

BIOMONITORAGGIO MEDIANTE LICHENI EPIFITI NELL'AREA DI INFLUENZA DEL PAI DI PARMA



A cura di:
Dr. Juri Nascimbene
Dr. Rossano Bolpagni

Gennaio, 2016

PREMESSA

Il presente documento costituisce il rapporto finale relativo all'attività di biomonitoraggio mediante licheni epifiti svolta nel 2015 nell'ambito del progetto di indagine relativo al polo ambientale integrato (PAI) per la gestione dei rifiuti nell'ATO di Parma [si veda la "*Proposta di monitoraggio ambientale Post – operam (esercizio) per l'anno 2015*"]. Il lavoro è consistito in:

- Rilevamento e valutazione della biodiversità lichenica in 13 stazioni nell'area di influenza del PAI;
- Prelievo di campioni di talli lichenici della specie *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. per l'analisi del bioaccumulo di metalli pesanti, IPA, Policlorobifenili, Diossine e Furani in 18 stazioni nell'area di influenza del PAI.

In aggiunta, su richiesta di IREN si è proceduto alla valutazione dei risultati delle analisi di bioaccumulo sulla base dei dati forniti da ARPA Ravenna, soggetto responsabile della parte analitica di questa campagna di biomonitoraggio.

1. RILEVAMENTO E VALUTAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ LICHENICA

1.1 Aspetti metodologici del campionamento

Il presente lavoro è basato sul rilevamento della biodiversità lichenica nelle 13 stazioni già indagate nel 2007 e nel 2011 (Tabella 1). Nella maggior parte dei casi i rilievi sono stati eseguiti sugli stessi alberi rispetto alla campagna del 2011 (31 alberi su 39). In 8 casi tuttavia è stato necessario sostituire gli alberi a causa di condizioni di non rilevabilità riscontrate sul campo soprattutto a causa dell'eccessivo proliferare di coperture di briofite che hanno tra l'altro reso necessario lo spostamento di alcune sub-unità dei reticoli di campionamento (8 in totale, si veda la Tabella 1) entro il limite massimo di 20° in senso orario o antiorario (ANPA, 2001; Asta et al., 2002). Nella stazione CA14 è stato necessario sostituire tutti tre gli alberi a causa della costruzione di una nuova gradinata del campo da rugby a ridosso del filare lungo il quale erano posizionati gli alberi campione. Questa situazione, oltre che compromettere l'accesso agli alberi, determina un'alterazione sostanziale delle condizioni stazionali con forte aumento dell'ombreggiamento e umidità. Gli alberi sostituiti o aggiunti sono comunque del genere *Tilia* come tutti gli altri alberi rilevati. I rilievi sono stati eseguiti nei giorni 3, 4 e 5 marzo 2015.

Il metodo di rilevamento della biodiversità lichenica è basato sulla procedura standardizzata a livello nazionale ed europeo e usualmente utilizzata nel campo del biomonitoraggio (ANPA, 2001;

Asta et al., 2002; Cristofolini et al., 2014) e già utilizzata sia nel 2007 sia nel 2011. Un reticolo di 10 x 50 cm, suddiviso in 5 quadrati uguali, è stato apposto su ciascun albero a 100 cm da terra ai quattro punti cardinali (Figura 1). Per ciascun albero è stata così rilevata la frequenza di ciascuna specie intesa come numero dei quadrati del reticolo in cui essa è presente. Sommando le frequenze di tutte le specie per ciascun albero è stato calcolato l'Indice di Biodiversità Lichenica (IBL) di ogni albero campionato. Per ogni stazione, l'IBL è stato calcolato come la media dei tre alberi. Analogamente, in ciascuna stazione si sono calcolati il numero medio di specie per albero (media delle specie presenti sui tre alberi) e il numero totale di specie.

Le specie non identificate sul campo sono state campionate e identificate in laboratorio mediante analisi macro-morfologica utilizzando uno stereo microscopio, analisi micro-morfologica (spore, corpi fruttiferi, ecc.) utilizzando un microscopio ottico, e test chimici di routine in lichenologia (spot test). In alcuni casi la determinazione è stata possibile solo a livello di genere.

Le caratteristiche ecologiche (in relazione a: pH del substrato, umidità, illuminazione, eutrofizzazione) delle specie sono state ricavate dal database dei licheni italiani (Nimis & Martellos, 2008). In particolare, l'analisi dell'ecologia delle specie è basata sui valori degli indicatori ecologici attribuiti per ogni specie utilizzando una scala ordinale di 5 livelli (Nimis & Martellos, 2008). Anche la nomenclatura è conforme a quella adottata nel database dei licheni d'Italia.

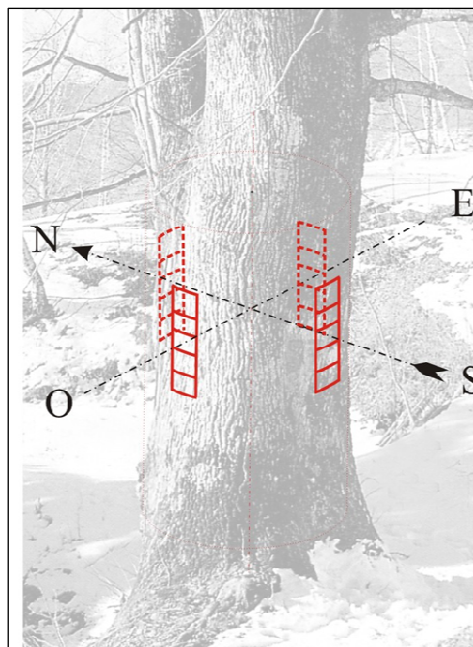


Figura 1: illustrazione della tecnica di rilevamento della biodiversità lichenica sugli alberi utilizzando un reticolo di 10x50 cm, suddiviso in 5 quadrati uguali, apposto a 100 cm da terra ai quattro punti cardinali.

Tabella 1: *Elenco delle stazioni e degli alberi su cui è stato eseguito il rilevamento della biodiversità lichenica.*

Stazione	Tipologia ambientale	Albero	Circonferenza (cm)	Riferimento località	Sostituito o aggiunto rispetto al 2011	Spostamenti del reticolo sul tronco
BL1	area residenziale	1	128	c/o campo sportivo-strada nuova di Baganzola	no	no
BL1	area residenziale	2	98	c/o campo sportivo-strada nuova di Baganzola	no	no
BL1	area residenziale	3	110	c/o campo sportivo-strada nuova di Baganzola	no	no
BL2	agricola esterna	1	156	c/o Strada Pedrignano 55	no	no
BL2	agricola esterna	2	114	c/o Strada Pedrignano 55	no	no
BL2	agricola esterna	3	118	c/o Strada Pedrignano 55	no	no
BL3	agricola interna	1	163	Strada Ugozzolo - c/o civico 59	no	reticolo W spostato 20° verso N
BL3	agricola interna	2	155	Strada Ugozzolo - c/o civico 59	no	reticolo N spostato 20° senso antiorario e E 20° senso orario
BL3	agricola interna	3	172	Strada Ugozzolo - c/o civico 59	no	reticolo E spostato 20° senso antiorario
BL4	area industriale	1	90	Via Paradigna - c/o civico 64	no	no
BL4	area industriale	2	81	Via Paradigna - c/o civico 64	no	reticolo W spostato 20° senso orario
BL4	area industriale	3	93	Via Paradigna - c/o civico 64	no	no
BL5	area residenziale	1	118	Case Nuove - imbocco via Serao	no	reticolo W spostato 20° senso orario
BL5	area residenziale	2	102	Case Nuove - imbocco via Serao	no	no
BL5	area residenziale	3	103	Case Nuove - imbocco via Serao	no	no
CA2	agricola interna	1	113	Pedrignano	si - con il terzo albero del filare	reticolo E spostato 20° verso Sud
CA2	agricola interna	2	92	Pedrignano	no	no
CA2	agricola interna	3	86	Pedrignano	no	no
CA3	agricola interna	1	103	Traversante Paradigna c/o giardino magazzino mobili	no	no
CA3	agricola interna	2	103	Traversante Paradigna c/o giardino magazzino mobili	no	no
CA3	agricola interna	3	82	Traversante Paradigna c/o giardino magazzino mobili	no	no
CA5	agricola esterna	1	92	c/o azienda agricola bivio Strada Borghetto e Strada Torretta	si - con il quinto del filare di DX; 605650, 4968382 fuso 32T	no
CA5	agricola esterna	2	101	c/o azienda agricola bivio Strada Borghetto e Strada Torretta	no	no
CA5	agricola esterna	3	103	c/o azienda agricola bivio Strada Borghetto e Strada Torretta	no	no
CA6	area residenziale	1	91	San Polo- vicino all'asilo	no	no
CA6	area residenziale	2	79	San Polo- vicino all'asilo	si - con il taglio nell'angolo del cortile del civico 13; 607056, 4971418 fuso 32T	no

Segue Tabella 1

Stazione	Tipologia ambientale	Albero	Circonferenza (cm)	Riferimento località	Sostituito o aggiunto rispetto al 2011	Spostamenti del reticolo sul tronco
CA6	area residenziale	3	63	San Polo- vicino all'asilo	si - con il primo albero a Sx entrando nel parco di fronte all'asilo; 607086, 4971494 fuso 32T	no
CA7	agricola esterna	1	114	Case Vecchie	no	no
CA7	agricola esterna	2	149	Case Vecchie	no	no
CA7	agricola esterna	3	109	Case Vecchie	no	reticolo W spostato 20° verso Nord
CA10	area industriale	1	78	Zona Industriale Bogolese	no	no
CA10	area industriale	2	81	Zona Industriale Bogolese	no	no
CA10	area industriale	3	64	Zona Industriale Bogolese	no	no
CA11	agricola interna	1	103	Strada Puppiola- c/o civico 207	no	no
CA11	agricola interna	2	79	Strada Puppiola- c/o civico 207	no	no
CA11	agricola interna	3	74	Strada Puppiola- c/o civico 207	si - con il secondo a Dx del cancello; 604850, 4967327 fuso 32T	no
CA14	area residenziale	1	118	Cà Bianca-campo sportivo	si - primo vicino al pilone dell'illuminazione del campo (primo del filare); 605346, 4964472, 32T	no
CA14	area residenziale	2	114	Cà Bianca-campo sportivo	si - secondo del filare; 605343, 4964456, 32T	reticolo N spostato 20° senso orario
CA14	area residenziale	3	129	Cà Bianca-campo sportivo	si - quarto del filare; 605340, 4964449, 32T	no

1.2 Risultati

1.2.1 Aspetti generali

In totale, nella campagna di monitoraggio 2015 sono state rinvenute 32 specie (Tabella 4) tra cui *Arthonia radiata*, *Diplotomma alboatrum*, *Lecanora leptyroides* e *Physconia enteroxantha* non rinvenute nelle precedenti campagne di monitoraggio. Inoltre, per *Bacidia adastrata*, rinvenuta nella stazione BL1, si tratta del primo ritrovamento a livello nazionale. Si tratta di una specie descritta nel 2003 da Sparrius & Aptroot (2003), tipica di corteccia eutrofizzata.

Le caratteristiche biologiche delle specie sono riassunte nella Tabella 2 in cui si vede che circa metà di esse hanno tallo crostoso e l'altra metà foglioso e che quasi tutte hanno come fotobionte un'alga verde di tipo clorococcoide. Le modalità riproduttive più frequenti sono quella sessuata mediante spore e quella vegetativa mediante soredi.

Tabella 2: Caratteristiche biologiche delle 32 specie rinvenute nel 2015

Forma di crescita	
Tallo crostoso	18 specie
Tallo foglioso	14 specie
Fotobionte	
Alghe verdi clorococcoidi	31 specie
Alghe verdi trentepohlioidi	1 specie
Riproduzione	
Sessuata mediante spore	17 specie
Vegetativa mediante isidi	2 specie
Vegetativa mediante soredi	13 specie

Le caratteristiche ecologiche delle specie sono riassunte nella tabella 3. Si tratta di licheni tipici di substrati subacidi-subneutri, in condizioni di buona illuminazione e meso-xeriche, caratterizzate da una medio-elevata eutrofizzazione.

Rispetto al 2007 e al 2011 non vi sono variazioni di rilievo nelle caratteristiche biologiche ed ecologiche della flora rilevata dal momento che le specie rinvenute sono per la maggior parte le stesse (Tabella 4). Si segnala tuttavia un incremento della percentuale delle specie nitrofile (classi 4 e 5 dell'indicatore di eutrofizzazione).

Tabella 3: Frequenza delle specie nelle 5 classi degli indicatori ecologici. In grassetto i valori relativi all'indice di eutrofizzazione che hanno subito un incremento rispetto alle precedenti campagne di biomonitoraggio.

Classe dell'indicatore ecologico	1	2	3	4	5
Indicatore relativo al pH del substrato	7%	47%	90%	53%	17%
Indicatore relativo alla luminosità	0	0	40%	90%	77%
Indicatore relativo all'umidità	0	13%	83%	53%	10%
Indicatore relativo all'eutrofizzazione	13%	43%	73%	63%	27%

Legenda delle classi degli indicatori ecologici

Indicatore relativo al pH del substrato

1. licheni che crescono su substrati molto acidi
2. licheni che crescono su substrati acidi
3. su substrati da subacidi a subneutri
4. su substrati leggermente basici
5. su substrati basici

Indicatore relativo alla luminosità

1. specie che crescono in situazioni molto ombreggiate
2. specie che crescono in situazioni ombreggiate
3. specie che crescono in siti con abbondante luce diffusa ma scarsa irradiazione solare diretta
4. specie che crescono in siti esposti alla luce, ma che evitano un'intensa irradiazione solare
5. specie che crescono in siti con irradiazione solare molto elevata

Indicatore relativo all'umidità

1. specie che crescono in luoghi molto umidi con una frequenza molto elevata di nebbia
2. specie che crescono in luoghi umidi
3. specie che crescono in luoghi con condizioni intermedie di umidità
4. specie che crescono in luoghi piuttosto secchi, ma non estremamente aridi
5. specie che crescono in luoghi aridi.

Indicatore relativo all'eutrofizzazione

1. nessun fenomeno di eutrofizzazione
2. eutrofizzazione molto debole
3. eutrofizzazione debole
4. eutrofizzazione piuttosto alta
5. eutrofizzazione molto alta

1.2.2 Composizione specifica delle comunità

Le differenze nella composizione specifica delle comunità tra le tre campagne di monitoraggio sono state testate mediante MRPP (Multi-Response Permutation Procedure) utilizzando l'indice di distanza di Sørensen. L'analisi MRPP è stata impiegata per testare le differenze tra i tre anni di campionamento sia a coppie sia sul totale. In questo test il parametro "A" restituisce una misura della distanza tra siti nei diversi anni, più il valore si avvicina allo zero e più gli elementi a confronto sono simili. A questa analisi è stato abbinato un ordinamento mediante lo scaling multidimensionale non metrico (NMDS) che permette una visualizzazione grafica dei risultati.

Queste analisi non evidenziano differenze significative tra i tre anni di monitoraggio ($A = 0,01$; $p > 0,05$), indicando che la composizione delle comunità è rimasta confrontabile nel corso degli anni (Figura 2). Tuttavia, per alcune stazioni si osserva una certa dinamica (linee tratteggiate rosse in Figura 2), come ad esempio nel caso delle stazioni CA3, CA7 e CA14. Al contrario, in molti casi le variazioni sono molto limitate (linee tratteggiate azzurre in Figura 2) come ad esempio nelle stazioni BL5 e CA5.

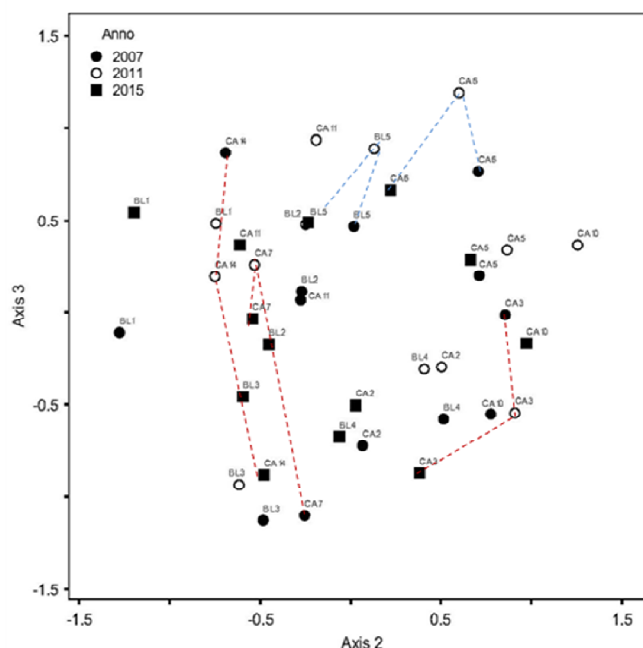


Figura 2: Biplot che illustra la distribuzione delle stazioni nello spazio delle specie. Le stazioni sono classificate in base all'anno di rilevamento. L'analisi ha portato ad una soluzione tridimensionale che ha uno stress del 9,2% e una instabilità pari a 0.00008. La varianza totale spiegata è del 90,6% di cui il 36,1% e 41,2% è spiegata dagli assi 2 e 3 rappresentati nella figura. Le linee tratteggiate rosse indicano alcuni esempi di stazioni che denotano una certa dinamica composizionale nei tre anni di campionamento, mentre quelle azzurre indicano stazioni con una composizione molto stabile nel tempo.

Le dinamiche composizionali evidenziate sopra sono molto probabilmente determinate da quelle di alcune specie particolarmente comuni che hanno fatto registrare alcune variazioni di abbondanza nel corso degli anni (evidenziate in grassetto in Tabella 4). Ad esempio, nella stazione CA3 le frequenze di *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens* e *Xanthoria parietina* sono diminuite, mentre è aumentata quella di *Physconia grisea*. Questa specie, ritenuta una delle più indicative rispetto ad un inquinamento da sostanze azotate (Fрати et al., 2007), in generale è divenuta più comune ed abbondante in tutta l'area di studio, passando da 8 a 13 stazioni, e da una frequenza totale di 104 a 330 tra il 2007 e il 2015.

Le comunità licheniche più comuni sono quelle dello *Xanthorion parietinae* e del *Lecanorion*, spesso tra loro mescolate e caratterizzate ad esempio da specie come *Candelaria concolor*, *Physcia adscendens* e *Physconia grisea* nel primo caso e da *Lecanora chlarotera* e *Lecidella elaeochroma* nel secondo caso. La comunità del *Parmelion* sono praticamente assenti, salvo la sporadica presenza in alcune stazioni di *Parmelina tiliacea*, unica specie di questa comunità rinvenuta nel 2015.

Tabella 4: Elenco comparativo delle specie rinvenute nelle tre campagne di monitoraggio (2007, 2011 e 2015). Per ciascuna specie sono indicati: a) la frequenza complessiva (F) espressa come numero di maglie del reticolo di rilevamento in cui la specie è presente; b) il numero di stazioni in cui la specie è presente. In grassetto sono segnalate le specie che denotano una certa dinamica temporale.

Specie	F 2007	F 2011	F 2015	N stazioni 2007	N stazioni 2011	N stazioni 2015
Arthonia radiata (Pers.) Ach.	0	0	2	0	0	1
Bacidia adastrata Sparrius & Aptroot	0	0	9	0	0	1
Bacidina delicata (Leight.) V.Wirth & Vezda cfr.	7	0	0	1	0	0
Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins & Scheid.	0	23	7	0	1	1
Caloplaca pyracea (Ach.) Th.Fr.	1	0	0	1	0	0
Caloplaca sp.	0	0	1	0	0	1
Candelaria concolor (Dicks.) Stein	353	472	425	13	13	13
Candelariella efflorescens auct. eur.	0	54	24	0	6	4
Candelariella reflexa (Nyl.) Lettau	223	297	288	11	12	12
Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau	101	120	155	7	10	11
Catillaria nigroclavata (Nyl.) Schuler	10	45	66	2	7	7
Diplotomma alboatrum (Hoffm.) Flot.	0	0	2	0	0	1
Flavoparmelia caperata (L.) Hale	1	1	0	1	1	0
Hyperphyscia adglutinata (Flörke) H.Mayrhofer & Poelt	189	217	211	12	13	12
Lecania cyrtella (Ach.) Th.Fr.	6	21	22	2	2	4
Lecanora carpinea (L.) Vain.	5	3	1	1	1	1
Lecanora chlarotera Nyl.	32	35	25	5	8	7
Lecanora hagenii (Ach.) Ach.	138	273	205	4	13	12
Lecanora leptyroides (Nyl.) Degel.	0	0	2	0	0	1
Lecanora sp.	59	6	17	5	1	2
Lecidella elaeochroma (Ach.) M.Choisy	111	104	53	10	11	9
Melanohalea exasperatula (Nyl.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch	3	2	0	1	1	0
Parmelia sulcata Taylor	1	3	0	1	2	0
Parmelina tiliacea (Hoffm.) Hale	3	2	6	2	2	3
Phaeophyscia chloantha (Ach.) Moberg	8	39	36	2	6	4
Phaeophyscia hirsuta (Mereschk.) Essl.	2	11	7	1	2	3
Phaeophyscia nigricans (Flörke) Moberg	0	18	19	0	1	4
Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg	545	600	417	13	13	13
Phaeophyscia sp.	25	8	5	1	1	1
Physcia adscendens (Fr.) H.Olivier	306	377	289	12	13	12
Physcia clementei (Turner) Maas Geest.	0	1	0	0	1	0
Physconia enteroxantha (Nyl.) Poelt	0	0	2	0	0	1
Physconia grisea (Lam.) Poelt ssp. grisea	104	225	330	8	11	13
Punctelia subrudecta (Nyl.) Krog	2	0	0	1	0	0
Rinodina oleae Bagl.	15	9	6	5	3	4
Scoliciosporum umbrinum (Ach.) Arnold	6	4	3	1	1	1
Xanthoria fallax (Hepp) Arnold	14	0	11	2	0	1
Xanthoria fulva (Hoffm.) Poelt & Petutschnig	0	19	4	0	4	2
Xanthoria parietina (L.) Th.Fr.	193	272	165	11	12	12

1.2.3 Ricchezza specifica e Indice di Biodiversità Lichenica (IBL)

A livello di stazione si sono rinvenute in media $13,3 \pm 2,2$ specie, mentre a livello di albero si sono rinvenute in media $9,2 \pm 2,1$ specie, valori questi sostanzialmente identici a quelli rinvenuti nel 2011 e maggiori rispetto a quelli del 2007 (Tabella 5).

Tabella 5: Comparazione tra le tre campagne di rilevamento 2007-2011-2015 in termini di ricchezza specifica e percentuale di specie nitrofile nelle 13 stazioni (sia a livello di stazione, sia di singolo albero). I valori in grassetto indicano le stazioni che denotano una situazione dinamica. I valori medi per ciascuna campagna di rilevamento sono riportati a fondo della tabella. Lettere diverse indicano differenze significative ($P < 0,05$; ANOVA) tra i diversi anni di campionamento.

Stazione	N specie/stazione			N specie/albero			% Nitrofile/stazione			% Nitrofile/albero		
	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015
BL1	10	13	13	8	10,33	12,33	80	84,62	76,92	79,17	88,38	75,64
BL2	10	14	13	6,333	10	11	80	71,43	76,92	90,48	83,33	81,82
BL3	5	10	11	3	6	6,667	100	80	72,73	100	75,79	90,91
BL4	10	13	11	7	8,667	6,333	80	76,92	90,91	91,07	91,67	96,67
BL5	13	16	15	9	12,67	11	69,23	68,75	66,67	78,43	76,59	76,4
CA2	9	11	14	6,333	8	8	88,89	100	85,71	95,83	100	92,13
CA3	9	11	9	7,667	7	6	100	90,91	88,89	100	95,24	95,24
CA5	13	11	13	10	8,667	10	92,31	90,91	76,92	93,27	87,78	87,78
CA6	13	15	14	10,67	12,33	9	69,23	73,33	71,43	85	83,76	77,59
CA7	7	13	16	2,333	10,67	10,33	71,43	92,31	81,25	63	90,61	83,5
CA10	14	17	17	10	12,33	11,67	57,14	64,71	70,59	65	70,3	68,38
CA11	15	16	16	9,667	12	10,33	66,67	81,25	81,25	75,56	83,85	90,74
CA14	8	12	12	5,667	9	7,667	75	91,67	83,33	87,78	95,83	89,18
Media	10,46a	13,23b	13,38b	7,36a	9,82b	9,26b	79,22a	82,06a	78,73a	84,97a	86,39a	85,07a
DS	2,96	2,24	2,29	2,63	2,15	2,13	13,08	10,73	7,33	12,11	8,63	8,61

Alcune stazioni sono caratterizzate da una evidente dinamica temporale dei valori di ricchezza specifica, come ad esempio nel caso delle stazioni BL1, BL2, BL3, CA2, CA7 e CA10 dove si evidenzia un trend di incremento a partire dal 2007, particolarmente evidente a livello di albero. Il contributo delle specie nitrofile alla ricchezza specifica e alla composizione delle comunità è rimasto pressoché invariato nel corso degli anni con una media di circa l'80% e 85% a livello di stazione e di albero, rispettivamente.

Il pattern temporale dei valori dell'IBL non evidenzia differenze significative tra i diversi anni di campionamento anche se si può notare una tendenza negativa rispetto al 2011, ad esempio nelle stazioni BL2, CA3, CA6, CA7, CA14 (Tabella 6). In alcune di esse i valori medi sono più bassi anche rispetto al 2007. Al contrario tuttavia, le stazioni BL1 e BL3 denotano una tendenza opposta

con valori più elevati nel 2015. La percentuale di IBL determinata dalla frequenza delle specie nitrofile è sempre molto elevata, con medie superiori al 90% in tutte tre le campagne di monitoraggio.

Tabella 6: Comparazione tra le tre campagne di rilevamento in termini di valori dell'Indice di Biodiversità Lichenica (IBL) e di percentuale dell'indice determinata dalle specie nitrofile nelle 13 stazioni. I valori in grassetto indicano alcune situazioni dinamiche nell'arco temporale considerato. A fondo della tabella sono riportati i valori medi e la deviazione standard per ciascun anno di campionamento; non ci sono differenze significative tra le medie nei diversi anni di monitoraggio (test ANOVA).

Stazione	IBL			% IBL Nitrofile		
	2007	2011	2015	2007	2011	2015
BL1	83	97	107	74	92	78
BL2	63	95	81	98	93	90
BL3	17	32	46	100	90	97
BL4	54	55	44	96	98	100
BL5	75	102	90	91	90	88
CA2	51	63	62	97	100	96
CA3	67	58	42	100	99	99
CA5	80	87	81	99	96	93
CA6	97	120	81	97	95	94
CA7	19	82	64	85	88	79
CA10	96	107	94	81	87	86
CA11	72	112	96	79	92	94
CA14	78	77	51	95	99	89
Media	66	84	72	92	94	91
DS	25	26	22	9	4	7

Utilizzando due scale di interpretazione dei valori dell'IBL in termini di naturalità/alterazione proposte per contesti ambientali simili a quello dell'area di studio (Castello & Skert, 2005; Isocrono et al., 2007; Tabelle 7 e 8) si vede che oltre la metà delle stazioni ricadono nelle classi più elevate, corrispondenti ad un giudizio ambientale di naturalità medio-alta-molto alta (Tabella 9).

Tabella 7: Scala di interpretazione di valori di IBL proposta da Castello & Skert (2005)

Classe	Intervallo	
	IBL	Giudizio
1	0	alterazione molto alta
2	1-15	alterazione alta
3	16-30	alterazione media
4	31-35	alterazione bassa/naturalità bassa
5	36-60	naturalità media
6	61-75	naturalità alta
7	>75	naturalità molto alta

Tabella 8: Scala di interpretazione di valori di IBL proposta da Isocrono et. al. (2007)

Classe	Intervallo	
	IBL	Giudizio
1	0	deserto lichenico
2	1--15	alterazione molto alta
3	16-30	alterazione alta
4	31-35	alterazione media
5	36-60	alterazione bassa
6	61-75	naturalità bassa
7	76-90	naturalità media
8	>90	naturalità elevata

Rispetto alle precedenti campagne di monitoraggio si nota che, nel periodo 2007-2015, in tre-quattro stazioni (BL4, CA3, CA6 e CA14) si ha un trend negativo con passaggio ad una (o due) classi di IBL inferiori, mentre in sei-sette stazioni (BL1, BL2, BL3, BL5, CA2, CA7 e CA11) si registra un trend opposto con passaggio a classi superiori dell'IBL. Rispetto al 2011 le variazioni sono principalmente negative, con sei stazioni in relativo peggioramento (scala Isocrono et al., 2007).

Tabella 9: Comparazione delle classi dell'IBL tra 2007, 2011 e 2015 applicando due scale interpretative adottate in contesti ambientali simili.

Classi IBL (Castello & Skert, 2005)					
Stazione	2007	2011	2015	Variazione 2007-2015	Variazione 2011-2015
BL1	7	7	7	0	0
BL2	6	7	7	1	0
BL3	3	4	5	2	1
BL4	5	5	4	-1	-1
BL5	6	7	7	1	0
CA2	5	6	6	1	0
CA3	6	5	5	-1	0
CA5	7	7	7	0	0
CA6	7	7	7	0	0
CA7	3	7	6	3	-1
CA10	7	7	7	0	0
CA11	6	7	7	1	0
CA14	7	7	5	-2	-2

Classi IBL (Isocrono et al., 2007)					
Stazione	2007	2011	2015	Variazione 2007-2015	Variazione 2011-2015
BL1	7	8	8	1	0
BL2	6	8	7	1	-1
BL3	3	4	5	2	1
BL4	5	5	4	-1	-1
BL5	6	8	7	1	-1
CA2	5	6	6	1	0
CA3	6	5	5	-1	0
CA5	7	7	7	0	0
CA6	8	8	7	-1	-1
CA7	3	7	6	3	-1
CA10	8	8	8	0	0
CA11	6	8	8	2	0
CA14	7	7	5	-2	-2

Tuttavia, come già sottolineato nella relazione del 2011, nell'interpretare questi risultati è opportuno considerare anche l'ecologia delle specie e valutare quali siano quelle che maggiormente determinano questo pattern. In particolare, è da sottolineare il forte contributo apportato ai valori, in genere elevati, dell'IBL e della ricchezza specifica da parte di specie nitrofile delle comunità dello Xanthorion in tutte tre le campagne di monitoraggio (Tabelle 5, 6). In situazioni ambientali analoghe (pianura friulana) Skert & Grahonja (2013) ipotizzano che gli alti valori dell'IBL siano associabili a processi spinti di eutrofizzazione da agricoltura intensiva, piuttosto che ad alti valori di naturalità ambientale. Questo aspetto, legato all'interpretazione dell'IBL in situazioni di eutrofizzazione, è stato discusso da Loppi & Nascimbene (2010) che illustrano come in simili contesti vi sia il rischio di sovrastimare i valori di IBL in termini di naturalità. L'eutrofizzazione,

favorendo l'insediamento e la diffusione di specie nitrofile, potrebbe infatti mascherare l'effetto sulle comunità licheniche di sostanze fitotossiche.

2. PRELIEVO DI CAMPIONI DI LICHENI PER L'ANALISI DEL BIOACCUMULO DI METALLI PESANTI

2.1 - Campionamento dei talli lichenici

Nelle 18 stazioni assegnate (Tabella 10) si è proceduto a prelevare talli del lichene *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. da sottoporre ad analisi di bioaccumulo di metalli pesanti. Questa specie a tallo folioso e semplice da identificare è tra quelle più di frequente utilizzate in studi di bioaccumulo con licheni (si veda ad esempio Loppi, 1999; Tretiach & Baruffo, 2001) ed è la stessa utilizzata nel 2007 e nel 2011 per questo tipo di indagine. Solo in un caso, tuttavia, è stato necessario sostituire una stazione per l'impossibilità di recuperare la quantità di materiale necessario per le determinazioni analitiche, analogamente a quanto rilevato nelle stazioni interessate dalla sostituzione degli alberi interessati dal monitoraggio della diversità lichenica a causa dell'eccessivo proliferare di coperture di briofite. Nello specifico, si tratta della stazione 2 (=CA3) sostituita con una nuova stazione (che mantiene la numerazione iniziale) posta nei pressi del sito di prelievo 14 (strada Ugozzolo n. 45). In Figura 3 si riporta la nuova collocazione (con coordinate UTM32 pari a: 607267.8 E, 4964842.8 N).

Tabella 10: Siti per l'analisi del bioaccumulo.

Punto	Area	Indicativo area
Licheni rif.to 1	Agricola interna-zona Pedrignano	CA2
Licheni rif.to 2	Rotonda al termine di Strada Ugozzolo	
Licheni rif.to 3	Agricolo, strada Veronica incrocio Strada Naviglio	CA4
Licheni rif.to 4	Naturale-strada Borghetto	CA5
Licheni rif.to 5	Residenziale- via Verdi c/o Sala civica (San Polo di Torrile)	CA6
Licheni rif.to 6	Industriale-via Moneta c/o sollevamento SPIP	CA8
Licheni rif.to 7	Agricolo area ricadute fascia autostrade- strada Pedrignano fronte civico 19	CA9
Licheni rif.to 8	Industriale-via Ferrari c/o ditta Pagani Pompe-Sorbolo	CA10
Licheni rif.to 9	Agricolo area ricadute fascia autostrade- va Moletolo 169	CA11

Punto	Area	Indicativo area
Licheni rif.to 10	Residenziale-viale Europa C/o parcheggio Circolo Inzani	CA14
Licheni rif.to 11	Cascina Nuova canale naviglio	-
Licheni rif.to 12	Baganzola	-
Licheni rif.to 13-	Case Nuove Campionatore passivo	-
Licheni rif.to 14	Strada Ugozzolo 45	-
Licheni rif.to 15	Angolo Via Bacchelli con traversante S. Leonardo	-
Licheni rif.to 16	Via Galantina - Vicomero	-
Licheni rif.to 17	Loc. Palazzina angolo V. Gorbias con Strada Viazza	-
Licheni rif.to 18	Zona Borghetto Grande - Via Atanasi	-

Il campionamento dei talli è stato condotto secondo gli standard indicati in Nimis & Bargagli (1999) e Nimis et al. (2002) che prevedono di prelevare i campioni su alberi con inclinazione non superiore a 10°, privi di segni evidenti di disturbo, di parti in cui vi sia periodico scolo di acqua piovana, di superfici decorticate e con relativa scarsità di briofite epifite. Inoltre, il campionamento è avvenuto in giornate rispondenti agli standard meteorologici indicati in Nimis & Bargagli (1999), ovvero in giornate non piovose e non a ridosso di giorni con rilevanti precipitazioni.

In ogni stazione, si sono raccolti 3 campioni su alberi diversi. Su ogni albero i talli sono stati raccolti a diverse altezze (sempre superiori a 1 m per evitare la contaminazione da materiale terrigeno) e a diverse esposizioni. I talli sono stati staccati dall'albero con una lama di acciaio inossidabile e sono stati riposti in capsule petri sterili.

Il campionamento è stato eseguito in concomitanza con la caratterizzazione della diversità lichenica, nei giorni 3, 4 e 5 marzo 2015.



Figura 3: localizzazione della nuova stazione 2 (rispetto all'originale = ex 2 e al sito 14).

2.3 - Preparazione dei campioni per le analisi

Il materiale lichenico è stato minuziosamente ripulito allo stereomicroscopio per eliminare materiali estranei. Le operazioni di pulitura sono state effettuate indossando guanti in lattice privi di talco e avendo cura di evitare qualsiasi potenziale contaminazione da metalli. In accordo con le indicazioni metodologiche di Bargagli & Nimis (2002), è stata utilizzata soltanto la parte periferica (2-3 mm) di ciascun tallo in modo da ottenere campioni tra loro più omogenei possibile per quanto riguarda il tempo di esposizione. Il materiale così ottenuto è stato prima disseccato a temperatura ambiente (H_2O residua minore del 3%) e poi polverizzato in un mortaio di ceramica. Il peso dei campioni così ottenuti variava tra 800 e 1250 mg. Il materiale polverizzato è stato inserito in boccetti vials in HDPE da scintillazione (da 20 ml) e trasferito al laboratorio per le analisi.

3. RISULTATI DELL'ANALISI DEL BIOACCUMULO

Le analisi degli inquinanti accumulati nei talli di *Xanthoria parietina* sono state condotte da ARPA Ravenna. Pertanto, per quanto riguarda le metodiche analitiche utilizzate al fine di determinare il contenuto di metalli pesanti e il bioaccumulo di altri inquinanti come IPA, Policlorobifenili, Diossine e Furani si rimanda alle relazioni generali di progetto (*Proposta di monitoraggio ambientale "Post - operam" (esercizio) per l'anno 2015, Revisione 1, Gennaio 2015*). Si precisa che le analisi sono state condotte su un unico campione per ogni stazione, derivante dall'accorpamento dei tre campioni raccolti in ciascuna di esse.

I dati acquisiti nell'anno 2015, limitatamente ai metalli pesanti (e nello specifico per Hg, Pb, Ni, Cd, Mn, As, Cr, e Cu), sono stati comparati con le informazioni acquisite nel corso dei monitoraggi 2007 e 2011 (Tabella 11). Si ricorda che i dati riportati in tabella rappresentano i valori medi di tre misurazioni indipendenti per gli anni 2007 e 2011, mentre per il 2015 si riferiscono ad un unico campione risultante dall'accorpamento dei tre campioni raccolti in ciascuna stazione). Per i restanti metalli (Sb, Ar, Co, Sn, Tl, V, e Zn) si rimanda alla tabella in allegato (Allegato 1), mentre per gli IPA, Policlorobifenili, Diossine e Furani (non analizzati nelle scorse campagne) si propongono delle tabelle riassuntive.

3.1 – Analisi dei metalli pesanti

Nel 2011 e 2015 l'Hg tende ad assumere concentrazioni inferiori al limite di rilevazione/quantificazione (<1.5 e 0.2 mg kg^{-1} , rispettivamente per il 2011 e 2015), mentre nella prima indagine condotta nel 2007 presentava concentrazioni comprese tra 2.0 e 0.1 mg kg^{-1} con un valore medio pari a $0.32 \pm 0.44 \text{ mg kg}^{-1}$ (\pm deviazione standard). Solo le stazioni BL1 e BL5 mostrano valori determinabili nel 2015, rispettivamente pari a 1.1 e 0.3 mg kg^{-1} .

Per Pb, Ni e Cd si osserva una notevole variabilità tra stazioni e differenze tra anni che non sembrano essere in relazione reciproca e causale, a eccezione delle stazioni CA2, CA3, CA8 e CA11 per le quali si è misurato un incremento superiore al 50% delle concentrazioni tra 2007 e 2011, mentre nell'arco degli ultimi 4 anni si è osservata una stabilizzazione dei valori. Analoghi risultati sono stati registrati per quanto riguarda il Mn, sebbene per questo metallo il dato 2015 sia relativamente maggiore in quasi tutte le stazioni monitorate.

Se nel corso della seconda campagna di misure As era risultato sempre determinabile con valori relativamente elevati compresi tra 4.4 e 1.1 mg kg^{-1} , nel 2007 e soprattutto nel 2015 risulta

indeterminabile, anche se nel 2015 il limite di rilevabilità strumentale era piuttosto elevato (fissato a 2 mg kg^{-1}).

In termini assoluti, le differenze più marcate sono state rilevate per gli elementi Cr e Cu, che mostrano una grande variabilità tra anni e stazioni senza mostrare tendenze significative, almeno per quanto riguarda le quantità in gioco. Cr mostra valori nel 2015 relativamente più bassi di quelli del 2011, con medie rispettivamente di $9.4 (\pm 5.4; \pm \text{deviazione standard})$ e $15.0 (\pm 17.0)$. Evidenze analoghe sono state raccolte per il Cu che passa da un valore medio di 40.0 ± 49.0 del 2011 a 21.0 ± 12.0 nel 2015, riducendo di molto la variabilità tra siti.

Tabella 11. Bioaccumulo di metalli pesanti nel lichene *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. Concentrazione in mg kg^{-1} . In rosso sono riportati i dati riferiti alla campagna di biomonitoraggio del 2015 (n.r.: non rivelato, inferiore al limite di rivelazione (0.45 mg kg^{-1}); LOQ: limite di quantificazione per Hg = 1.5 mg kg^{-1} ; Pb = 1.2 mg kg^{-1} ; Cd = 0.06 mg kg^{-1} ; As = 1.6 mg kg^{-1}).

RIF	Hg			Pb			Ni			Cd			Mn			As			Cr			Cu		
	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015
CA2	0.3	n.r.	<0.2	2.1	3	3.0	2.7	3.4	5.9	<0.2	<LOQ	<0.5	24	31.3	40	<0.2	2.4	<2	2.7	5.7	5.4	10	9.8	17.9
CA3	0.1	<LOQ	<0.2	2.3	4.4	2.9	1.7	6	4.3	<0.2	<LOQ	<0.5	16	38	64.4	<0.2	3.2	<2	2.8	11.4	6	8.6	14.5	29.6
CA4	2.0	<LOQ	<0.2	4.2	7.2	2.0	3.5	8.9	2.5	<0.2	0.2	<0.5	23	65.8	20.8	<0.2	4.1	<2	6.2	13.3	4.1	8.6	190	14.1
CA5	0.2	<LOQ	<0.2	2.3	4.4	5.2	10	11	8.3	<0.2	0.1	<0.5	27	37.7	44.3	<0.2	3	<2	8.8	50.2	9.8	7.3	99.2	14.4
CA6	0.1	<LOQ	<0.2	2.8	2.6	3.8	2.1	1.9	8.1	<0.2	0.05	<0.5	17	19.3	51.9	<0.2	1.1	<2	2.4	2.8	6.3	6.9	8.2	14.6
CA8	0.2	<LOQ	<0.2	4.1	7.3	6.2	4	11.8	12.2	0.8	0.9	1.9	20	49.7	45.2	<0.2	3.2	<2	6.9	21	23.8	9.7	47.4	17.5
CA9	0.2	<LOQ	<0.2	1.4	3	5.0	1.1	2.2	6.1	<0.2	0.07	<0.5	29	28.3	74.7	<0.2	1.8	<2	1.8	3.6	9.6	12	15.2	17.8
CA10	0.5	<LOQ	<0.2	6	4.6	3.2	4.1	8.1	11.6	<0.2	<LOQ	<0.5	26	24.3	27.3	<0.2	2.3	<2	6.6	16.2	23	9	11.7	16.4
CA11	0.2	<LOQ	<0.2	1.4	4.3	3.0	1.5	3.6	4.2	<0.2	0.07	<0.5	16	28.9	24.8	<0.2	2.3	<2	1.9	5	7.8	37	77.7	29.0
CA14	0.3	<LOQ	<0.2	3.1	3	3.7	3	4.2	7.0	<0.2	0.09	<0.5	29	24.4	48.9	<0.2	2.3	<2	3.2	7.7	10.9	13	10.7	17.9
11	0.2	<LOQ	<0.2	2	2.7	2.4	1.7	3.2	4.2	0.2	0.2	<0.5	19	27.6	26.9	<0.2	2	<2	2.3	43.9	7.6	8.6	94.2	14.9
BL1	0.1	n.r.	1.1	3.5	2.8	4.8	2.1	2.5	5.8	1	0.7	0.84	20	29	41.9	0.2	1.8	<2	1.3	3.8	10.1	9.5	11.9	23.6
BL5	0.1	n.r.	0.3	1.4	3.1	3.3	2	4.5	5.4	0.3	0.07	<0.5	20	28.1	26.3	<0.2	2.3	<2	2.2	7.9	8.2	9.7	14.5	25.2
14	0.4	<LOQ	<0.2	1.6	1.5	2.2	2.1	1.8	3.0	<0.2	<LOQ	<0.5	20	20.5	23.2	<0.2	1.3	<2	2.6	2.9	6.1	9.1	12.3	64.6
15	0.1	<LOQ	<0.2	2.4	2.2	4.3	3.1	2.6	3.8	<0.2	0.08	<0.5	24	21.2	32.9	<0.2	<LOQ	<2	4	5.1	8.2	10	11.3	18.7
16	0.1	<LOQ	<0.2	1.5	<LOQ	2.7	1.8	1.2	3.6	<0.2	<LOQ	<0.5	17	20.3	43.1	<0.2	<LOQ	<2	1.8	1.7	6.1	6.7	6.7	12.8
17	0.2	n.r.	<0.2	1.7	2.7	4.9	1.3	2.8	4.8	<0.2	0.1	<0.5	17	38.4	43.4	0.1	1.9	<2	1.7	4.8	9	6.8	8.7	15.7
18	0.4	<LOQ	<0.2	1.7	2	2.8	3.5	2.8	4.0	<0.2	0.1	<0.5	17	31.1	44.9	0.4	1.7	<2	4.5	54.3	6.9	8.4	73.3	10.5

Complessivamente, la situazione qualitativa delle stazioni, valutata in termine di Naturalità/Alterazione, risulta peggiorata. Nelle tabelle seguenti sono riportati: 1) i valori di riferimento per l'interpretazione dei valori di bio-accumulo, così come codificati da Nimis & Bargagli (1999) (Tabella 12); 2) la comparazione tra le classi di Naturalità e Alterazione (sempre *sensu* Nimis & Bargagli, 1999) per ciascuna stazione, per ciascun metallo (Tabella 13), per le tre stagioni di analisi; 3) il numero di stazioni che per ogni elemento considerato ricadono in ciascuna delle classi di Naturalità/Alterazione (Tabella 14).

Tabella 12. Scala per l'interpretazione dei valori di bioaccumulo nei licheni in termini di Naturalità/Alterazione, secondo Nimis & Bargagli (1999).

Classe	Naturalità/Alterazione	Colori	As	Cd	Cr	Mn	Hg	Ni	Pb	Cu
1	Naturalità molto alta	Blu	<0.2	<0.2	<1.2	<20	<0.07	<1	<4	<7
2	Naturalità alta	Verde scuro	0.6	0.4	2.2	25	0.13	2	10	10
3	Naturalità media	Verde chiaro	1.2	0.8	4.0	35	0.20	3	25	15
4	Naturalità / Alterazione basse	Giallo	1.9	1.4	6.0	60	0.29	5	55	25
5	Alterazione media	Arancione	2.4	2.0	9.0	90	0.42	6	80	34
6	Alterazione alta	Rosso	3.0	2.6	16	140	0.74	8	108	53
7	Alterazione molto alta	Cremisi	>3.0	>2.6	>16	>140	>0.74	>8	>108	>53

Tabella 13. Tabella comparativa tra i tre anni di monitoraggio: per ciascuna stazione è indicata la classe di Naturalità/Alterazione in cui ricade ciascun elemento.

RIF	Hg			Pb			Ni			Cd			Mn			As			Cr			Cu		
	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015
1	5	1	3	1	1	1	3	4	5	1	1	2	2	3	4	1	5	4	3	4	4	2	2	4
2	2	1	3	1	2	1	2	5	4	1	1	2	1	4	5	1	7	4	3	6	5	2	2	5
3	7	1	3	2	2	1	4	7	3	1	2	2	2	5	2	1	7	4	5	6	4	2	7	3
4	3	1	3	1	2	2	7	7	7	1	1	2	3	4	4	1	6	4	5	7	6	2	7	3
5	2	1	3	1	1	1	3	2	7	1	1	2	1	1	4	1	3	4	2	2	5	1	2	3
6	3	1	3	2	2	2	4	7	7	3	4	5	2	4	4	1	7	4	5	7	7	2	6	4
7	3	1	3	1	1	2	2	2	6	1	1	2	3	3	5	1	4	4	2	3	6	3	4	4
8	6	1	3	2	2	1	4	7	7	1	1	2	3	2	3	1	5	4	5	7	7	2	3	4
9	3	1	3	1	2	1	2	4	4	1	1	2	1	3	2	1	5	4	2	4	5	6	7	5
10	5	1	3	1	1	1	4	4	6	1	1	2	3	2	4	1	5	4	3	5	6	3	3	4
11	3	1	3	1	1	1	2	4	4	2	2	2	1	3	3	1	5	4	3	7	5	2	7	3
12	2	1	7	1	1	2	3	3	5	3	2	4	2	3	4	1	4	4	2	3	6	2	3	4
13	2	1	5	1	1	1	2	5	5	2	1	2	2	3	3	1	5	4	3	5	5	2	3	5
14	5	1	3	1	1	1	3	2	3	1	1	2	2	2	2	1	4	4	3	3	5	2	3	7
15	2	1	3	2	1	2	4	3	4	1	1	2	2	2	3	1	1	4	3	4	5	2	3	4
16	2	1	3	1	1	1	2	2	4	1	1	2	1	2	4	1	1	4	2	2	5	1	1	3
17	3	1	3	1	1	2	2	3	4	1	1	2	1	4	4	2	4	4	2	4	6	1	2	4
18	5	1	3	1	1	1	4	3	4	1	1	2	1	3	4	2	4	4	4	7	5	2	7	3

Tabella 14. Tabella sinottica di comparazione tra i due anni di monitoraggio (2007 e 2011): numero di stazioni che per ogni elemento considerato ricadono in ciascuna delle classi di Naturalità/Alterazione (Nat/Alt; secondo Nimis & Bargagli, 2009).

Classe	Nat/Alt	Hg			Pb			Ni			Cd			Mn			As			Cr			Cu		
		2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015	2007	2011	2015
1	Nat molto alta	18			15	12	12				14	14		7	1		17	2					3	1	
2	Nat alta	6			3	6	6	7	3		2	2	16	7	5	3	1			5	1		12	3	
3	Nat media	6		16				5	5	2	2	2	1	4	7	4		1		8	4		2	7	6
4	Nat/Alt basse							5	5	7			1		4	9		5	18	1	4	2		1	8
5	Alt media	4		1						3					1	2		6		4	2	9			3
6	Alt alta	1							1	2								1			2	5	1		
7	Alt molto alta	1		1				1	4	4							3			5	2		6		1

Nel complesso, la situazione rilevata nel 2015 indica un'ulteriore peggioramento rispetto a quanto rilevato nella fase 2007–2011, peggioramento attestato dalla maggiore frequenza di siti in categorie di Alterazione 4–5 (Tabella 14). Questi risultati sono in sintonia con quelli derivanti dal rilevamento della biodiversità lichenica. Le situazioni più critiche riguardano gli elementi Ni e Cr, mentre il Cu presenta un elevato aumento di siti in classe di alterazione bassa (= 4) e una riduzione di quelli molto alte (= 7).

Questo pattern è meglio delineato enucleando il numero di elementi che per ogni stazione ricadono nelle differenti classi di Naturalità/Artificialità (Tabella 15); si osserva, infatti, un chiaro incremento delle classi 4 e 5 (da naturalità/alterazione bassa ad alterazione media) che raddoppiano la propria rappresentatività tra 2007 e 2015. Tuttavia, si ha anche una diminuzione della classi molto alte (che dimezzano tra 2007 e 2015, da 19 a 8).

Tabella 15. Numero di elementi che per ogni stazione ricadono in ciascuna delle classi di Naturalità/Alterazione.

ST	C1			C2			C3			C4			C5			C6			C7		
	2011	2007	2015	2011	2007	2015	2011	2007		2011	2007	2015	2011	2007	2015	2011	2007	2015	2011	2007	2015
CA2	3	3	1	1	2	1	1	2	1	2	0	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0
CA3	2	4	1	1	3	1	1	1	1	1	0	2	0	0	5	2	0	0	1	0	0
CA4	1	2	1	2	3	2	0	0	3	0	1	2	1	1	0	1	0	0	4	0	0
CA5	2	3	0	1	1	2	0	2	2	1	0	2	0	1	0	1	0	1	3	1	1
CA6	4	5	1	2	1	1	2	2	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1
CA8	1	1	0	1	3	1	1	2	1	1	1	3	1	0	1	0	0	0	4	0	2
CA9	3	3	0	0	2	3	3	3	1	2	0	2	0	0	1	0	0	2	0	0	0
CA10	2	2	1	2	2	1	1	2	0	1	2	1	1	1	0	0	1	0	2	0	2
CA11	2	4	1	1	2	2	1	1	1	2	0	2	1	0	2	0	1	0	1	0	0
CA14	3	3	1	1	0	1	1	4	1	1	0	3	2	1	0	0	0	2	0	0	0
11	2	3	1	1	3	1	1	2	3	1	0	2	1	0	1	0	0	0	2	0	0
BL1	2	2	0	0	4	1	5	2	0	1	0	4	0	0	1	0	0	1	0	0	1
BL5	3	2	1	0	5	1	2	1	1	1	0	1	2	0	4	0	0	0	0	0	0
14	3	3	1	2	2	2	2	2	2	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
15	4	3	0	1	3	2	2	1	2	1	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
16	5	5	1	3	3	1	0	0	2	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
17	3	5	0	1	2	2	1	1	1	3	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0
18	3	3	1	0	2	1	2	0	2	1	2	3	0	1	1	0	0	0	2	0	0

In generale, per quanto riguarda le concentrazioni di Hg si osserva una situazione invariata rispetto al 2011 (anno in cui si era rilevato un netto miglioramento delle concentrazioni rispetto al 2007); analogamente, anche il Pb mostra minimi scostamenti tra gli anni monitorati, in termini di valori medi si passa, infatti, da 2.5 (± 1.2), a 3.6 (± 1.6) e 3.6 (± 1.2) mg Pb kg⁻¹ (rispettivamente per il 2007, 2011 e 2015). Il Ni risulta costantemente in aumento [2.9 (± 1.2), 4.6 (± 1.6) e 5.8 (± 1.2) mg Ni kg⁻¹, rispettivamente per il 2007, 2011 e 2015], con un conseguente peggioramento delle classi di Naturalità/Alterazione tra anni, specialmente nelle aree più esposte alle fonti secondarie del metallo che sono principalmente rappresentate dalla combustione di carbone e gasolio e dai gas di scarico degli autoveicoli.

Tabella 16. *Tabella comparativa tra i tre anni di monitoraggio: per ciascuna stazione viene riportato il numero di elementi che ricadono rispettivamente nelle prime due classi (Naturalità molto alta/alta) e nelle ultime due classi (Alterazione alta/molto alta).*

RIF	ST	Prime 2 classi (1-2; Naturalità)			Ultime 2 classi (6-7; Alterazione)		
		2007	2011	2015	2007	2011	2015
1	CA2	5	4	2			
2	CA3	7	3	2		3	
3	CA4	5	3	3		5	
4	CA5	4	3	2	1	4	2
5	CA6	6	6	2			1
6	CA8	4	2	1		4	2
7	CA9	5	3	3			2
8	CA10	4	4	2	1	2	2
9	CA11	6	3	3	1	1	
10	CA14	3	4	2			2
11	11	6	3	2		2	
12	BL1	6	2	1			2
13	BL5	7	3	2			
14	14	5	5	3			1
15	15	6	5	2			
16	16	8	8	2			
17	17	7	4	2			1
18	18	5	3	2		2	

Per quanto riguarda il Cd, l'aumento osservato nel 2015 è determinato da un incremento delle concentrazioni in sole due stazioni (6 e 12), le uniche in cui risulta determinabile (> 0.5 mg kg⁻¹). Il Mn mostra un aumento consistente delle concentrazioni locali, così come già rilevato tra 2007 e 2011 passando da 21.0 (± 4.4) a 40.1 (± 14.0) mg kg⁻¹ tra 2007 e 2015) che comporta, un rilevante peggioramento del livello di Alterazione. L'As risulta stabile non superando mai la soglia di determinabilità strumentale fissata a 2 mg Kg⁻¹, e rientrando, quindi, nel *range* di variabilità misurata nel 2011. Per quanto riguarda Cr e Cu, si osserva una riduzione complessiva delle loro

concentrazioni medie. Ciò si traduce in una stabilizzazione dei valori di alterazione per il Cu (la classe media di alterazione per questo metallo tra 2011 e 2015 rimane invariata), mentre per il Cr si osserva un peggioramento complessivo delle classi di alterazione. Per il Cr si ha una riduzione dei massimi assoluti ma un aumento delle concentrazioni intermedie il che giustifica il peggioramento delle classi di alterazione.

3.2 – Analisi dei Idrocarburi policiclici aromatici (IPA), dei Policlorobifenili (PCB), Diossine e Furani (PCDD, PCDF)

Nelle tre tabelle sotto riportate si riportano i valori rinvenuti nella campagna 2015 di IPA (Tabella 17), PCB (Tabella 18) e PCDD-PCDF (Tabella 19). Per quanto riguarda gli IPA indagati, sono stati suddivisi tra composti tipicamente derivanti da traffico veicolare (quelli a tre o quattro anelli aromatici) e quelli dalle attività industriali (a cinque o sei anelli). Dai dati emerge una predominanza dei composti industriali rispetto quelli dovuti al traffico, quest'ultimi si assestano su quote che oscillano tra lo 0.3 e 0.8 dei totali complessivamente determinati. Quanto ai PCB, tra quelli analizzati le concentrazioni determinate (esprese come ng kg^{-1} ; Tabella 18) sono da ritenersi estremamente contenute (al massimo pari a 600 ng kg^{-1})

Tabella 17. Concentrazioni (mg kg^{-1}) degli IPA in talli di X. parietina (per i codici delle stazioni si rimanda al testo; in giallo i valori superiori ai limiti di determinabilità dei composti fissati a 0.01 mg kg^{-1} ; in rosso sono evidenziati i valori corrispondenti al sito CA5 misurati in doppio, su due campioni distinti).

	CA15	CA14	CA13	CA12	CA11	CA10	CA9	CA8	CA7	CA6	CA5	CA5 bis	CA4	CA3	CA2	CA1
Naftalene	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
\$ Acenaftilene	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
\$ Acenaftene	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
\$ Fluorene	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
\$ Fenantrene	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
\$ Antracene	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
\$ Fluorantene	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.02	0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.07	0.03	0.01	0.01
\$ Pirene	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.02	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.07	0.03	0.01	0.01
IPA da traffico	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.06	<0.01	0.05	0.02	0.03	0.01	0.02	0.15	0.08	0.03	0.03
\$ Benzo(a)antracene	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	0.02	<0.01	<0.01
\$ Crisene	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.03	0.01	0.01
\$ Benzo(b)+(j)fluorantene	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.06	0.01	0.01
\$ Benzo(k)fluorantene	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.03	0.01	0.01
\$ Benzo(a)pirene	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	0.04	0.01	<0.01
\$ Indeno(1,2,3,c,d)pirene	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.04	<0.01	0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.04	0.01	0.01
\$ Dibenzo(ac)+(ah)antracene	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01
\$ Benzo(g,h,i)perilene	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.04	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.04	0.01	0.01
\$ Dibenzo(a,l)pirene	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01
\$ Dibenzo(a,e)pirene	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01
Dibenzo(a,i)pirene	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
\$ Dibenzo(a,h)pirene	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
IPA industriali	0.02	<0.01	0.04	0.02	0.04	0.22	<0.01	0.07	0.06	0.05	0.03	0.03	0.36	0.29	0.06	0.05
IPA totali	0.02	<0.01	0.07	0.02	0.04	0.28	<0.01	0.12	0.08	0.08	0.04	0.05	0.51	0.37	0.09	0.08

Tabella 18. Concentrazioni (ng g^{-1}) dei PCB in talli di *X. parietina* (per i codici delle stazioni si rimanda al testo; in giallo i valori superiori ai limiti di determinabilità dei composti fissati a 0.01 mg kg^{-1} ; in rosso sono evidenziati i valori corrispondenti al sito CA5 misurati in doppio, su due campioni distinti).

PCB	CA15	CA14	CA13	CA12	CA11	CA10	CA9	CA8	CA7	CA6	CA5	CA5 bis	CA4	CA3	CA2	CA1
#81	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
#77	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
#123	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
#118	0.2	0.2	0.3	0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.2	0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.1	0.3	0.2	<0.1
#114	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
#105	<0.1	0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.2	0.1	<0.1
#126	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
#167 + #128	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1
#156	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
#157	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
#169	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
#189	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
PCB totali	0.2	0.3	0.5	0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.2	0.1	<0.1	0.3	<0.1	0.1	0.6	0.3	<0.1

Tabella 19. Concentrazioni (pg g^{-1}) di Diossine e Furani in talli di *X. parietina* e Fattore Equivalente di Tossicità = I-TE (per i codici delle stazioni si rimanda al testo; in giallo i valori superiori ai limiti di determinabilità dei composti fissati a 0.01 mg kg^{-1} ; in rosso sono evidenziati i valori corrispondenti al sito CA5 misurati in doppio, su due campioni distinti).

	CA15	CA14	CA13	CA12	CA11	CA10	CA9	CA8	CA7	CA6	CA5	CA5 bis	CA4	CA3	CA2	CA1
2.3.7.8-T4CDD	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
1.2.3.7.8-P5CDD	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
123478-H ₆ CDD	<0.2	<0.2	0.5	0.5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.3	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
123678-H ₆ CDD	0.7	<0.2	0.8	<0.2	2.6	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.3	0.3	<0.2	0.9	1	<0.2
123789-H ₆ CDD	0.3	<0.2	0.5	<0.2	1.7	0.4	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.3	0.6	0.9	<0.2
1234678-H ₇ CDD	4	<0.2	8.6	4.7	13.3	4.9	<0.2	<0.2	2.9	2.5	3.6	2.9	3.2	11.7	7.4	3.9
O ₈ CDD	25.9	10.5	25.3	37.1	42.4	26	13	17.8	20.4	15.5	26.3	16.9	10.4	64.3	25.6	9
2378-T ₄ CDF	<0.2	<0.2	0.7	0.6	0.6	0.4	<0.2	0.3	0.9	0.5	0.4	0.6	<0.2	1.1	1	<0.1
12378-P ₅ CDF	0.7	<0.2	1	0.8	1.2	0.5	<0.2	<0.2	0.7	0.4	0.5	0.5	0.4	1.4	1	0.2
23478-P ₅ CDF	0.8	<0.2	<0.2	<0.2	1.5	<0.2	<0.2	0.3	0.6	0.5	0.3	0.5	<0.2	1.1	1.2	<0.1
123478-H ₆ CDF	1.3	<0.2	1.4	0.9	1.7	1	0.8	<0.2	1.2	0.6	0.8	0.7	0.5	1.4	2.6	1.3
123678-H ₆ CDF	0.8	0.4	1.5	0.9	2.4	<0.2	<0.2	0.4	0.7	<0.2	<0.2	0.5	0.6	<0.2	2.3	<0.2
234678-H ₆ CDF	1.3	<0.2	1.3	0.8	3.1	0.7	<0.2	<0.2	1	<0.2	<0.2	0.6	0.5	1.5	2.5	<0.2
123789-H ₆ CDF	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.4	<0.2	<0.2	<0.2	1.2
1234678-H ₇ CDF	5.7	3.4	9	5.7	7.2	5.5	3	2.1	6.7	3.6	6.4	4.1	3.4	6.7	16.4	3.3
1234789-H ₇ CDF	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	1.1	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	2.5	<0.2
O ₈ CDF	16.5	7	13	17.4	10.3	11.9	<0.2	4.2	18.7	7.6	12.5	7.4	6.7	12.6	31.4	10.5
I-TE	1.2	0.4	1.2	0.8	2.4	0.7	0.4	0.5	1	0.7	0.7	0.8	0.5	1.6	2.2	0.6

4. CONCLUSIONI

I risultati ottenuti nella campagna di monitoraggio 2015 mediante bioaccumulo evidenziano una tendenza al peggioramento medio della qualità dell'aria all'interno dell'area PAI di Parma rispetto alle situazioni rilevate nelle due precedenti campagne di biomonitoraggio nel 2007 e nel 2011. Se in alcuni casi, rispetto ai dati pregressi, si è osservato una riduzione delle concentrazioni massime rilevabili di metalli pesanti, si registra un peggioramento medio della qualità dell'aria evidenziato dall'aumento dell'incidenza delle classi intermedie di alterazione (classi 4-5 secondo le classi elaborate da Nimis & Bargagli, 2009). Per quanto riguarda gli altri inquinanti analizzati (IPA, PCB, PCDD e PCDF) non si dispone di elementi di comparazione diretta dal momento che nel 2015 sono stati valutati per la prima volta. Limitatamente ai composti analizzati dei PCB, le concentrazioni determinate (esprese come ng kg^{-1} ; Tabella 18) sono da ritenersi estremamente contenute (al massimo pari a 600 ng kg^{-1}).

Un ulteriore elemento di approfondimento, auspicabile in questo contesto, sarebbe quello volto a valutare la variabilità intra-sito comparandola con quella tra siti. Questo permetterebbe di valutare in modo più oggettivo gli eventuali trend temporali nelle diverse stazioni nel corso degli anni. In tale ottica potrebbe essere di estremo interesse applicare tecniche basate sull'esposizione temporanea di talli lichenici mediante la tecnica del trapianto. Considerando, invece, la diversità lichenica si segnala un incremento dell'incidenza delle specie nitrofile, mentre gli altri indicatori risultano pressoché invariati rispetto alle precedenti campagne.

BIBLIOGRAFIA

- ANPA, 2001: I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica. Manuali e Linee Guida 2/2001. 85 pp.
- Asta J., Erhardt W., Ferretti M., Fornasier F., Kirschbaum U., Nimis P.L., Purvis O.W., Pirintsos S., Scheidegger C., Van Haluwyn C., Wirth V., 2002. Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality. In: Nimis P.L., Scheidegger C., Wolseley P.A. (Eds.), *Monitoring with Lichens e Monitoring Lichens*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 273-279.
- Bargagli R., Nimis P.L., 2002. Guidelines for the use of epiphytic lichens as biomonitors of atmospheric deposition of trace elements. In: Nimis P.L., Scheidegger C., Wolseley P.A. (Eds.), *Monitoring with Lichens e Monitoring Lichens*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 295-299.
- Castello M., Skert N., 2005. Evaluation of lichen diversity as an indicator of environmental quality in the North Adriatic submediterranean region. *Science of the Total Environment*, 336: 201-214.
- Cristofolini F., Brunialti G., Giordani P., Nascimbene J., Cristofori A., Gottardini E., Frati L., Matos P., Batič F., Caporale S., Fornasier M. F., Marmor L., Merinero S., Nuñez Zapata J., Törre T., Wolseley P., Ferretti MT., 2014. Towards the adoption of an international standard for biomonitoring with lichens – consistency of assessment performed by experts from six European countries. *Ecological Indicators*, 45: 63-67.
- Frati L., Santoni S., Nicolardi V., Gaggi C., Brunialti G., Guttová A., Gaudino S., Pati A., Pirintsos S. A., Loppi S., 2007. Lichen biomonitoring of ammonia emission and nitrogen deposition around a pig farm. *Environmental Pollution*, 146(2): 311-316.
- Isocrono D., Matteucci E., Ferrarese A., Pensi E. & Piervittori R., 2007. Lichen colonization in the city of Turin (N Italy) based on current and historical data. *Environmental Pollution*, 145: 258-265.
- Loppi S., 1999. Licheni come bioaccumulatori di elementi in traccia: stato dell'arte in Italia. In: Piccini C., Salvati S., Atti del Workshop “Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale”, Roma, 26-27 novembre 1998: 123-144.
- Loppi S., Nascimbene J., 2010. Monitoring H₂S air pollution caused by the industrial exploitation of geothermal energy: the pitfall of using lichens as bioindicators. *Environmental Pollution*, 158: 2635-2639.
- Nimis, P.L., Martellos, S. (2008) ITALIC - The Information System on Italian Lichens. Version 4.0.
- Nimis P.L., Bargagli R., 1999. Linee guida per l'utilizzo dei licheni epifiti come bioaccumulatori di metalli in traccia. In: Piccini C., Salvati S., Atti del Workshop “Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale”, Roma, 26-27 novembre 1998: 279-287.
- Nimis P.L., Scheidegger C., Wolseley P.A. (eds.), 2002: *Monitoring with lichens-Monitoring lichens*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 405 pp.
- Skert N., Grahonja R., 2013. Biomonitoraggio tramite licheni come bioindicatori nella regione Friuli-Venezia Giulia, Italia. *Notiziario della Società Lichenologica Italiana*, 23: 58.
- Sparrius L.B., Aptroot A., 2003. *Bacidia adastrata*, a new sorediate lichen species from Western Europe. *Lichenologist*, 35: 275-278.
- Tretiach M., Baruffo L., 2001. Deposizione di metalli nella pedemontana pordenonese. Provincia di Pordenone: 64 pp.

Allegato 1. Bioaccumulo di metalli pesanti nel lichene *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.
Concentrazione in mg kg⁻¹, ad eccezione del TBT espresso in µg kg⁻¹ e del Residuo in %.

	Residuo a 105°C	Tributilstagno (TBT)	Antimonio (Sb)	Cobalto (Co)	Stagno (Sn)	Tallio (Tl)	Vanadio (V)	Zinco totale (Zn)	Idrocarburi C>12
CA15	81.03	7	<1	13	2.7	0.5	75	91	66
CA14	84.43	4.9	<1	12	2.1	0.4	67	75	32
CA13	77.99	12.2	1	12	2.7	0.4	69	85	67
CA12	82.57	13.8	<1	13	2.2	0.4	74	77	23
CA11	84.8	4.6	<1	11	2.1	0.3	57	66	29
CA10	79.6	5.6	<1	12	2.2	0.4	71	84	109
CA9	83.72	7.2	<1	11	2.1	0.4	64	73	21
CA8	85.22	12.4	<1	14	2	0.3	54	66	34
CA7	79.1	15.9	<1	11	2.3	0.4	63	88	28
CA6	79.43	7.6	<1	12	3	0.5	73	84	25
CA5	80.03	3.4	1	11	2.8	0.4	63	86	19
CA5 bis	79.92	2.9	<1	15	3	0.4	59	71	21
CA4	76.55	4.1	2	12	3	0.5	72	77	63
CA3	81.66	7.5	1	11	4	0.4	64	125	58
CA2	82.54	4.7	1	11	4.2	0.4	66	89	54
CA1	80.44	7.8	1	13	2.8	0.4	73	85	83