



$\int \sqrt{H(x,y)} dx dy$

Risvolti applicativi degli indici di qualità basati sui macroinvertebrati

Angela Boggero

CNR-ISE

Bruno Rossaro

DIPSA



Giornate di studio CISBA
Milano 24-25 Marzo 2010



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

www.ise.cnr.it www.iii.to.cnr.it

➤ indici senza specie indicatrici

Indice di diversità
Shannon & Weaver (1948)

$$H = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

S = numero di specie

n_i = numero di individui della i -ma specie

N = numero di individui totale

Range: $0 < H < 3,5/4$

(0 = condizione ambientale peggiore.....

3,5/4 = condizione ambientale migliore)



➤ indici senza specie indicatrici

Indice di Evenness o uniformità
Pielou (1969)

$$e = \frac{H}{\log_2 s}$$

H = Indice di diversità di Shannon
 s = numero di specie

Range: $0 < e < 1$
(0 = presenza di 1 unica specie.....
1 = tutte le specie hanno uguale abbondanza)



La specie indicatrice

Specie sensibile la cui presenza indica buona salute dell'ambiente

Es. per il **pH**:

diatomee: *Achnanthes minutissima*

crisoficee: *Mallomonas crassisquama*

macrobenthos: *Baetis rhodani*

Una specie tollerante la cui presenza indica inquinamento

Es. per l'**ossigeno**: *Chironomus anthracinus*



Diversi tipi di Indici

Indici che considerano l'abbondanza (percentuale) delle singole specie:

- dividere le specie in classi di sensibilità
- assegnare un punteggio a ciascuna specie



Lista di specie

Variante: lista di specie sensibili la cui assenza indica un inquinamento

Ad ogni specie si assegna un valore di sensibilità e il sito ottiene il punteggio della specie con valore più alto (o più basso)

Esempi: Indice di Raddum
 acidity index



➤ dividere le specie in classi di sensibilità

Rapporto Oligocheti /Chironomidi - Wiederholm (1980*)

$$R = \frac{n(Oligocheta)}{n(Oligocheta) + (nChironomidae - nTanypodinae)} * 100$$

R = Ratio Oligocheti-Chironomidi

n = numero di individui

*si escludono i Chironomidi-Tanypodinae perchè mobili ed euritopi

Range = $0 < R < 100\%$

(0% = oligotrofia.....

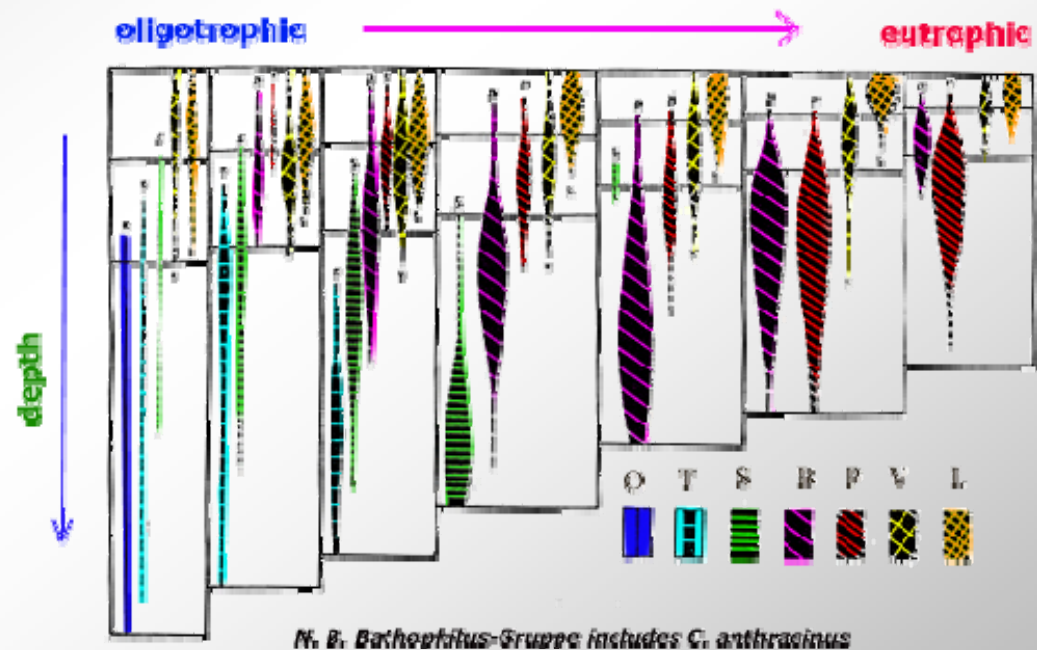
100% = eutrofia)



➤ assegnare un punteggio a ciascuna specie

Valore indicatore (Chironomidae) Lundbeck (1936)

- **Ultra-oligotrofi** = *Orthocladius* e simili (*Heterotrissocladius*)
- **Oligotrofi** = *Tanytarsus* e simili (*Micropsectra*)
- **Mesotrofi** = *Sergentia* ed *Endochironomus*
- **Eutrofi** = *Chironomus anthracinus* + *C. plumosus*
- **Iper-eutrofi** = *C. plumosus*



Benthic Quality Index (Oligochaeta)

Wiederholm (1980)

$$BQI = \frac{\sum_{k_i=1}^4 n_i * k_i}{N}$$



k_i = 4 *Stylodrilus heringianus* e *Rhynchelmis limosella*
3 *Pelosclex ferox*
2 *Potamothrrix hammoniensis*
1 *Limnodrilus hoffmeisteri*

n_i = numero individui appartenenti alle diverse specie

N = numero totale degli individui appartenenti alle specie indicatrici

Range: $1 < BQI < 4$

(1= acque eutrofe o molto inquinate.....

4 oligotrofe)



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

www.ise.cnr.it www.iii.to.cnr.it

Benthic Quality Index (Chironomidae)

Wiederholm (1980)

$$BQI = \frac{\sum_{k_i=0}^5 n_i * k_i}{N}$$



$k_i = 5$ *Heterotrissocladius subpilosus*

4 *Micropsectra* spp. e *Paracladopelma* spp.

3 *Phaenopsectra coracina* e *Stictochironomus rosenschoeldi*

2 *Chironomus anthracinus*

1 *Chironomus plumosus*

0 se queste specie indicatrici sono assenti

n_i = numero individui appartenenti alle diverse specie

N = numero totale degli individui appartenenti alle specie indicatrici

Range: $0 < BQI < 5$

(0 = assenza di specie indicatrici

1 = acque eutrofe o molto inquinate.....

5 = oligotrofe)



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

www.ise.cnr.it www.iii.to.cnr.it

Indice di diversità pesato

Rossaro et al. (2009)



$$H_w = \sum_{j=1}^s \left[\left(\frac{n_j}{N} \right) * \log_2 \left(\frac{n_j}{N} \right) * w_j \right]$$

S = numero delle specie trovate

n_j = numero di individui della specie j

N = numero di individui totali presenti

w_j = peso indicatore assegnato alla specie j

Range: $1 < H_w < 5$

(5 = elevata diversità - 

1 = bassa diversità )



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

www.ise.cnr.it www.iii.to.cnr.it

Pesi indicatori per i macroinvertebrati



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

www.ise.cnr.it www.iii.to.cnr.it

Pesi indicatori per i chironomidi



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

www.ise.cnr.it www.iii.to.cnr.it

I pesi indicatori delle specie trovate nei nostri laghi, sono calcolati come medie ponderate tra tre variabili ambientali (O2%, trasparenza e TP) e le abbondanze delle specie.

Utilizzando tali pesi indicatori è poi stato possibile calcolare degli indici di qualità dei siti campionati.

$$BQIW_{jk} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_{ij} * z_{ik}}{\sum_{i=1}^n y_{ij}} \right) \qquad BQI_i = \sum_{j=1}^p \left(\frac{y_{ij}}{\sum_{j=1}^p y_{ij}} * BQIW_j \right)$$

z_{ik} = valore della variabile ambientale k nel sito i ,

y_{ij} = numero di individui della specie j nel sito i ,

p = numero di specie presenti

n = numero dei siti utilizzati per il calcolo dei pesi indicatori

$BQIW_j$ = peso indicatore assegnato ad ogni specie j

BQI_i = indice nel sito i

La Direttiva sulle Acque richiede che siano considerati sia i taxa sensibili/tolleranti, sia la diversità, che l'abbondanza dei macroinvertebrati, quindi l'indice proposto non risponde a tutte le richieste



L'indice è stato quindi modificato includendo l'abbondanza totale degli individui presenti nel sito i considerato

$$BQI_i = \left[\sum_{j=1}^p \left(\frac{y_{ij}}{\sum_{j=1}^p y_{ij}} * BQIW_j \right) \right] * \log_{10}(m+1) * \left(\frac{\sum_{j=1}^m y_{ij}}{\sum_{j=1}^m y_{ij} + 5} \right)$$

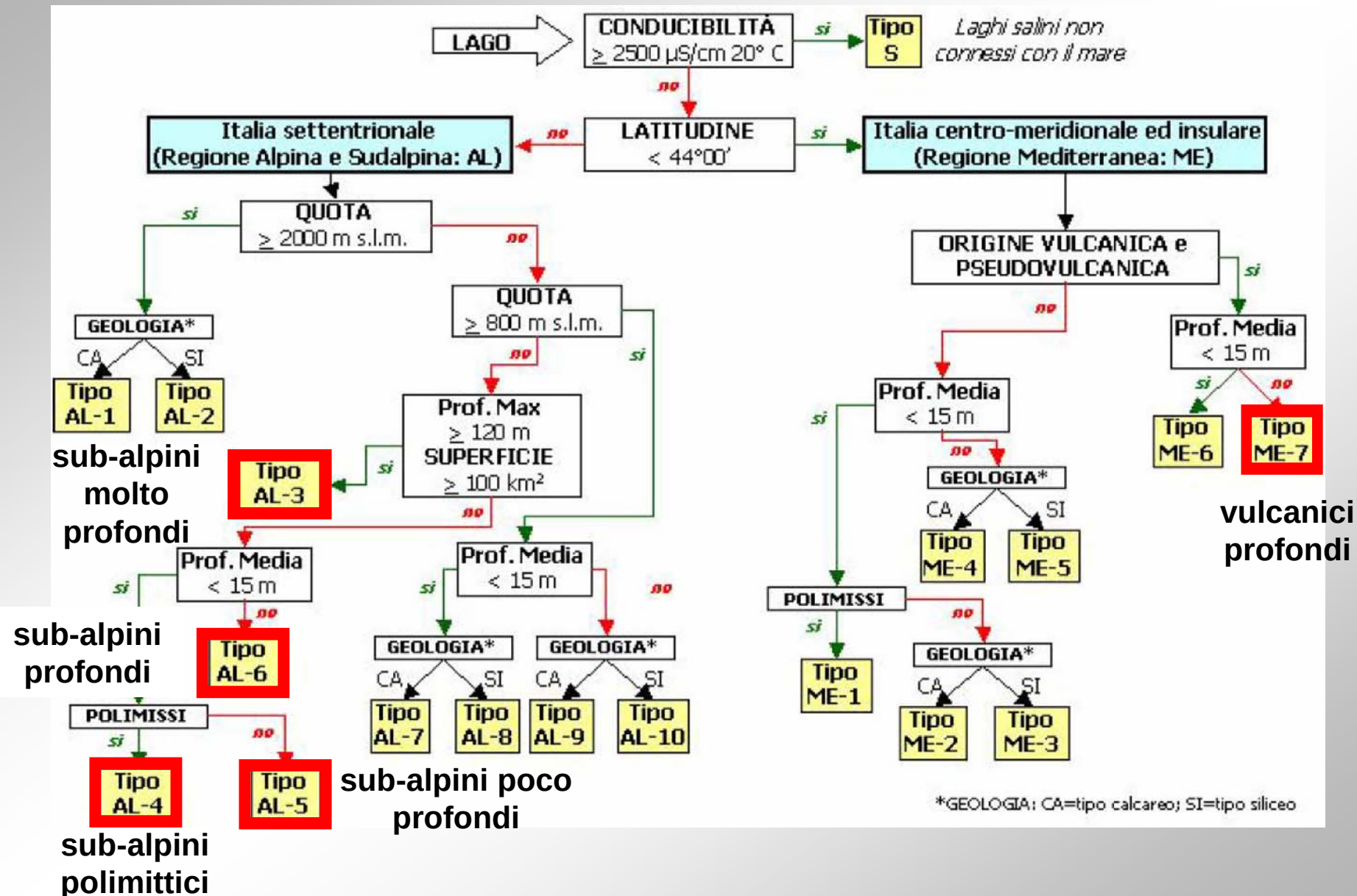
m = n.ro di tutte le specie presenti in un sito (può includere specie di cui non è noto il peso $BQIW_j$ pertanto viene distinto da:

p = n.ro di specie per le quali è noto un valore indicatore

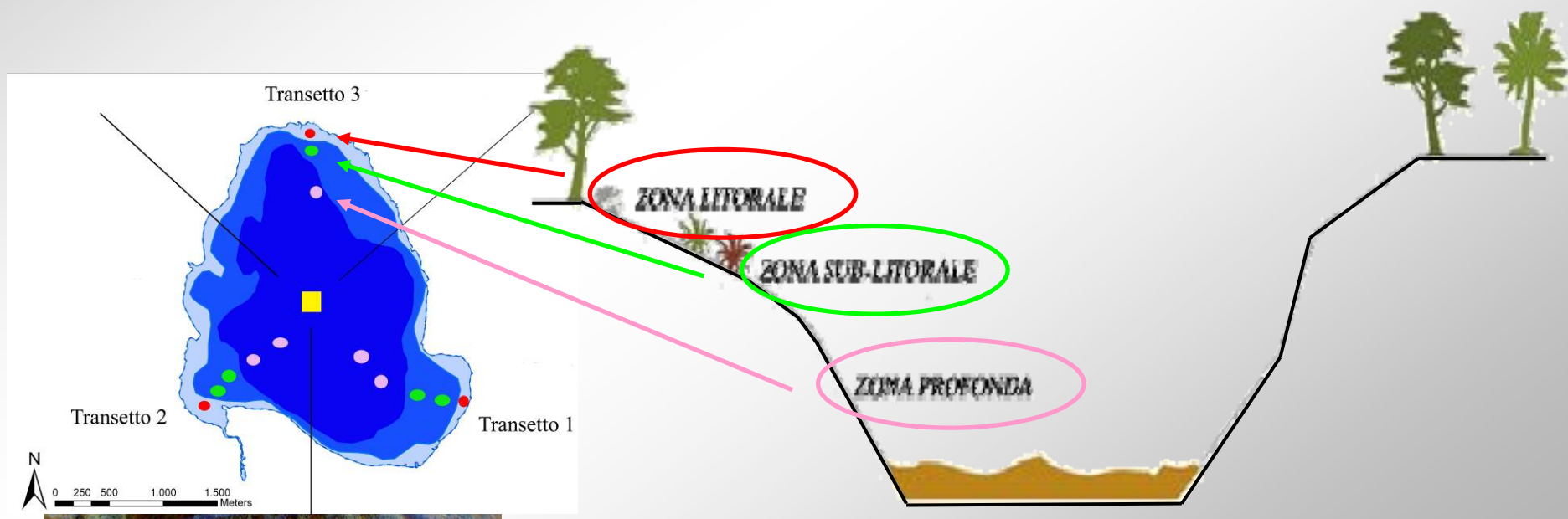
Si considerano quindi sia il numero totale di specie, sia il n.ro totale di individui presenti in un sito espresso come rapporto. Così facendo l'indice risulta pari a 1 quando il n.ro di individui è alto, mentre è basso quando il numero di individui totali è piccolo. Si soddisfano così tutte le richieste della Direttiva.



Quali dati nei laghi italiani?



Campionamento



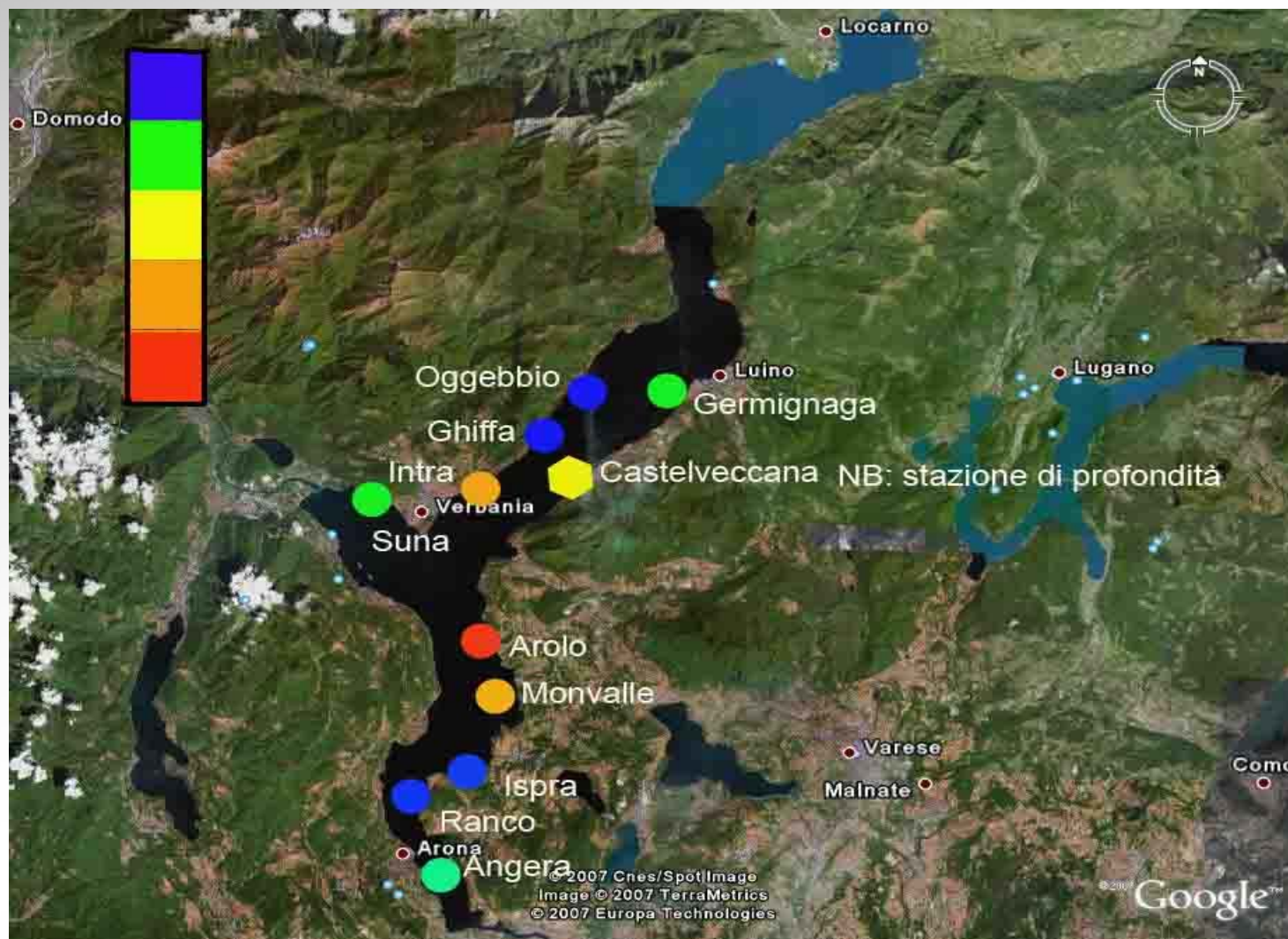
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

www.ise.cnr.it www.iii.to.cnr.it

Lago Maggiore

diversità espressa come valore medio dei campionamenti di ogni stazione

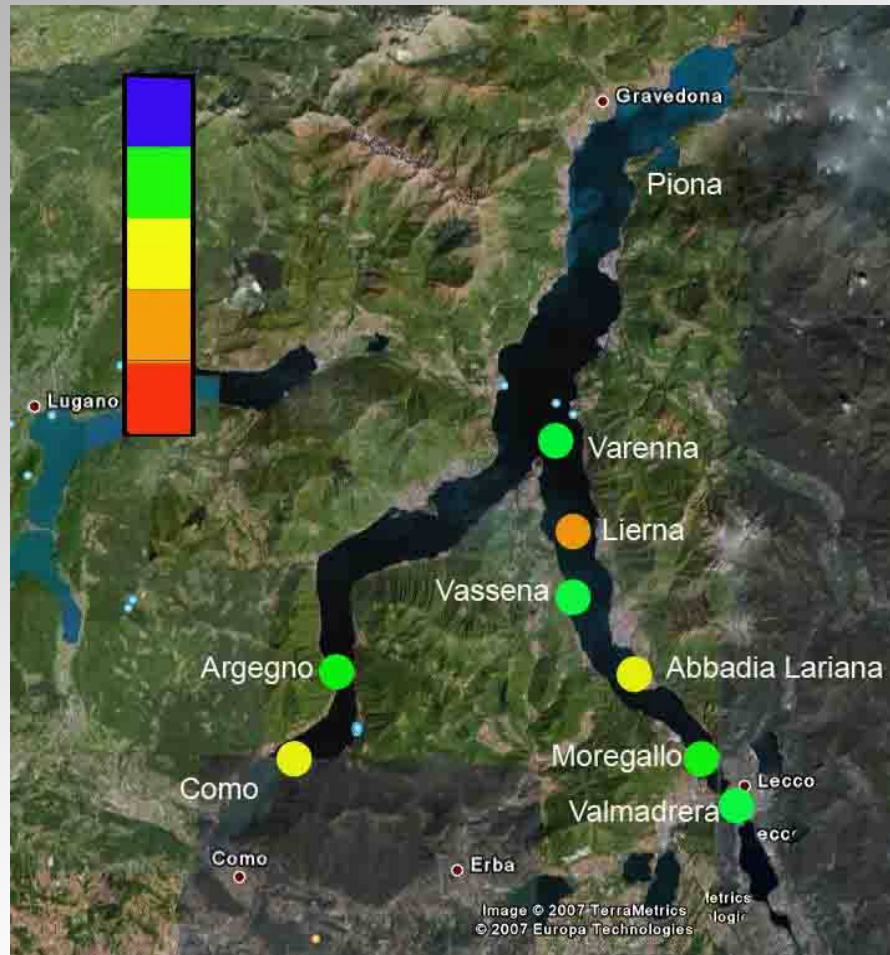


Consiglio Nazionale delle Ricerche

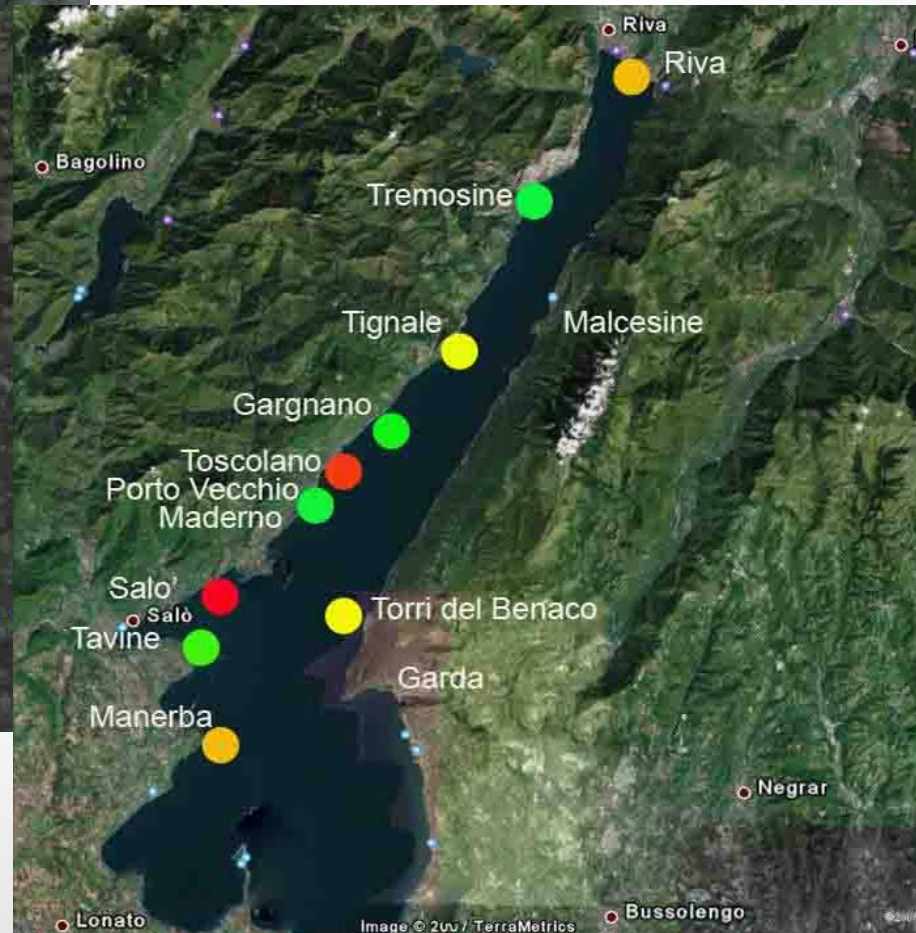
Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

www.ise.cnr.it www.iii.to.cnr.it

Lago di Como



Lago di Garda



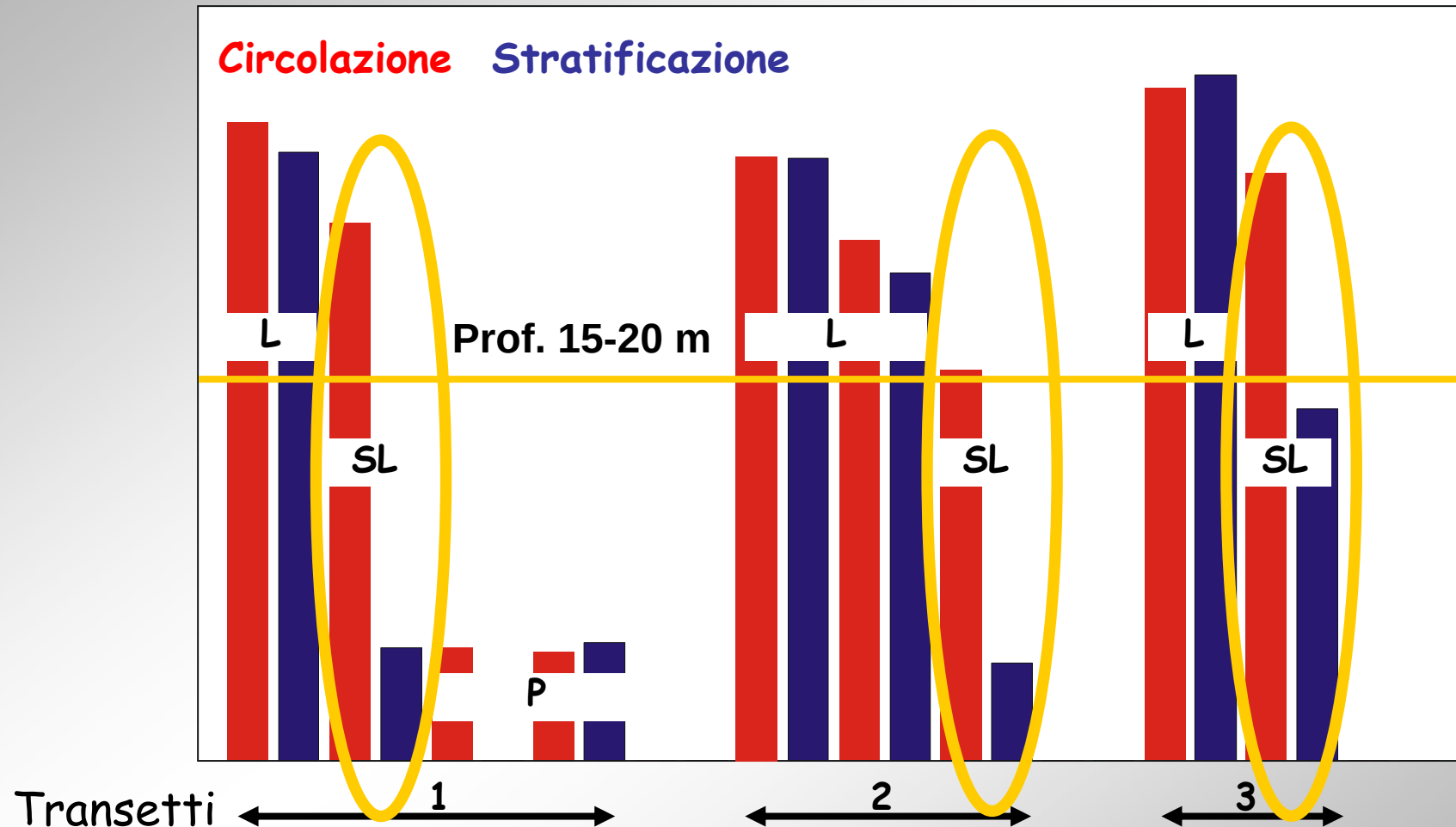
Consiglio Nazionale delle Ricerche

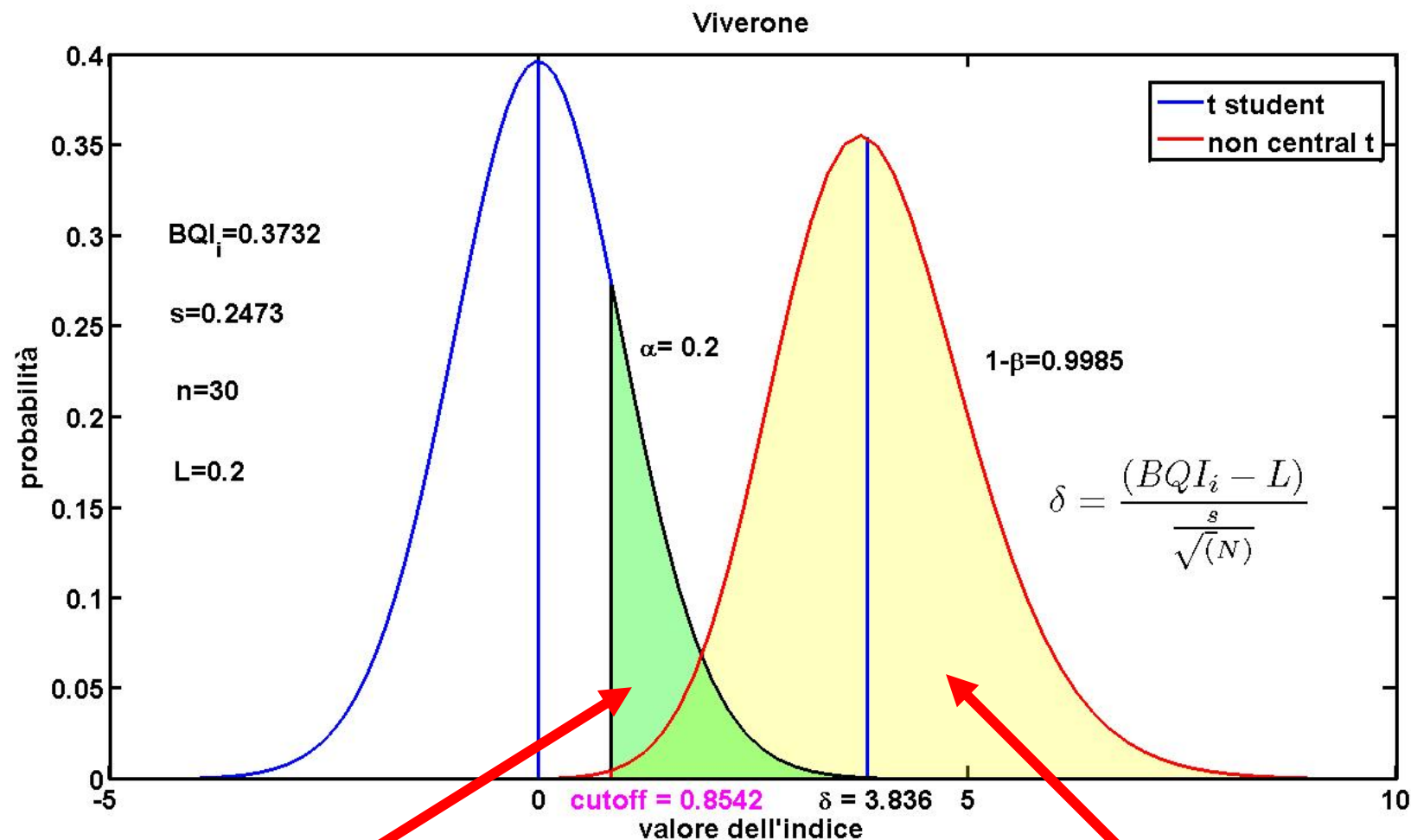
Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

www.ise.cnr.it www.iii.to.cnr.it

Variabilità spaziale e temporale

Lago di Viverone





Rischio di assegnare un lago ad una classe superiore a quella corretta

Potenza del test (probabilità di assegnare un lago alla classe corretta)



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

www.ise.cnr.it www.iii.to.cnr.it

Grazie per l'attenzione!!!



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

www.ise.cnr.it www.iii.to.cnr.it