

## **Note per la consultazione dei dati**

**a cura Dottor J. Nascimbene (aggiornato al 2019)**

### **Scala di interpretazione dei risultati e analisi dei dati**

#### **Biomonitoraggio usando come lichene *Xanthoria parietina***

Per ogni stazione di rilevamento e campionamento del lichene *Xanthoria parietina* si sono calcolati il valore medio della concentrazione di ciascun elemento chimico di interesse e la relativa deviazione standard utilizzando i tre campioni analizzati ( $n = 3$  per ciascuna stazione e per ciascun elemento). Per valutare in modo sintetico i risultati, considerando complessivamente i valori ottenuti per ciascuno degli 11 elementi ricercati (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, V), per ogni stazione sono stati calcolati l'Indice sintetico di naturalità (IN), l'Indice sintetico di alterazione (IA) e l'Indice sintetico di tossicità potenziale (TP), come proposto da Nimis et al. (1999). Questi indici variano tra 0 e 10. I primi due sintetizzano in modo indipendente le condizioni di naturalità (più il valore è prossimo a 10 e più il livello di naturalità è alto) e alterazione (più il valore è prossimo a 10 e più il livello di alterazione è alto) di una determinata stazione tenendo conto del contributo di ciascun elemento e della classe di naturalità/alterazione in cui è collocato. La valutazione della tossicità potenziale è basata sull'attribuzione ad ogni elemento di un indice di tossicità che varia tra 0 e 2 (Al, Fe, Mn = 0; Cu, Ni, Zn = 1; As, Cd, Cr, Ni, Pb, V = 2) e rappresenta soltanto uno strumento pratico per stimare il rischio-salute potenziale di ciascuna stazione (Nimis et al., 1999). Tuttavia è bene ricordare che la tossicità per l'uomo non dipende dalle concentrazioni rilevate nei licheni, ma dalle quantità effettivamente assorbite e dalla forma chimica dei metalli (Nimis et al., 1999).

L'indice sintetico di naturalità viene determinato utilizzando la seguente formula:

$$I.N._{(i)} = 10 * \left( \frac{\sum_{j=1}^2 (3 - x_{(j)}) * y_{(i)}}{2n} \right)$$

Dove:  $i$  = stazione,  $n$  = numero totale di elementi,  $j$  = classe di naturalità/alterazione,  $x_j$  = valore della classe  $j$ ,  $y$  = numero degli elementi della stazione  $i$ -esima con valore appartenente alla classe  $j$ .

*Esempio* nella stazione 2, nell'anno 2016, vi sono: 3 elementi con valore 2 e 2 elementi con valore ( $j=1$ ) = 1.

$$I.N._{(2)} = 10 * \left( \frac{(3-1)*2+(3-2)*3}{2*11} \right) = 3,18$$

L'indice sintetico di alterazione invece è basato sulla seguente formula:

$$I.A._{(i)} = 10 * \left( \frac{\sum_{j=6}^7 (x_{(j)} - 5) * y_{(i)}}{2n} \right)$$

*Esempio* nella stazione 7, nell'anno 2016, vi sono: 2 elementi con valore 7 e 0 elementi con valore (j=6) = 6.

$$I.A._{(7)} = 10 * \left( \frac{(7-5)*2+(6-5)*0}{2*11} \right) = 1,818$$

Infine l'indice sintetico di tossicità potenziale si calcola secondo la formula:

$$T.P._{(i)} = 10 * \left( \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij} * \alpha_j}{7 * \sum_{j=1}^n \alpha_j} \right)$$

Dove:  $n$  = numero dei metalli,  $x_{ij}$  = classe di naturalità/alterazione per il metallo  $j$ -esimo nella stazione  $i$ -esima,  $\alpha_j$  = valore dell'indice di tossicità potenziale per il metallo  $j$  (Al, Fe, Mn = 0; Cu, Ni, Zn = 1; As, Cd, Cr, Pb, V = 2) (Nimis et al., 1999).

*Esempio* nell'anno 2014 la stazione 2 ha riportato il seguente indice:

$$T.P._{(2)} = 10 * \left( \frac{4*0+2*2+2*2+7*2+4*1+5*0+5*0+7*1+1*2+3*1+3*2}{7*13} \right) = 4,84$$

### **Biomonitoraggio usando come lichene espanti di *Pseudevernia furfuracea***

Il rapporto adimensionale tra la concentrazione di ciascun elemento misurata nei campioni esposti e quella corrispondente nei campioni di controllo (valore medio dei tre campioni di controllo detti anche bianchi), denominato EU ratio, *Exposed-to-unexposed ratio* (Cecconi et al., 2019), è stato utilizzato per valutare i tassi di accumulo nei talli lichenici nelle diverse stazioni. Questo è stato possibile per tutti i metalli in traccia sempre misurabili anche nei bianchi di confronto.

Per gli IPA si è potuto calcolare l'EU ratio nella sua forma classica solo per il Nftalene poiché nei rimanenti casi si sono ottenuti valori al di sotto del limite di rilevabilità. L'EU ratio è stato inoltre calcolato per quegli IPA (Pirene, Naftalene, Fluorantene) per cui la concentrazione era al di sotto della soglia strumentale nei bianchi ma non nei campioni esposti, considerando in tal caso cautelativamente, avendo a disposizione un unico campione esposto per stazione, una concentrazione nei bianchi pari alla soglia strumentale. Alla Sommatoria dei policiclici aromatici

(D.Lgs. 152/2006) corrisponde un valore diverso da zero per tutte le stazioni ma questo solo per la modalità prevista dalla Norma per la sua determinazione: il parametro Sommatoria viene ottenuto infatti considerando anche gli IPA sotto la soglia strumentale e attribuendovi un valore pari a metà della soglia strumentale stessa.

Mentre per il 2016 l'interpretazione dei tassi di accumulo è stata basata sulla scala in cinque classi dei valori del rapporto EC (*Exposed-to-control ratio*, vale a dire il nome precedente all'EU ratio) proposta da Frati et al. (2005, tabella 4), per il 2019 si è adottato l'approccio indicato nelle linee guida descritte nel lavoro di Cecconi et al. (2019), che introduce una nuova scala sempre in classi ma con intervalli diversi rispetto alla precedente, variabili anche in funzione delle settimane di esposizione. In tal caso si considerano le classi relative a otto settimane vista la durata della campagna di monitoraggio 2019 (tabella 5).

<b>Rapporto EC</b>	<b>Accumulo/perdita</b>	<b>Sigla</b>
0-0.25	Perdita accentuata	PP
0.25-0.75	Perdita	P
0.75-1.25	Normale	N
1.25-1.75	Accumulo	A
>1.75	Accumulo accentuato	AA

**Tab. 4.** Scala di interpretazione dei valori del rapporto EC desunta da Frati et al., 2005, usata per l'interpretazione della campagna 2016.

<b>Rapporto EU</b>	<b>Accumulo/perdita</b>	<b>Sigla</b>
$\leq 1.0$	Assenza di bioaccumulo	A
1.0-1.9	Basso bioaccumulo	L
1.9-2.7	Moderato bioaccumulo	M
2.7-3.5	Alto bioaccumulo	H
>3.5	Severo bioaccumulo	S

**Tab. 5.** Scala di interpretazione dei valori del rapporto EU desunta da Cecconi et al., 2019, per otto settimane di esposizione, applicata agli esiti della campagna 2019. Le sigle qui riportate indicano: A per "Absence", L per "Low", M per "Moderate", H per "High" e S per "Severe".

Il parametro EU ratio è così ottenuto:

- Per ogni stazione si è calcolato il rapporto fra il valore medio di ciascun analita (es. Al) nei tre campioni esposti e il valore medio dello stesso analita (es. Al) misurato nei campioni di confronto maggiorato del valore triplo della deviazione standard per attenuare l'effetto legato alla intrinseca variabilità di concentrazione nei campioni pre-esposizione. Ciò non è stato possibile per le misure

di IPA dal momento che le concentrazioni sono state qualificate in un unico campione per stazione.

- Per ogni analita (es. Al) si è calcolato l'EU ratio medio per l'area di studio considerando il suo bioaccumulo medio su tutte le stazioni.