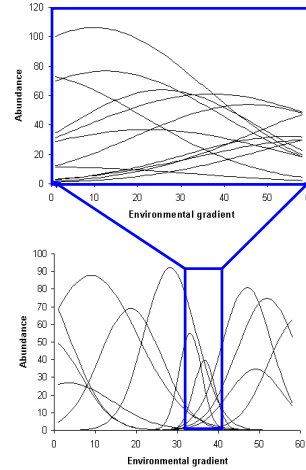
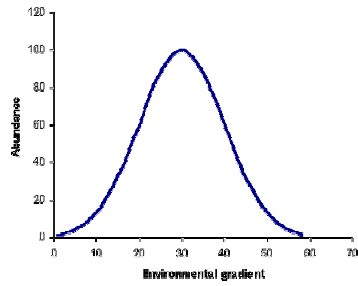


Liste di specie e misure di diversità

Caratteristiche delle liste di specie

- I dati sono “sparsi”, cioè hanno molti valori nulli (a volte la maggioranza!)
- La gran parte delle specie presenti è rara.
- I fattori ambientali che influenzano la distribuzione delle specie sono molteplici e combinati fra loro,...
- ...ma quelli veramente importanti sono pochi (bassa dimensionalità intrinseca).
- I dati contengono molto “rumore” sia per eventi stocastici e contingenti, sia per l’errore di osservazione (anche in condizioni ideali le repliche sono diverse!)
- L’informazione è spesso ridondante (la specie A è associata alla specie B, ma questa può essere associata alla specie C, etc.): questo è un problema, ma è anche ciò che rende possibile interpretare i dati ecologici.

Gradienti ambientali e cenoclini



Sampling stations	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Date	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00
Time	16.05	15.40	15.20	14.50	14.30	14.00	13.35	12.20	11.55	11.25	11.00
Depth (m)	9.9	14.8	19.0	22.8	25.2	25.9	26.3	27.1	28.1	28.0	28.1
Coordinates North	4991467	4991855	4992243	4992628	4993022	4993396	4993792	4994168	4994566	4994951	4995336
Coordinates East	2317820	2318854	2319883	2320915	2321942	2322981	2324016	2325031	2326067	2327096	2328129

taxa	ID	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
ANPHIPODA												
<i>Ampelisca diadema</i>	AMFDIA	0	2	0	13	16	3	6	14	15	2	6
<i>Ampelisca sarsi</i>	AMPSAR	0	10	9	12	13	4	0	0	0	10	0
<i>Aora spinicomis</i>	AORSPI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptocheirus pectinatus</i>	LEPPEC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Apherusa chierighini</i>	APHCHI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corophium acutum</i>	CORACU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corophium</i> spp.	CORSPP	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
<i>Abra nitida</i>	ABRNIT	0	3	1	1	2	1	4	4	8	6	1
<i>Chlamys varia</i>	CHLVAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corbula gibba</i>	CORGIB	0	2	88	6	1	24	22	21	11	1	0
<i>Phaxas adriaticus</i>	PHAADR	0	1	0	0	0	0	0	2	3	0	1
<i>Nassarius reticulatus</i>	NASRET	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Nucula nitidosa</i>	NUCNIT	0	0	2	1	1	4	11	0	10	12	1
<i>Nuculana pella</i>	NUCPEL	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Pitar rudis</i>	PITRUD	0	0	3	0	0	2	0	2	2	1	0
<i>Psammobola fervens</i>	PSAFER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Saxicavella jeffreysi</i>	SAXJEF	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>Scrobicularia plana</i>	SCRPLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Smithiella smithi</i>	SMISMI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
POLYCHAETA												
<i>Phylo cuvieri</i>	PHYCUV	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Aricidea assimilis</i>	ARIASS	0	4	0	0	1	2	1	0	1	1	0
<i>Polydora flava</i>	POLFLA	0	0	0	0	0	0	1	0	6	0	0
<i>Prionospio caspersi</i>	PRICAS	41	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prionospio malmgreni</i>	PRIMAL	3	31	0	0	3	0	9	3	65	2	2
<i>Prionospio multibranchiata</i>	PRIMUL	0	110	0	0	5	1	44	9	52	7	16
<i>Pseudopolydora antennata</i>	PSEANT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Spiophanes kroyeri</i>	SPIKRO	0	0	7	0	0	0	0	8	28	13	12
<i>Magelona allenii</i>	MAGALL	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Magelona minuta</i>	MAGMIN	0	1	0	0	0	0	0	0	5	1	0
<i>Poecilochaetus fauchaldi</i>	POEFAU	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1	1
...

Molti dati sono nulli!

Sampling stations	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12		
Date	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00		
Time	16.05	15.40	15.20	14.50	14.30	14.00	13.35	12.20	11.55	11.25	11.00		
Depth (m)	9.9	14.8	19.0	22.8	25.2	25.9	26.3	27.1	28.1	28.0	28.1		
Coordinates North	4991467	4991855	4992243	4992628	4993022	4993396	4993792	4994168	4994566	4994951	4995336		
Coordinates East	2317820	2318854	2319883	2320915	2321942	2322981	2324016	2325031	2326067	2327096	2328129		
taxa	ID												
ANPHIPODA	<i>Ampelisca diadema</i>	AMPDIA	0	2	0	13	16	3	6	14	15	2	6
	<i>Ampelisca sarsi</i>	AMPSAR	0	10	9	12	13	4	0	0	0	10	0
	<i>Aora spinicornis</i>	AORSPI	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Leptocheirus pectinatus</i>	LEPPEC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	<i>Apherusa chierighini</i>	APHCHI	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Corophium acutum</i>	CORACU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Corophium spp.</i>	CORSPP	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
MOLLUSCA	<i>Abra nitida</i>	ABRNIT	0	3	1	1	2	1	4	4	8	6	1
	<i>Chlamys varia</i>	CHLVAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Corbula gibba</i>	CORGIB	0	2	88	6	1	24	22	21	11	1	0
	<i>Phaxas adriaticus</i>	PHAADR	0	1	0	0	0	0	0	2	3	0	1
	<i>Nassarius reticulatus</i>	NASRET	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Nucula nitidosa</i>	NUCNIT	0	0	2	1	1	4	11	0	10	12	1
	<i>Nuculana pella</i>	NUCPEL	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	<i>Pitar rudis</i>	PITRUD	0	0	3	0	0	2	0	2	2	1	0
	<i>Psammobia fervensis</i>	PSAFER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Saxicavella jeffreysi</i>	SAXJEF	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
	<i>Scrobicularia plana</i>	SCRPLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	<i>Smithiella smithi</i>	SMISMI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
POLYCHAETA	<i>Phylo cuvieri</i>	PHYCUV	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	<i>Aricidea assimilis</i>	ARIASS	0	4	0	0	1	2	1	0	1	1	0
	<i>Polydora flava</i>	POLFLA	0	0	0	0	0	0	1	0	6	0	0
	<i>Prionospio caspersi</i>	PRICAS	41	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Prionospio malmgreni</i>	PRIMAL	3	31	0	0	3	0	9	3	65	2	2
	<i>Prionospio multibranchiata</i>	PRIMUL	0	110	0	0	5	1	44	9	52	7	16
	<i>Pseudopolydora antennata</i>	PSEANT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	<i>Spiophanes kroyeri</i>	SPIKRO	0	0	7	0	0	0	0	8	28	13	12
	<i>Magelona allenii</i>	MAGALL	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	<i>Magelona minuta</i>	MAGMIN	0	1	0	0	0	0	0	0	5	1	0
	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i>	POEFAU	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1	1
...

In questo esempio circa 1/3 dei dati è ≠ 0

Sampling stations	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12		
Date	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00	17/05/00		
Time	16.05	15.40	15.20	14.50	14.30	14.00	13.35	12.20	11.55	11.25	11.00		
Depth (m)	9.9	14.8	19.0	22.8	25.2	25.9	26.3	27.1	28.1	28.0	28.1		
Coordinates North	4991467	4991855	4992243	4992628	4993022	4993396	4993792	4994168	4994566	4994951	4995336		
Coordinates East	2317820	2318854	2319883	2320915	2321942	2322981	2324016	2325031	2326067	2327096	2328129		
taxa	ID												
ANPHIPODA	<i>Ampelisca diadema</i>	AMPDIA	0	2	0	13	16	3	6	14	15	2	6
	<i>Ampelisca sarsi</i>	AMPSAR	0	10	9	12	13	4	0	0	0	10	0
	<i>Aora spinicornis</i>	AORSPI	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Leptocheirus pectinatus</i>	LEPPEC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	<i>Apherusa chierighini</i>	APHCHI	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Corophium acutum</i>	CORACU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Corophium spp.</i>	CORSPP	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
MOLLUSCA	<i>Abra nitida</i>	ABRNIT	0	3	1	1	2	1	4	4	8	6	1
	<i>Chlamys varia</i>	CHLVAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Corbula gibba</i>	CORGIB	0	2	88	6	1	24	22	21	11	1	0
	<i>Phaxas adriaticus</i>	PHAADR	0	1	0	0	0	0	0	2	3	0	1
	<i>Nassarius reticulatus</i>	NASRET	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Nucula nitidosa</i>	NUCNIT	0	0	2	1	1	4	11	0	10	12	1
	<i>Nuculana pella</i>	NUCPEL	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	<i>Pitar rudis</i>	PITRUD	0	0	3	0	0	2	0	2	2	1	0
	<i>Psammobia fervensis</i>	PSAFER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Saxicavella jeffreysi</i>	SAXJEF	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
	<i>Scrobicularia plana</i>	SCRPLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	<i>Smithiella smithi</i>	SMISMI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
POLYCHAETA	<i>Phylo cuvieri</i>	PHYCUV	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	<i>Aricidea assimilis</i>	ARIASS	0	4	0	0	1	2	1	0	1	1	0
	<i>Polydora flava</i>	POLFLA	0	0	0	0	0	0	1	0	6	0	0
	<i>Prionospio caspersi</i>	PRICAS	41	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Prionospio malmgreni</i>	PRIMAL	3	31	0	0	3	0	9	3	65	2	2
	<i>Prionospio multibranchiata</i>	PRIMUL	0	110	0	0	5	1	44	9	52	7	16
	<i>Pseudopolydora antennata</i>	PSEANT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	<i>Spiophanes kroyeri</i>	SPIKRO	0	0	7	0	0	0	0	8	28	13	12
	<i>Magelona allenii</i>	MAGALL	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	<i>Magelona minuta</i>	MAGMIN	0	1	0	0	0	0	0	0	5	1	0
	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i>	POEFAU	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1	1
...

La ricchezza specifica

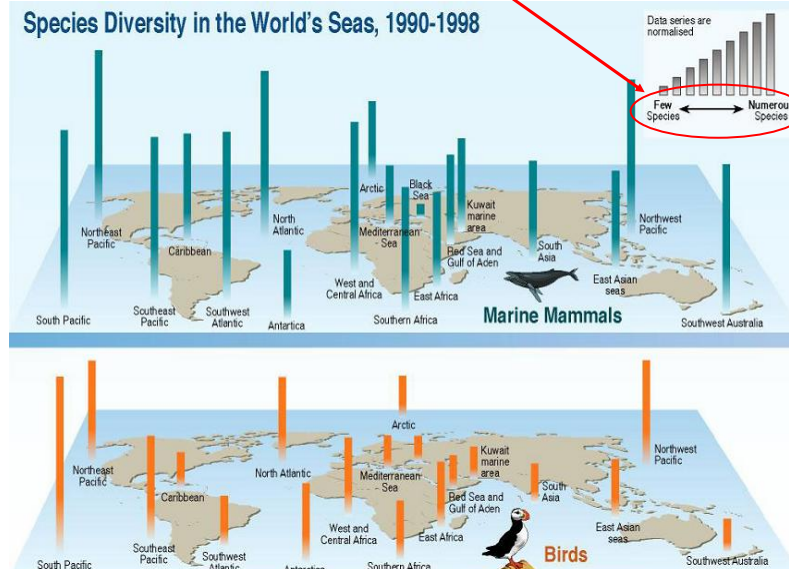


- La ricchezza specifica è il numero di specie che compongono una comunità.
- Il termine è stato coniato da McIntosh (1967).
- Rappresenta la più elementare misura delle diversità.
- Attenzione! Dipende dalla dimensione del campione.

Nell'uso comune, spesso **ricchezza specifica = diversità**



Species Diversity in the World's Seas, 1990-1998



La diversità (α)

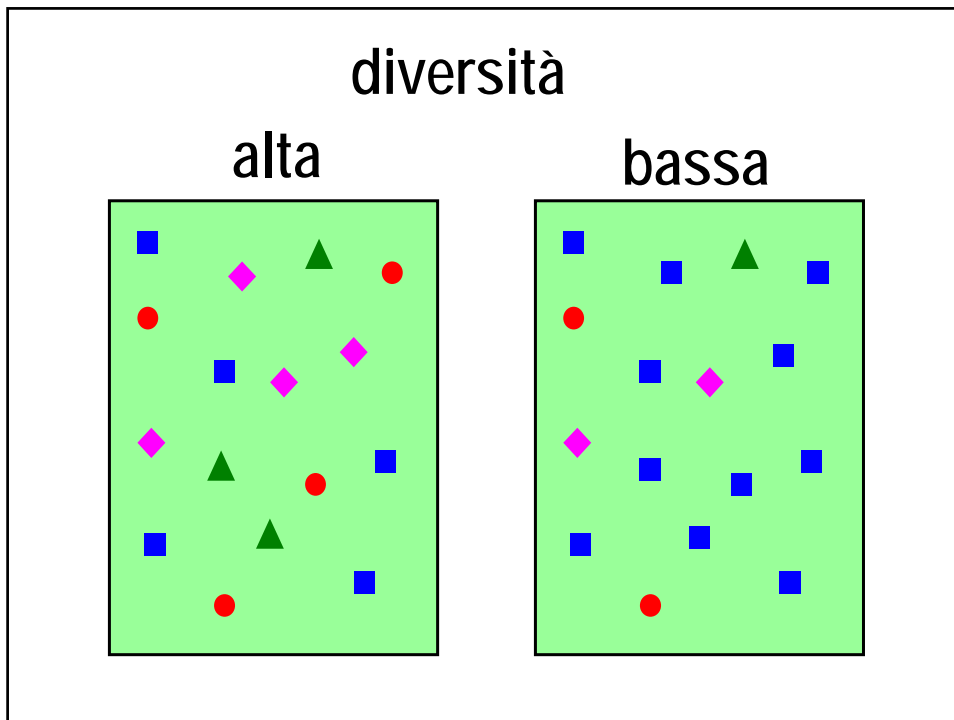
- In senso strettamente ecologico, la diversità di una comunità deve esprimere la complessità della sua struttura.
- La diversità è massima quando la probabilità che due individui estratti a caso appartengano alla stessa specie è minima.
- Ovvero, la diversità è massima quando tutte le specie hanno abbondanze uguali.

- Proporzione di una determinata specie nella comunità:

$$p_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^s n_i}$$

- Probabilità di estrazione casuale di due individui della i -ma specie: $P = p_i \cdot p_i = p_i^2$
- Probabilità di estrazione casuale di due individui di una qualsiasi specie: $P = \sum_{i=1}^s p_i^2$

- Diversità $\propto P^{-1}$



Indici di diversità basati su p

- **Simpson:** Un logaritmo con base diversa da 2 produce risultati esattamente proporzionali, quindi nell'uso pratico prevale il logaritmo naturale.

$$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^s p_i^2}$$
- **Shannon-Wiener (o Shannon-Weaver):**

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$
- **Renyi (entropia):** Al variare di α cambiano le proprietà dell'indice

$$H_\alpha = \frac{1}{1-\alpha} \log \sum_{i=1}^s p_i^\alpha$$

Indici di diversità basati su s e N

- Margalef:
$$D = \frac{s-1}{\ln(N)}$$

- Menhinick:
$$D = \frac{s}{\sqrt{N}}$$

Per calcolare il valore di α si deve usare un algoritmo di fitting non lineare (ma va bene anche il "risolutore" di Excel!)

- Fisher's α :
$$s = \alpha \ln\left(1 + \frac{N}{\alpha}\right)$$

Evenness

- I valori degli indici di diversità non sono sempre comparabili fra loro e dipendono dai limiti entro i quali essi possono effettivamente variare.
- La evenness è una misura di diversità normalizzata su una scala prefissata (es. da 0 a 1) e consente di effettuare tali confronti.
- A partire dall'indice di Shannon-Wiener, la evenness può essere definita come:

$$J = \frac{H}{H_{\max}} \quad \text{oppur} \quad e \quad J = \frac{H - H_{\min}}{H_{\max} - H_{\min}}$$

Altre misure di

evenness

e^H è uguale al numero di specie per cui la diversità massima ($\ln s$) sarebbe stata uguale a quella osservata (H)

- Buzas-Gibson:
(evenness)

$$E = \frac{e^H}{s}$$

- Berger-Parker:
(evenness)

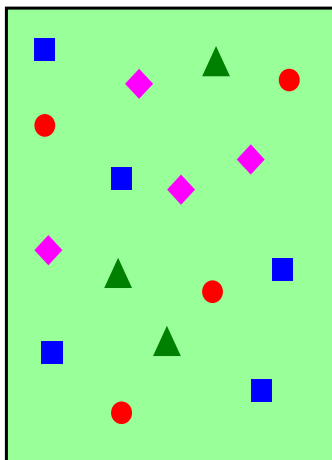
$$d = \frac{\max(n_i)}{N} = \max(p_i)$$

5 ■

4 ●

3 ▲

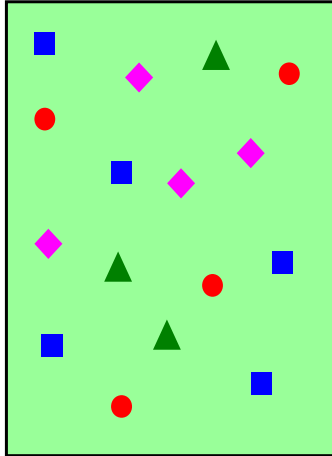
4 ◆



$$H = -\left(\frac{5}{16} \log_2 \frac{5}{16} + \frac{4}{16} \log_2 \frac{4}{16} + \dots\right. \\ \left. \dots + \frac{3}{16} \log_2 \frac{3}{16} + \frac{4}{16} \log_2 \frac{4}{16}\right) = 1.977$$

$$N.B.: \log_y x = \frac{\log_{10} x}{\log_{10} y} = \frac{\ln x}{\ln y}$$

5 ■ 4 ● 3 ▲ 4 ◆



$$\begin{aligned}
 H_{\min} &= \log_2 N - \frac{N-s+1}{N} \cdot \log_2(N-s+1) = \\
 &= \log_2 16 - \frac{16-4+1}{16} \cdot \log_2(16-4+1) = \\
 &= 4 - 13/16 \cdot \log_2 13 = 4 - 0.8125 \cdot 3.7004 = \\
 &= 0.993
 \end{aligned}$$

$$H_{\max} = \log_2 s = \log_2 4 = 2$$

$$J = \frac{H - H_{\min}}{H_{\max} - H_{\min}} = \frac{1.977 - 0.993}{2 - 0.993} = 0.977$$

$$p_i = \frac{1}{s} \sum_{j=i}^s \frac{1}{j}$$

$$p_i = \frac{1}{2^i}$$

