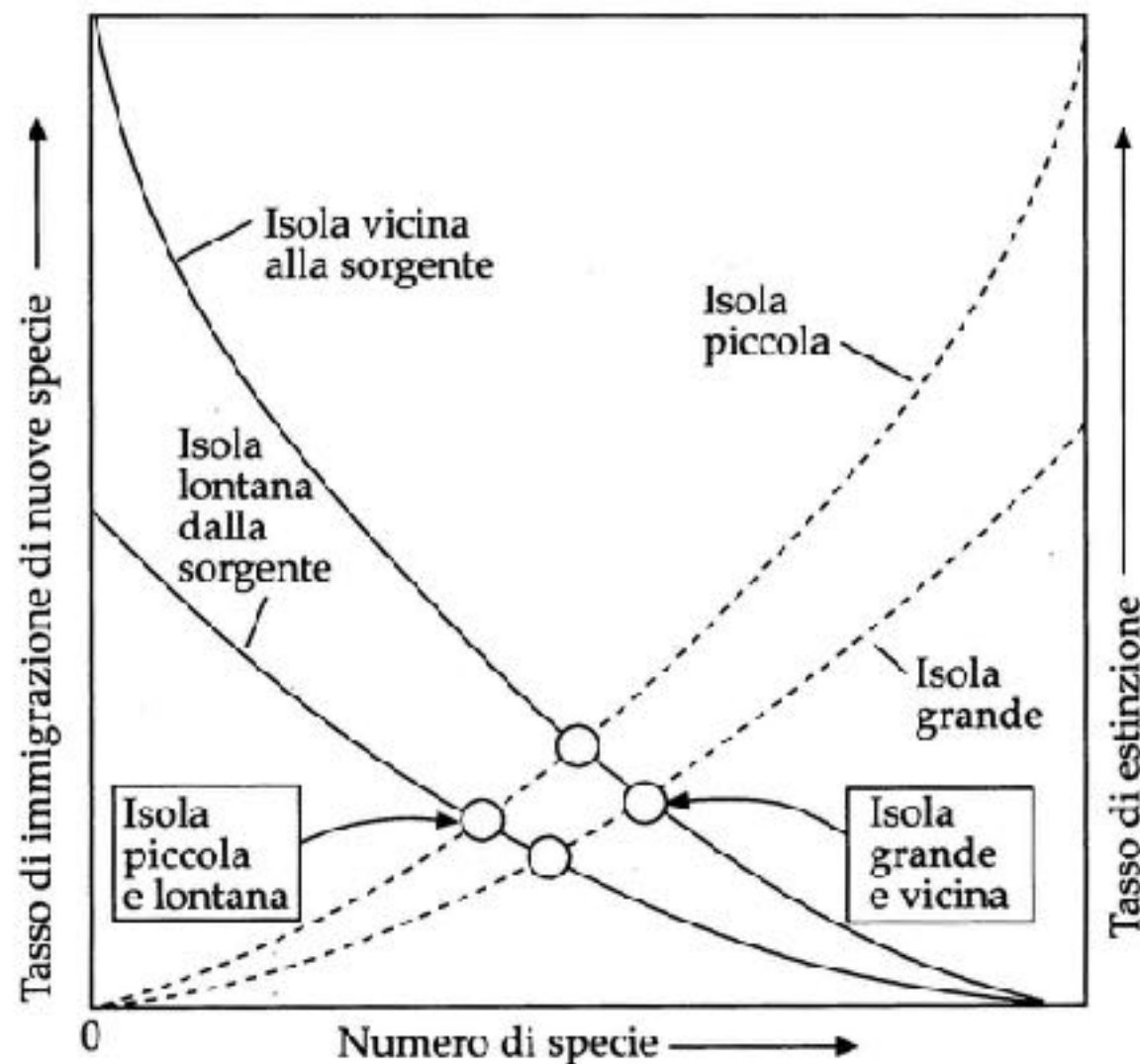
La **metapopolazione** rappresenta un insieme di popolazioni della stessa specie presenti in frammenti di habitat distinti tra le quali vi sia uno scambio genico. Questo può essere continuo o intermittente. Le popolazioni sorgente (source) sono popolazioni solitamente stabili, con un tasso di mortalità inferiore a quello di natalità, ed al di sopra del limite MVP. Queste possono “esportare” gli individui eccedenti nelle popolazioni sink (pozzo), che hanno tasso di mortalità più elevato di quello di natalità, e sono solitamente instabili ed al di sotto del limite MVP.



La frammentazione degli areali è uno dei problemi cardine nella conservazione della biodiversità. In un areale frammentato aumentano le aree di confine a scapito delle aree interne, a parità di superficie.

Alla frammentazione degli areali si applica la teoria della **biogeografia delle isole**, per la quale il numero di specie (S) su di un'isola dipende dall'area della stessa (A) e da due costanti, c (prossima a 1) e z, che dipende dalle caratteristiche degli organismi e dell'habitat e varia tra 0,15 e 0,35

$$S = cAz$$



Supponendo che S_0 sia il numero di specie all'istante 0 e S_n il numero di specie al tempo n dopo una variazione delle dimensioni dell'habitat, ed A_0 e A_n le aree corrispondenti, vale l'equazione

$$S_n / S_0 = (A_n / A_0)^z$$

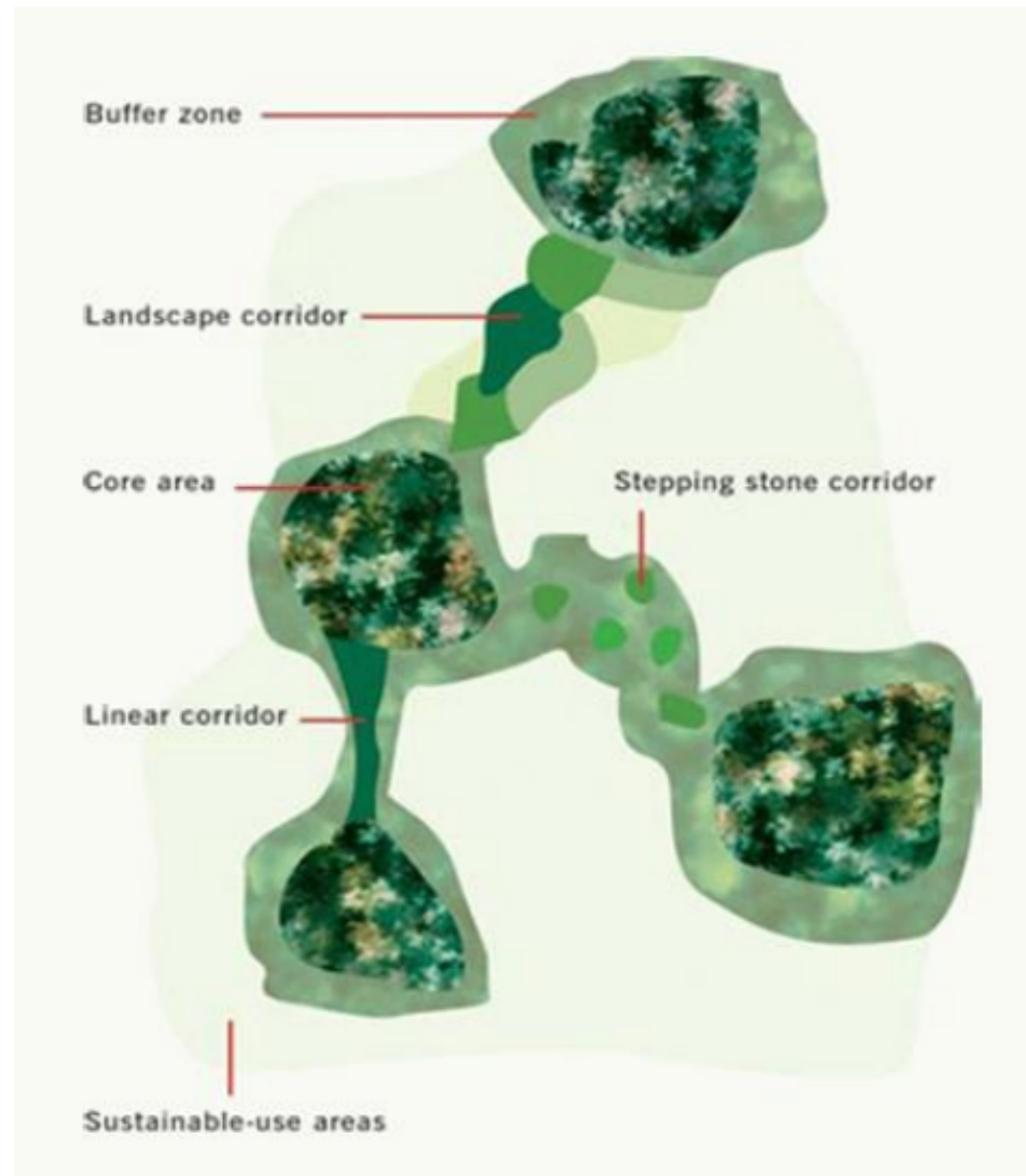
che è indipendente dalla costante c ma dipendente da z .

LA RETE ECOLOGICA

Con questo termine si indica una rete fisica di aree centrali, collegate da corridoi e sostenute da zone cuscinetto, per facilitare la dispersione e la migrazione delle specie ai fini della conservazione della natura, dentro e fuori le aree protette. Si è infatti affermata la consapevolezza degli effetti negativi dell'azione antropica sugli habitat che ha dato origine a quel fenomeno che prende il nome di frammentazione del territorio.

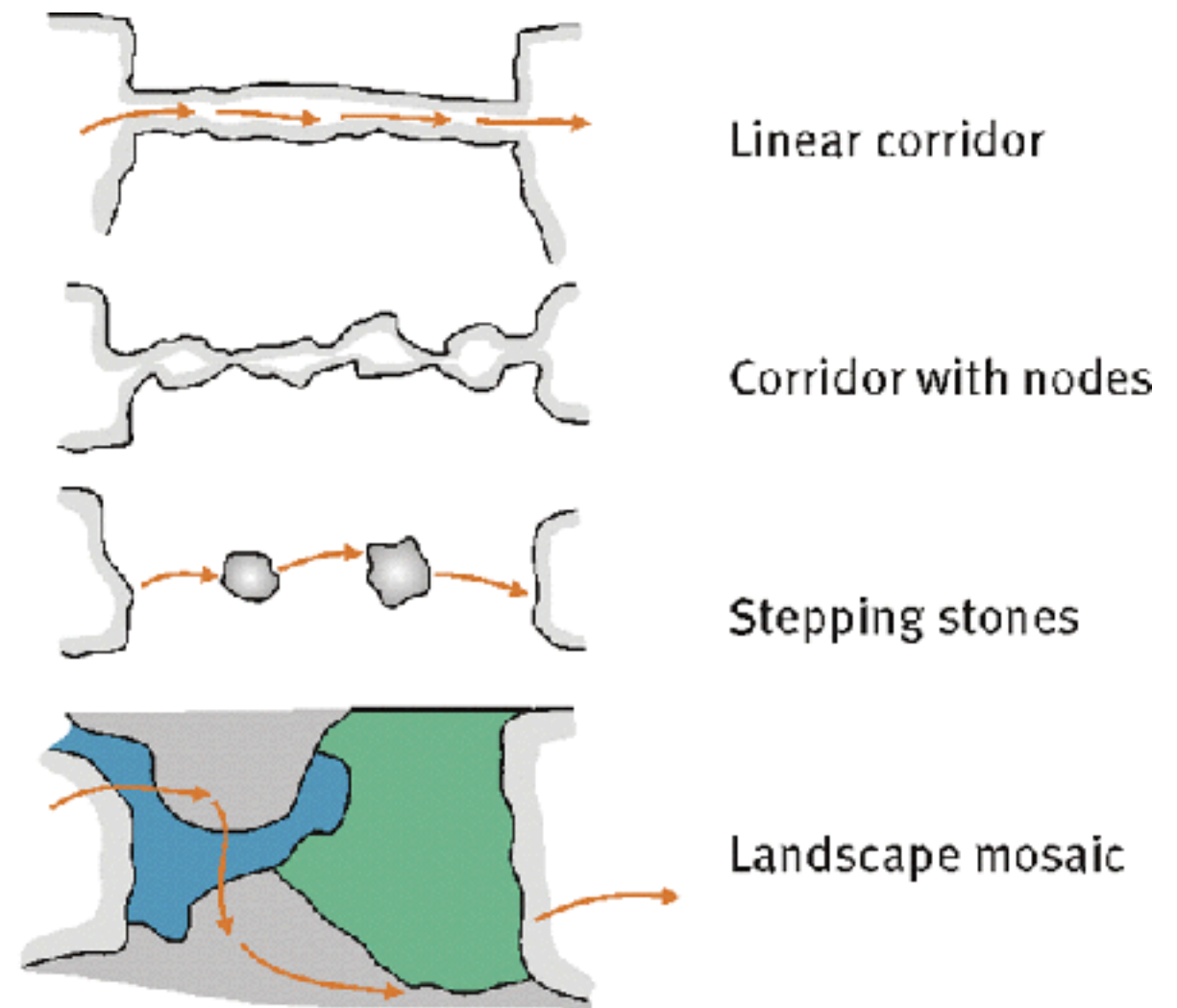
Il mondo scientifico, agli inizi degli anni '80, ha proposto come strumento di possibile strutturazione del territorio per preservare la biodiversità la “rete ecologica”.

L'introduzione esplicita del modello di “rete ecologica” nell'ambito delle politiche internazionali risale al 1993 quando a Maastricht si tenne la conferenza internazionale “*Conservig Europe's Natural Heritage: Towards a European Ecological Network*”



La rete ecologica è costituita da quattro elementi fondamentali interconnessi tra loro:

- **aree centrali** (core areas): aree ad alta naturalità che sono già, o possono essere, soggette a regime di protezione (parchi o riserve);
- **fasce di protezione** (buffer zones): zone cuscinetto, o zone di transizione, collocate attorno alle aree ad alta naturalità al fine di garantire l'indispensabile gradualità degli habitat;
- **fasce di connessione (corridoi ecologici)**: strutture lineari e continue del paesaggio, di varie forme e dimensioni, che connettono tra di loro le aree ad alta naturalità e rappresentano l'elemento chiave delle reti ecologiche poiché consentono la mobilità delle specie e l'interscambio genetico, fenomeno indispensabile al mantenimento della biodiversità;
- **aree puntiformi** o "sparse" (stepping zones): aree di piccola superficie che, per la loro posizione strategica o per la loro composizione, rappresentano elementi importanti del paesaggio per sostenere specie in transito su un territorio oppure ospitare particolari microambienti in situazioni di habitat critici (es. piccoli stagni in aree agricole).



In alcune situazioni, corridoi ecologici, o strisce di habitat simile, connettono tessere ambientali separate, consentendo in questo modo un maggior numero di spostamenti fra esse. In genere i corridoi hanno un'origine antropica.



Alcuni possono essere corridoi a linee strette, come le siepi di cespugli e i filari di alberi piantati come frangivento, i ponti sopra i torrenti con acque veloci, le siepi mediane centrali delle superstrade e i fossi di drenaggio.

Esistono poi fasce più ampie di vegetazione dette corridoi a strisce: larghe strisce di bosco, cinture di vegetazione lungo i torrenti e i fiumi.

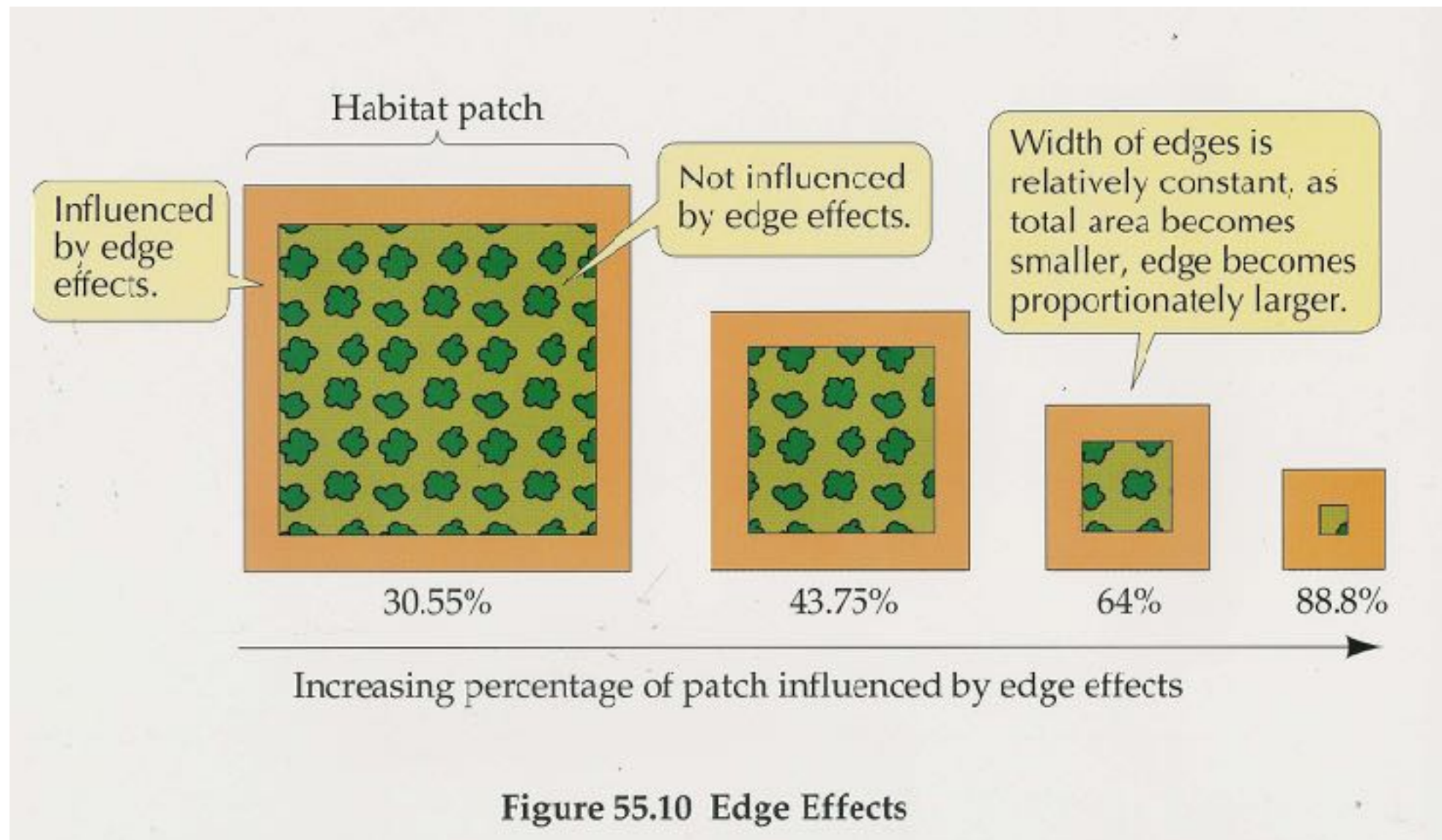
I corridoi ecologici hanno due ruoli funzionali nel paesaggio: offrono un habitat ripario per la vita animale (comunità animali tipiche delle siepi) e consentono gli spostamenti tra tessere ambientali.

PS: Con il termine generico siepe s'intende dire la siepe campestre, che non va confusa con la siepe da recinto o da giardino, si tratta di una struttura piuttosto ampia composta di più strati o livelli di vegetazione: alberi, cespugli e strato erbaceo.





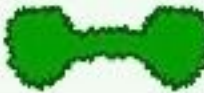








• West Kalimantan, Indonesia, corridoio ecologico per oranghi in mezzo a aree coltivate

Effetto margine: variazione della struttura di una comunità al punto di contatto tra un habitat ed un altro. L'effetto margine dipende dalla forma e dalle dimensioni di una *patch* di habitat.



L'effetto margine può essere minimizzato anche organizzando spazialmente in modo corretto aree da conservare, come riserve o parchi..

	Size	Edge Effect	Other	
Better			 OR 	
Worse		 OR 	 OR 	
	Large size is better	Reserves with less 'edge" are better than those with more	Clustered reserves are better than fragmented and isolated reserves	
			Habitat corridors are good	

Conservazione in situ

Strategia che prevede interventi per la conservazione di una popolazione nel proprio habitat di origine. Questo tipo di interventi comporta una approfondita conoscenza su ecologia, biologia e fisiologia delle specie, oltre che del biotopo

MDA (minima area dinamica) è la minima superficie che deve avere l'habitat per supportare la MVT

Fattori che possono incidere negativamente sono:

depressione da inbreeding: ovvero incrocio tra individui strettamente imparentati (alleli recessivi vanno in omozigosi, con conseguenze a volte gravi; diminuisce la variabilità)

depressione da outbreeding: ovvero incrocio con individui di popolazioni adiacenti (di solito può essere positivo, ma a volte può portare a progenie indebolita)

Conservazione ex situ

Comprende conservazione in vivo presso strutture quali orti botanici e giardini zoologici, e conservazione in strutture quali banche dei semi e genetiche.

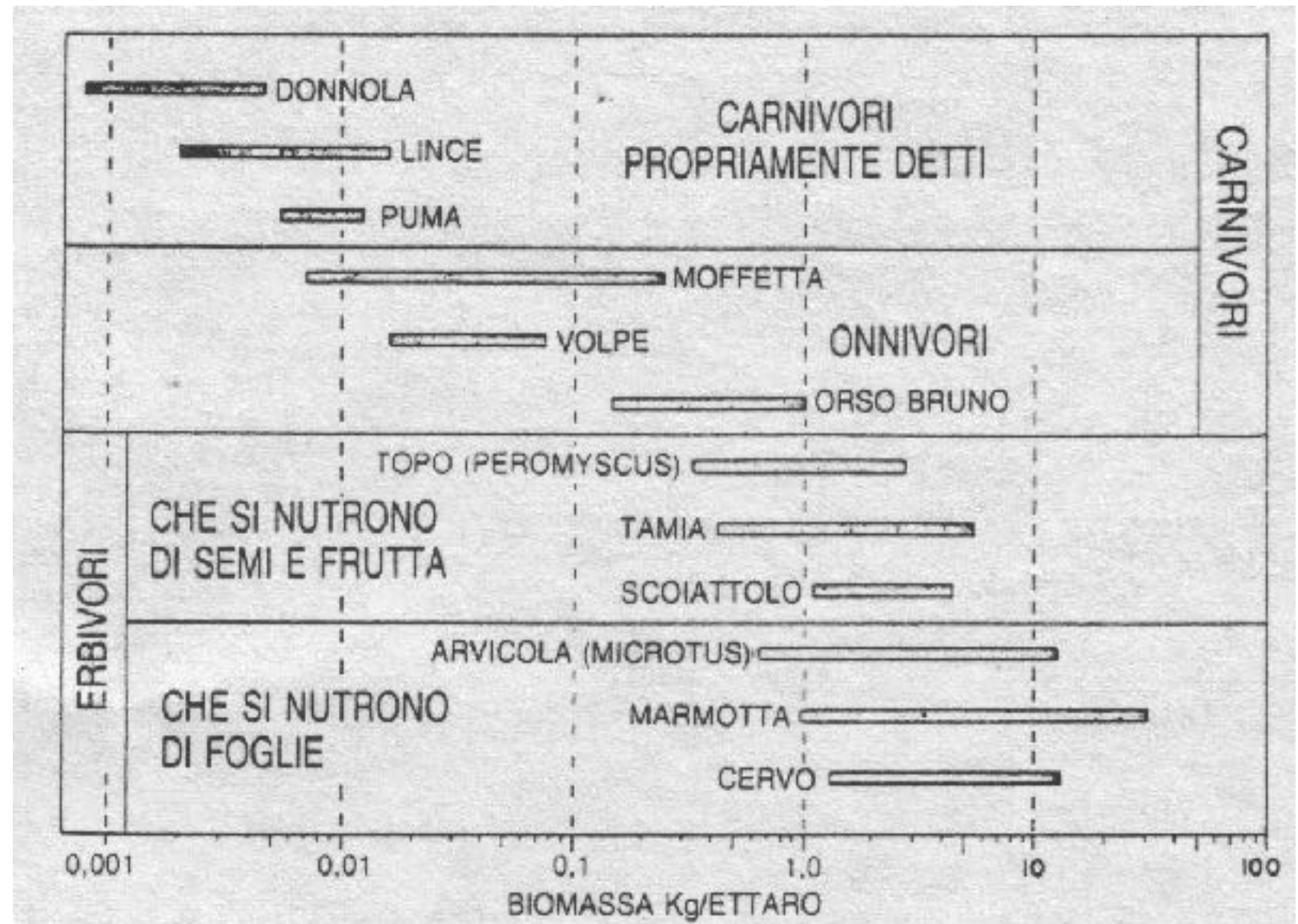
Gli organismi riprodotti ex situ sono poi utilizzati per gli interventi di restauro ecologico degli ambienti degradati.

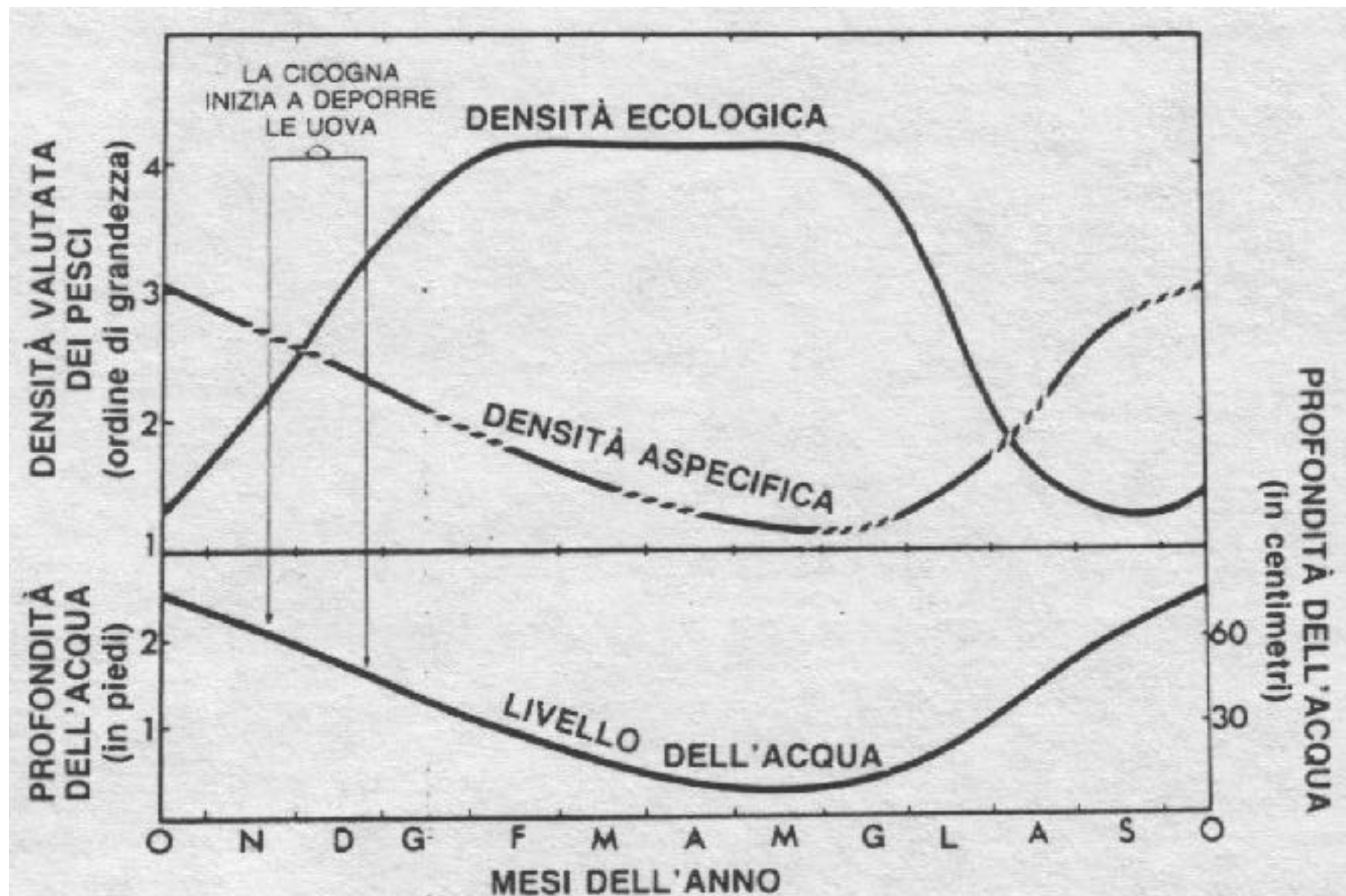
Ecologia di popolazione

Densità: dimensione della popolazione in relazione all'unità di area o di volume

Densità massima o di sussistenza: numero massimo di individui che possono completare il ciclo vitale nell'habitat

Densità ottimale o di sicurezza: densità, inferiore alla precedente, alla quale gli organismi sono più sicuri in fatto di cibo, resistenza ai predatori ed oscillazioni periodiche delle risorse





Densità aspecifica: numero o biomassa per unità di area totale

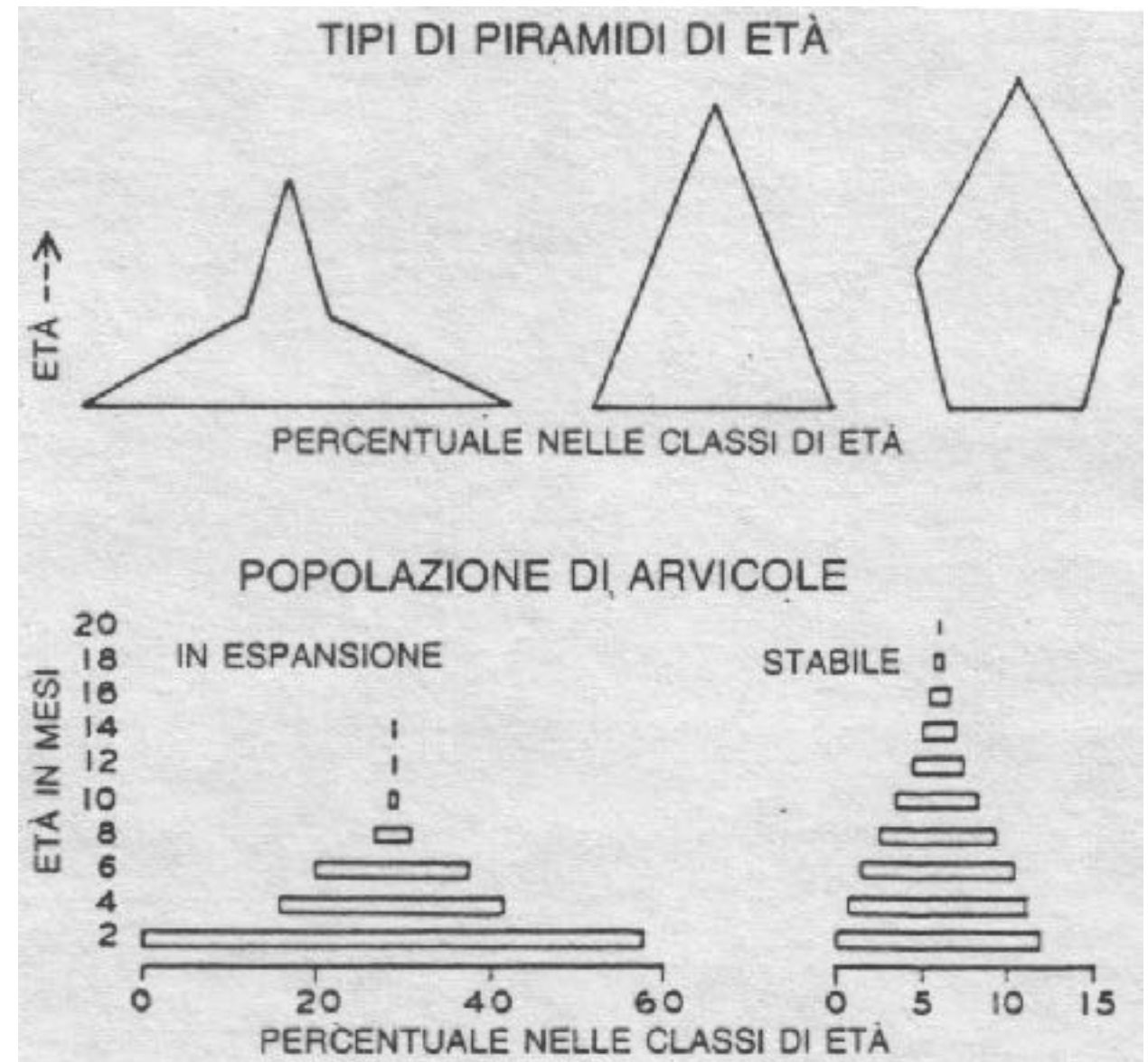
Densità ecologica o specifica: numero o biomassa per unità di area o volume disponibile per la colonizzazione della popolazione (habitat)

Natalità o tasso di nascite: numero medio di figli prodotti da un individuo nell'unità di tempo

Mortalità o tasso di morti: numero medio di morti per individuo nell'unità di tempo

Distribuzione per età: la proporzione di individui delle diverse età nella popolazione

La variazione numerica degli individui che compongono una popolazione è funzione delle nascite, delle morti e della dispersione (immigrazione o emigrazione)



Diverse specie hanno diverse curve di sopravvivenza, a seconda del tasso di mortalità per classe di età.

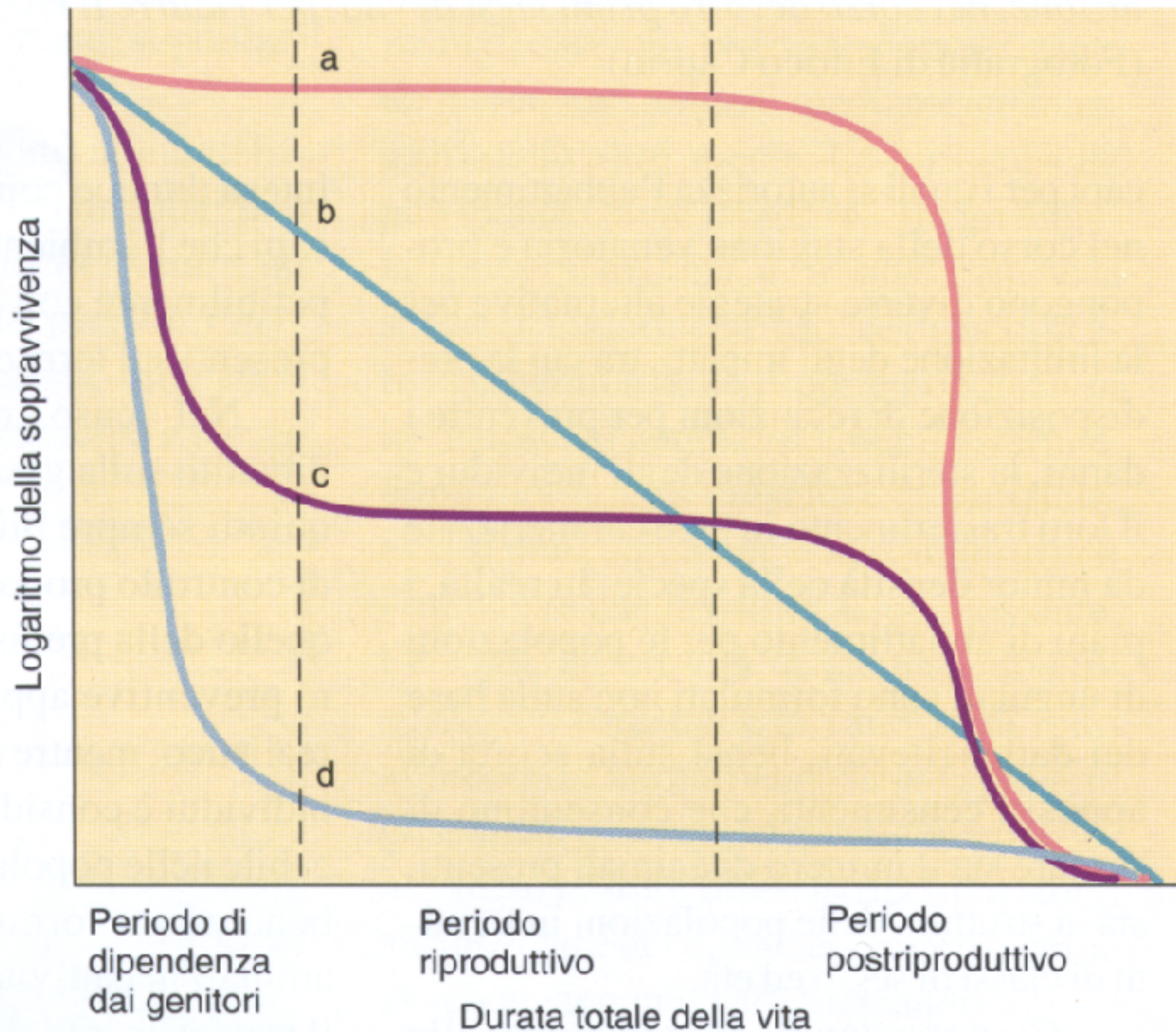


TABELLA 9.1 Potenziale biotico della mosca domestica (*Musca domestica*) in 1 anno

Si suppone che una femmina deponga 120 uova in ogni generazione, che la metà dei discendenti sia costituita da femmine e che tutti i discendenti sopravvivano fino all'età riproduttiva.

GIORNI	POPOLAZIONE TOTALE
56	120
112	7 200
168	432 000
224	25 920 000
280	1 555 200 000
336	93 312 000 000
392	5 598 720 000 000

[Fonte: E. J. Kormondy, *Concepts of Ecology*, 3a ed., 1985 Harper & Row Publishers, Inc.]

Potenziale biotico: capacità di una popolazione di crescere in assenza di limiti

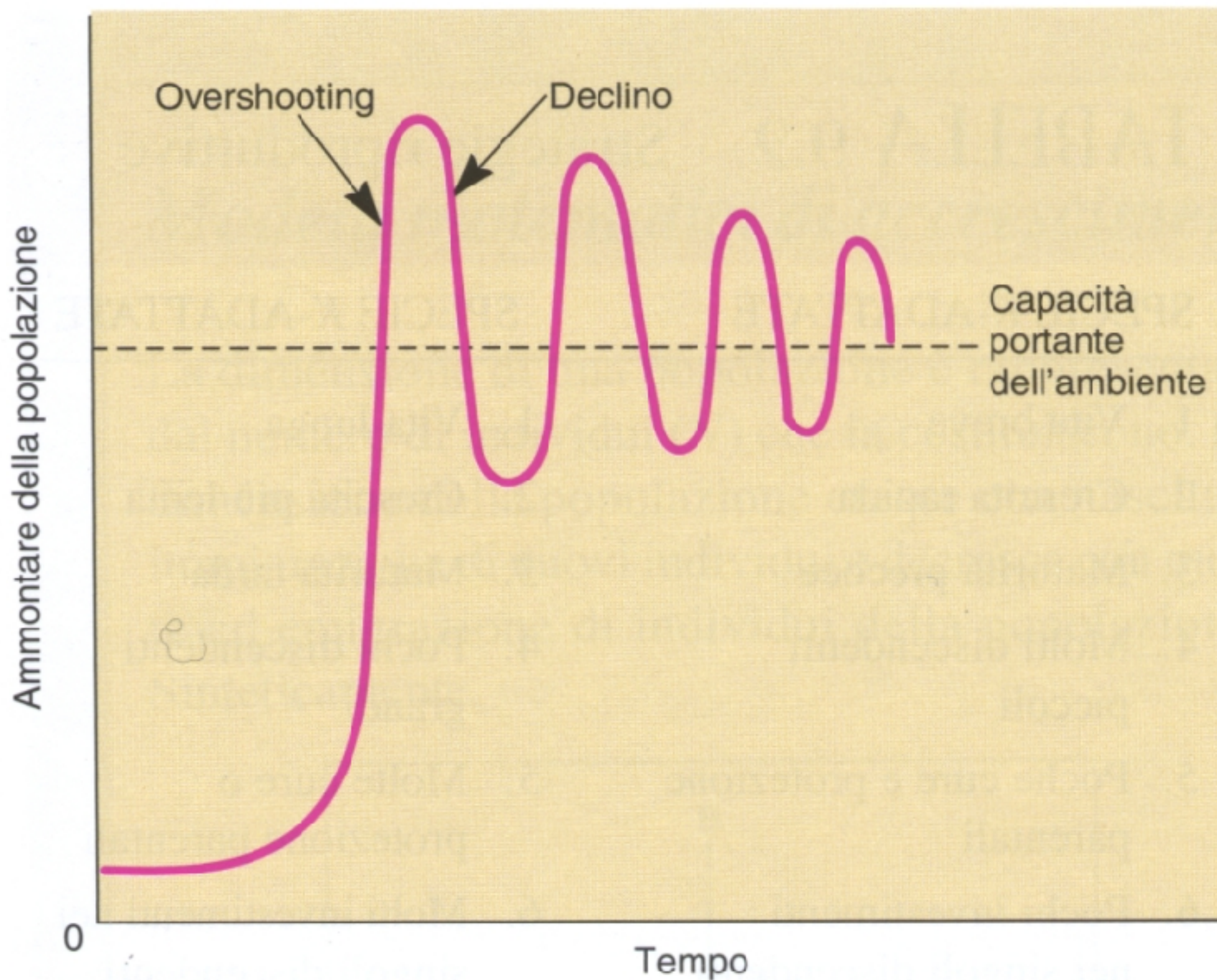
$$dN/dt = rN$$

dN = aumento o diminuzione del numero (**N**) di individui di una popolazione

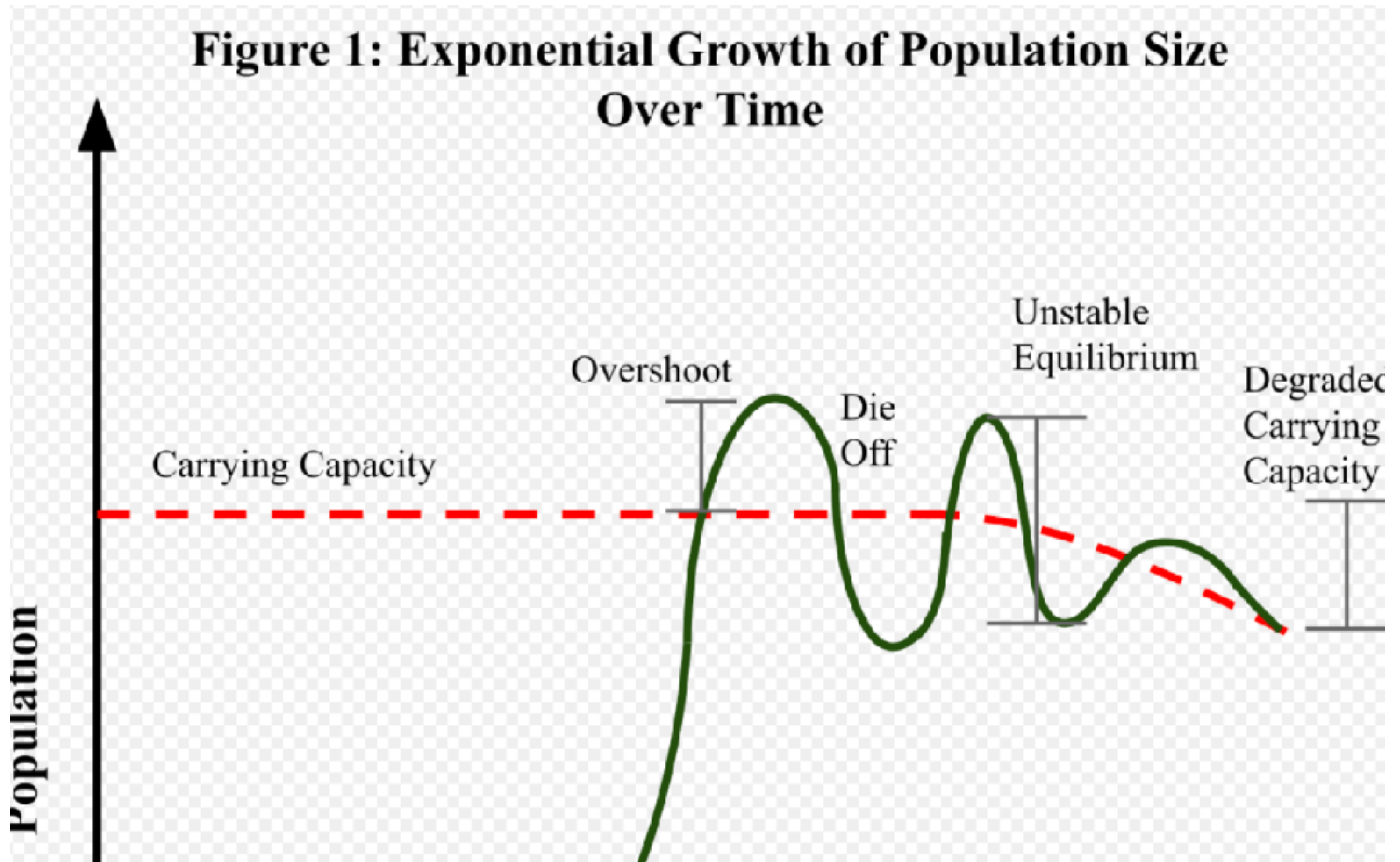
dt = intervallo di tempo

r = tasso di crescita della popolazione

Il potenziale biotico, se pienamente espresso e con r positivo, produce una crescita di tipo esponenziale. La curva derivante è chiamata “**curva a J**”.



Tuttavia una crescita di tipo esponenziale può diminuire la capacità portante del sistema per la specie.



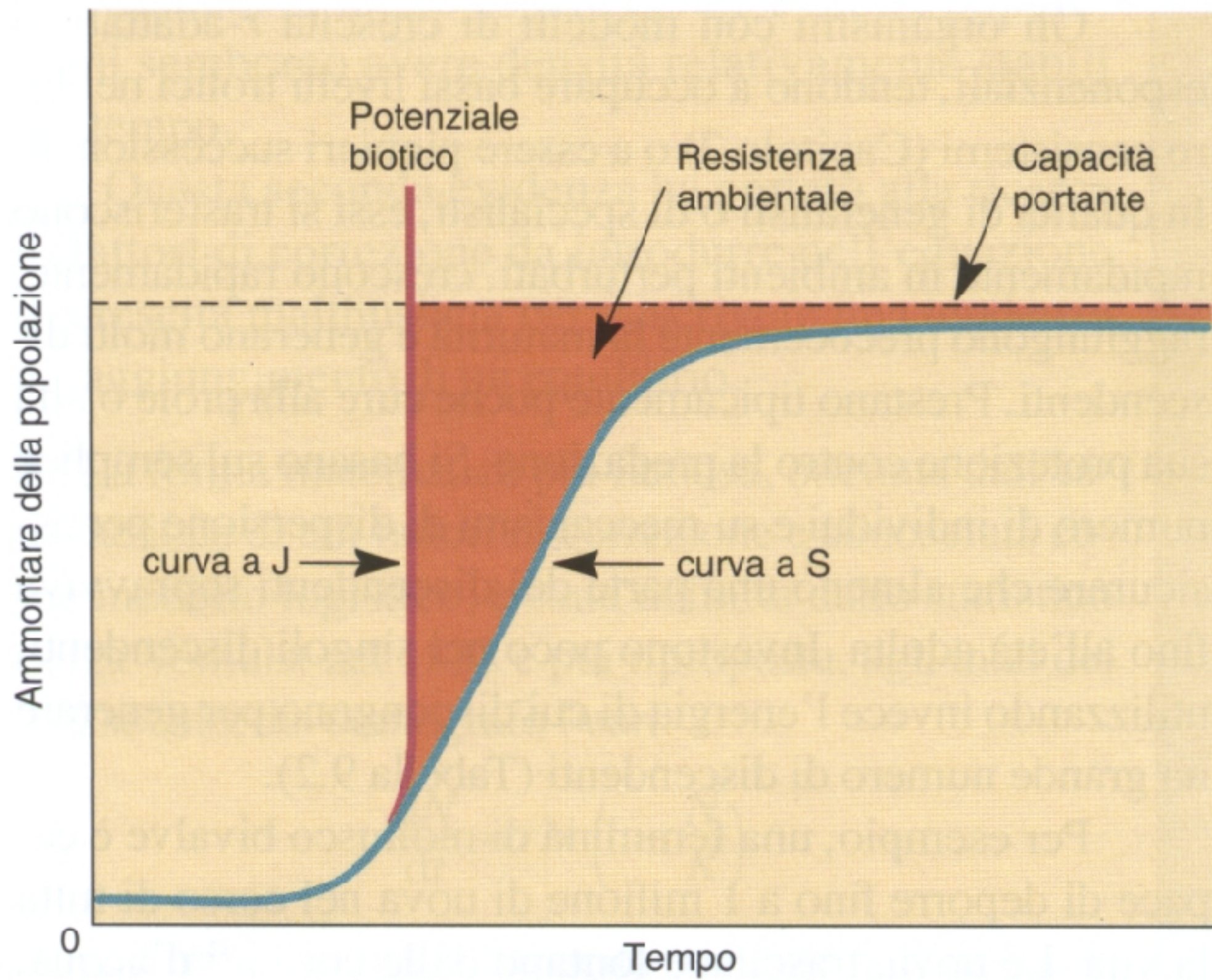
Capacità portante: numero massimo di individui di una popolazione che l'ambiente può sostenere. La capacità portante dipende non solo dal tipo di organismo, ma anche dall'**intensità dell'uso** delle risorse

La crescita esponenziale porta la popolazione a superare la capacità portante del sistema. In questo caso si hanno oscillazioni cicliche che possono ripetersi anche all'infinito, con continui **overshooting** e **crolli**.

Una popolazione può avere anche un altro tipo di dinamica: la **crescita logistica**. In questo caso la crescita è lenta all'inizio; la velocità aumenta poi a densità intermedie (fase esponenziale), e declina man mano che ci si approssima alla capacità portante del sistema per la popolazione in oggetto.

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

Il termine $(1-N/K)$ rappresenta la relazione tra il numero di individui della popolazione ed il numero massimo di individui che il sistema è in grado di sostenere. Ma mano che N cresce, questo termine tende a zero, e la crescita rallenta. S N supera K questo termine diventa negativo, ed il numero di individui tende a diminuire. La curva che esprime questo tipo di crescita è definita **sigmoide**, o “**curva a S**”.



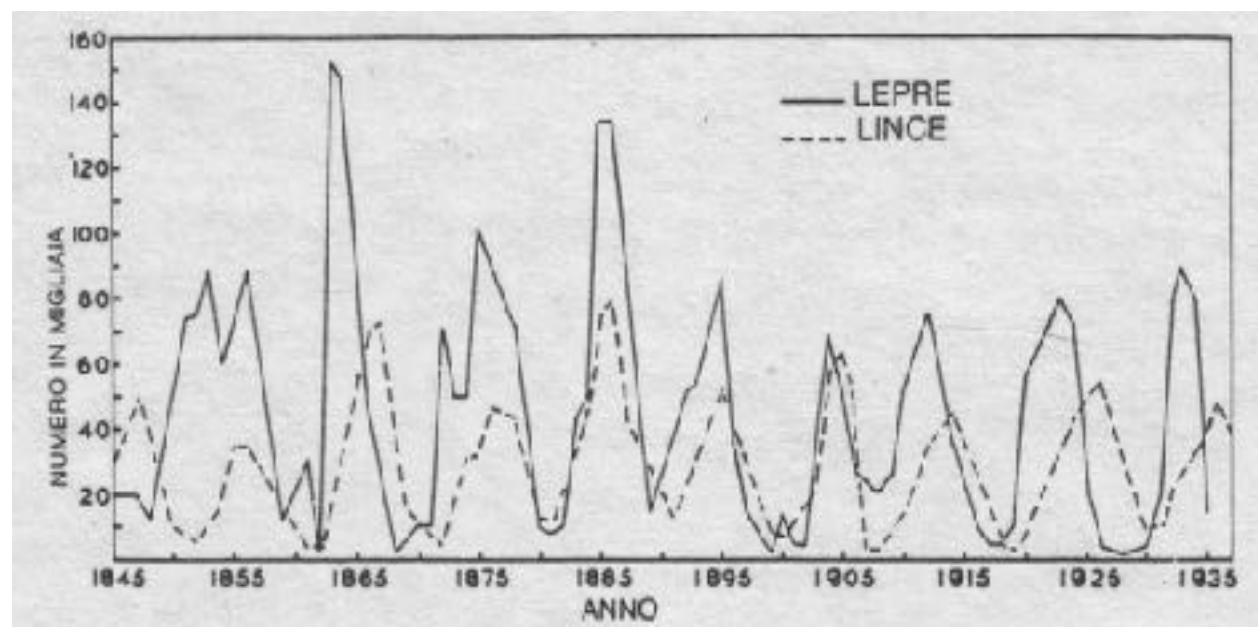
La **resistenza ambientale** è la somma di tutti i fattori che tendono a rallentare la crescita di una popolazione. La resistenza è densità-dipendente, ed aumenta al crescere della densità.

I fattori che regolano la crescita possono essere **intrinseci** (limiti ecologici, malattie da stress, ecc.) ed **estrinseci** alla popolazione. I fattori estrinseci possono essere **biotici** oppure **abiotici**. Quelli abiotici sono di solito **densità-indipendenti**, mentre quelli biotici dipendono solitamente dalla densità.

Esplosione demografica: improvvisa crescita di una popolazione

Si tratta spesso di fenomeni ciclici, che possono avere periodicità regolare (**oscillazioni cicliche**) oppure presentarsi occasionalmente (**oscillazioni stocastiche**).

Le esplosioni demografiche avvengono facilmente in ecosistemi dalla comunità semplice, con una sola o poche specie per ogni livello trofico. In questo caso l'oscillazione di un fattore limitante o l'intervento dell'uomo possono indurre delle modificazioni anche importanti nella struttura della comunità.



Le specie possono seguire un modello di crescita compreso tra due estremi. Questi due estremi sono dati dalle specie **r-adattate**, che investono gran parte delle loro risorse nella riproduzione, producendo un grandissimo numero di discendenti, e specie **K-adattate**, che invece investono nella competizione e nelle cure parentali.

Solitamente le specie r-adattate occupano i livelli trofici più bassi, mentre quelle K-adattate occupano quelli più alti.

La maggior parte delle specie segue modelli di crescita che sono intermedi tra questi due estremi, e possono anche modificare il modello di crescita, spostandolo verso un estremo piuttosto che un altro a seconda delle variazioni ambientali.

Tabella 1 – Strategie riproduttive contrastanti in due piante erbacee: esempi di r- e K-selezione in specie che vivono in ambienti diversi.

Comunità e Specie	Numero medio di semi per individuo	Percentuale in peso secco delle strutture riproduttive
Campo di un anno <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	1190	30
Foresta <i>Dentaria laciniata</i>	24	1

Data da Newell e Tramer 1978.

TABELLA 9.2 Strategie riproduttive

SPECIE R-ADATTATE	SPECIE K-ADATTATE
1. Vita breve	1. Vita lunga
2. Crescita rapida	2. Crescita più lenta
3. Maturità precoce	3. Maturità tarda
4. Molti discendenti piccoli	4. Pochi discendenti grandi
5. Poche cure e protezione parentali	5. Molte cure o protezione parentali
6. Pochi investimenti nei singoli discendenti	6. Molti investimenti nei singoli discendenti
7. Adattate ad ambienti instabili	7. Adattate ad ambienti stabili
8. Pioniere, colonizzatrici	8. Stadi successionali successivi
9. Generalisti di nicchia	9. Specialisti di nicchia
10. Predatore	10. Predatrici
11. Regolate principalmente da fattori intrinseci	11. Regolate principalmente da fattori estrinseci
12. Occupano livelli trofici bassi	12. Occupano livelli trofici elevati

Il monitoraggio della alterazione ambientale

Il monitoraggio della alterazione ambientale, ovvero della presenza nell'ambiente di concentrazioni anomale (superiori ai valori "naturali") di determinate sostanze, avviene fondamentalmente in due modi.

Nel primo, vengono utilizzate delle centraline di rilevamento. Queste rilevano le esatte concentrazioni delle sostanze nell'ambiente.

Nel secondo, vengono usati degli organismi viventi, presenti nell'area di studio, o qui trapiantati. In questo caso si parla di **biomonitoraggio**.



Biomonitoraggio

Con il termine biomonitoraggio si intende l'insieme delle metodologie che utilizzano esseri viventi per trarre informazioni sullo stato dell'ambiente.

La misurazione dei parametri chimici e fisici dell'ambiente fornisce dati di tipo quantitativo e relativi all'istante del campionamento (situazione puntuale in un preciso momento storico); viene espresso quindi in termini di concentrazioni relative ad ogni singolo inquinante.

Il biomonitoraggio, invece, permette di stimare gli effetti biologici dell'inquinamento, cioè dà informazioni più generali sullo stato di salute dell'ambiente valutando i danni subiti da organismi bersaglio presenti nell'area di studio o appositamente introdotti.

Il biomonitoraggio degli inquinanti atmosferici viene realizzato utilizzando specie vegetali quali: licheni, tabacco, tarassaco, pino silvestre, ecc... tali specie evidenziano, in seguito ad una esposizione prolungata ad agenti nocivi, danni più o meno evidenti. Queste piante risultano particolarmente utili sia in associazione che in alternativa alla rilevazione mediante centraline meccaniche.

Nelle metodologie del biomonitoraggio si possono distinguere due diverse tipologie di organismo test:

- 1) '**Bioindicatori**' : organismi che subiscono variazioni evidenti nella fisiologia, nella morfologia o nella distribuzione sotto l'influsso delle sostanze presenti nell'ambiente;
- 2) '**Bioaccumulatori**': organismi in grado di sopravvivere in presenza di inquinanti che accumulano nei loro tessuti; con il loro uso è possibile ottenere dati sia di tipo qualitativo che quantitativo.

Il biomonitoraggio, rispetto alle tecniche tradizionali realizzate con centraline mobili o fisse, presenta diversi vantaggi:

- costi di gestione limitati (materiale e allestimento);
- possibilità di coprire, con facilità, vaste zone e territori diversificati, consentendo una adeguata mappatura del territorio;
- elevata sensibilità di alcuni esseri viventi;
- stima degli effetti combinati di più inquinanti sugli esseri viventi.

Un organismo, per essere utilizzato come **bioindicatore**, deve rispondere a una serie di requisiti.

Accessibilità

deve essere facilmente campionabile, e l'analisi deve essere possibile con tecniche standardizzate.

Idoneità bio-ecologica

ampia distribuzione nell'area di studio;
facile identificazione ed adeguate conoscenze su anatomia, fisiologia ed ecologia;
uniformità genetica e sufficientemente lungo ciclo vitale;
scarsa mobilità e facile reperibilità in tutte le stagioni.

Affidabilità

deve presentare minimi errori sistematici, e deve essere facilmente quantificabile.

Rappresentatività

deve essere chiaramente correlabile con un certo fenomeno;
deve essere difficilmente camuffabile da fattori di disturbo;
deve avere una validità sufficientemente generalizzabile a molte situazioni analoghe, anche se non identiche.

Un **bioaccumulatore** deve invece avere alta tolleranza alla sostanza da analizzare.

Monitoraggio delle acque

La Direttiva Quadro per le Acque 2000/60/CE (Water Framework Directive, WFD), individua, come obiettivi chiave:

- la prevenzione dell'ulteriore deterioramento, la protezione e il miglioramento dello stato degli ecosistemi acquatici e delle zone umide associate.
- la promozione di un utilizzo sostenibile dell'acqua basato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili.
- la progressiva riduzione dell'inquinamento delle acque sotterranee e la prevenzione del loro ulteriore inquinamento.
- la mitigazione degli effetti delle inondazioni e della siccità.

L'attuazione della WFD, riguardo la caratterizzazione, pianificazione e gestione degli ambienti acquatici, prevede la definizione di obiettivi ecologici definiti sulla base dello stato delle comunità animali e vegetali e, nel complesso, degli ecosistemi. Il valore di riferimento per l'espressione del giudizio di qualità è quindi rappresentato dalla naturalità dell'ecosistema, e delle comunità biotiche che in esso vivono.

Secondo tali principi è necessario mettere in atto una gestione integrata del bacino fluviale che comprenda sia le acque sotterranee (falda acquifera), sia le acque superficiali (fiumi, canali, laghi, bacini artificiali), sia le acque di transizione (estuari, zone umide costiere).

La WFD ha introdotto un approccio innovativo nella valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici, integrando sia aspetti chimici che biologici. Lo stato ecologico viene valutato attraverso lo studio degli elementi biologici, che assumono un ruolo definitivamente centrale, supportati da quelli idromorfologici e chimico fisici. Le comunità biologiche prendono in considerazione tutti i livelli dell'ecosistema: produttori primari, alghe e flora acquatica; consumatori primari e secondari, macrobenthos e fauna ittica.



La maggioranza degli indici trofici utilizzati sono indici “a score”: per ciascun indice è definita una lista di taxa indicatori (a seconda degli indici, da 30-40 a 250) a ciascuno dei quali è associato un indice specifico C_i (score) di sensibilità o di tolleranza, solo in qualche caso è associato anche un coefficiente di stenoecia E_i . Gli Indici differiscono per numero di taxa indicatori, per modalità ed effettiva valutazione della metrica “abbondanza”, per l’attribuzione o meno di un coefficiente di stenoecia (reliability) ai diversi taxa indicatori. Gran parte degli indici considerano anche il parametro abbondanza (della comunità e dei taxa indicatori) attraverso l’attribuzione di coefficiente di copertura (K_i) a ciascun taxa presente nella stazione.

Indici di presenza/assenza

$$I = \frac{\sum_i^n C_i}{\sum_i^n n}$$

Indici ponderati

$$I = \frac{\sum_i^n [E_i K_i C_i]}{\sum_i^n E_i K_i}$$

dove :

E_i = coefficiente di stenoecia

K_i = coefficiente di copertura

C_i = coefficiente di sensibilità/tolleranza

N = numero dei taxa indicatori



Biomonitoraggio dell'aria tramite licheni epifiti

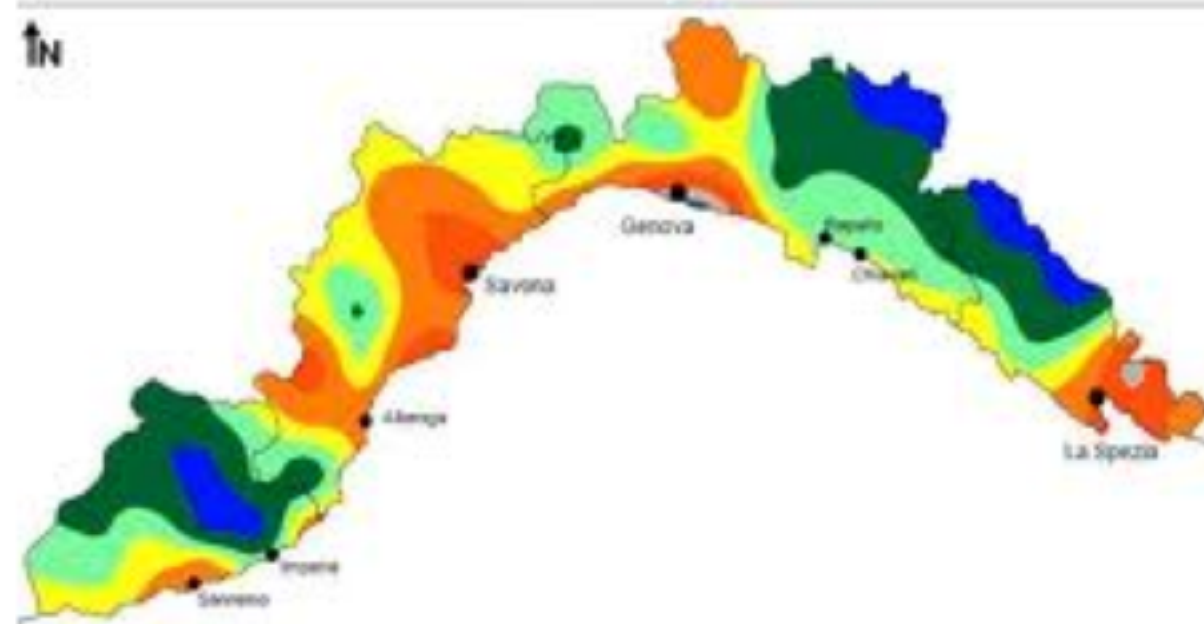
I primi studi sulla sensibilità dei licheni all'inquinamento atmosferico risalgono al secolo scorso ma solo da alcuni decenni sono utilizzati come biomonitor su larga scala, grazie alla disponibilità di misure strumentali dell'inquinamento, indispensabili per integrare le relazioni tra concentrazione atmosferica di sostanze dannose e risposta biologica.

Recentemente sono stati proposti molti metodi che, utilizzando opportune scale di interpretazione, valutano la qualità dell'aria attraverso i licheni. La procedura di misura maggiormente utilizzata prevede il calcolo dell'**Indice di Biodiversità Lichenica (IBL)** che stima lo stato della diversità lichenica in condizioni standard dopo una lunga esposizione a inquinamento atmosferico e/o ad altri tipi di stress ambientali: i licheni considerati per il calcolo dell'indice sono essenzialmente quelli epifiti.

Castelnovo Bariano							
N°	Data	Classe	Zona	Latitudine	Longitudine	Alberi // n°	IBL
1	14/03/2007	2A	Giardino Municipale	N 45° 3,510'	E 11° 7,690'	tigli // 3	38,3
2	14/03/2007	2A	S.Pietro Polesine	N 45° 3,590'	E 11° 19,768'	tigli // 3	48,3
Ostiglia							
N°	Data	Classe	Zona	Latitudine	Longitudine	Alberi // n°	IBL
1	22/03/2007	2B	Ostiglia-Via Roma	N 45° 4,195'	E 11° 8,354'	tigli // 3	52,3
2	22/03/2007	2B	Ostiglia-Via XX settembre	N 45° 3,819'	E 11° 8,016'	tigli // 3	41,0
Poggio Rusco							
N°	Data	Classe	Zona	Latitudine	Longitudine	Alberi // n°	IBL
1	15/03/2007	2A	Poggio Rusco-Via Mazzini	N 44° 58,598'	E 11° 7,047'	tigli // 3	45,0
2	15/03/2007	2A	Poggio Rusco-Parco Medaglie d'oro	N 44° 58,808'	E 11° 7,425'	tigli // 3	39,6
Pieve di Coriano							
N°	Data	Classe	Zona	Latitudine	Longitudine	Alberi // n°	IBL
1	23/03/2007	2A	Pieve-Parco giochi biblioteca	N 45° 2,024'	E 11° 6,396'	tigli // 3	51,0
Quistello							
N°	Data	Classe	Zona	Latitudine	Longitudine	Alberi // n°	IBL
1	21/03/2007	2B	Quistello-P.za Guido Rossa	N 45° 00,672'	E 10° 59,235'	tigli // 3	50,3
2	21/03/2007	2B	Quistello-Via U.Foscolo - c/o cimitero	N 45° 00,230'	E 10° 59,108'	tigli // 3	50,3
Sermide							
N°	Data	Classe	Zona	Latitudine	Longitudine	Alberi // n°	IBL
1	16/03/2007	2A	Viale Nazario Sauro	N 45° 0,272'	E 11° 17,990'	tigli // 3	30,3
2	16/03/2007	2A	Via Enrico De Nicola	N 45° 0,077'	E 11° 17,833'	tigli // 3	50,0
Villa Poma							
N°	Data	Classe	Zona	Latitudine	Longitudine	Alberi // n°	IBL
1	27/03/2007	2A	Villa Poma-Via F.lli Cervi c/o cimitero	N 44° 59,887'	E 11° 6,749'	tigli // 3	64,6

<u>ibl</u>	<u>classi di naturalita' - alterazione</u>	<u>colore</u>	
da 50 e >	Naturalità molto alta	Blu	
da 40 a < 50	Naturalità alta	Verde scuro	
da 30 a < 40	Naturalità media	Verde chiaro	
da 20 a < 30	Naturalità bassa	Giallo	
da 10 a < 20	Alterazione media	Arancione	
da 1 a < 10	Alterazione alta	Rosso	
da 0 a < 1	Alterazione molto alta	Cremisi	

BIO-MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI
DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO MEDIANTE LICHENI EPIFITTI



Bioaccumulo tramite licheni

I licheni sono frequentemente utilizzati come bioaccumulatori in studi di monitoraggio ambientale, grazie alla loro capacità di assorbire e stoccare al loro interno diversi inquinanti presenti in atmosfera, integrando le informazioni ottenibili mediante il monitoraggio strumentale.

In presenza di "deserto lichenico" è possibile derivare le concentrazioni degli inquinanti presenti utilizzando talli lichenici raccolti in aree non contaminate ed esposti appositamente nei siti oggetto di studio all'interno di sacchetti in rete di nylon (lichen bags).

Nell'uso dei sistemi di biomonitoraggio attivo va tuttavia considerato il danno fisiologico che i licheni possono subire per effetto del trapianto in un ambiente diverso dal loro habitat di origine che può influire negativamente sulla capacità del lichene di accumulare con regolarità le sostanze presenti nell'atmosfera e compromettere l'affidabilità del metodo.





Biomonitoraggio dell'ozono tramite *Nicotiana tabacum*

Nicotiana tabacum rivela la presenza di ozono tramite la comparsa sulle foglie di piccole macchie color avorio; la superficie danneggiata è proporzionale alla dose di inquinante cui la pianta è stata sottoposta.

La valutazione del danno viene fatta utilizzando un Indice di Danno Fogliare (IDF).

Per il monitoraggio vengono utilizzati dei kit standardizzati di piantine di tabacco.





That's all Folks!

Any Question?