



POPOLAZIONI **(Demo-ecologia)**

GERARCHIA ECOLOGICA

BIOSFERA

BIOMA

PAESAGGIO

ECOSISTEMA

COMUNITA'

POPOLAZIONE

ORGANISMO



DEFINIZIONE

La popolazione è l'insieme degli organismi appartenenti ad una stessa specie che coesistono in un luogo di dimensioni tali da permettere, almeno in teoria, il libero incrocio (*panmissia*).

Deme

Parte di popolazione
effettivamente panmittica.



Avatar

Parte di popolazione composta da individui che vivono in uno stesso ecosistema.



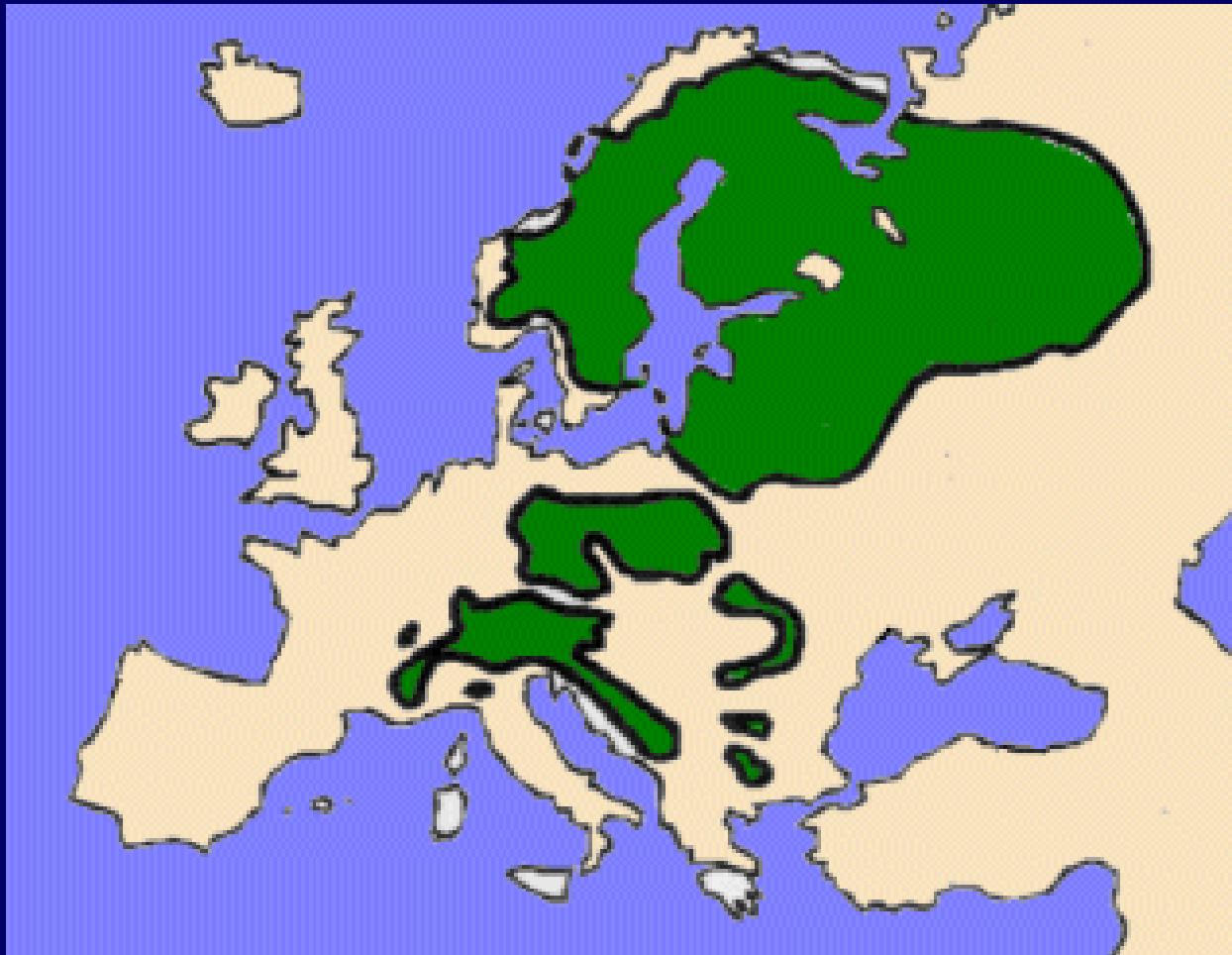
CARATTERISTICHE

- 1) **Distribuzione spaziale**:
 - a) dell'insieme delle popolazioni (**areale geografico della specie**)
 - b) degli individui all'interno di una popolazione (**dispersione**).
- 2) **Dimensione**: numero di individui, densità, biomassa.
- 3) **Dinamica**: modalità di variazione della dimensione nel tempo (**esponenziale** e **logistica**).
- 4) **Struttura**: distribuzione della frequenza degli individui suddivisi in classi:
 - a) di **taglia**
 - b) di **età**.

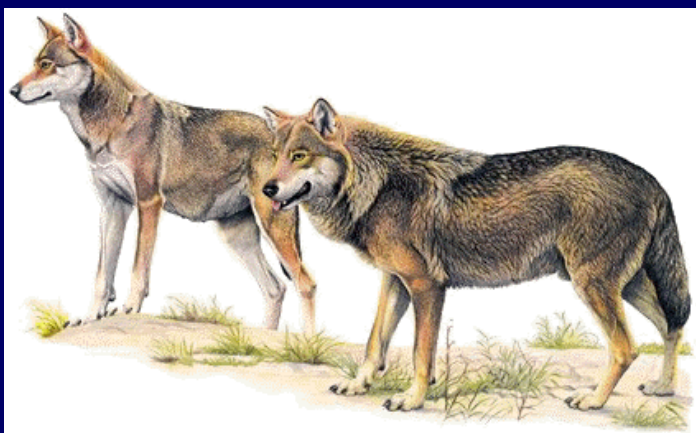
1) AREALE GEOGRAFICO

Prof. Giovanni Fulvio Russo
Università Parthenope, Napoli

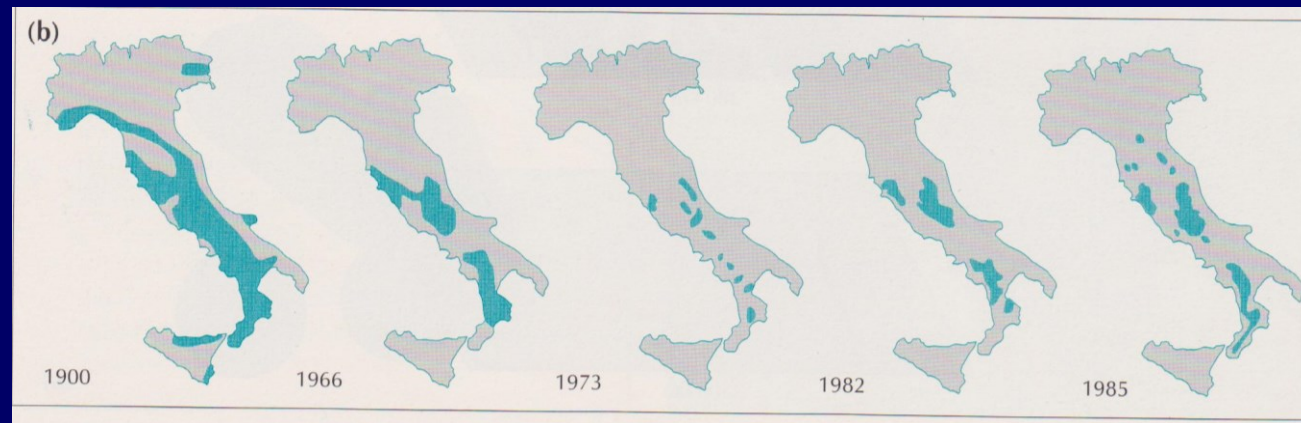
E' l'area geografica in cui si rinvengono tutte le popolazioni di una specie. Rappresenta, quindi, la distribuzione dell'insieme di tutte le popolazioni di una specie.



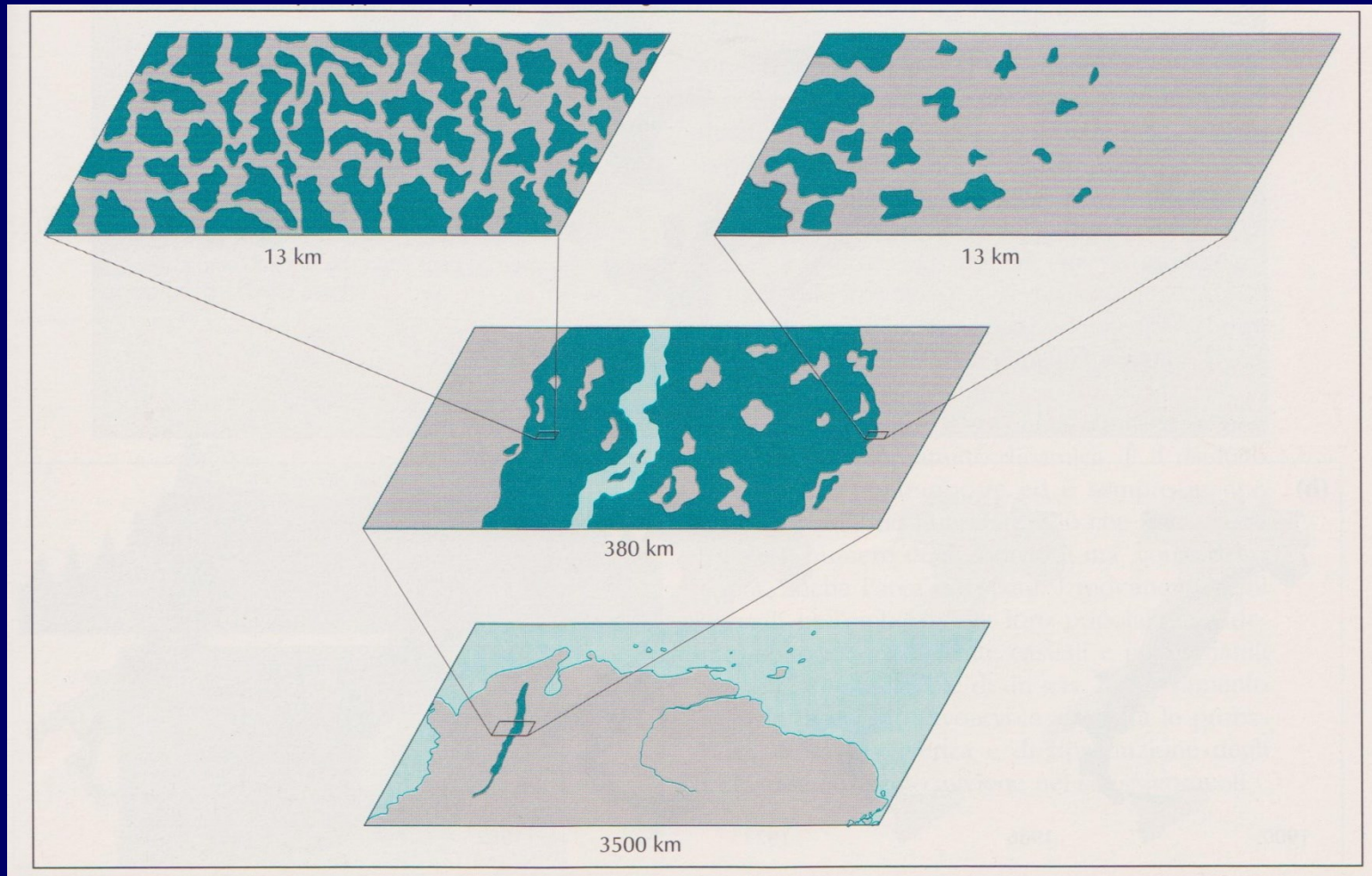
Areale geografico dell'abete rosso (*Picea abies*), noto come “albero di natale”.



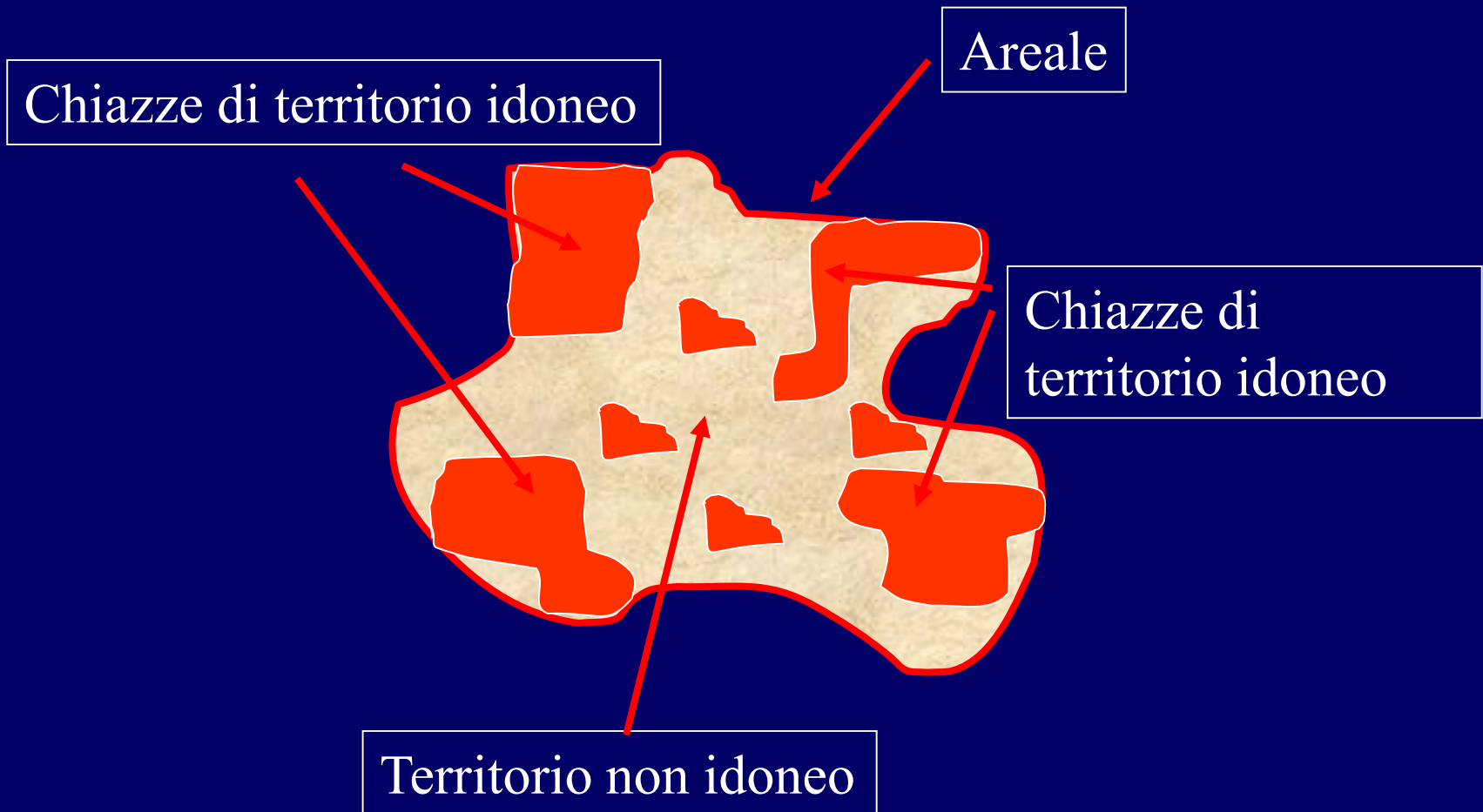
Areale del lupo (*Canis lupus*)



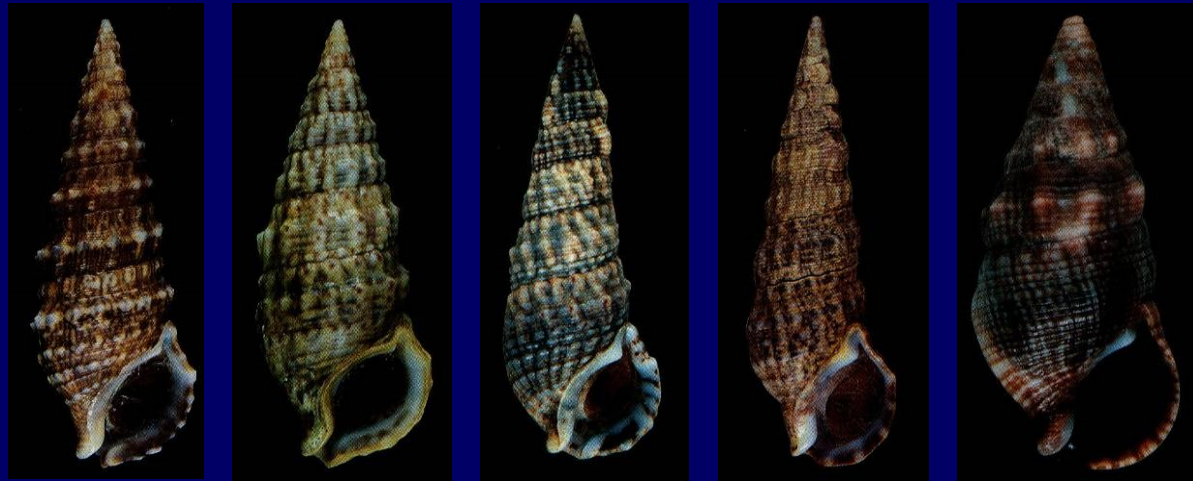
Un **areale** può apparire *omogeneo* o *discontinuo* a seconda del dettaglio della scala geografica presa in considerazione.



L'areale, ad una scala di dettaglio, appare costituito da “chiazze” di territorio idoneo alla presenza della specie.



Se la dispersione tra le “chiazze” è poco frequente, lo scambio di geni è limitato e le sotto-popolazioni che occupano le chiazze di habitat possono anche evolversi indipendentemente, determinando la formazione di razze ecologiche geneticamente differenziate, o *ecotipi*.



Metodi per rappresentare l'areale geografico

Esistono differenti metodi per rappresentare l'areale di una specie, a seconda del dettaglio delle informazioni sulla distribuzione delle popolazioni di una specie.

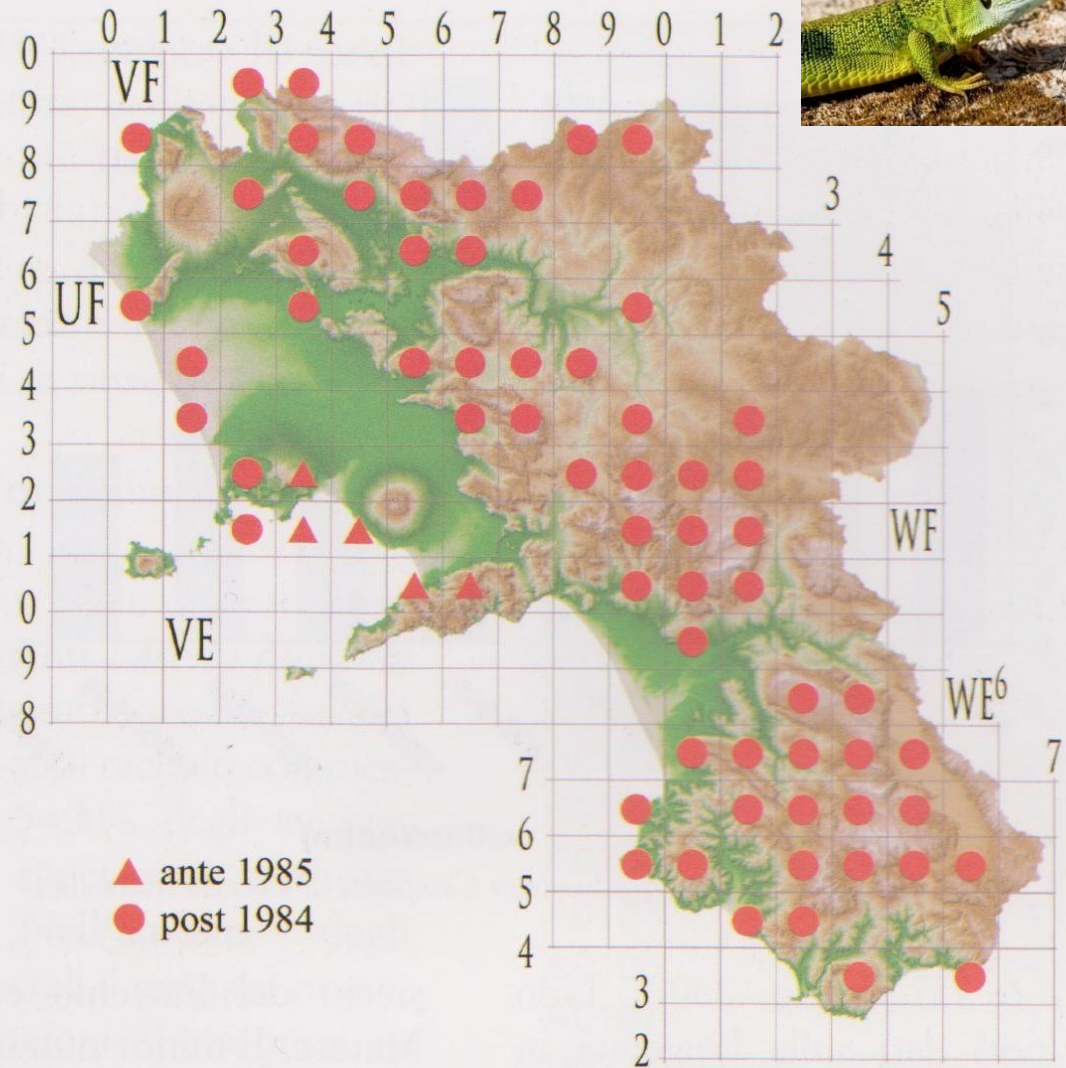
1) “Nube” di punti



Delimitazione di un areale,
partendo da una nube di punti

2) “Reticolato”

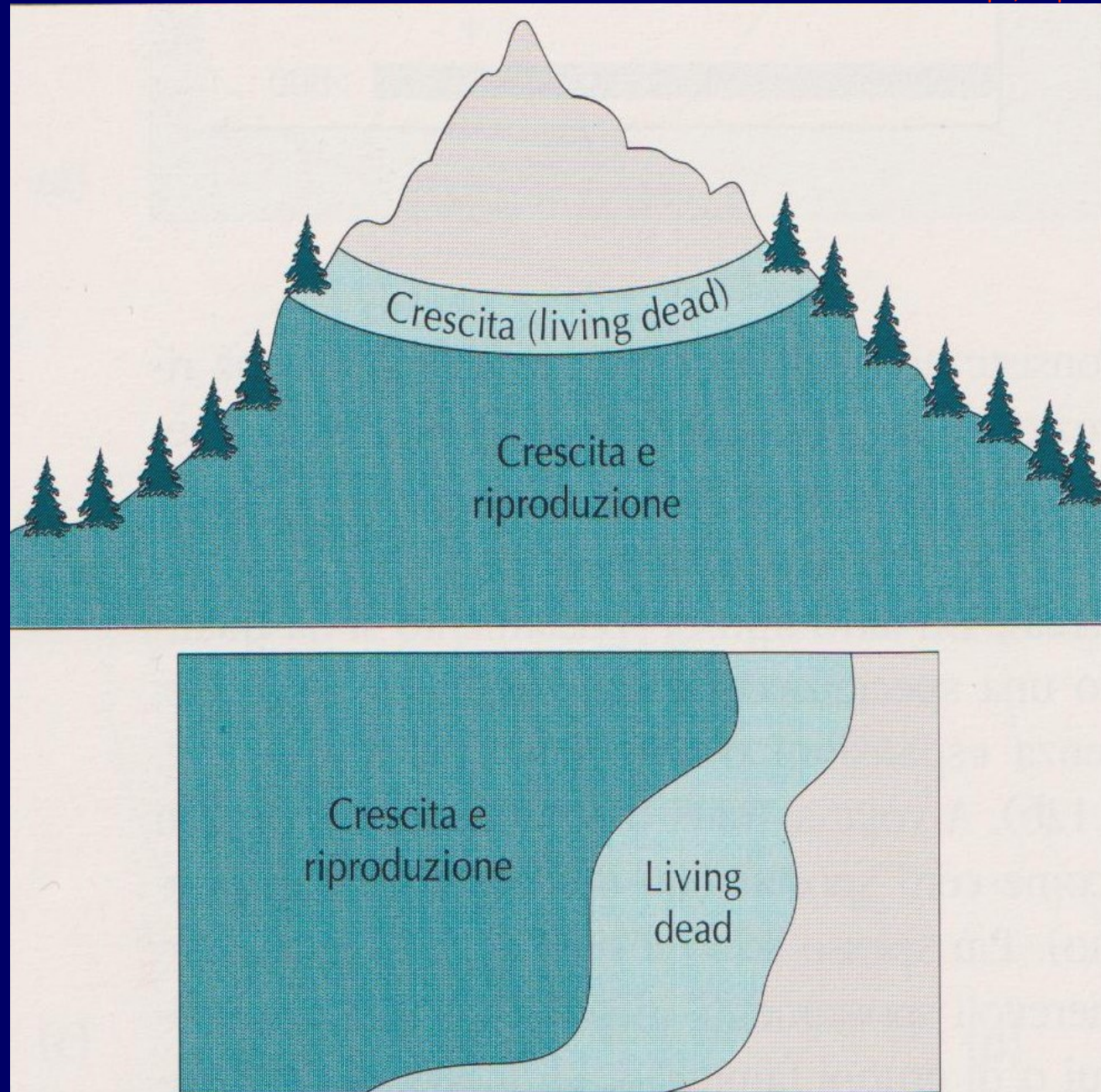
All'area geografica (ad es. la *Campania*) viene sovrapposto un reticolato (ad es. di *10 Km* di lato). Nel reticolato, vengono “marcate” le caselle dove si rinviene la specie (ad es. una *lucertola*). L'uso di simboli di marcatura diversi (ad es. *cerchi* o *triangoli*) consente di aggiungere ulteriori informazioni (ad es. *anni di rinvenimento* anteriori o posteriori il 1984-85).



Distribuzione regionale di *Lacerta bilineata*

Living dead

Spesso, i limiti di un areale sono occupati da individui non riproduttivi, detti *living dead* (“morti viventi”).



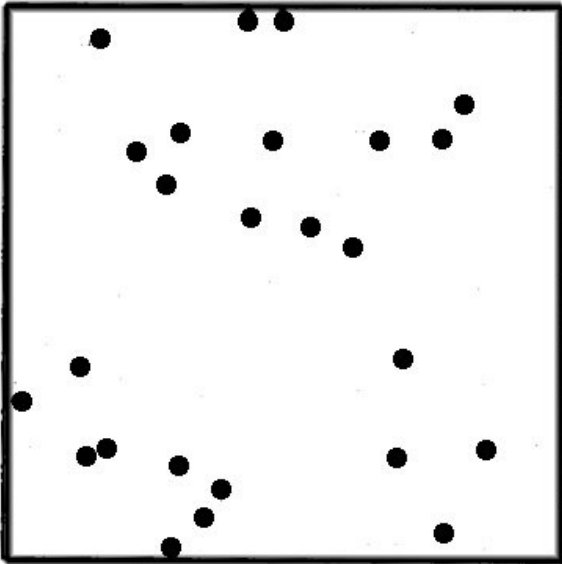
1 b) DISPERSIONE

Distribuzione spaziale degli individui all'interno di una singola popolazione.

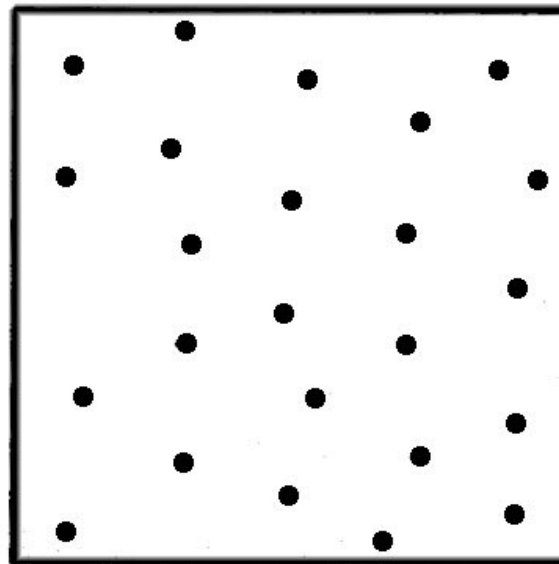
Può essere di 3 tipi:

- **Casuale** (“random”): assenza di **risorse limitanti**
- **Regolare** (“uniforme”): presenza di **risorse limitanti** e territorialità
- **Aggregata** (“contagiosa”): **risorse limitanti** e home range

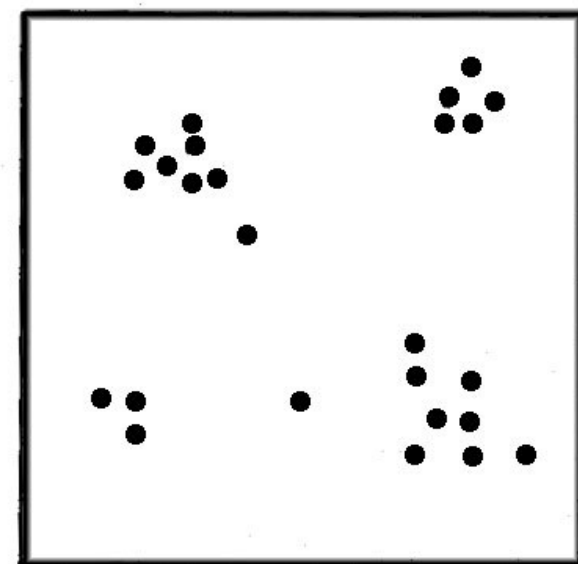
CASUALE



REGOLARE



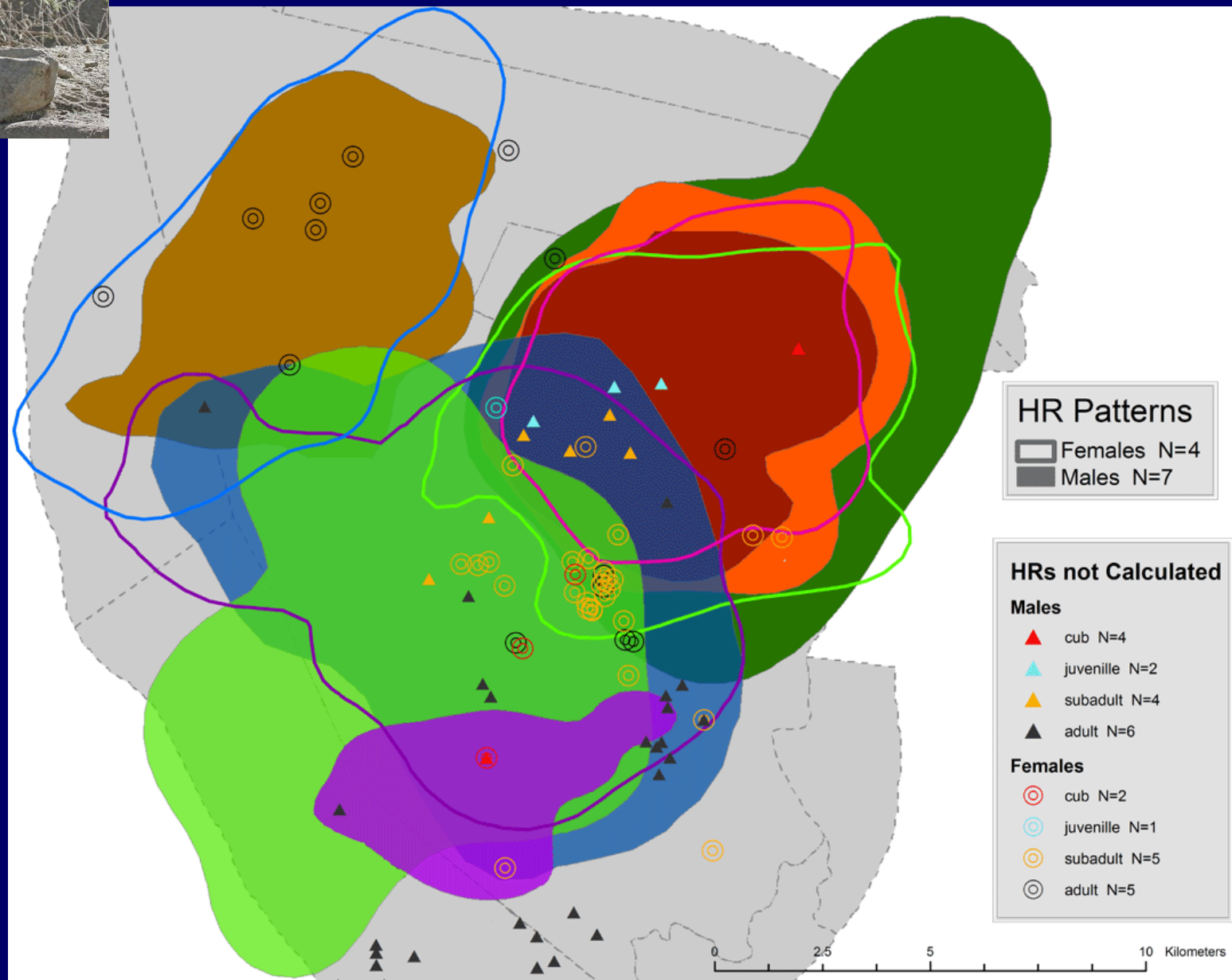
AGGREGATA





Lena striata: home range degli individui di una popolazione

Prof. Giovanni Fulvio Russo
Università Parthenope, Napoli



HOME RANGE

(area familiare)

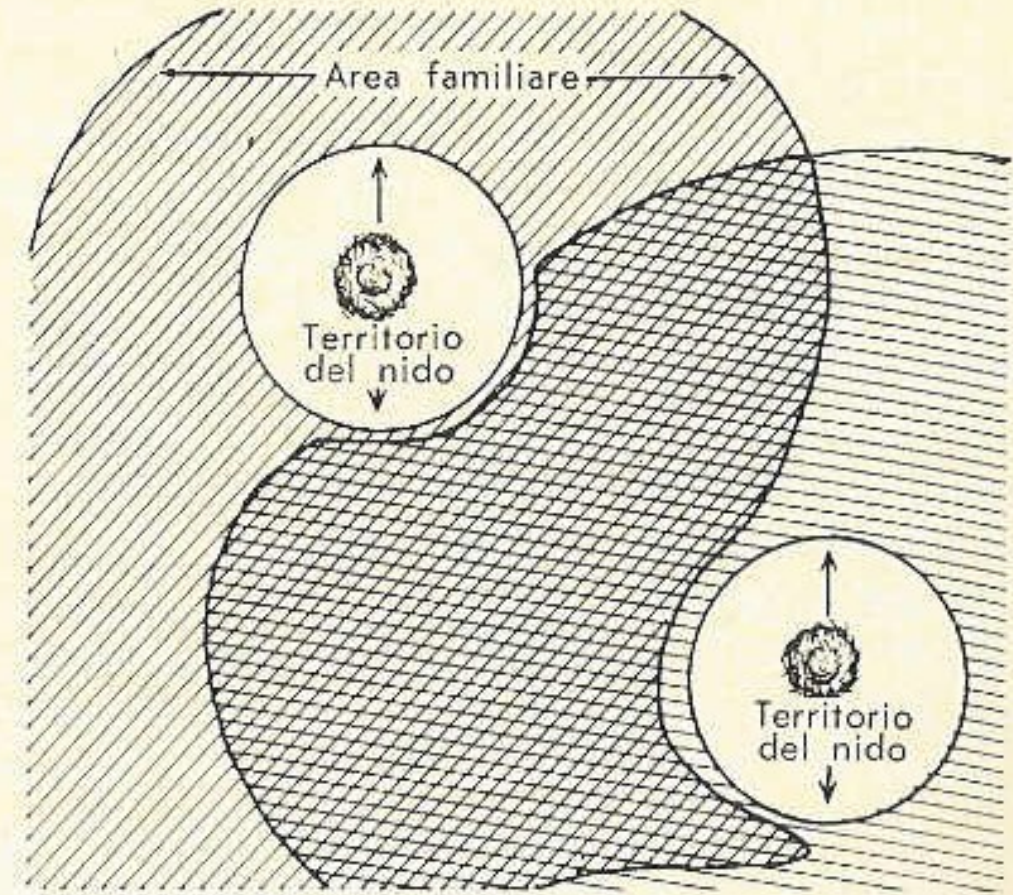
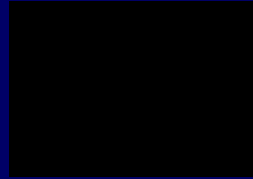
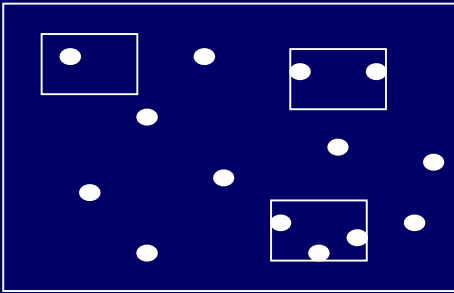


FIGURA 13.13: Confronto fra area familiare e territorio del nido. Parti delle aree familiari possono essere percorse da due o più individui della stessa specie, mentre il territorio del nido è difeso dall'invasione di altri individui della stessa specie.

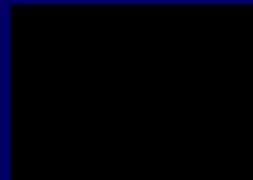
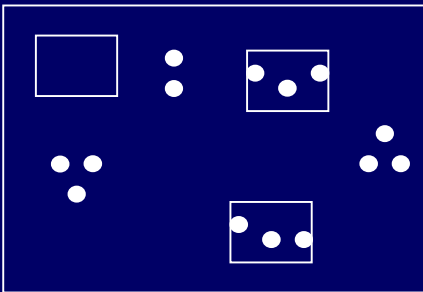
Il tipo di dispersione si
ottiene calcolando
l'Indice di Dispersione
(*ID*)

$$ID = \frac{\sigma^2}{m}; m = \frac{\sum x_i}{n}; \sigma^2 = \sum \frac{(x_i - m)^2}{n}$$



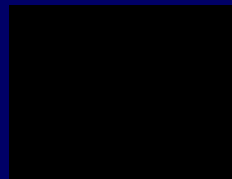
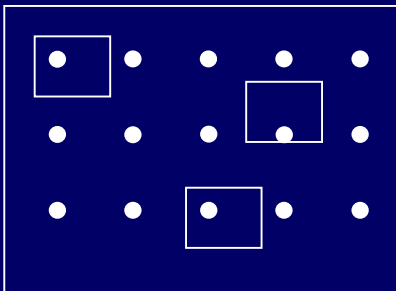
Casuale

Assenza di fattori limitanti



Aggregata

- Presenza di fattori limitanti
- Specie *home-range*



Uniforme

- Presenza di fattori limitanti
- Specie *territoriali*

2) DIMENSIONE

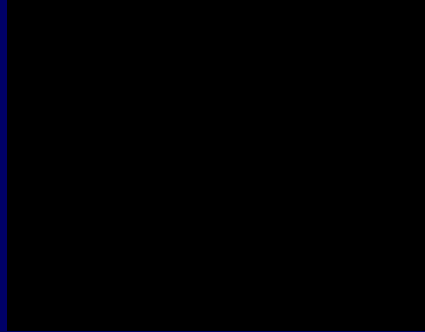
La dimensione di una popolazione viene espressa come:

- Numero di individui (*Abbondanza*, A)
- Densità (A/m^2 ; A/m^3)
- Biomassa (g/m^2 ; g/m^3)

CATTURA-RICATTURA

E' un metodo utilizzato per *stimare* la dimensione di popolazioni molto disperse o criptiche, perciò difficili da campionare o rilevare.

Indice di Lincoln



N , dimensione della popolazione (incognita)

a , numero di individui catturati, marcati e rilasciati

n , numero di individui del secondo campione

r , numero di individui ricatturati

Deriva dalla proporzione:

$$N : a = n : r$$

Assunti per applicare l'indice di Lincoln:

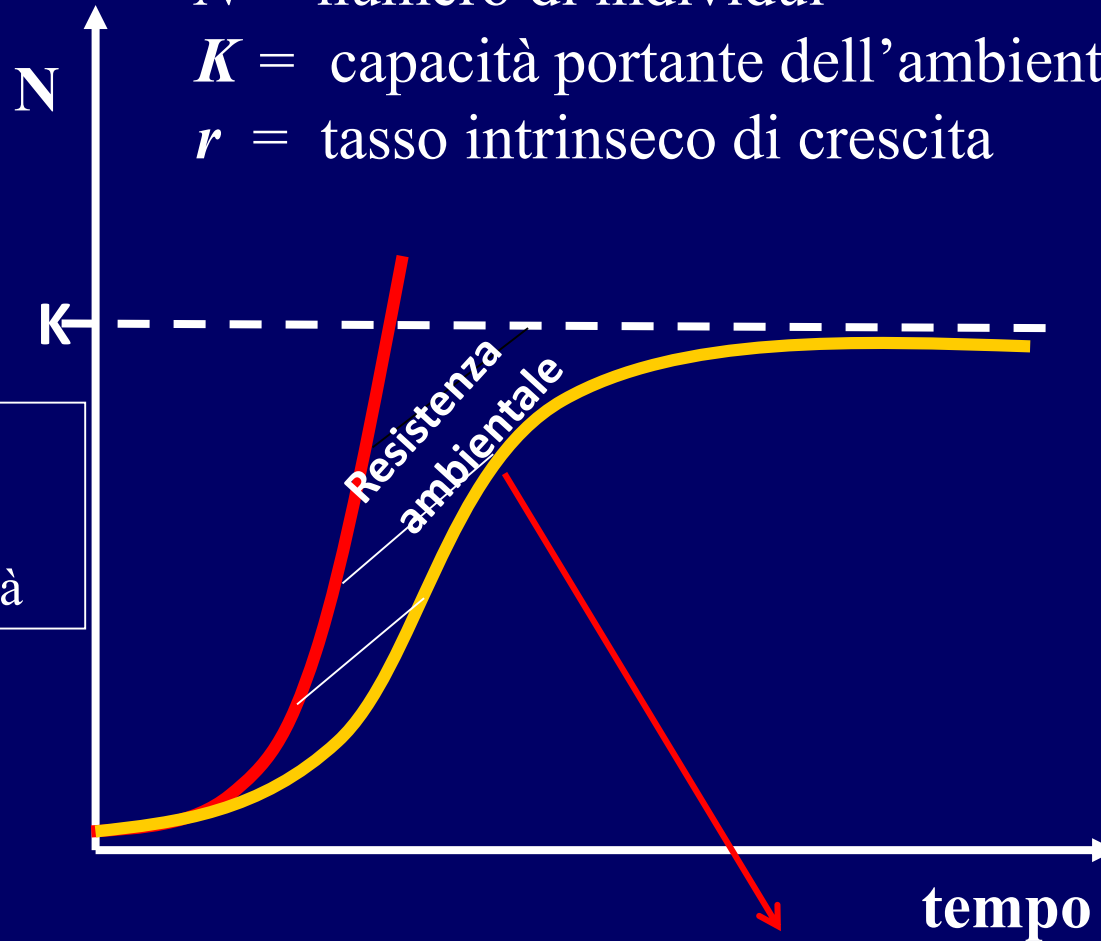
- Nessun *effetto della marcatura* sugli animali
- Animali marcati: *bene assortiti* con gli altri
- Stessa *probabilità di cattura* tra marcati e non marcati
- Popolazione *chiusa* (nessuna emigrazione e/o immigrazione)
- Popolazione *ferma* (nessuna nascita e/o morte)
- Campionamenti *rapidi*, intervalli di ricattura *brevi*

3) DINAMICA

N = numero di individui

K = capacità portante dell'ambiente

r = tasso intrinseco di crescita



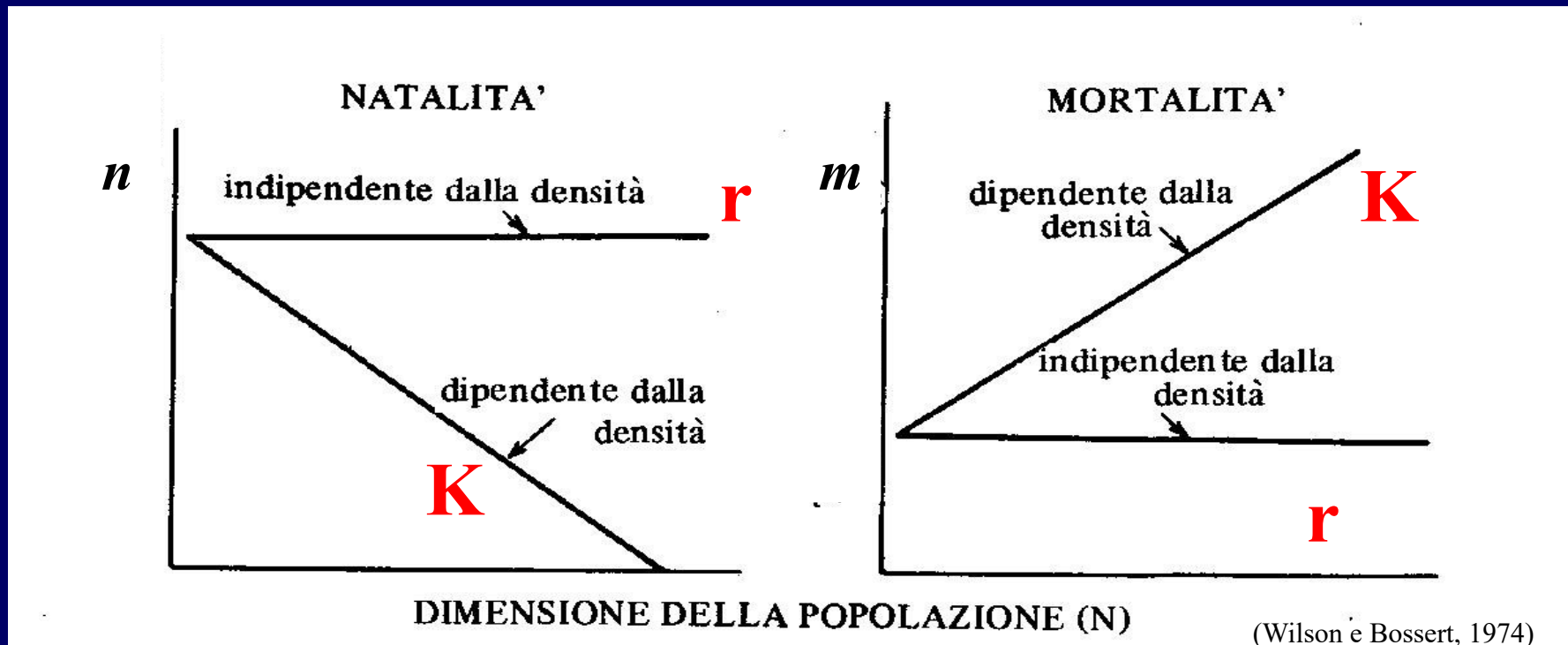
$$r = n - m$$

n = tasso natalità

m = tasso mortalità

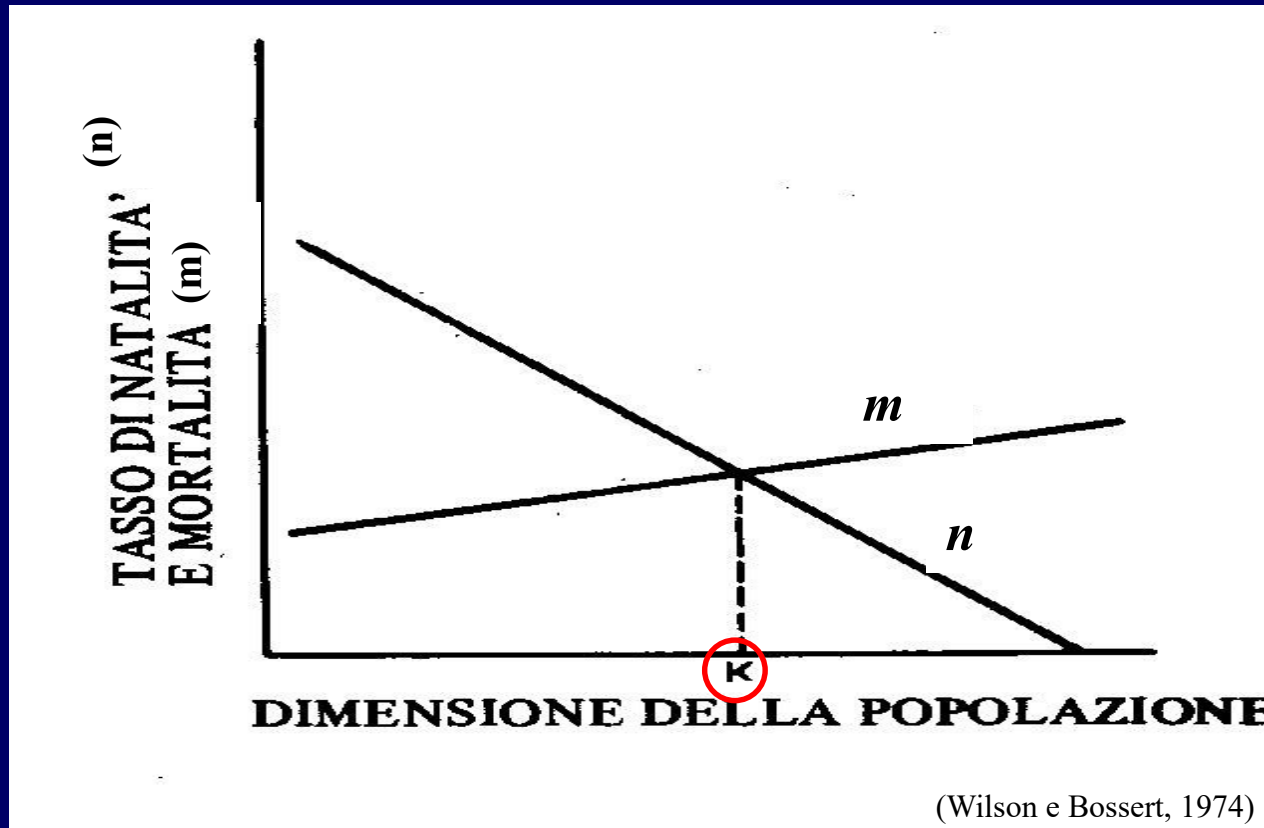
**Crescita
esponenziale**
(equazione di
Malthus, 1798)

**Crescita
logistica**
(equazione di
Verhulst, 1845)



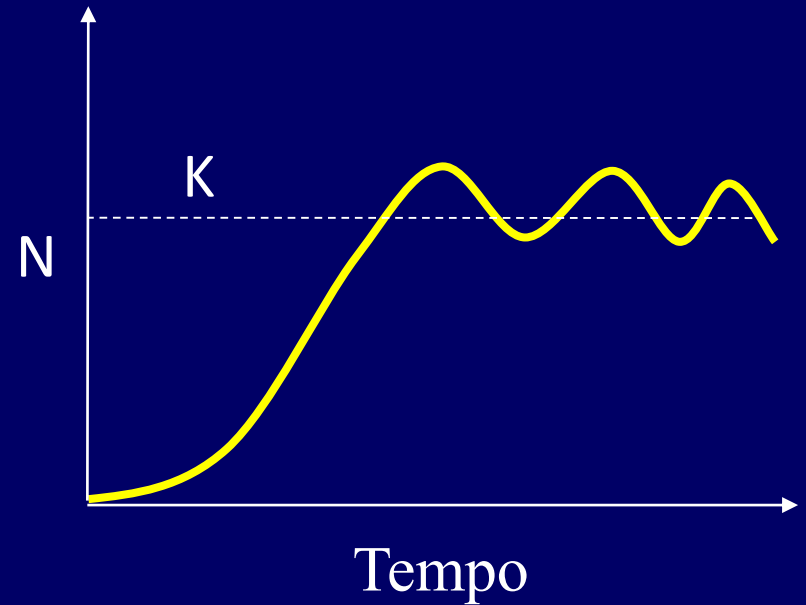
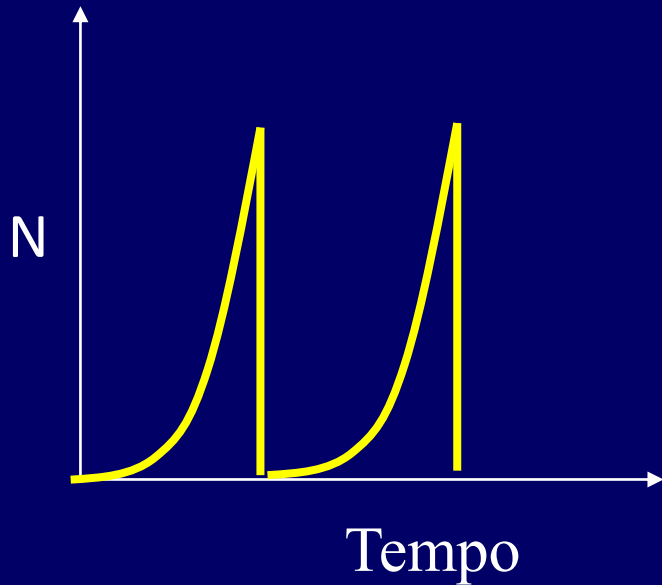
Nelle specie r -strategie (a crescita esponenziale) i tassi di natalità (n) e di mortalità (m) sono costanti e *indipendenti dalla densità*, che è una misura della dimensione (N) della popolazione.

Invece, nelle specie K -strategie (a crescita logistica) i tassi sono *dipendenti dalla densità* della popolazione: con l'aumento della dimensione (N) della popolazione, il tasso di natalità (n) diminuisce, invece il tasso di mortalità (m) aumenta.

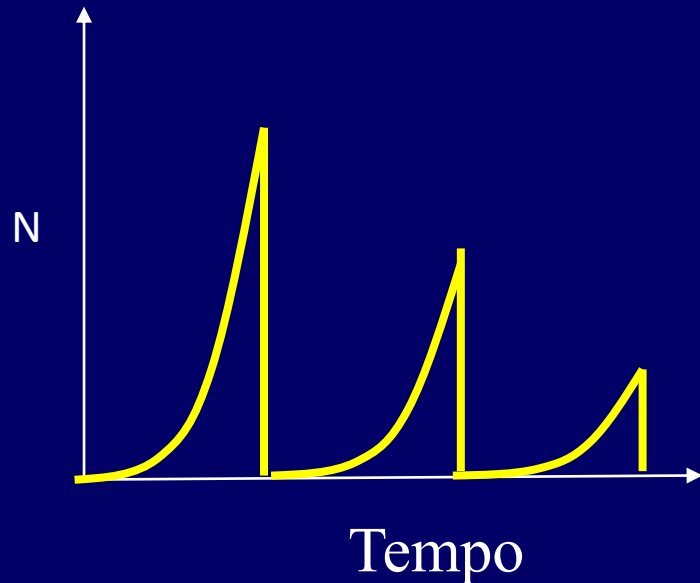


Nella crescita logistica, la popolazione raggiunge una dimensione massima (K , **capacità portante dell'ambiente**) come risultato dell'*equilibrio dinamico* tra il tasso di natalità (che *diminuisce* con l'aumentare della dimensione) ed il tasso di mortalità (che *aumenta* con l'aumentare della dimensione).

Crescita reale



Flash and crash



Crescita
logistica con
oscillazioni



Controllo *omeoretico*
dell'effetto densità

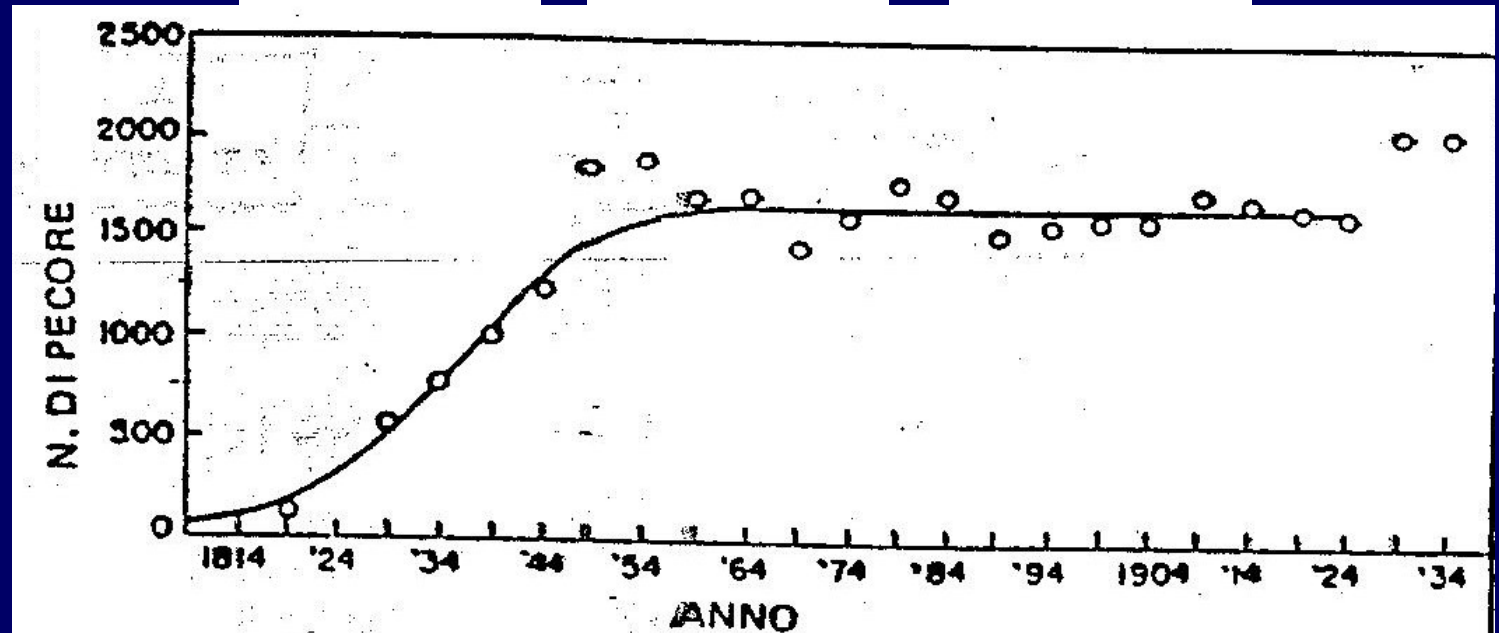
Pecore in Tasmania



Anno	N° pecore
1819	125
1829	550
1834	750
1839	1000
1844	1250
1849	1850
1854	1900

Anno	N° pecore
1859	1650
1864	1660
1869	1450
1874	1600
1879	1750
1884	1700
1889	1550

Anno	N° pecore
1894	1600
1899	1650
1904	1650
1909	1700
1914	1650
1919	1600
1924	1650



DINAMICA DI POPOLAZIONI INTERAGENTI

La popolazione di una specie non vive da sola ma interagisce con popolazioni di altre specie all'interno della stessa comunità in cui vivono.

Una delle prime e più studiate interazioni tra popolazioni di specie diverse è la predazione.

La dinamica delle popolazioni di *prede* e *predatori* è alla base delle equazioni di Lotka-Volterra, che descrivono come varia nel tempo il numero di individui (N) di queste popolazioni.

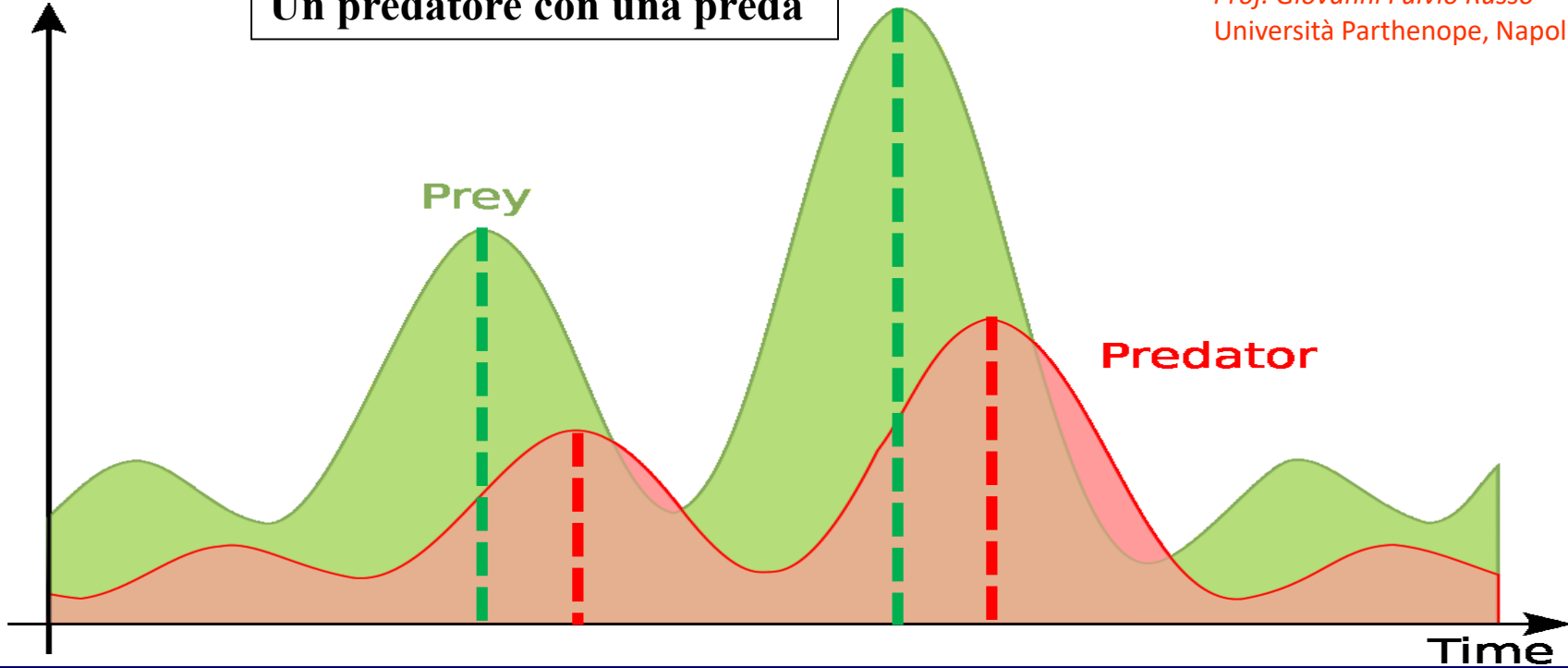
Le variazioni nel tempo del numero di individui delle popolazioni sono state già trattate nell'ambito delle reti alimentari, considerando due casi: *a*) un predatore con una sola preda; *b*) un predatore con due prede.

Population

Un predatore con una preda

Prof. Giovanni Fulvio Russo
Università Parthenope, Napoli

N

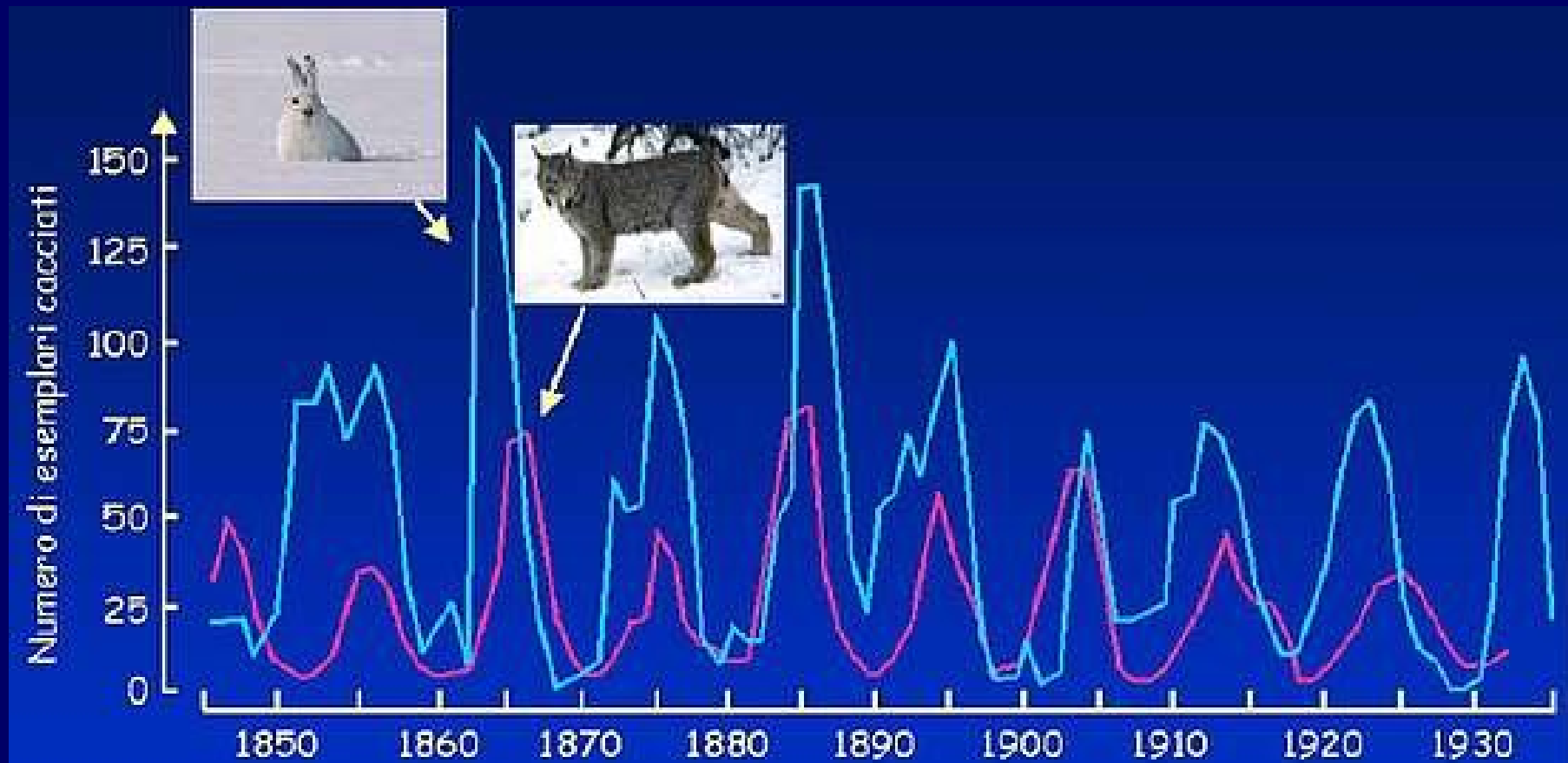


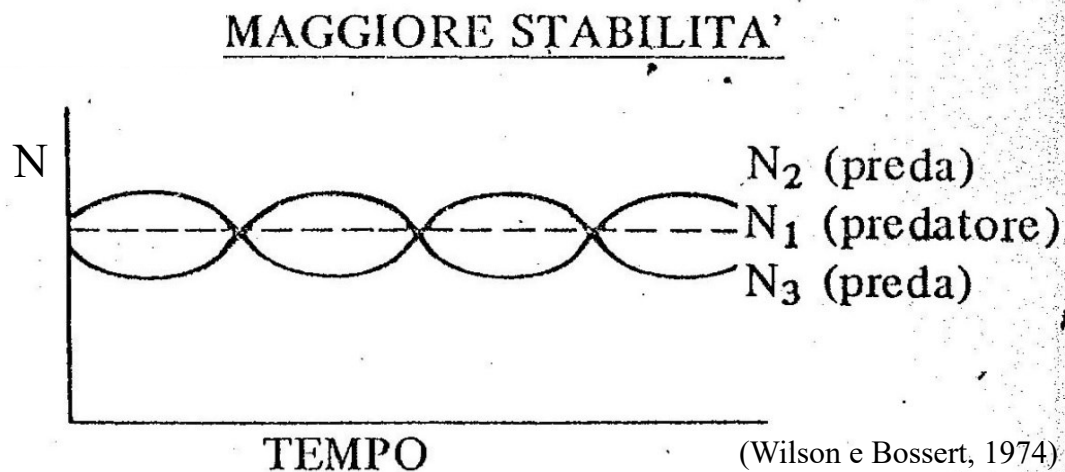
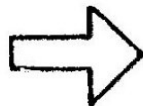
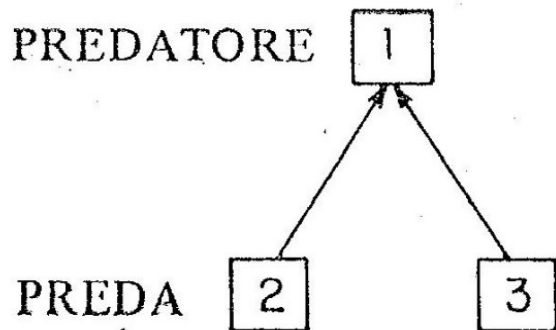
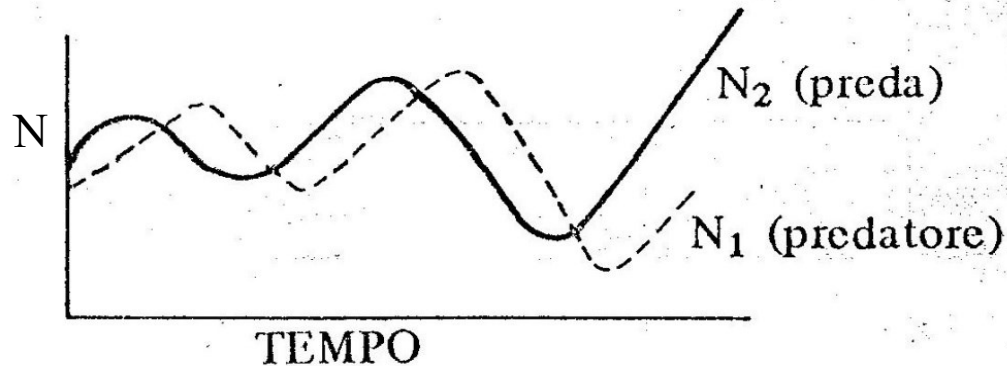
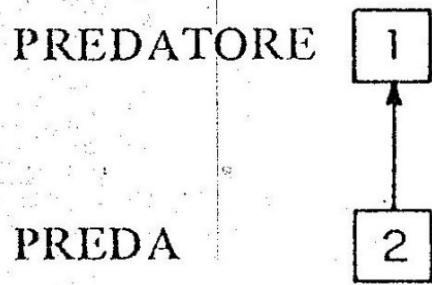
Nella situazione descritta dalle equazioni di Lotka-Volterra, si ha che la popolazione di un *predatore* cresce quando c'è abbondanza dell'unica *preda* ma, alla lunga, col diminuire dell'unica preda, il predatore si ritrova senza cibo sufficiente e perciò la sua popolazione comincia a decrescere. Allora accade che, mentre la popolazione del *predatore* decresce, quella della *preda* riprende a crescere.

Le due popolazioni hanno cicli irregolari di crescita e decrescita, in cui i picchi di abbondanza (N) di preda e predatore sono sfasati nel tempo.

Un predatore e una preda (caso concreto)

Un esempio classico riguarda i dati sulla caccia di lepri e linci canadesi tra il 1845 e il 1935 (Elton e Nicholson, 1942). Il numero oscillante nel tempo di esemplari cacciati delle due specie è proporzionale alla dimensione delle popolazioni.



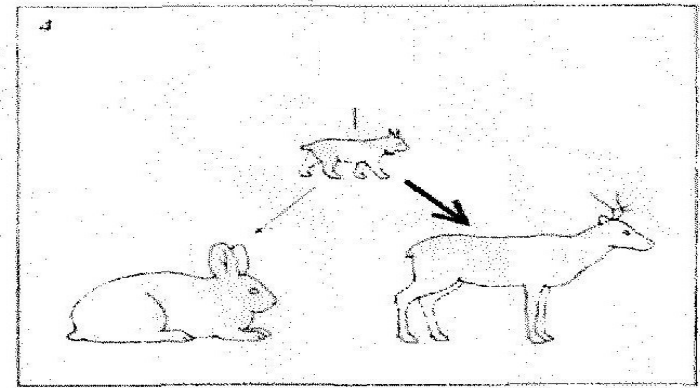
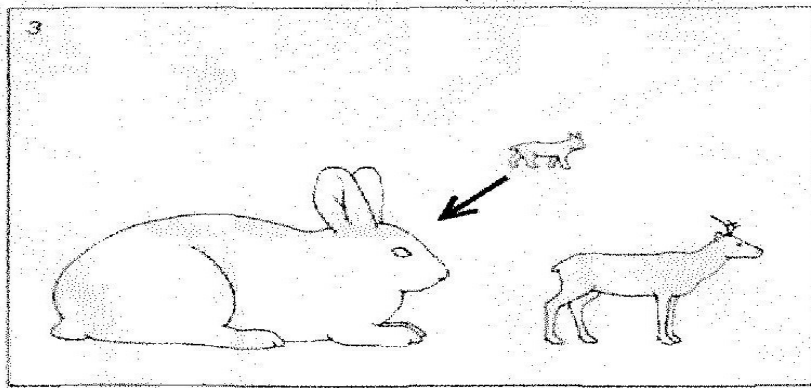
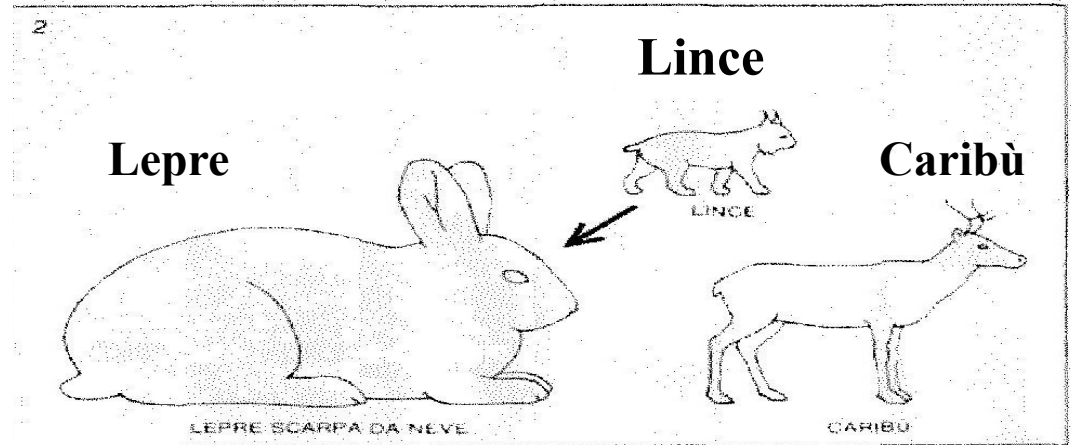


(Wilson e Bossert, 1974)

Come visto, se un *predatore* dipende da una sola *preda*, i cicli di oscillazione delle due popolazioni possono diventare *instabili*.
 Invece, se un predatore ha più prede a disposizione, eventuali oscillazioni nelle popolazioni delle prede tenderanno a *compensare* quelle della popolazione del predatore, che resterà **stabile** nel tempo.

Un predatore (lince) e due prede (lepre e caribù)

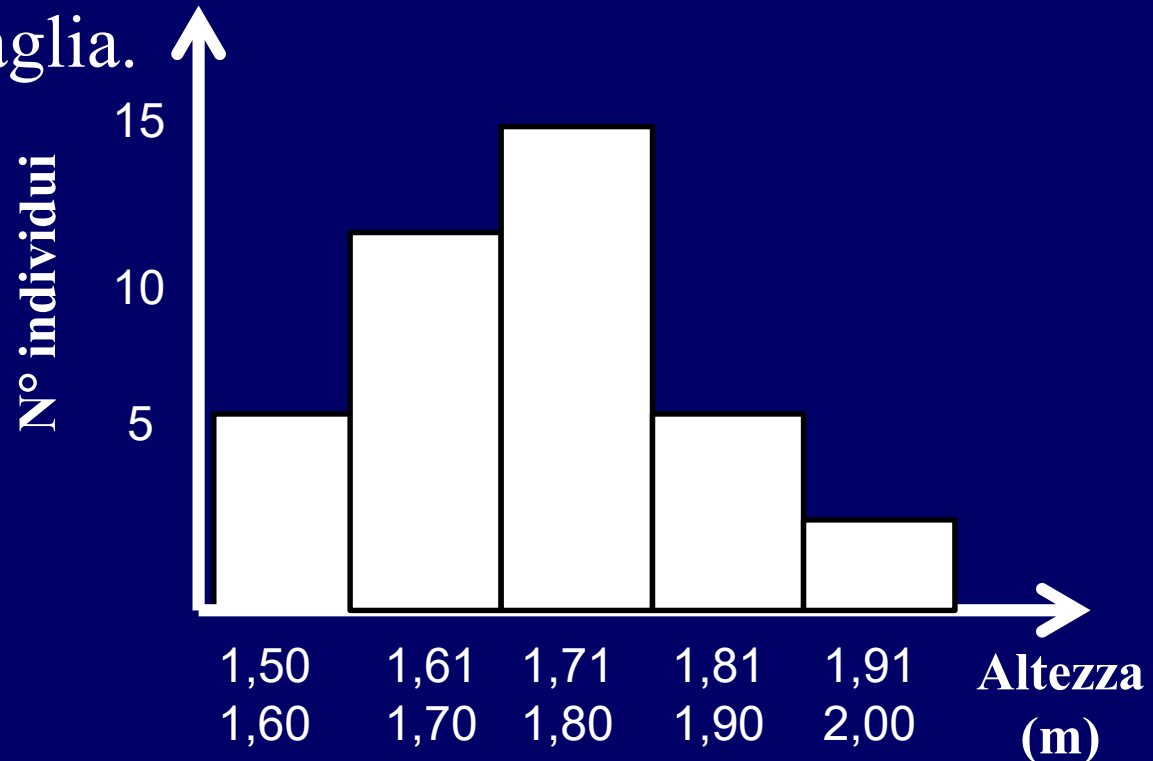
La grandezza degli animali è proporzionale alla dimensione della popolazione.
La lince preda giovani caribù quando diminuiscono i conigli



4 a) STRUTTURA DI TAGLIA

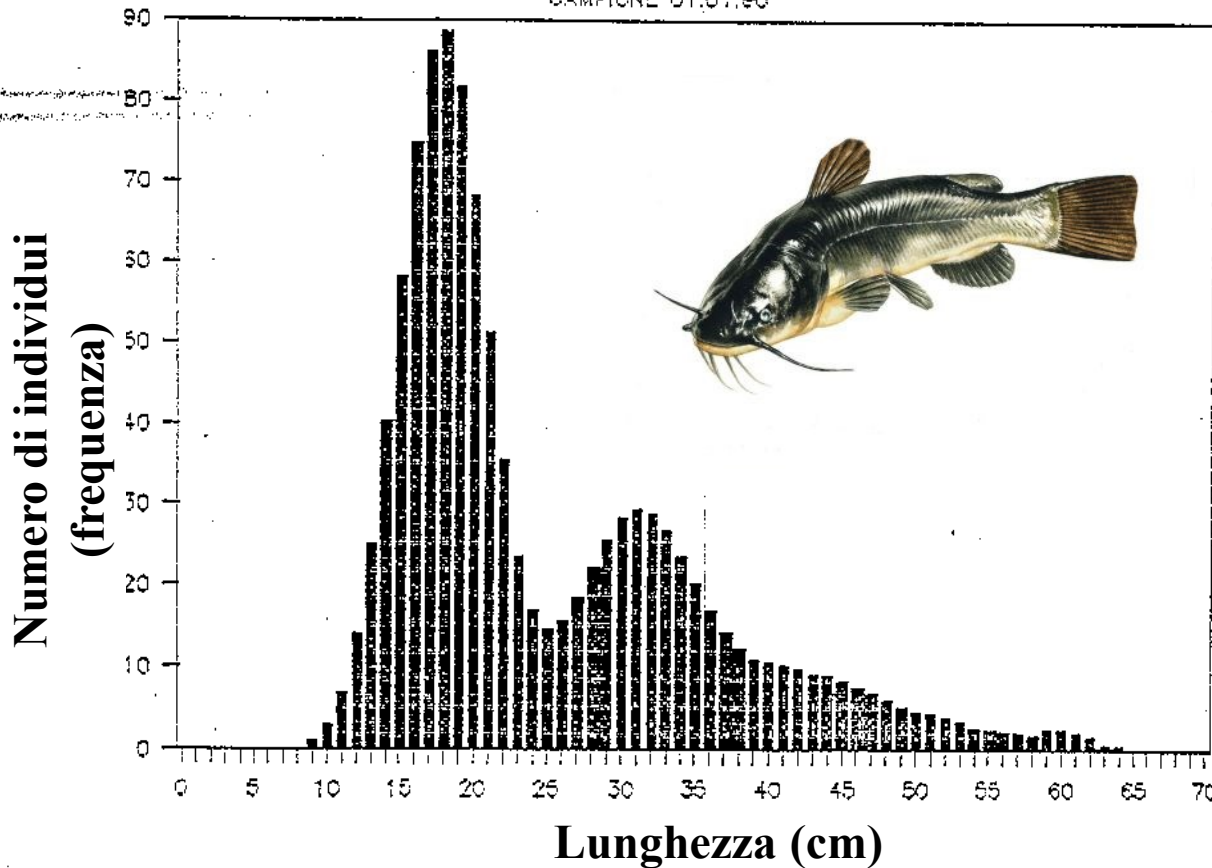
- La **taglia** è la grandezza lineare *non fisiologica* più variabile in una popolazione (lunghezza per i pesci, altezza per gli uomini, altezza al garrese per i quadrupedi ...).
- La struttura si rappresenta con degli istogrammi, ciascuno dei quali indica il numero di individui appartenenti ad una determinata classe di taglia.

Nell'esempio, la struttura di taglia di una popolazione di studenti (alti tra 1,50 e 2 metri) all'interno di un'aula .



PESCE GATTO

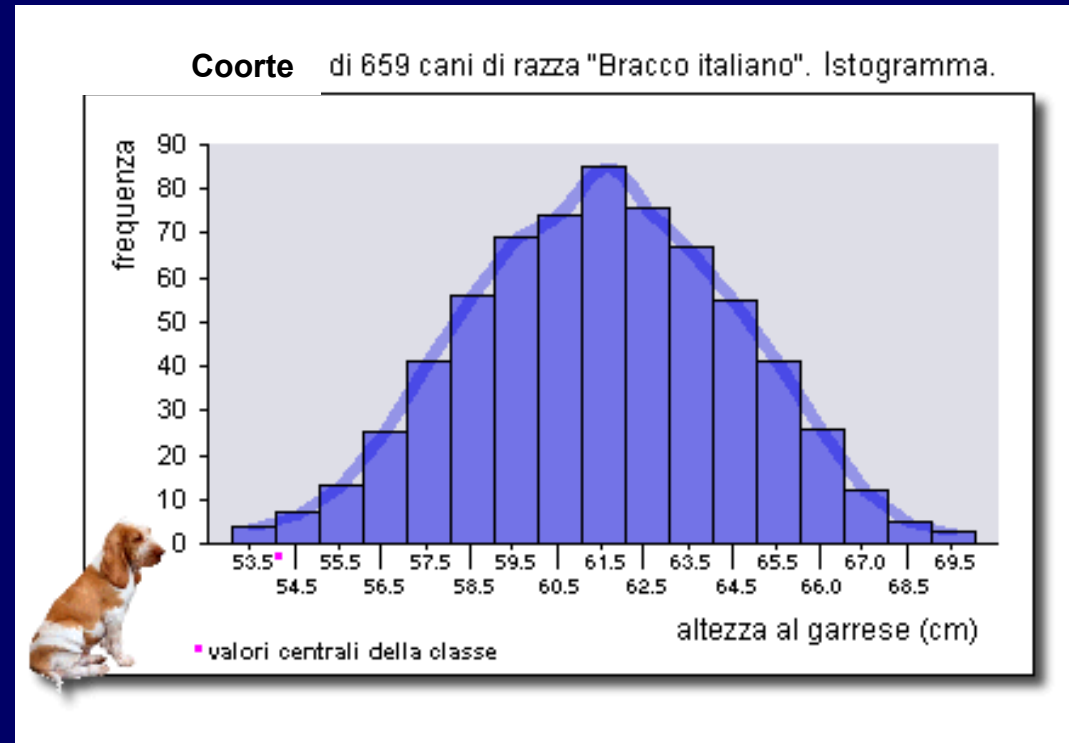
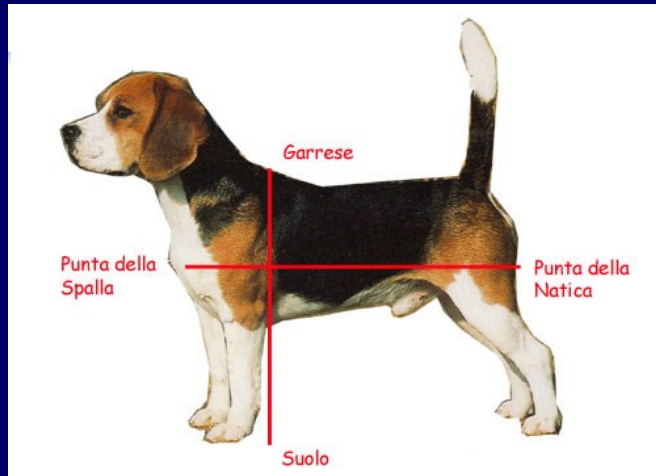
CAMPIONE 01.01.90



Nelle popolazioni naturali, la distribuzione delle frequenze delle classi di taglia è generalmente di tipo *polimodale*, per la presenza di più distribuzioni *gaussiane* adiacenti (ciascuna col suo «picco» di frequenza).

COORTE

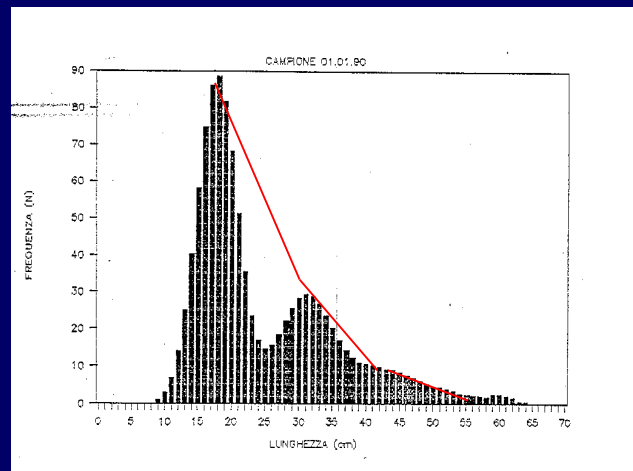
Ogni *gaussiana* corrisponde ad una coorte: insieme degli individui nati in uno stesso evento riproduttivo e, quindi, aventi la stessa età.



Gli individui di una **coorte** hanno la stessa età ma non hanno la stessa taglia: vi sarà una classe di taglia più frequente (classe *modale*) e classi di taglia meno frequenti, secondo una distribuzione simmetrica (*gaussiana*).

In una struttura polimodale:

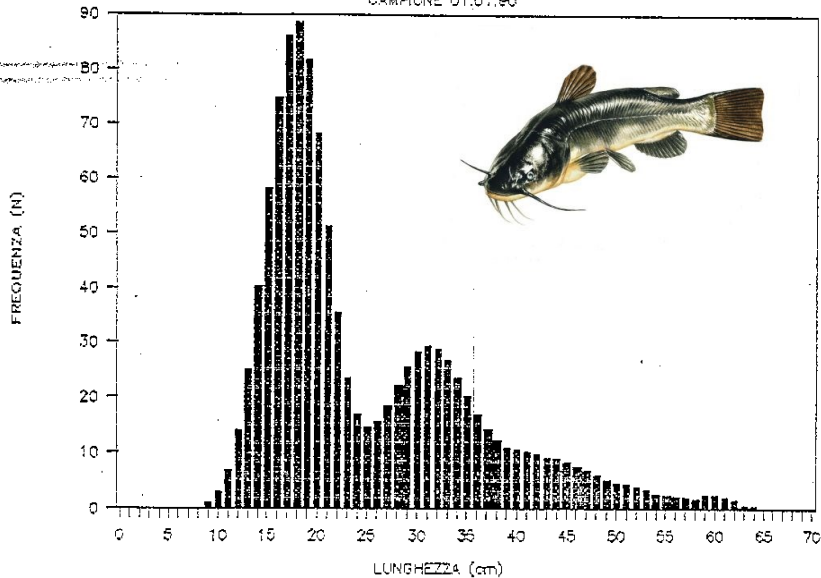
- le classi modali delle diverse gaussiane decrescono con l'aumentare della taglia (e quindi dell'età) per la mortalità che si verifica tra gli individui durante la loro crescita;
- le gaussiane tendono a sovrapporsi con l'aumentare della taglia perché il tasso di crescita diminuisce (cfr. *scaling*).



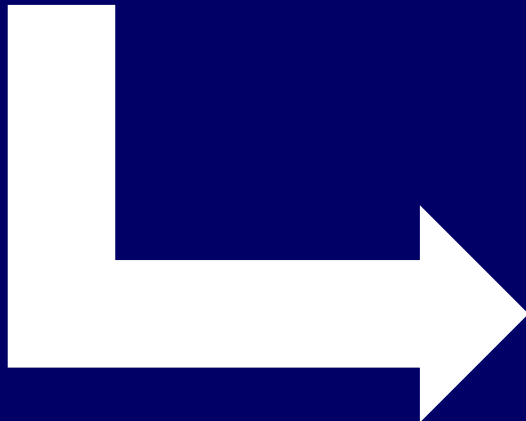
Per risolvere la sovrapposizione delle coorti, stabilendo quindi tra gli individui di una stessa classe di taglia quanti appartengono ad una coorte (più giovani) e quanti alla successiva (più adulti), si usa il metodo di Bhattacharya.

PESCE GATTO

CAMPIONE 01.01.90

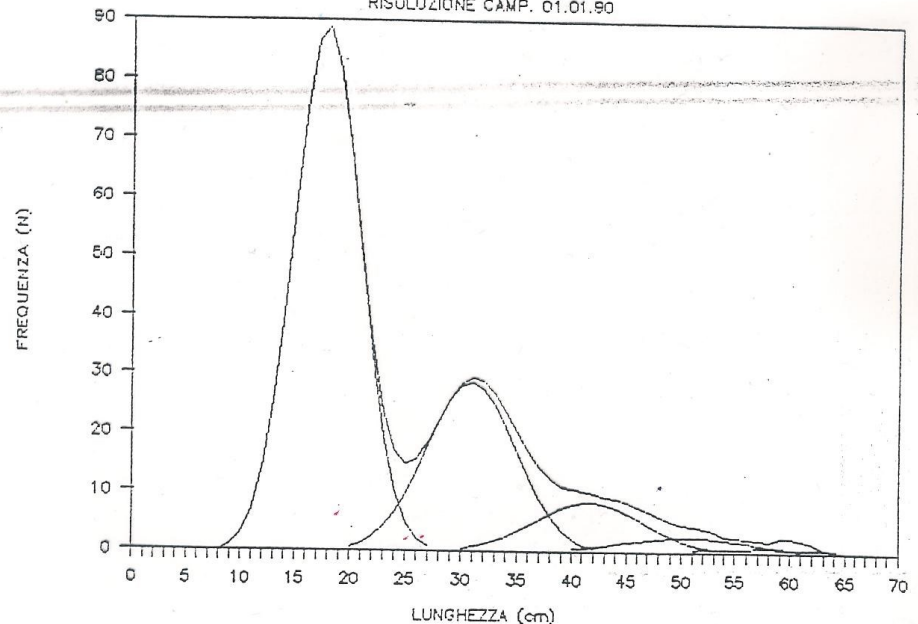


Poiché ad ogni gaussiana corrisponde una coorte, è necessario risolvere la distribuzione polimodale della struttura di taglia per comprendere quante classi di età compongono una popolazione.



PESCE GATTO

RISOLUZIONE CAMP. 01.01.90



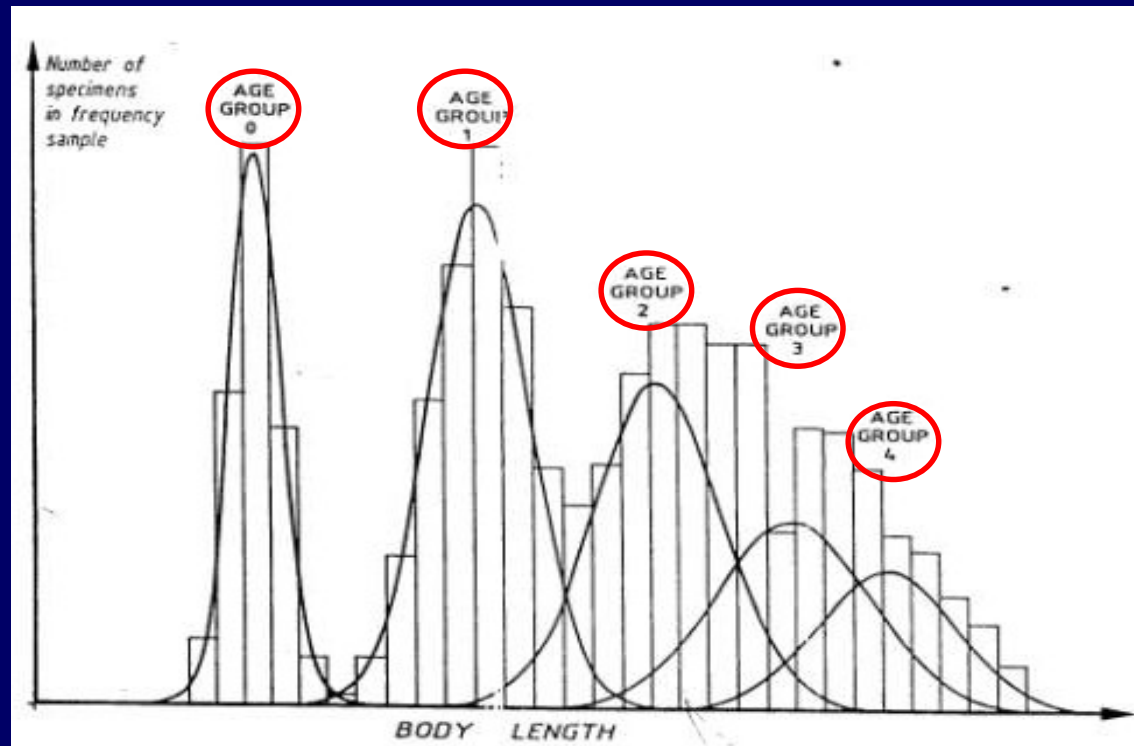
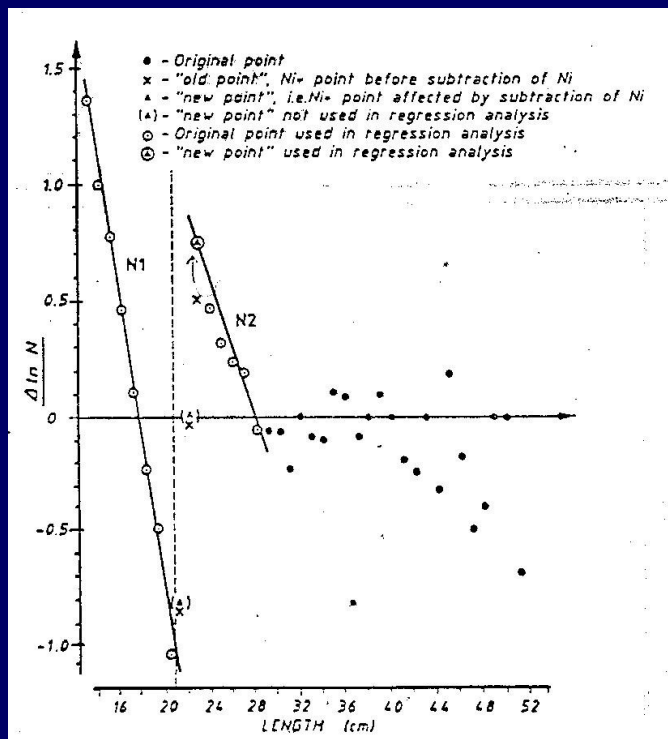
METODO DI BHATTACHARYA

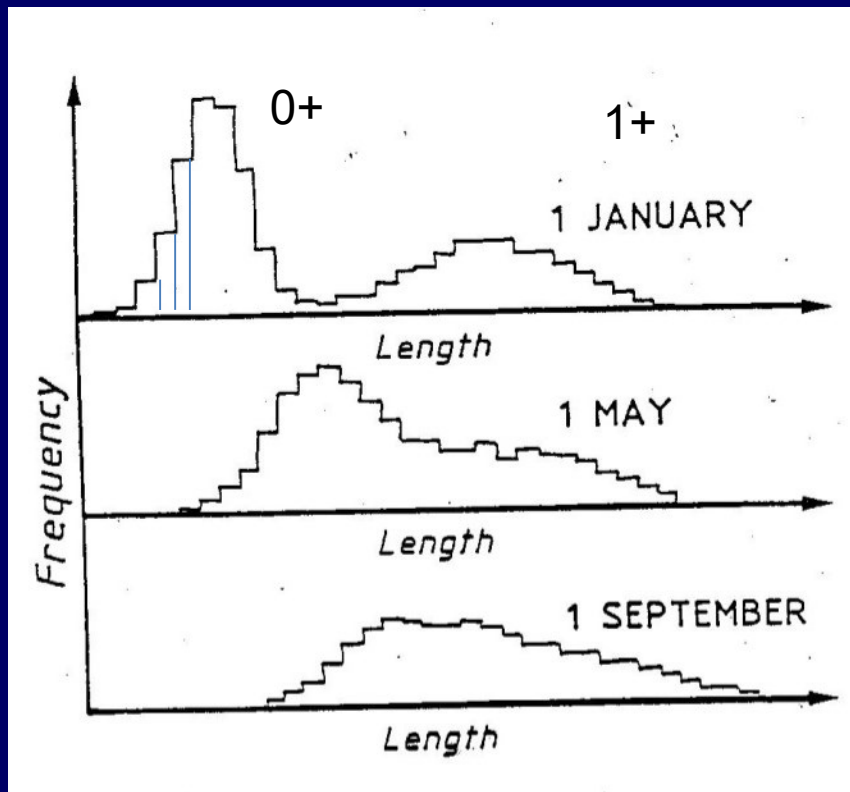
(risoluzione di distribuzioni polimodali)

Consente di separare le diverse distribuzioni *gaussiane* qualora vi sia sovrapposizione di più coorti nello stesso intervallo di taglia.

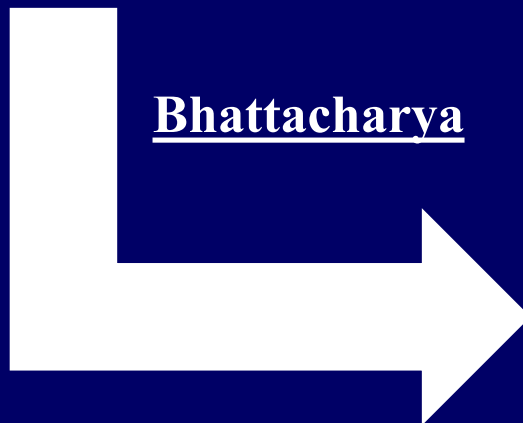
Si basa sul fatto che una distribuzione *gaussiana* può essere trasformata in una linea retta se:

- i valori di frequenza sono sostituiti dai loro logaritmi,
- si calcolano le differenze tra valori logaritmici consecutivi

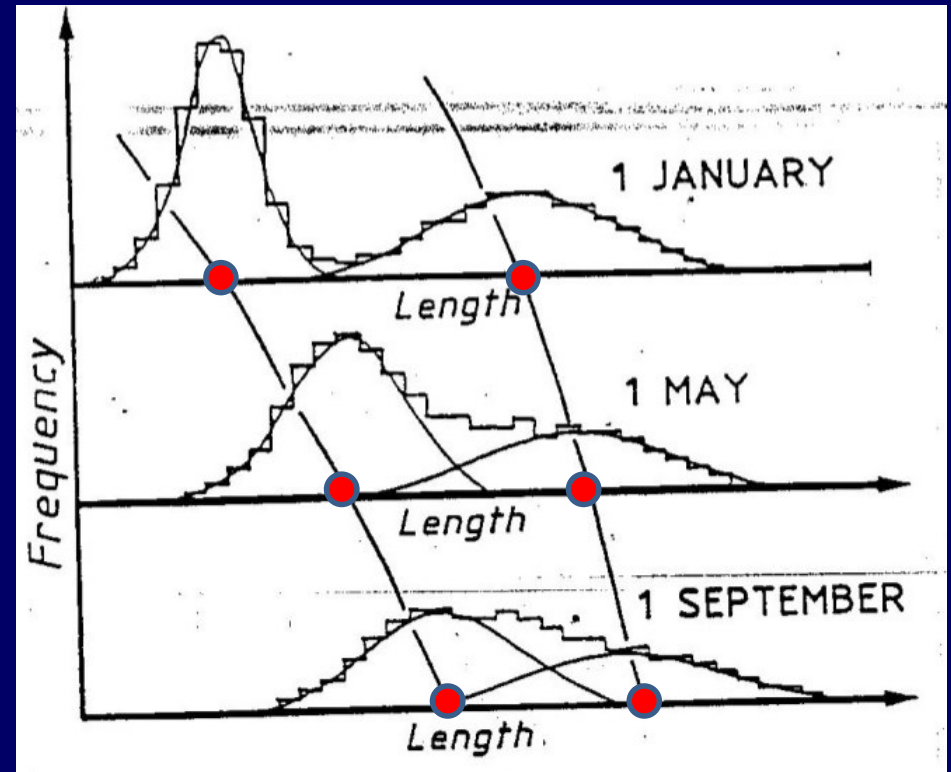




Analisi della progressione delle mode (metodo di Petersen)



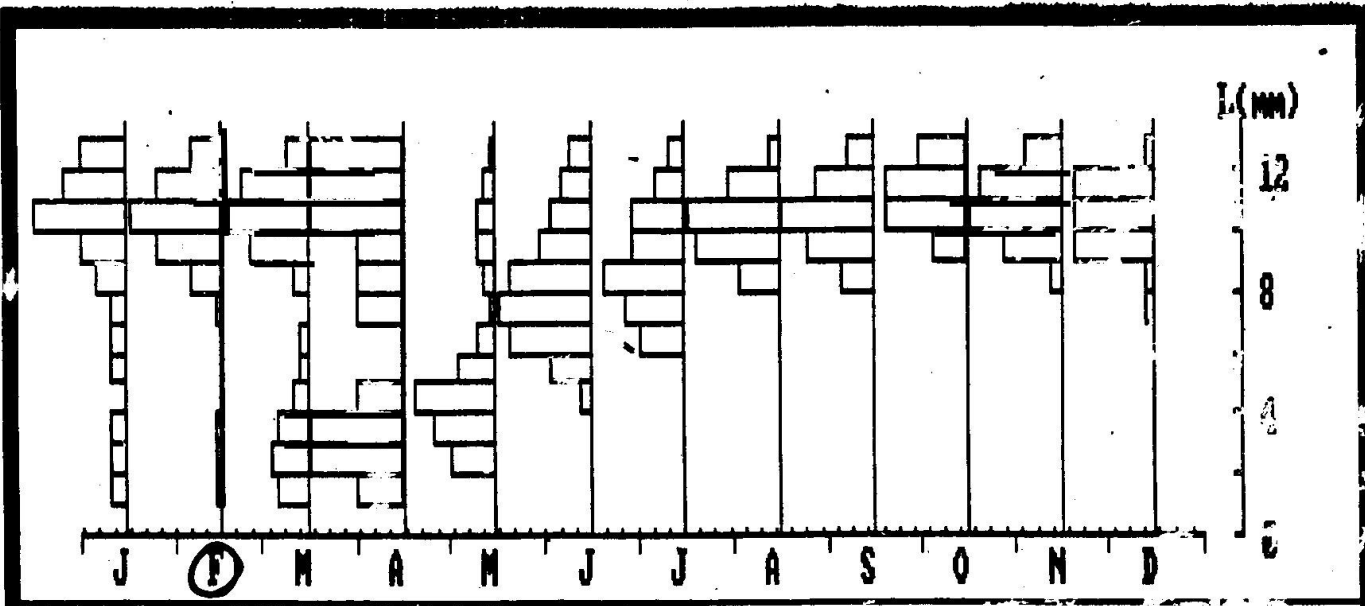
Bhattacharya



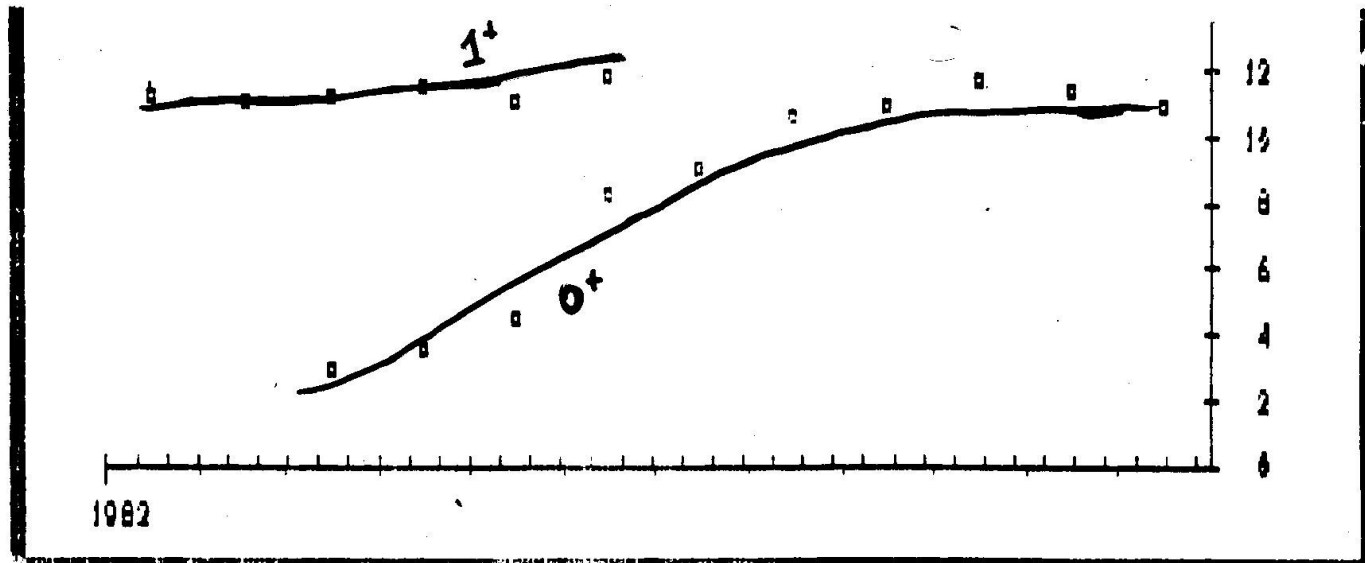
METODO DI PETERSEN

(analisi della progressione delle mode)

- Serve a ricavare le curve di crescita degli individui partendo dalle strutture di taglia della popolazione.
- Presuppone che la distribuzione di frequenza delle taglie di organismi aventi la stessa età (*coorte*) sia di tipo *gaussiano*.
- Ciò consente di attribuire età diversa ai diversi “picchi” di frequenza (valori *modali*) delle classi di taglia presenti in una popolazione.
- Confrontando campioni della stessa popolazione presi in tempi diversi, si può costruire una curva di crescita degli individui facendo una *analisi della progressione delle classi modal*.
- Il metodo si applica a specie con periodi riproduttivi limitati nel tempo (*semelpare* o *iteropare* discontinue) e con tassi di crescita che rallentano poco con l'età, altrimenti le mode delle distribuzioni si confondono per il sovrapporsi di più coorti nello stesso intervallo di taglia. Tuttavia, in genere il tasso di accrescimento individuale rallenta con l'età (crescita *indeterminata*) o si azzerava (crescita *determinata*).



Species name ▶ *Jujubinus exasperatus* (height 10-15 m)



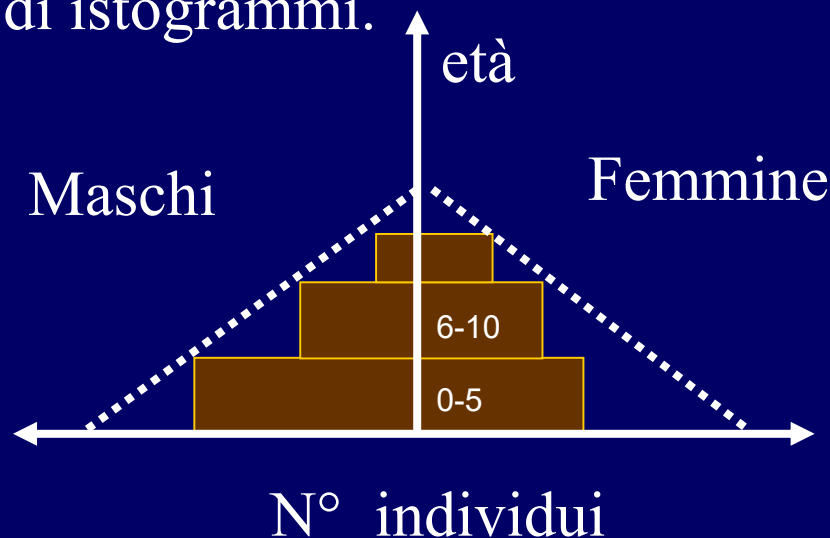
Jujubinus exasperatus

4 b) STRUTTURA DI ETÀ'

Per rappresentare una struttura di età, sull'asse delle ascisse (x) si riporta il numero di individui; invece, sull'asse delle ordinate (y) gli intervalli (o *classi*) di età (nel grafico sono rappresentate 3 classi di età).

A differenza delle strutture di taglia, si ottengono pertanto istogrammi orizzontali.

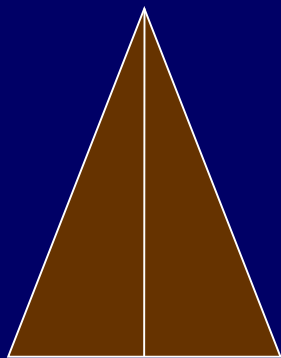
Inoltre, gli istogrammi relativi alla popolazione maschile e a quella femminile si rappresentano separatamente, sui lati opposti dell'asse delle ordinate (a sinistra e a destra nel grafico), il quale quindi si trova tra le due serie di istogrammi.



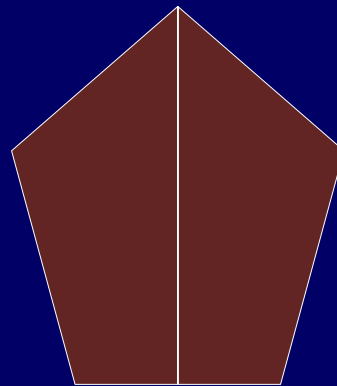
La struttura di età del grafico precedente ha una *forma triangolare* poiché la classe di età più giovane (alla base) ha più individui della successiva, che a sua volta ha più individui della successiva.

Tuttavia, la struttura di età può avere *forme diverse* e ciò determina il tipo di dinamica della popolazione:

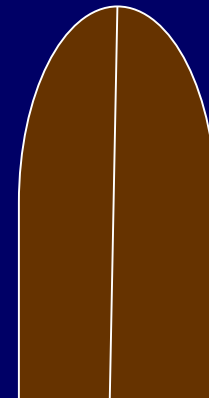
- Se la struttura ha forma *triangolare*, la popolazione è in crescita
- Se la struttura ha forma *pentagonale*, la popolazione è in decrescita
- Se ha forma simile a un *proiettile*, la popolazione è stabile



in crescita



in decrescita



stabile

ITALIA

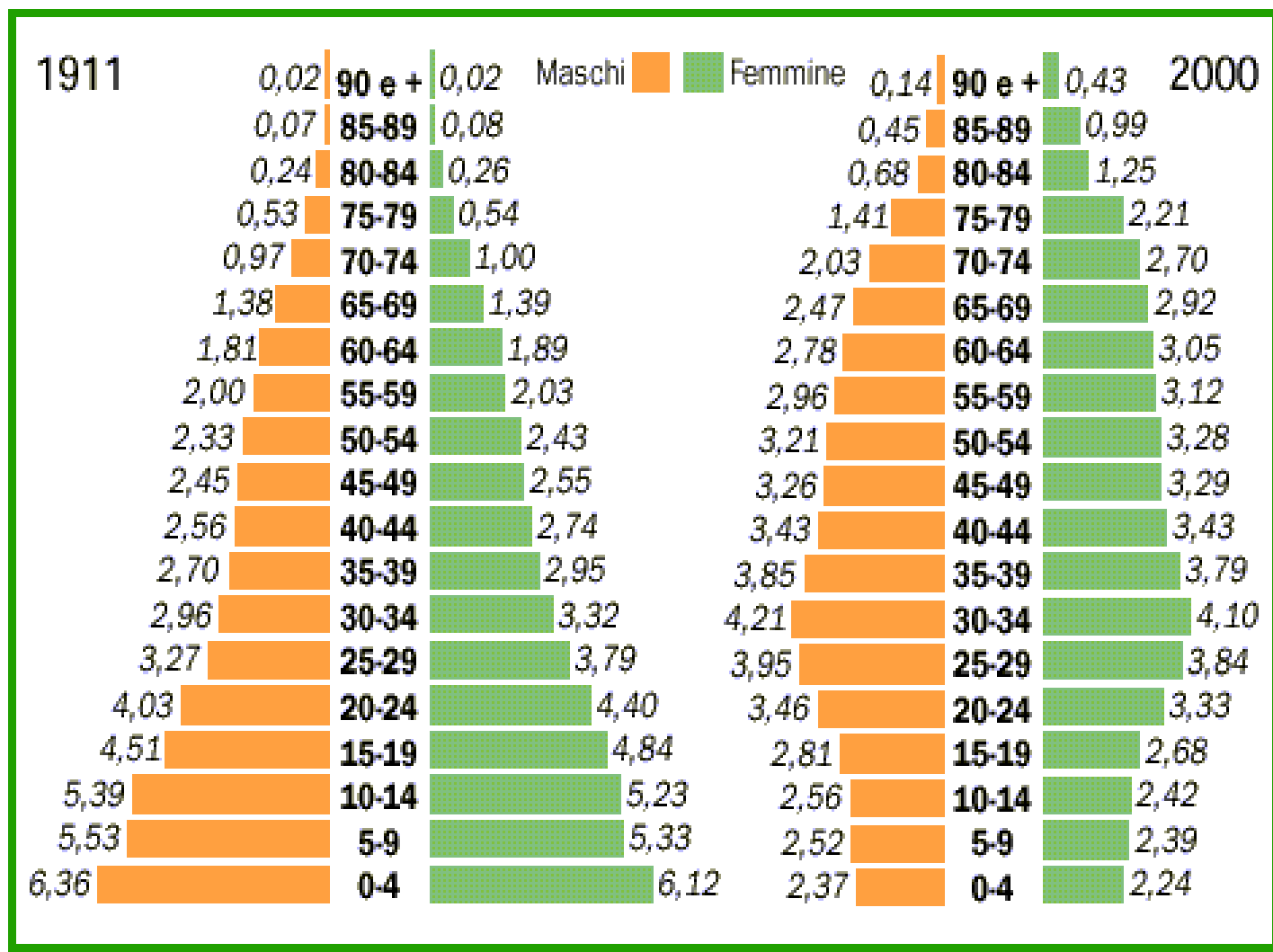
Strutture di età diverse tra inizio e fine del XX secolo.

Nel 1911 la struttura ha forma triangolare.

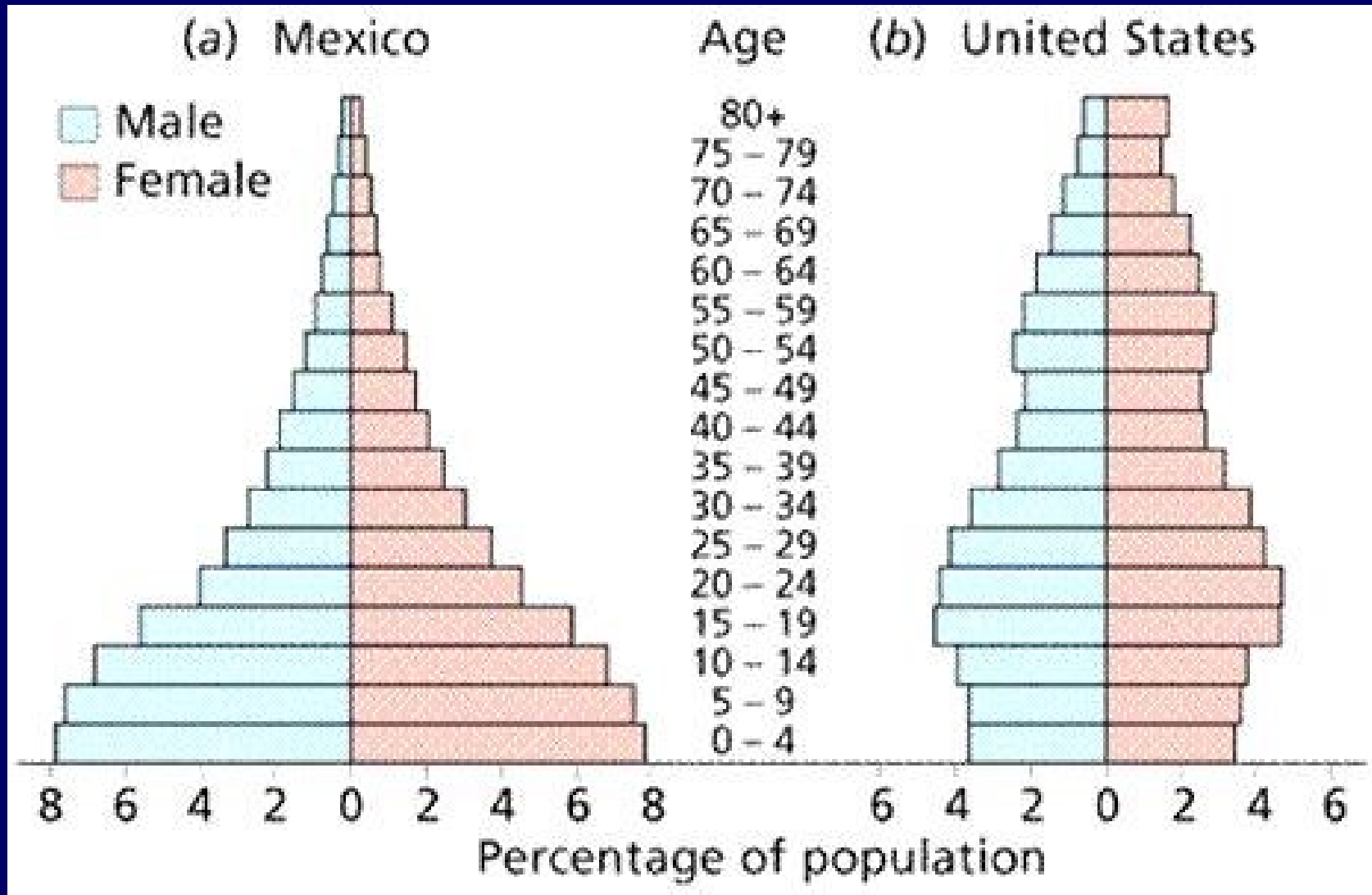
Nel 2000 ha forma pentagonale

POPOLAZIONE RESIDENTE PER SESSO E CLASSE DI ETÀ'

10 giugno 1911 e 1 gennaio 2000, composizioni percentuali



Confronto tra strutture di età di un paese in via di sviluppo (Messico) e un paese sviluppato (Stati Uniti)





DEMOGRAFIA

DOMANDE

Lo studio demografico di una specie consente di rispondere ad una serie di quesiti:

- Quanto *dura* la vita di una specie ?
- A quale età *inizia* la riproduzione ? (α)
- A quale età *termina* la riproduzione ? (ω)
- Quante volte *avviene* la riproduzione ? (*semel./itero.*)
- Quanta prole riproduttiva viene prodotta? (R_0)

PARAMETRI DEMOGRAFICI

x , Età

m_x , Maternità

Numero medio di femmine prodotte da una femmina di età x .

l_x , Sopravvivenza dalla nascita (età specifica)

Percentuale d'individui che sopravvivono dalla nascita fino all'età x

s_x , Sopravvivenza (per intervallo di età)

Percentuale di individui che sopravvivono dall'età x all'età $x+1$.

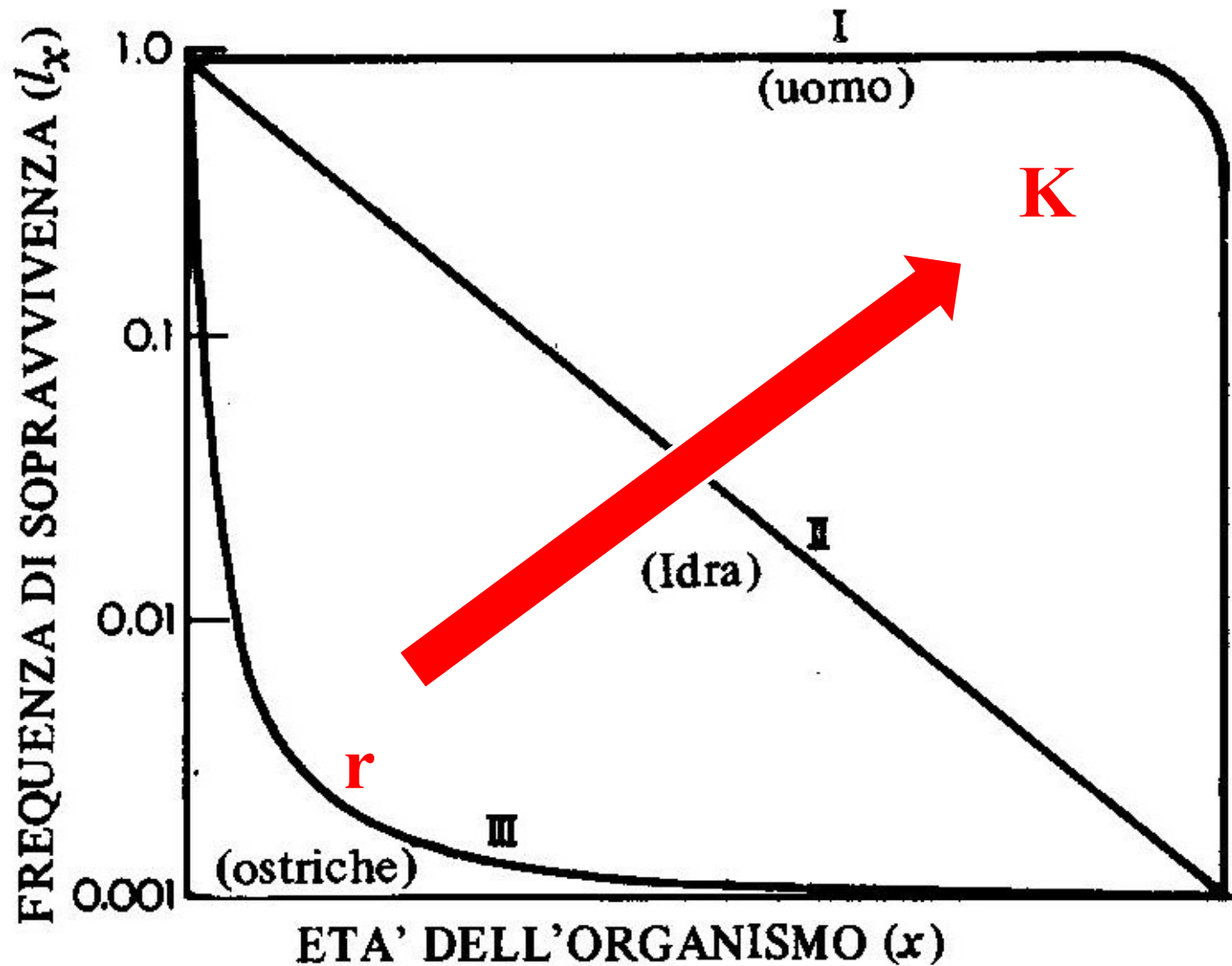
$$(l_0 = 1 ; l_1 = s_0 ; l_2 = s_0 \cdot s_1 ; l_3 = s_0 \cdot s_1 \cdot s_2)$$

d_x , Mortalità

Percentuale di individui che muoiono dall'età x all'età $x+1$.

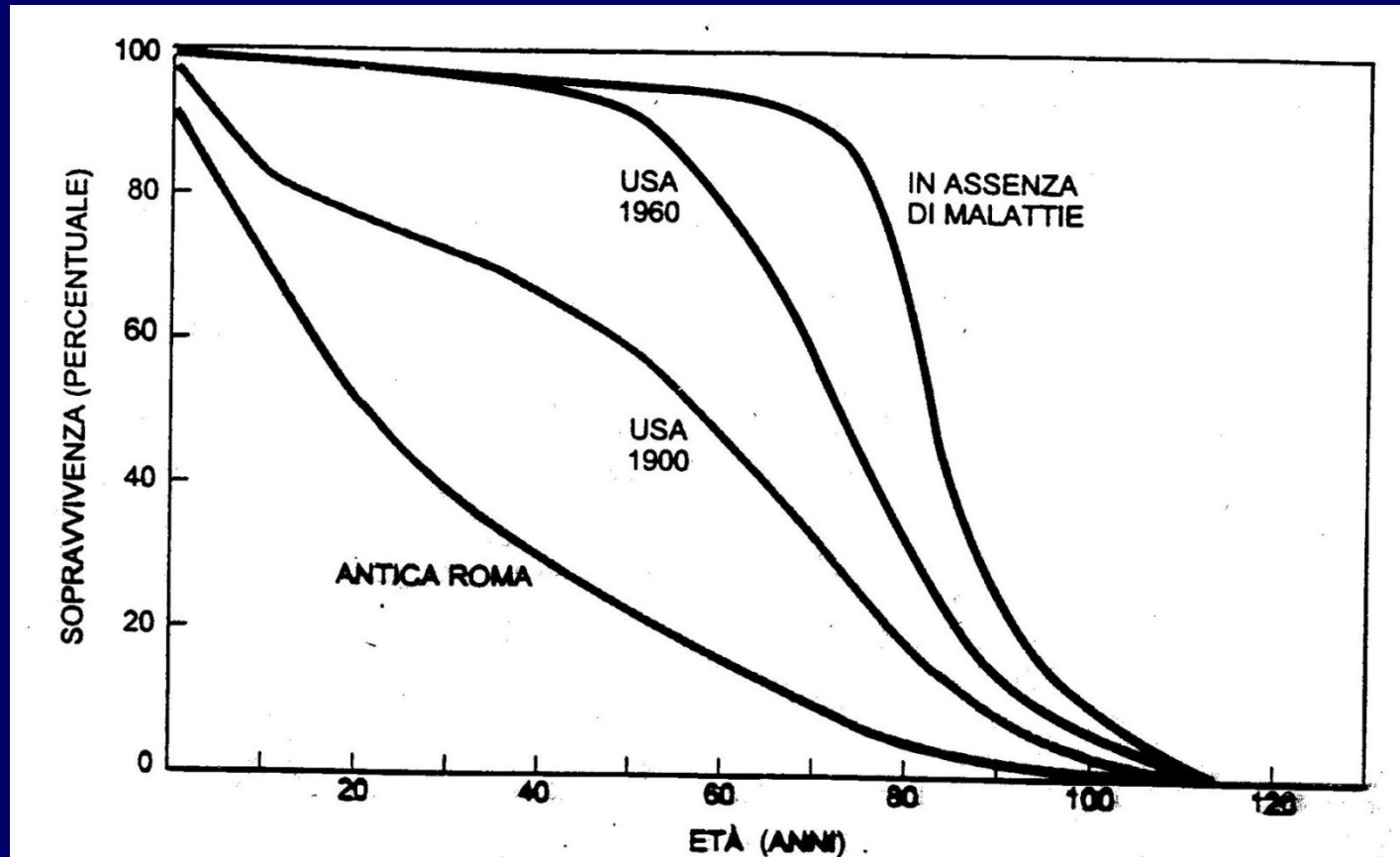
$$(d_x = 1 - s_x)$$

Curve di sopravvivenza



La curva di sopravvivenza di una specie può variare sia nel tempo, sia a seconda degli ecosistemi in cui vive.

Prof. Giovanni Fulvio Russo
Università Parthenope, Napoli



La vita media dell'uomo è aumentata nel corso dei secoli grazie al miglioramento delle condizioni economiche. Nell'antica Roma la vita media era di 22 anni; nei paesi occidentali intorno al 1900 era di 50, mentre attualmente negli Stati Uniti si aggira sui 75 anni. Tuttavia le curve di sopravvivenza si arrestano tutte in corrispondenza dello stesso valore. Anche se si scoprisse la cura per ogni malattia (curve in rosso), probabilmente il nostro corpo si deteriorerebbe a circa 115 anni.

FITNESS

Numero medio di femmine prodotte da una femmina durante tutta la sua vita, *che raggiungono l'età riproduttiva*.

R_0 , Tasso netto di riproduzione

Numero medio di femmine prodotte da una femmina durante tutta la sua vita riproduttiva.

$$R_0 = \sum_{x=a}^{\omega} l_x m_x$$

TAVOLE DEMOGRAFICHE
(di vita, di natalità, di mortalità, di sopravvivenza)



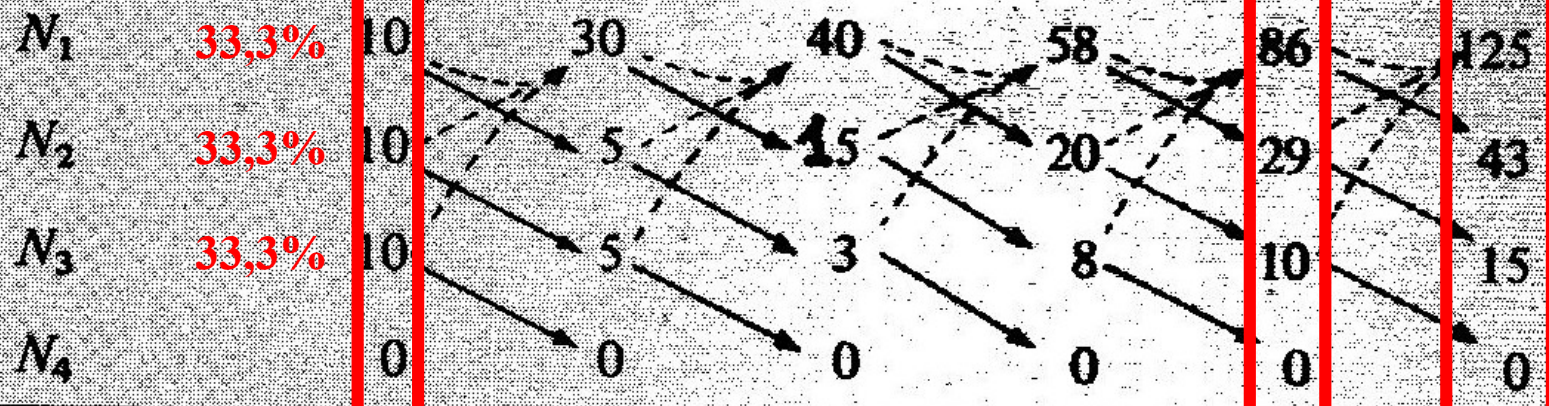
TAVOLA DEMOGRAFICA

	Età 1	Età 2	Età 3	Età 4
l_x	1	0,5	0,25	0
m_x	1	1	1	0

DISTRIBUZIONE DI ETA' INIZIALE ARBITRARIA CON DIECI INDIVIDUI IN CIASCUNA CLASSE DI ETA'

Numero di femmine
 nelle diverse
 classi d'età

Primo *Secondo* *Terzo* *Quarto* *Quinto* *Sesto*
 anno anno anno anno anno anno



68%

24%

8%

N totale per anno 30 40 58 86 125 183

Qualsiasi popolazione, in un ambiente costante (non produce cambiamento nei parametri demografici), tenderà nel tempo ad assumere una distribuzione delle età stabile, indipendentemente dal fatto che la sua dimensione sia in aumento, in diminuzione o stazionaria.

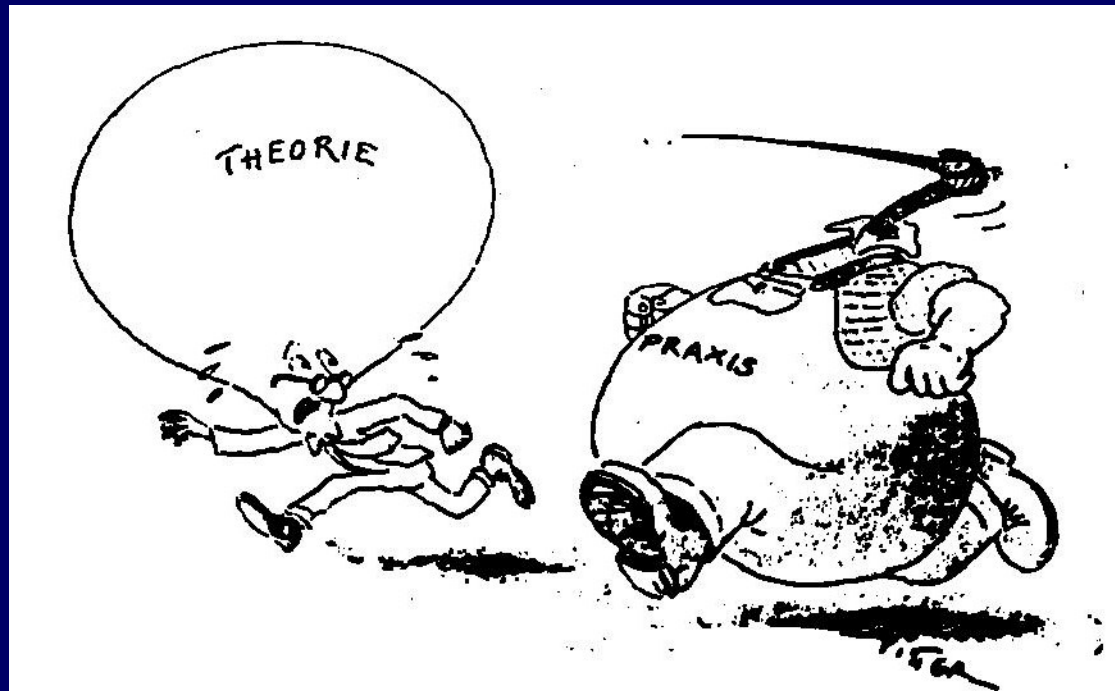
Esercizio: calcolare dopo quanto tempo una popolazione in possesso dei seguenti parametri demografici raggiunge una distribuzione delle età stabile:

	Primo anno
N_1	0
N_2	10
N_3	20
N_4	0

	Età 1	Età 2	Età 3	Età 4
l_x	1	0,2	0,1	0
m_x	0	10	10	0

ASCOLTO E DIMENTICO, VEDO E RICORDO, FACCIO E CAPISCO

(proverbio cinese)



Soluzione: dopo 11 anni

	Età 1	Età 2	Età 3	Età 4
l_x	1	0,2	0,1	0
m_x	0	10	10	0

Anni

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N_1	0	300	50	600	400	1.250	1.400	2.900	4.050	7.200	11.000	18.450
N_2	10	0	60	10	120	80	250	280	580	810	1.440	2.200
N_3	20	5	0	30	5	60	40	125	140	290	405	720
Totale	30	305	110	640	525	1.390	1.690	3.305	4.770	8.300	12.845	21.370
Propor- zione di N_1	0	0,98	0,45	0,94	0,76	0,89	0,83	0,88	0,85	0,87	0,86	0,86

LIVELLO	STRUTTURA	FUNZIONE	ATTRIBUTI
ORGANISMO	Biometria	Fisiologia	Riproduzione
	Biomassa	Comportamento individuale	Sviluppo
			Crescita
POPOLAZIONE	Densità	Biologia riproduttiva	Taglia, Età
	Demografia	Comportamento sociale	Natalità, Mortalità
COMUNITÀ	N° specie	Predazione	Dominanza
	N° individui	Competizione	Equitabilità
		Mutualismo	Connessione
ECOSISTEMA	Livelli trofici	Flussi di energia	Produzione
			Respirazione

