



Dottorato di ricerca in Biologia ed Ecologia  
Università degli Studi di Perugia



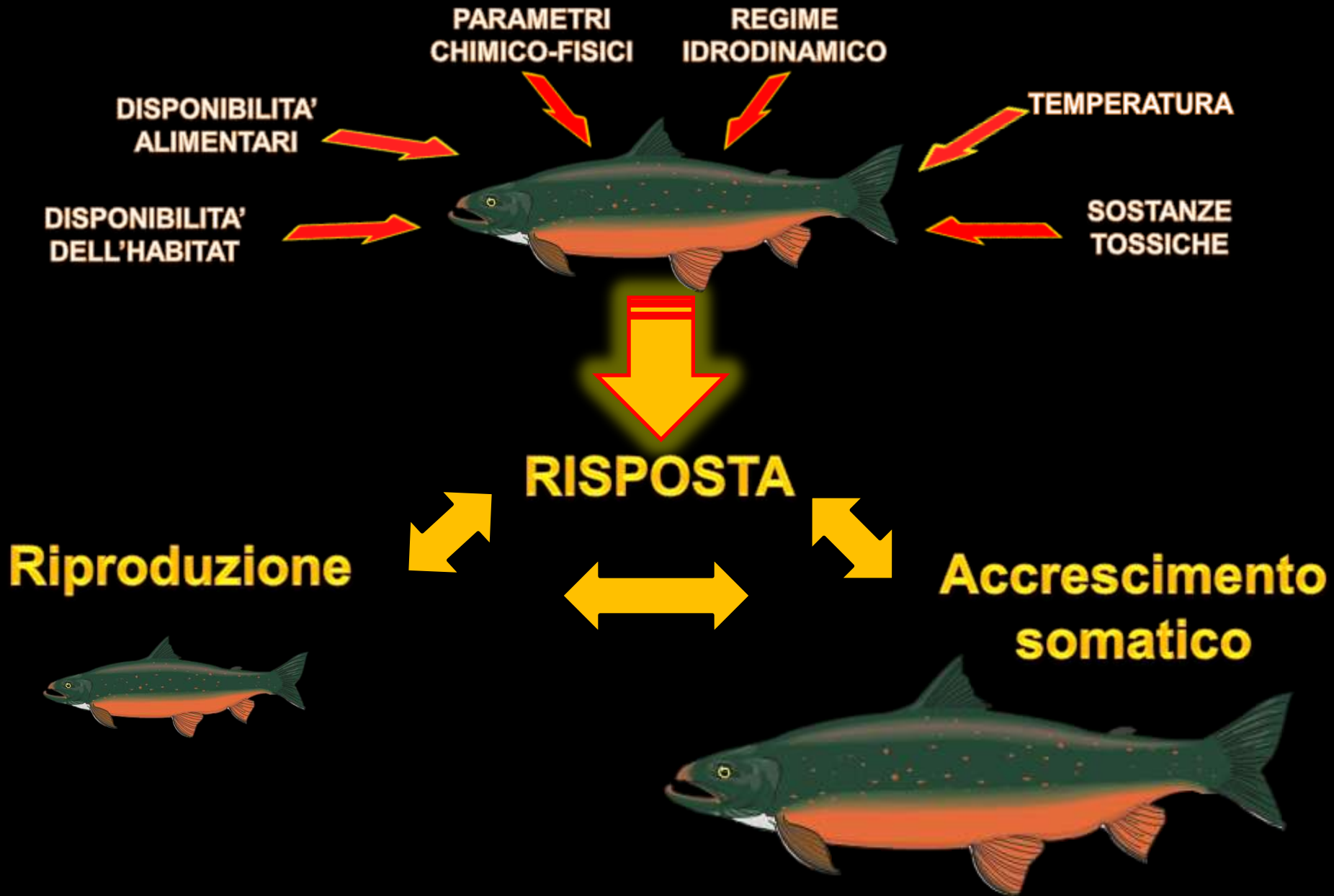
# Indici di struttura ed accrescimento standard per le principali specie ittiche autoctone nel bacino del Fiume Tevere



**DOTTORANDO**  
Giovanni Pedicillo

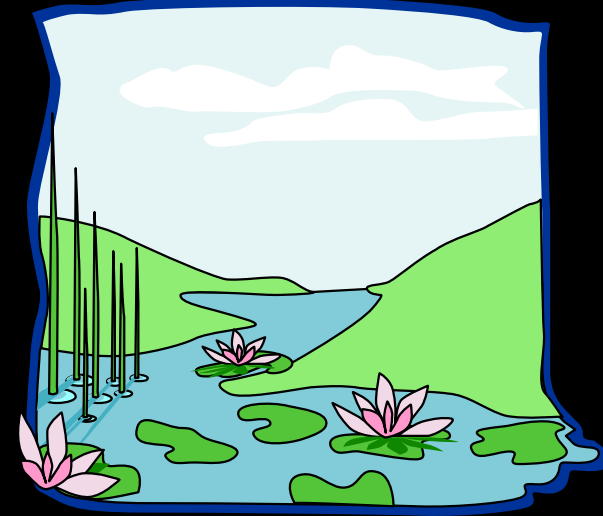
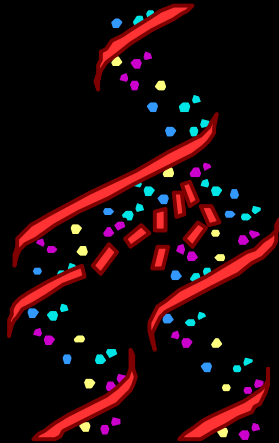
**TUTORE**  
Massimo Lorenzoni

# ACCRESCIMENTO






# ACCRESCIAMENTO

LA VERIFICA DI UN BUON ACCRESCIAMENTO FORNISCE UNA VALUTAZIONE INTEGRATA DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI E FATTORI ENDOGENI (ES: FATTORI GENETICI) CHE AGISCONO SUI PESCI



## Utile metrica

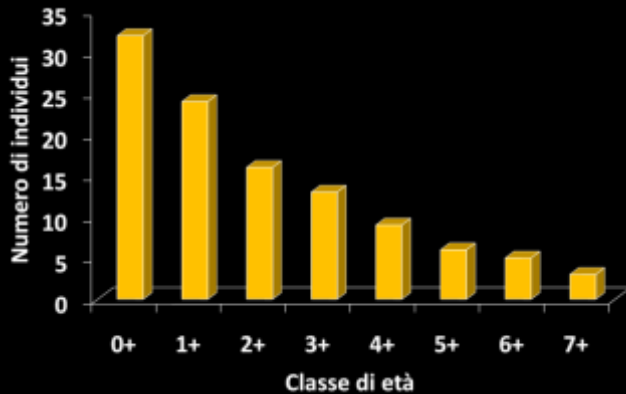
-  per valutare la disponibilità di alimento e l'adeguatezza dell'habitat che si dimostra così adatto al mantenimento di una determinata specie;
-  fornire indicazioni di natura gestionale (taglia minima di cattura, tipologia degli attrezzi di pesca consentiti,...);
-  verifica degli interventi gestionali adottati;

# STRUTTURA DI POPOLAZIONE

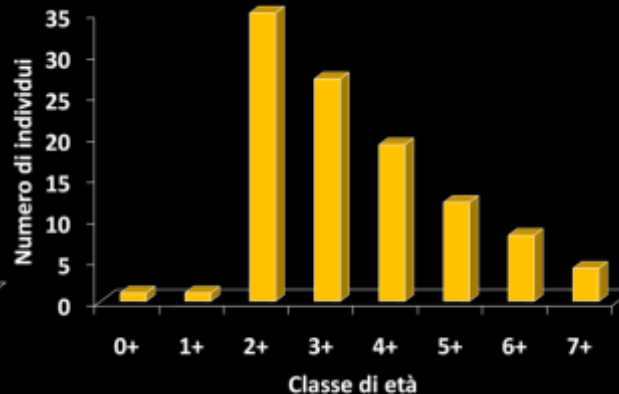
## FREQUENZE DEGLI INDIVIDUI DI UNA POPOLAZIONE RIPARTITI NELLE DIVERSE CLASSI DI LUNGHEZZA O DI ETÀ

dipende da:

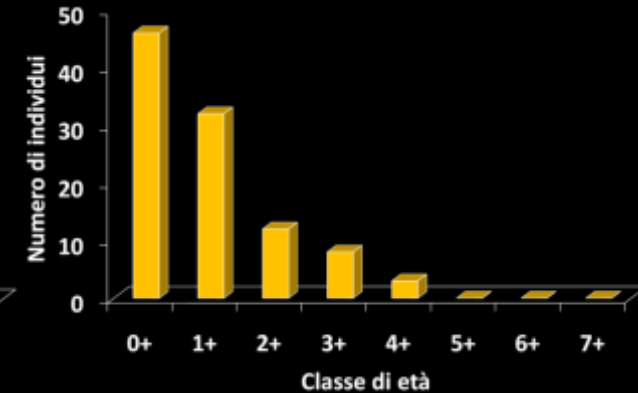
- 🐟 Cicli riproduttivi e vitali
- 🐟 Influenze dell'ambiente
- 🐟 Rapporti preda-predatori
- 🐟 Prelievi e ripopolamenti



Situazione ottimale

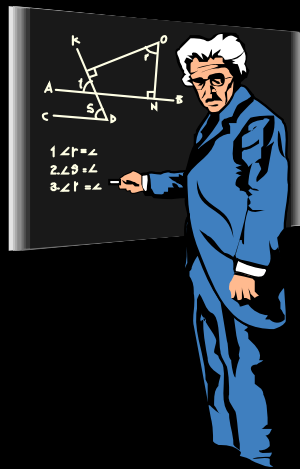


Situazione non idonea per gli individui più giovani







Situazione non idonea per gli individui più anziani

**Il confronto tra popolazioni ittiche diverse permette di valutare il grado di adattamento di una determinata specie a condizioni ambientali differenti e l'efficacia degli interventi gestionali**



## **METODI STANDARDIZZATI PER CONFRONTARE LE CARATTERISTICHE DI POPOLAZIONI ITTICHE DIFFERENTI**

-  **struttura per taglia**
-  **accrescimento**
-  **condizione corporea**
-  **...**

# OBIETTIVI

**SVILUPPARE DEI MODELLI STANDARD DI RIFERIMENTO PER VALUTARE L'ACCRESIMENTO E LA STRUTTURA DI POPOLAZIONE DELLE PRINCIPALI SPECIE ITTICHE AUTOCTONE IN ITALIA CENTRALE:**

➤ ***Salmo (trutta) trutta* Linnaeus, 1758**



➤ ***Barbus tyberinus* Bonaparte, 1839**



➤ ***Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758)**



➤ ***Rutilus rubilio* (Bonaparte, 1837)**



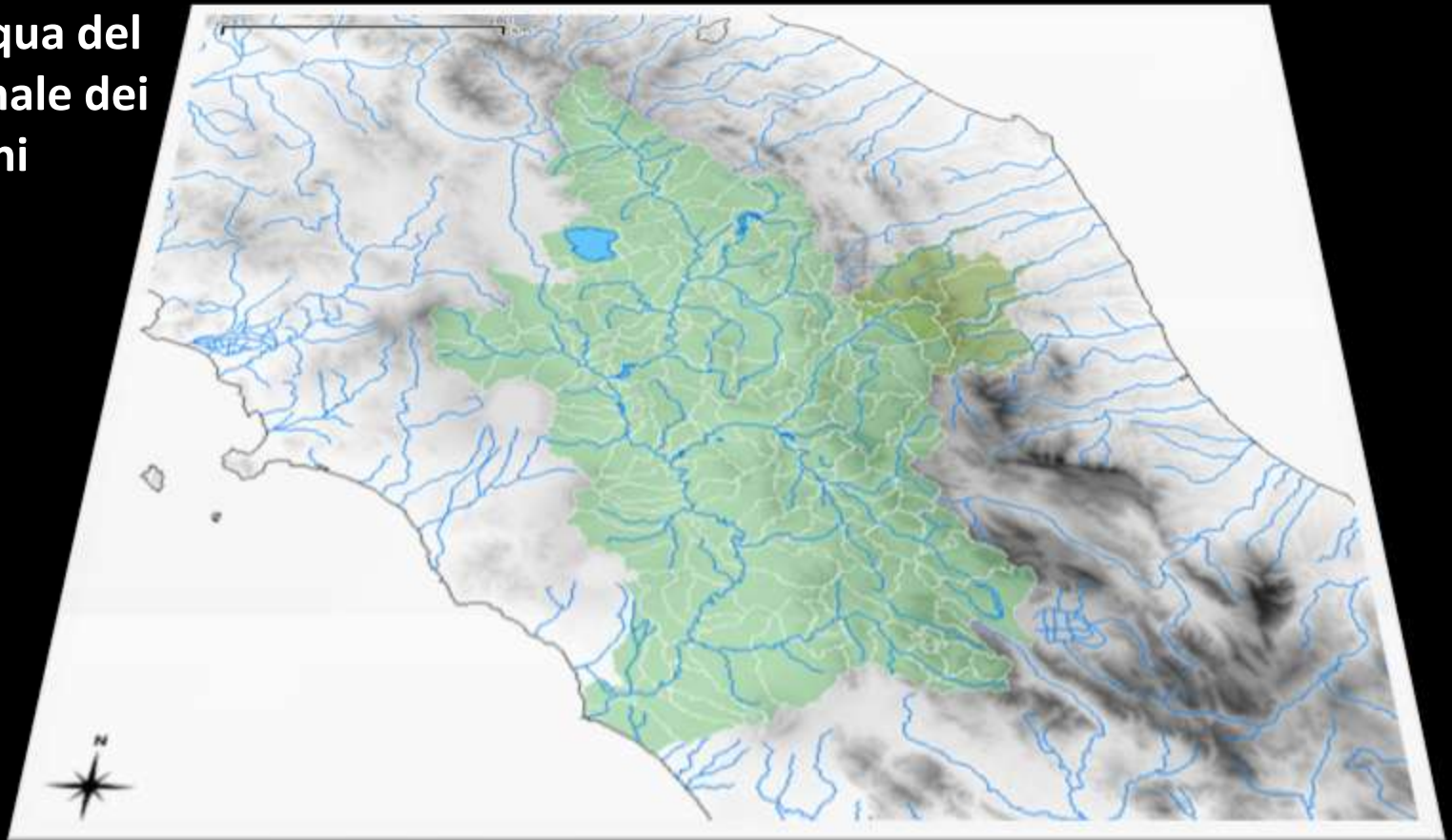
➤ ***Telestes muticellus* (Bonaparte, 1837)**



# AREA DI STUDIO

❖ corpi idrici del bacino  
del fiume Tevere

❖ corsi d'acqua del  
Parco Nazionale dei  
Monti Sibillini



**99 corsi d'acqua**  
**2 laghi naturali**  
**5 invasi**

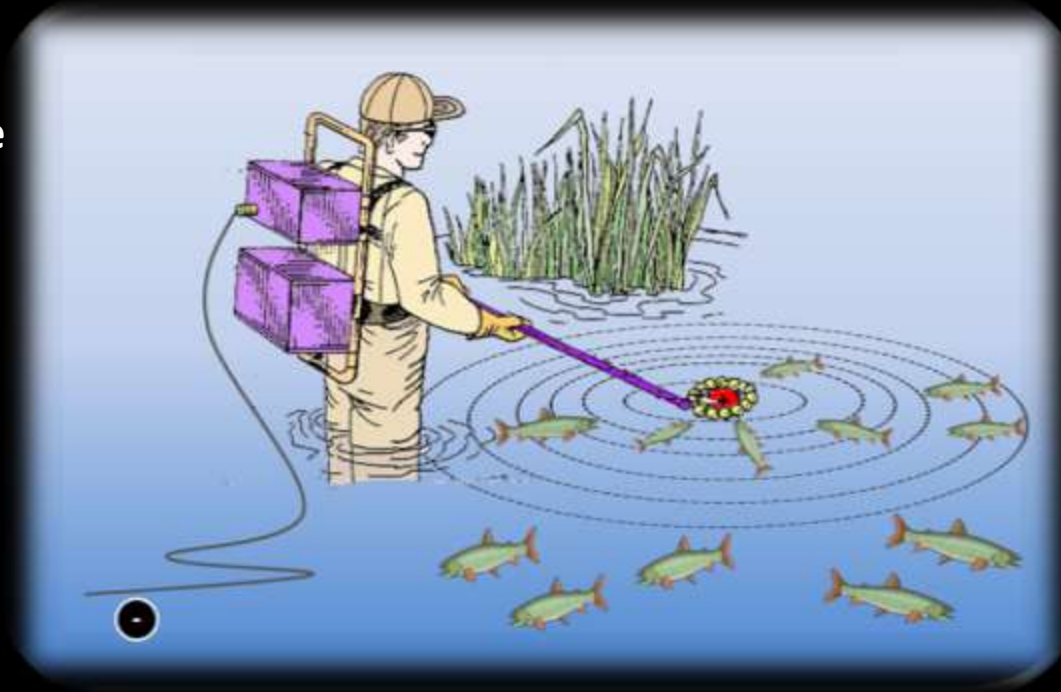
Le catture sono state effettuate mediante  
pesca elettrica



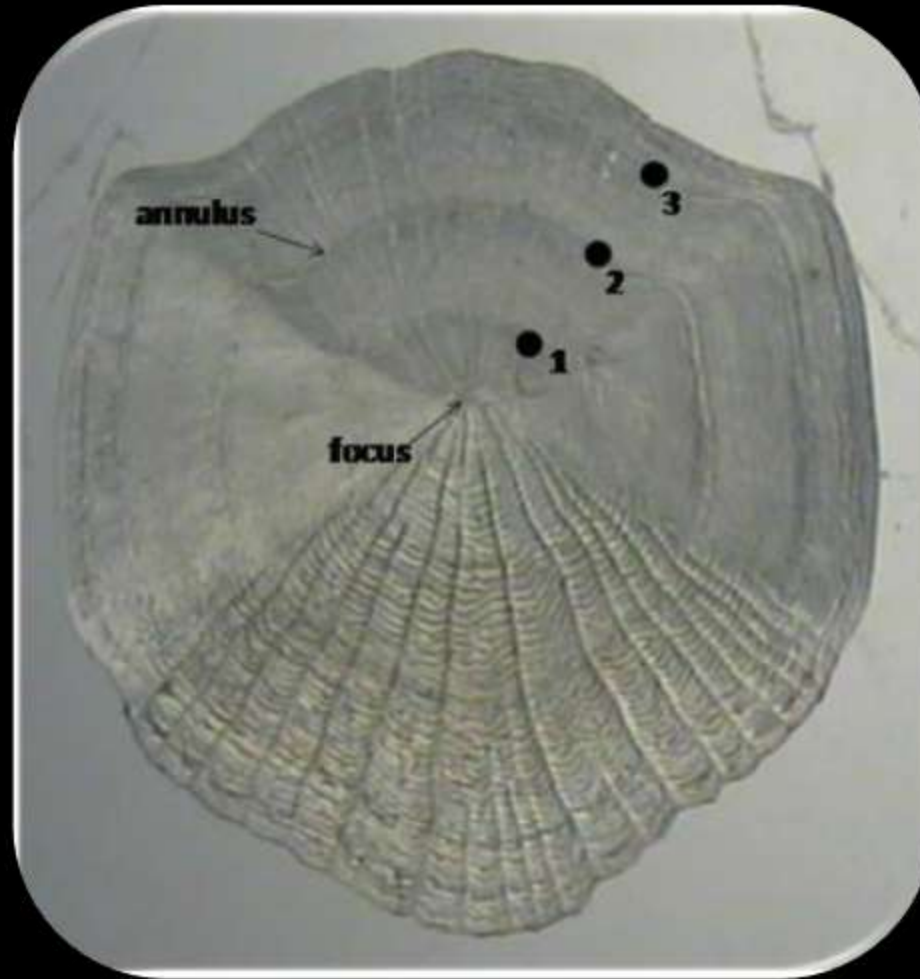
**Tecnica delle passate successive**  
(Moran, 1951, Zippin, 1956)

### Parametri rilevati:

- ✓ numero degli esemplari catturati per ciascuna specie
- ✓ lunghezza individuale degli esemplari catturati (cm)
- ✓ peso individuale degli esemplari catturati (g)
- ✓ prelievo delle scaglie per l'attribuzione dell'età

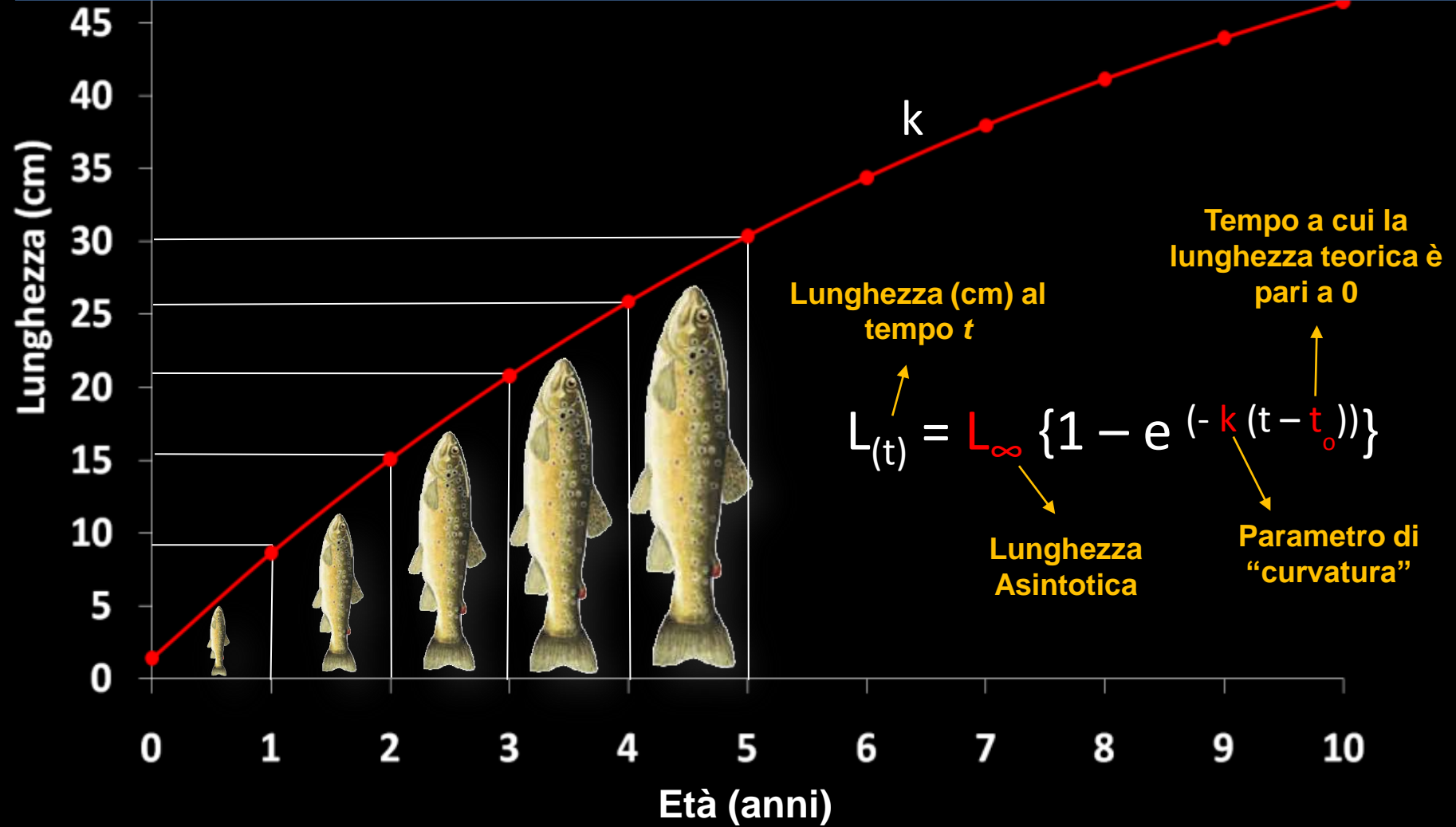






L'accrescimento negli ectotermi è funzione della temperatura. Nei climi temperati ciò causa tassi di accrescimento differenti fra le varie stagioni. Alcune strutture ossee conservano le tracce di questi accrescimenti ineguali e permettono di stabilire l'età dei pesci.

**OBIETTIVO: determinare per ciascuna specie le curve di riferimento per valutare l'accrescimento teorico in lunghezza nell'area indagata**



$$L(t) = L_{\infty} \{1 - e^{-k(t - t_0)}\}$$

Annotations for the equation:
 

- $L(t)$ : Lunghezza (cm) al tempo t
- $L_{\infty}$ : Lunghezza Asintotica
- $k$ : Parametro di "curvatura"
- $t_0$ : Tempo a cui la lunghezza teorica è pari a 0

COMPOSIZIONE DEL CAMPIONE	Popolazioni	Esemplari	
	<i>Salmo (trutta) trutta</i>	126	30 127
	<i>Barbus tyberinus</i>	83	11 834
	<i>Leuciscus cephalus</i>	109	25 906
	<i>Rutilus rubilio</i>	84	23 207
	<i>Telestes muticellus</i>	46	9 571

Popolazioni: 126

Esemplari: 30 127

PARAMETRI  
ACCRESIMENTO

ETA'

Popolazione	k	$L_{\infty}$	$t_0$	$L_{max}/L_{\infty}$	0	1	2	3	4	5	6
01MENO01	0.12	66.5	-0.18	32							
01AN02	0.06	111.6	-0.65	40							
01USSI01	0.11	51.7	-1.13	41							
03NE01	0.07	89.5	-1.09	45							
01NE02	0.08	84.7	-0.73	47							
01VACC01	0.11	56.7	-0.80	48							
01AN03	0.11	79.1	-0.45	49							
02VIGI05	0.08	67.1	-1.17	51	6.0	10.7	15.0	19.0	22.7	26.1	29.3
01PIED01	0.14	53.0	-0.63	51	4.5	10.8	16.3	21.1	25.2	28.8	32.0
01AN04	0.13	68.3	-0.38	52	3.3	11.4	18.4	24.6	30.0	34.7	38.9
01TOPI01	0.12	63.4	-0.88	52	6.6	13.3	19.1	24.3	28.9	32.9	36.5
01AN01	0.15	61.3	-0.41	53	3.6	11.5	18.3	24.2	29.3	33.7	37.5
01TO01	0.16	49.7	-0.26	54	2.0	9.0	15.0	20.1	24.4	28.1	31.3
02NERA08A	0.09	57.7	-1.56	55	7.8	12.2	16.2	19.9	23.3	26.3	29.1
02VIGI02	0.13	43.2	-0.88	55	4.8	9.6	13.8	17.4	20.7	23.5	25.9
02CORN02	0.09	68.5	-1.17	57	7.1	12.6	17.6	22.2	26.4	30.1	33.6
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
25 PERCENTILE					2.6	10.4	15.8	20.0	23.4	26.1	28.0
MEDIANA					4.5	11.5	17.3	21.8	25.6	28.8	31.2
75 PERCENTILE					5.7	12.4	18.4	23.2	27.2	30.5	33.4

1. Calcolo dei parametri di von Bertalanffy per ogni popolazione

2. Validazione dei dati

3. Calcolo della mediana, del 25° e 75° percentile della lunghezza alle varie età del campione complessivo

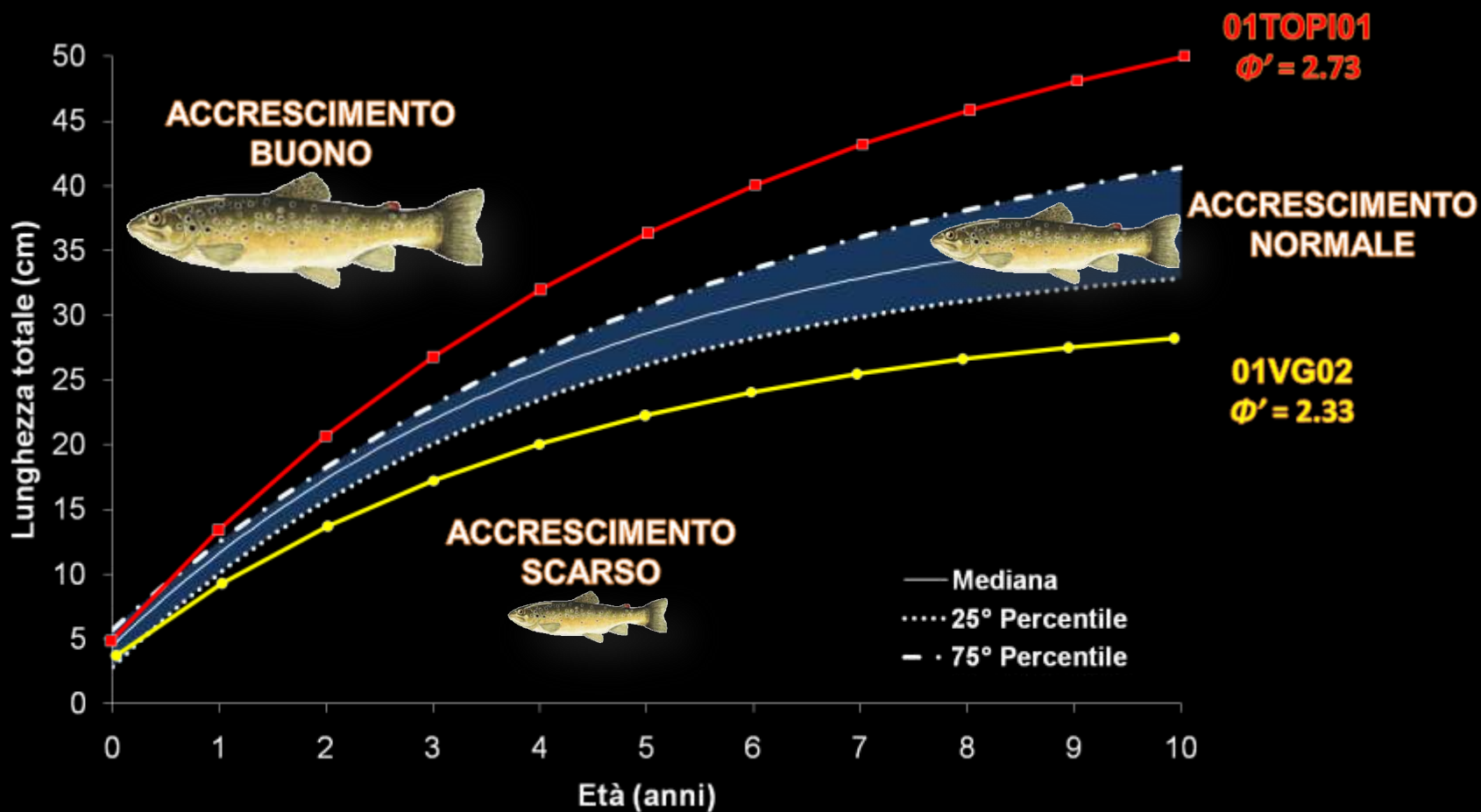
4. Sviluppo delle curve di riferimento

# Accrescimento teorico in lunghezza

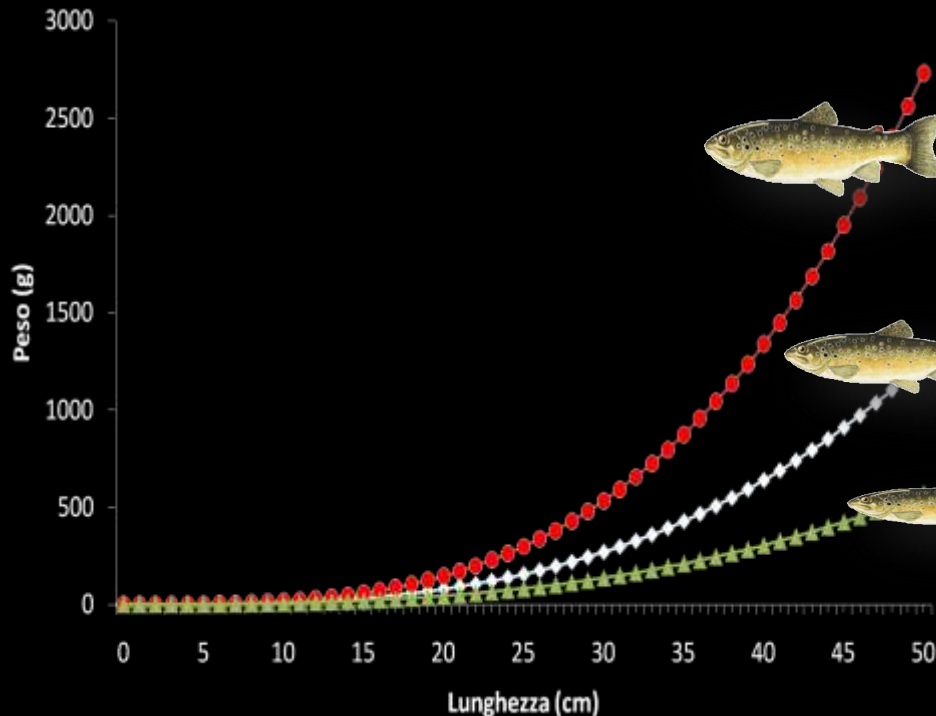
Risultati:  *Salmo (trutta) trutta*

		Età (anni)						
		0	1	2	3	4	5	6
25 PERCENTILE	Lunghezza (cm)	2.6	10.4	15.8	20.0	23.4	26.1	28.0
MEDIANA	Lunghezza (cm)	4.5	11.5	17.3	21.8	25.6	28.8	31.2
75 PERCENTILE	Lunghezza (cm)	5.7	12.4	18.4	23.2	27.2	30.5	33.4

Equazione	$\Phi'$
$L_t = 35.57 \{1 - \exp[-0.25 (t + 0.33)]\}$	2.50
$L_t = 40.65 \{1 - \exp[-0.22 (t + 0.52)]\}$	2.56
$L_t = 49.54 \{1 - \exp[-0.17 (t + 0.73)]\}$	2.62



**OBIETTIVO:** determinare per ciascuna specie le curve di riferimento per valutare la relazione lunghezza – peso nell'area indagata



**$b > 3$ : crescita allometrica POSITIVA;**  
individui tozzi

**$b = 3$ : crescita isometrica;**  
individui regolari

**$b < 3$ : crescita allometrica NEGATIVA;**  
individui esili

## COMPOSIZIONE DEL CAMPIONE

Popolazioni

Esemplari

*Salmo (trutta) trutta*

158

23 841

*Barbus tyberinus*

105

8 849

*Leuciscus cephalus*

123

14 511

*Rutilus rubilio*

119

14 206

*Telestes muticellus*

64

7 221



Popolazioni: 158

Esemplari: 23 841

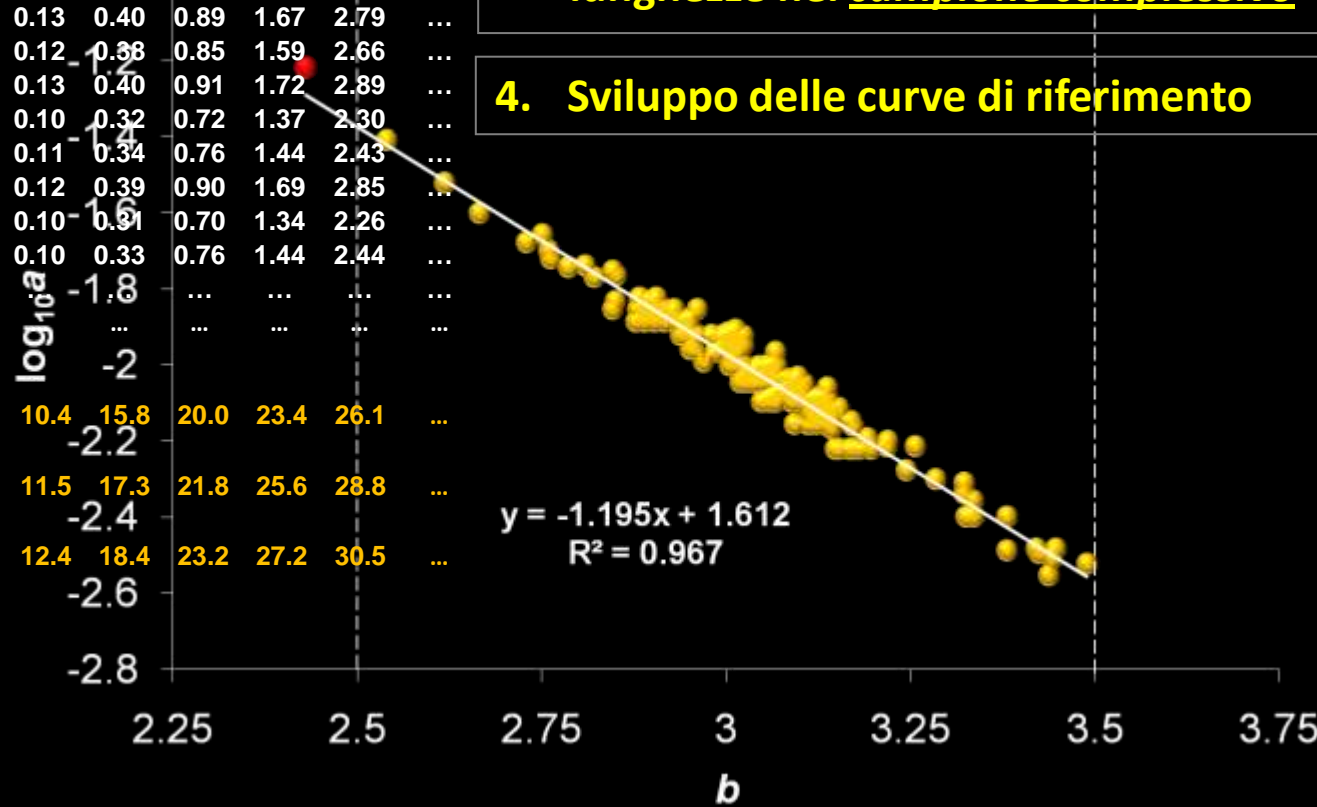
Popolazione	PARAMETRI REGRESSIONE		Lunghezza						
	a	b	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	
02SING03	0.060	2.43							
03TIGN03	0.030	2.62	0.03	0.18	0.53	1.13	2.03	3.27	
03TIGN01	0.025	2.67	0.03	0.16	0.47	1.01	1.83	2.97	
01TEVE03	0.021	2.73	0.02	0.14	0.42	0.92	1.69	2.78	
01BULC02	0.020	2.76	0.02	0.14	0.41	0.92	1.70	2.81	
01VG03	0.019	2.76	0.02	0.13	0.39	0.87	1.62	2.68	
01MN01	0.018	2.79	0.02	0.12	0.38	0.86	1.59	2.65	
01USSI02	0.018	2.81	0.02	0.13	0.40	0.89	1.67	2.79	
01MN03	0.017	2.82	0.02	0.12	0.38	0.85	1.59	2.66	
02SACR01	0.018	2.85	0.02	0.13	0.40	0.91	1.72	2.89	
01SCIR01	0.014	2.85	0.01	0.10	0.32	0.72	1.37	2.30	
03STIA01	0.015	2.85	0.01	0.11	0.34	0.76	1.44	2.43	
01AN01	0.017	2.85	0.02	0.12	0.39	0.90	1.69	2.85	
01VG02	0.013	2.88	0.01	0.10	0.31	0.70	1.34	2.26	
02VG01	0.014	2.88	0.01	0.10	0.33	0.76	1.44	2.44	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	
25 PERCENTILE			2.6	10.4	15.8	20.0	23.4	26.1	...
MEDIANA			4.5	11.5	17.3	21.8	25.6	28.8	...
75 PERCENTILE			5.7	12.4	18.4	23.2	27.2	30.5	...

1. Calcolo dei parametri di regressione per ogni popolazione

2. Validazione dei dati

3. Calcolo della mediana, del 25° e 75° percentile del peso alle varie lunghezze nel campione complessivo

4. Sviluppo delle curve di riferimento





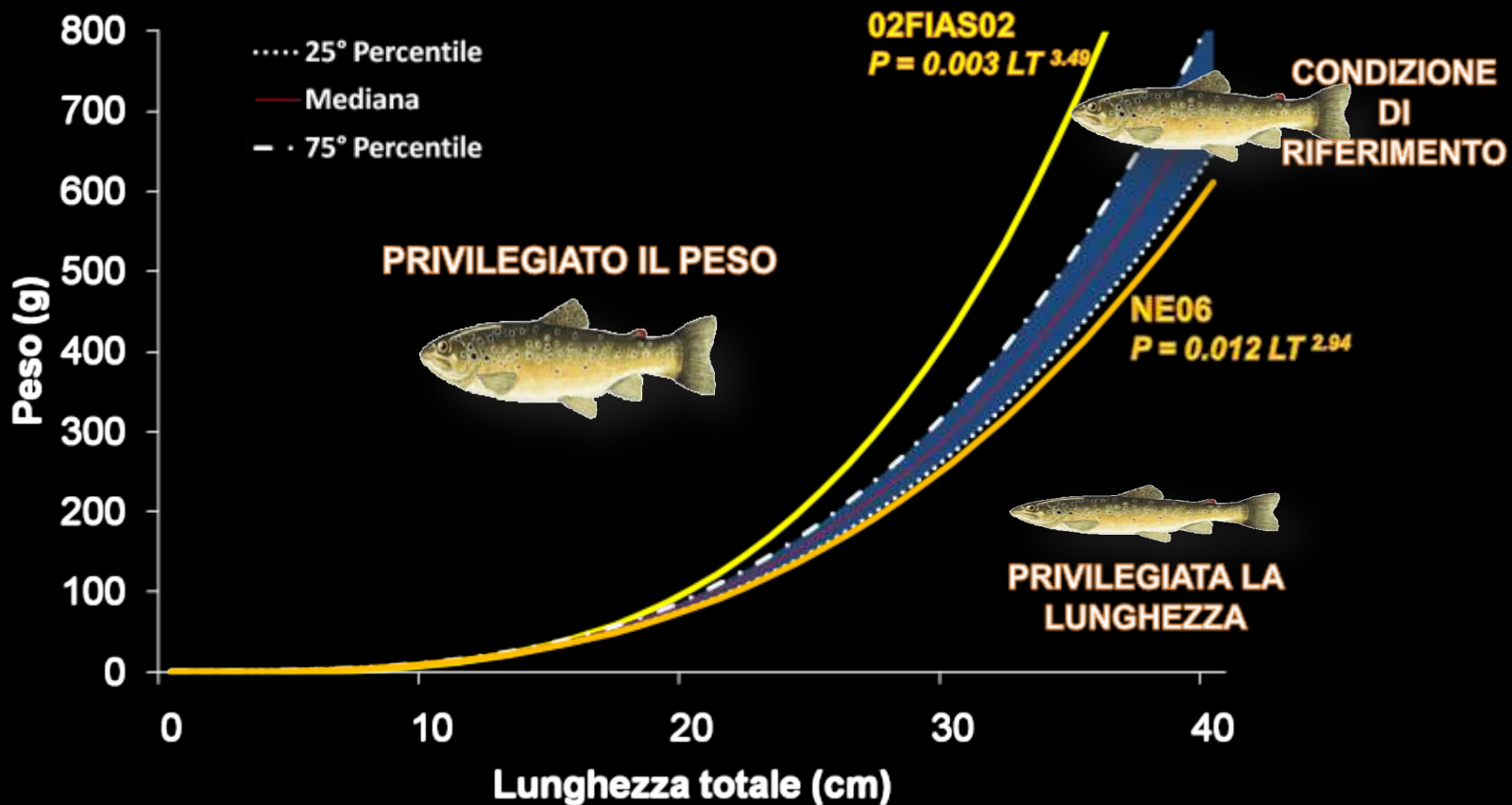
# Regressione lunghezza - peso

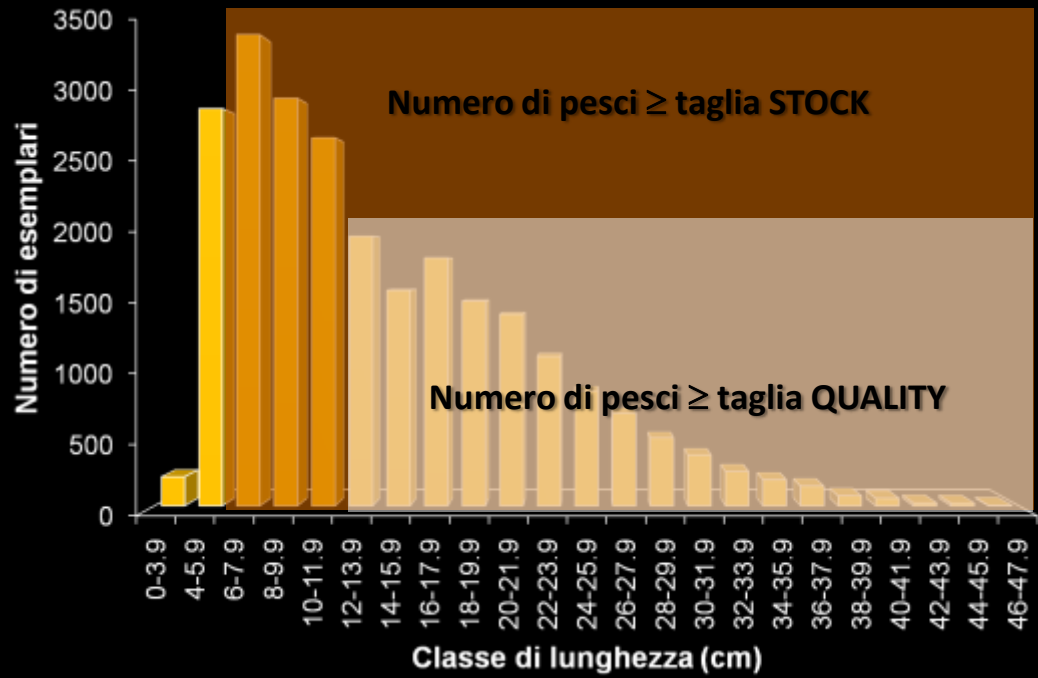
Risultati:



*Salmo (trutta) trutta*

		Lunghezza								
		1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	...		
25 PERCENTILE	<b>Peso (g)</b>	2.6	10.4	15.8	20.0	23.4	26.1	...	<b>P = 0.0082</b>	<b>LT<sup>3.061</sup> r<sup>2</sup> = 0.9999</b>
MEDIANA	<b>Peso (g)</b>	4.5	11.5	17.3	21.8	25.6	28.8	...	<b>P = 0.0088</b>	<b>LT<sup>3.071</sup> r<sup>2</sup> = 1.0000</b>
75 PERCENTILE	<b>Peso (g)</b>	5.7	12.4	18.4	23.2	27.2	30.5	...	<b>P = 0.0103</b>	<b>LT<sup>3.054</sup> r<sup>2</sup> = 0.9998</b>





PSD

$$\frac{\text{Numero di pesci} \geq \text{taglia QUALITY}}{\text{Numero di pesci} \geq \text{taglia STOCK}} \times 100$$

❖ **STOCK** = dimensioni di scarso valore per i pescatori sportivi



❖ **QUALITY** = dimensioni dell'esemplare più piccolo che un pescatore desidera catturare



POPOLAZIONE BILANCIATA

$$35 \leq \text{PSD} \leq 65$$



POPOLAZIONE SBILANCIATA A FAVORE DI INDIVIDUI DI PICCOLE DIMENSIONI

$$\text{PSD} < 35$$



POPOLAZIONE SBILANCIATA A FAVORE DI INDIVIDUI DI GRANDI DIMENSIONI

$$\text{PSD} > 65$$



OBIETTIVO: stima dei valori di riferimento per la taglia stock e quality in ciascuna specie

## METODO 1



## METODO 2

❖ **STOCK** = 20 - 26% di  $LT_{\max}$

❖ **QUALITY** = 36 - 41% di  $LT_{\max}$

✓  $L_{\infty}$  media

✓ Lunghezza alla maturità ( $L_m$ )

$$\log_{10}L_m = 0.8979 * \log_{10}L_{\infty} - 0.0782$$

(Froese & Binohlan, 2000)



❖ **STOCK** =  $L_m - ((80\% \text{ di } L_{\infty} - L_m)/3)$

❖ **QUALITY** =  $L_m$

**COMPOSIZIONE DEL CAMPIONE****Popolazioni****Esemplari*****Salmo (trutta) trutta*****271****35 256*****Barbus tyberinus*****211****13 708*****Leuciscus cephalus*****253****24 871*****Rutilus rubilio*****207****27 994*****Telestes muticellus*****113****12 996**

## Salmo (trutta) trutta

**METODO 1      METODO 2**

<b>Stock</b>	14 cm	22 cm
<b>Quality</b>	23 cm	25 cm

## Telestes muticellus

**METODO 1      METODO 2**

<b>Stock</b>	4 cm	11 cm
<b>Quality</b>	7 cm	13 cm

## Barbus tyberinus

**METODO 1      METODO 2**

<b>Stock</b>	12 cm	22 cm
<b>Quality</b>	19 cm	26 cm

## Leuciscus cephalus

**METODO 1      METODO 2**

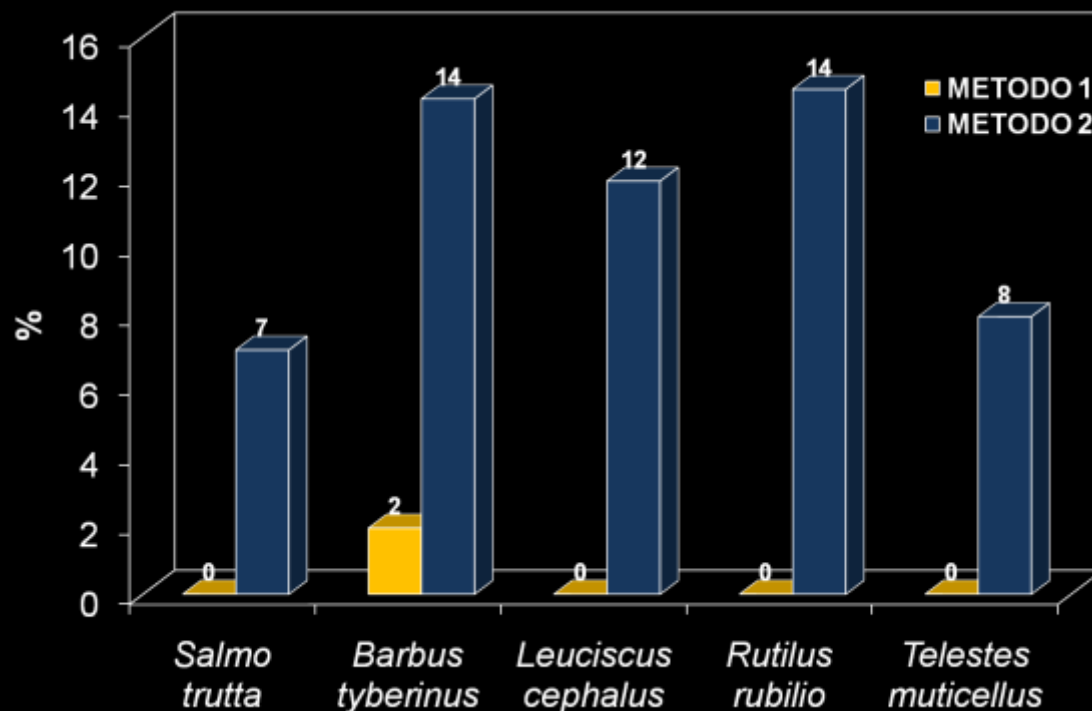
<b>Stock</b>	11 cm	25 cm
<b>Quality</b>	18 cm	29 cm

## Rutilus rubilio

**METODO 1      METODO 2**

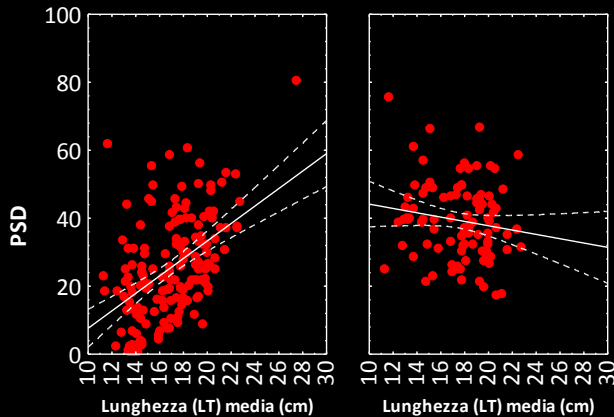
<b>Stock</b>	5 cm	12 cm
<b>Quality</b>	8 cm	14 cm

### Metodo 1 vs Metodo 2 APPLICABILITA'



**Percentuale di popolazioni per le quali non è stato possibile calcolare il PSD: tutti gli esemplari erano al di sotto della taglia stock**

## Salmo (trutta) trutta



Metodo 1

$r^2 = 0.231$

$r = 0.481$

$p = 0.000$

Metodo 2

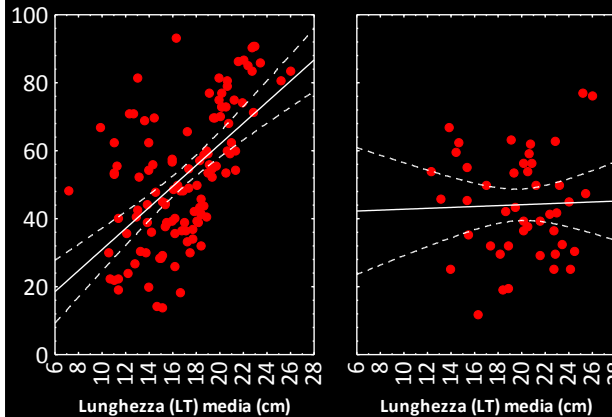
$r^2 = 0.023$

$r = -0.152$

$p = 0.134$

Ancova:  $F = 58.72$ ;  $p = 0.000$

## Barbus tyberinus



Metodo 1

$r^2 = 0.337$

$r = 0.581$

$p = 0.000$

Metodo 2

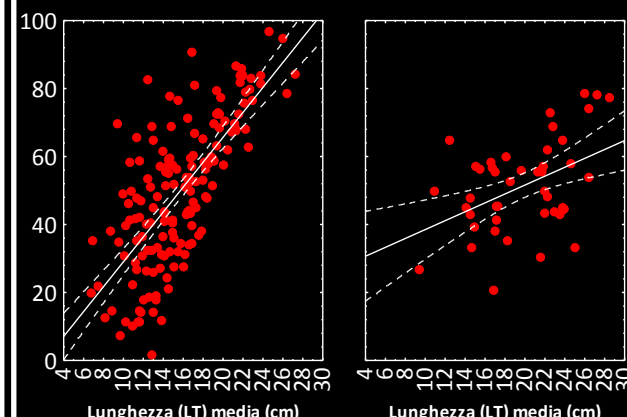
$r^2 = 0.001$

$r = 0.031$

$p = 0.839$

Ancova:  $F = 58.72$ ;  $p = 0.000$

## Leuciscus cephalus



Metodo 1

$r^2 = 0.521$

$r = 0.721$

$p = 0.000$

Metodo 2

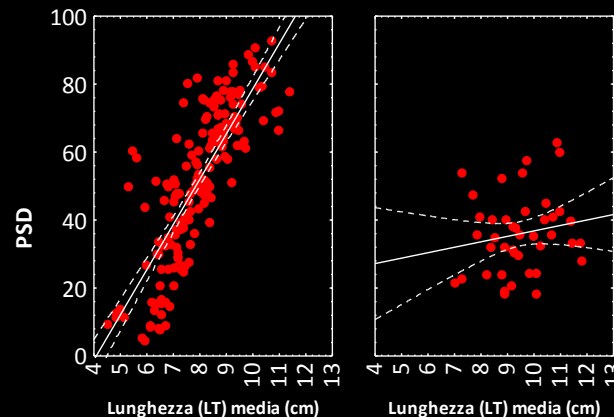
$r^2 = 0.199$

$r = 0.446$

$p = 0.002$

Ancova:  $F = 17.71$ ;  $p = 0.000$

## Rutilus rubilio



Metodo 1

METODO 1

$r^2 = 0.654$

$r = 0.809$

$p = 0.000$

METODO 2

$r^2 = 0.029$

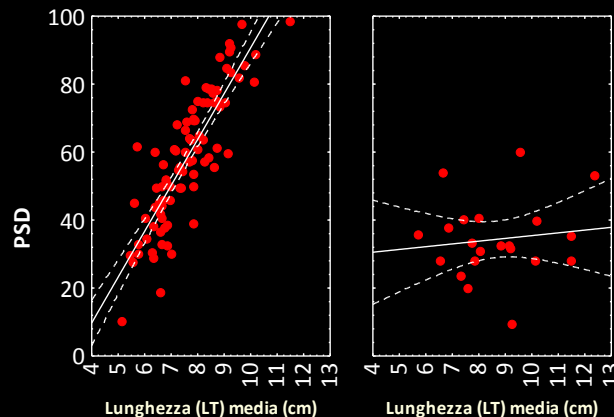
$r = 0.172$

$p = 0.277$

Ancova:  
 $F = 153.72$ ;  $p = 0.000$

Metodo 2

## Telestes muticellus



Metodo 1

METODO 1

$r^2 = 0.730$

$r = 0.855$

$p = 0.000$

METODO 2

$r^2 = 0.016$

$r = 0.125$

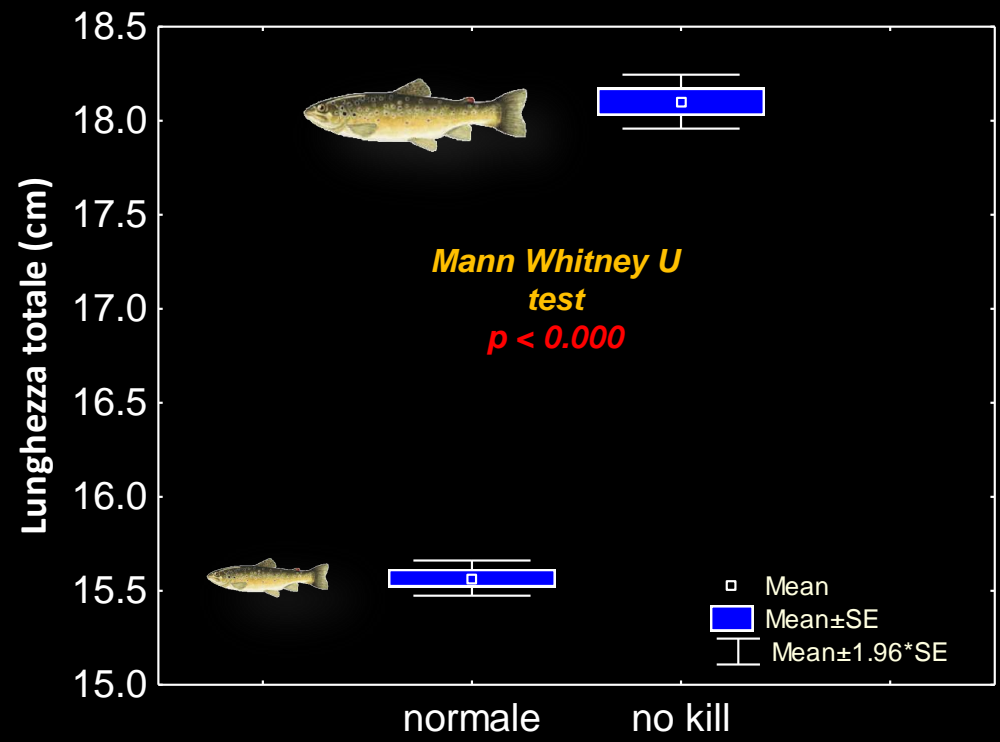
$p = 0.589$

Ancova:  
 $F = 104.98$ ;  $p = 0.000$

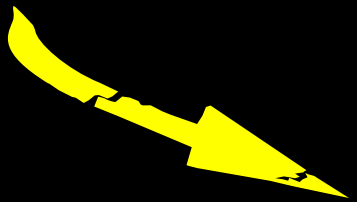
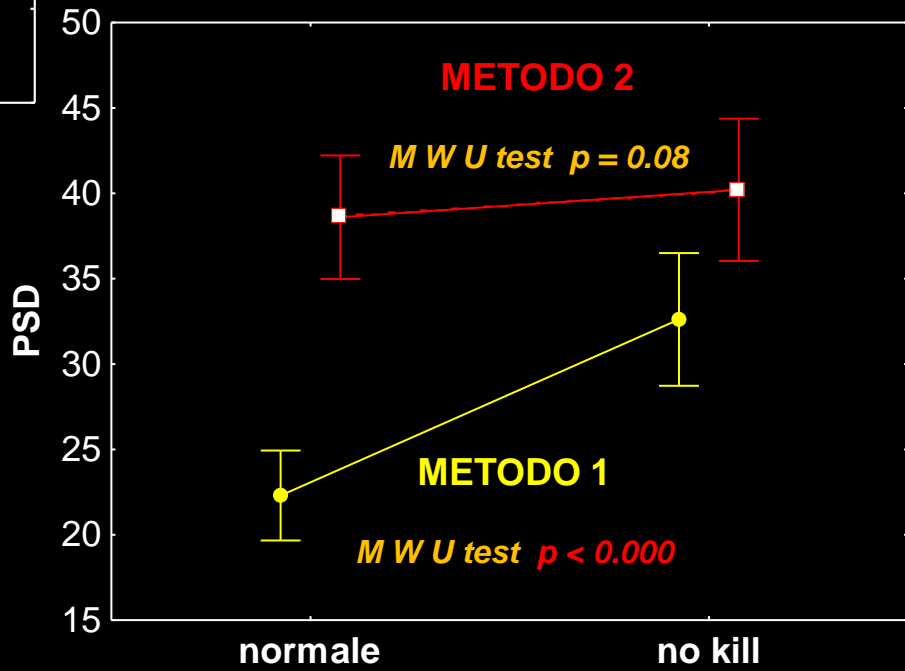
Metodo 2

# Proportional Stock Density (PSD)

Risultati:  *Salmo (trutta) trutta*



## Metodo 1 vs Metodo 2 SENSIBILITA' ALLA COMPOSIZIONE IN TAGLIA DEL CAMPIONE



## *Conclusioni*

### **metodo 1 vs metodo 2**



**Il metodo 1 presenta:**

- ❖ maggiore efficacia nel giudicare la composizione in taglia di una popolazione
- ❖ maggiore capacità pratica di applicazione

**Questo primo tentativo di applicazione del PSD ha dimostrato l'utilità dell'indice nell'analizzare i dati di frequenza delle lunghezze per valutare la struttura di una popolazione ittica**



## *Conclusioni*

Negli Stati Uniti l'utilizzo di indici sintetici è molto frequente e la loro validità ampiamente dimostrata.

In Europa il loro utilizzo avviene ancora molto di rado anche perché non sono stati sviluppati gli standard di riferimento per le principali specie ittiche di quest'area.

Questa ricerca rappresenta un contributo alla diffusione di questi indici affinché possano divenire uno strumento di routine in campo ittiologico, facilitando la comprensione delle dinamiche interne alle popolazioni e migliorando la nostra capacità di gestione delle risorse ittiche.