

## Che aria tira per i licheni?

### Biomonitoraggio lichenico della qualità dell'aria e GIS per la città di Trento

GIUSEPPE CIOLA, MARCO FRENEZ, MARINA MENOTTI  
Istituto Tecnico per Geometri "ANDREA POZZO" di Trento



Fig.1 – In contesti extraurbani a basso inquinamento atmosferico i popolamenti lichenici sui tronchi degli alberi possono configurare un vero e proprio “puzzle” di elevata biodiversità (foto: O. Negra).

Realizzato negli anni 2005-2007 con le classi 2<sup>A</sup> e 2<sup>B</sup> dell'I.T.G. “ANDREA POZZO” di Trento nell'ambito delle discipline di Scienze Naturali e di Topografia, questo progetto biennale di ricerca ha favorito conoscenze ambientali, cartografiche ed informatiche, sensibilizzando gli studenti alle tematiche dell'inquinamento atmosferico, in quanto il biomonitoraggio lichenico è stato riconosciuto quale valido supporto per la valutazione del grado di alterazione della qualità dell'aria nelle realtà urbane.

Con modalità di rilievo standardizzate si sono ottenuti dati spaziali di tipo ambientale.

Per il biomonitoraggio si è scelta una metodologia

semplificata e facilmente riproducibile.

Si è effettuata una prima fase di ricerca e campionamento biologico, poi di rielaborazione statistica e di costruzione cartografica di un WEB-GIS tematico ed infine la presentazione dell'intero lavoro nel sito di progetto <http://igpozzo.mpasol.it/licheni>.

Durante il progetto è inoltre stato raggiunto un buon livello di collaborazione con gli enti partner.

Metodologia e risultati, condivisi, costituiscono un primo fondamento per una possibile futura rete di scuole che potrà allargare il biomonitoraggio al territorio provinciale.

## Il monitoraggio ambientale della qualità dell'aria

Di solito il monitoraggio ambientale viene effettuato mediante indagini chimico-fisiche con centraline automatiche di rilevamento utilizzate dalle Agenzie per l'Ambiente. Queste hanno il compito di monitorare il territorio urbano, fornendo risposte quantitative delle sostanze inquinanti presenti nell'ambiente, al fine di salvaguardare la salute umana e per adempiere ai controlli imposti dalle normative vigenti in materia ambientale.

I dati riferiti all'istante del campionamento vengono espressi quindi in termini di concentrazioni relative per ogni singolo inquinante.

Con il termine "biomonitoraggio" invece si intende l'insieme delle metodologie che utilizzano esseri viventi per trarre informazioni sullo stato dell'ambiente.

Questa metodologia permette di stimare gli effetti biologici dell'inquinamento, dando indicazioni più generali sullo stato di salute del-

l'ambiente valutando i danni subiti dalle specie viventi utilizzate nel campionamento.

Il biomonitoraggio viene realizzato utilizzando specie vegetali quali: licheni, tabacco, tarassaco, pino silvestre, ecc... che presentano, in seguito ad una prolungata esposizione agli agenti inquinanti, un cambiamento evidente dal punto di vista fisico e metabolico.

### *I licheni nel biomonitoraggio della qualità dell'aria*

I licheni epifiti di tipo foglioso sono organismi viventi che colonizzano i tronchi delle piante e possono essere utilizzati per monitorare la qualità dell'aria delle nostre città. Infatti reagiscono con alterazioni morfologiche, ecologiche e fisiologiche alla presenza di agenti inquinanti come gli ossidi di azoto, le PM10, lo zinco, il rame, l'ozono e soprattutto l'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>).



Fig.2 – Un lichene foglioso epifita (foto: studenti ITG)

I licheni risentono di queste alterazioni, modificando la numerosità delle specie presenti (biodiversità) sulla pianta oggetto di indagine (stazione di rilevamento).

Essi non possiedono una cuticola superficiale e sono sprovvisti di stomi (aperture apposite che permettono il passaggio di gas), quindi gli scambi con l'atmosfera interessano tutta la superficie del tallo lichenico.

Altri motivi per cui questi organismi vengono utilizzati sono: una buona resistenza alle variazioni

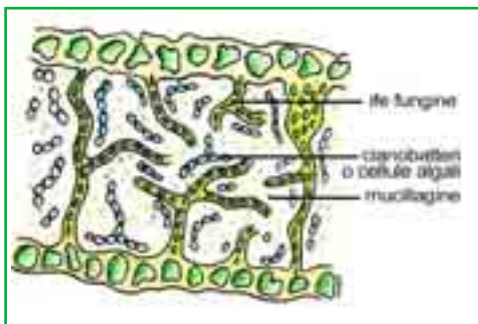


Fig. 3 - Sezione di tallo lichenico (disegno: studenti ITG).

di temperatura e un lento accrescimento che permette di fare varie osservazioni nel tempo.

L'esposizione prolungata agli inquinanti atmosferici determina una diminuzione della variabilità lichenica fino al deserto lichenico.

I licheni, ad elevate concentrazioni di inquinamento ambientale, riducono la loro fertilità sessuale e la produzione di clorofilla (alterazioni fisiologiche), tendono a smorzare i loro colori e a staccarsi dai tronchi cui aderiscono (alterazioni morfologiche), diminuiscono la loro numerosità nelle comunità epifite, soprattutto nei termini legati alla biodiversità specifica (alterazione ecologica).

Alcune specie di licheni sono tipicamente residenti nelle aree urbane e la conta in termini di frequenza della biodiversità può diventare un metodo analitico di facile utilizzo da affiancare alle indagini chimico-fisiche delle centraline automatiche di rilevamento.

L'indagine si effettua con appositi reticoli di rilevamento di dimensioni fisse, formati da quattro subunità, ciascuna di 5 maglie di 10cm x 10cm fissate alle esposizioni nord, est, sud e ovest.



Fig. 4 - Biomonitoraggio lichenico effettuato dagli studenti in piazza Duomo a Trento (foto: studenti ITG).

Scientificamente si è dimostrato che è possibile individuare il grado di inquinamento, con una probabilità molto elevata, applicando una metodologia di indagine che considera la frequenza delle varie specie licheniche dentro il reticolo.

Questa metodologia sintetizza i dati raccolti in un Indice di Biodiversità Lichenica (IBL), ma non è in grado di identificare la presenza dei singoli agenti inquinanti, evidenziando nel complesso un'alterazione dovuta all'azione sinergica degli stessi.

Il biomonitoraggio assume sempre maggiore valenza ecologica ed è un indicatore ambientale universalmente riconosciuto nel mondo scientifico.

La metodologia di rilievo, messa a punto dai proff. Amman e Nimis, assume particolare importanza quando l'indagine viene ripetuta a distanza temporale sulle stesse stazioni, quando magari le condizioni urbanistiche o produttive saranno variate.

I rilievi generalmente si effettuano in prossimità di parchi urbani, di aree pedonali nei centri storici, in località fortemente trafficate, nelle zone industriali.

### **Metodologia semplificata per determinare attraverso il biomonitoraggio l'indice di biodiversità lichenica**

Vengono qui di seguito date delle indicazioni riguardanti il sistema di campionamento adottato utilizzando una metodica semplificata rispetto a quella del prof. Nimis, adottata ufficialmente dall'ANPA.

Molto importante è la georeferenziazione delle stazioni, in quanto permette una ricognizione delle stesse dopo un periodo di tempo, con la possibilità di monitorare le variazioni di biodiversità riscontrate.

L'applicazione della metodologia ha permesso di conseguire i risultati descritti in queste pagine e potrà essere adottata da scuole che intendano monitorare altre realtà ambientali. Operativamente si è proceduto seguendo le indicazioni e le scansioni metodologiche sottoriportate:

- individuazione delle zone di indagine e del reticolato chilometrico sulla Carta Tecnica Provinciale (Gauss-Boaga) 1:10000;
- suddivisione del reticolato chilometrico in quadranti di 500m x 500m;
- assegnazione di un nome a ciascun quadrante, con lettera colonna e numero riga;

- consultazione di un lavoro del 1990, relativo al centro storico di Trento, riguardante un rilievo lichenico eseguito con il metodo di Amman (COR-SINI & TONINA);
- conseguente scelta delle specie arboree e licheniche da indagare;
- consultazione della carta dei forofiti del Comune di Trento e sopralluogo degli studenti nei quadranti assegnati per il rilievo;
- costruzione di uno schedario delle principali specie arboree e licheniche presenti sul territorio cittadino.

### ***Materiale necessario per effettuare il rilevamento***

- reticolo di 50 cm x 10 cm x 4 colonne;
- lente d'ingrandimento;
- schede di riconoscimento dei licheni;
- manuali per il riconoscimento delle piante;
- bussola;
- metro;
- coltellino;
- schede di rilevamento;
- strumento GPS per georeferenziazione;
- palmare PDA con modulo elettronico;
- macchina fotografica.

### ***Caratteristiche e tipi di alberi del rilevamento***

- tigli (da scegliere prioritariamente), aceri, pruni, sofore, faggi, paulownie, olmi, bagolari;
- assenza di fenomeni evidenti di disturbo (ramosità del fusto ad altezza di rilievo, verniciature, eccessiva presenza di muschi, gravi malattie della pianta...);
- il tronco deve essere tendenzialmente verticale e la sua inclinazione non superiore a 10 gradi rispetto alla verticale;
- il tronco non deve presentare ferite, scanalature e bitorzoli;
- la corteccia deve essere integra e non facilmente staccabile (ad es. i platani);
- non utilizzare le conifere per il rilievo;
- la circonferenza deve essere compresa fra 60 e 190cm (è stato allargato il range rispetto alle indicazioni del prof. Nimis che è tra 70 e 170);
- preferire il rilievo di piante situate in aiuole, in alberature stradali o in giardini;
- in aree forestali bisogna escludere alberi in vegetazione boschiva chiusa scegliendo alberi in radure ai margini di formazioni forestali e di strade.



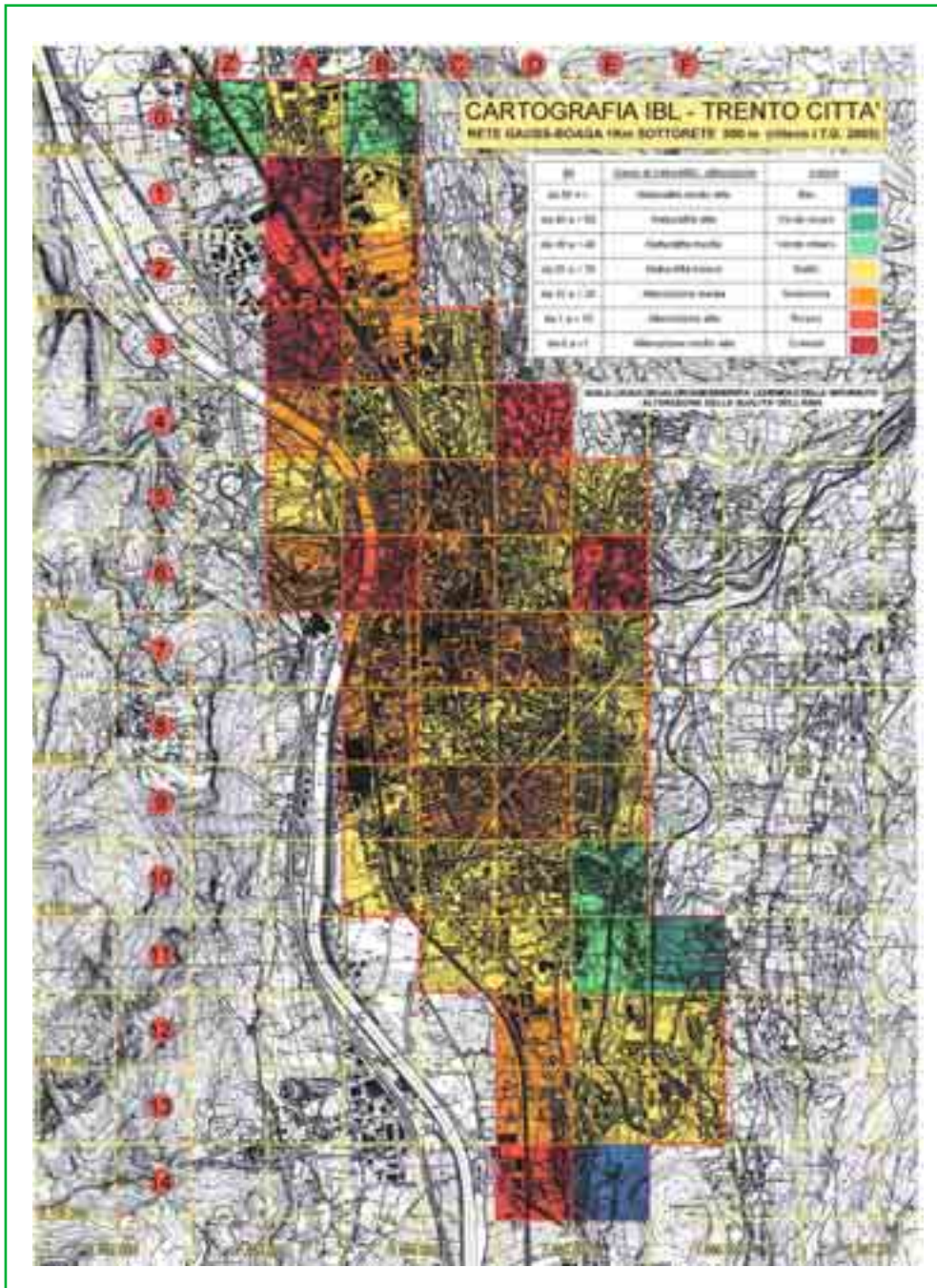


Fig. 5 - Carta tematica IBL per quadranti da 500m x 500m (prodotta da studenti ITG).

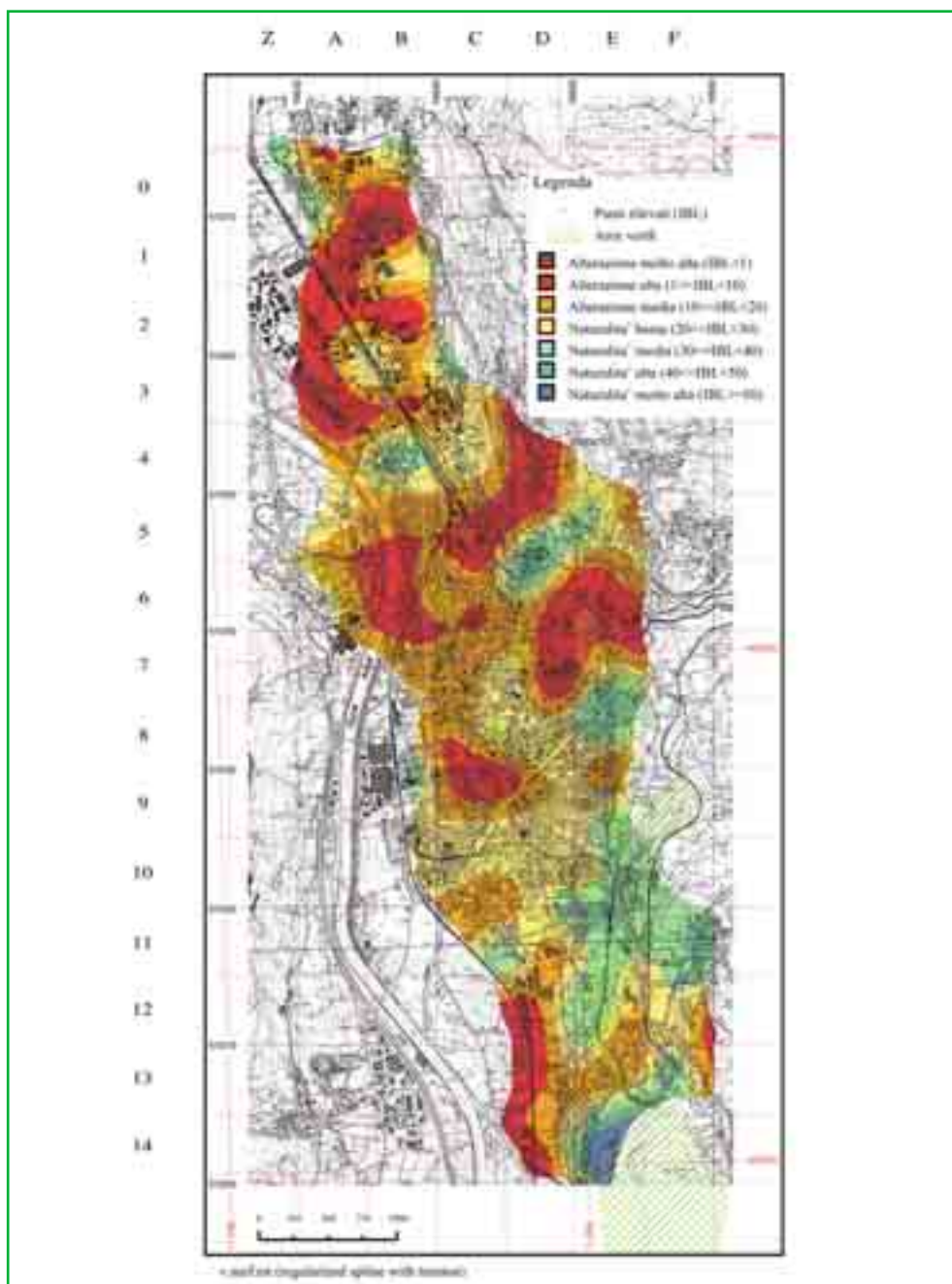


Fig. 6 - Carta tematica IBL per fasce di isoqualità dell'aria secondo l'Indice di Biodiversità Lichenica (*produzione: geom. L. Penasa*).

IBL	classi di naturalità - alterazione	colore	
da 50 e >	Naturalità molto alta	Blu	
da 40 a < 50	Naturalità alta	Verde scuro	
da 30 a < 40	Naturalità media	Verde chiaro	
da 20 a < 30	Naturalità bassa	Giallo	
da 10 a < 20	Alterazione media	Arancione	
da 1 a < 10	Alterazione alta	Rosso	
da 0 a < 1	Alterazione molto alta	Cremsi	

Fig.7 - Tabella rielaborata da: “Linee guida per il biomonitoraggio con licheni epifiti” (NIMIS, 1999); funge da legenda per l’interpretazione delle due cartografie precedenti.



Figg. 8, 9 – Due tra le specie arboree di maggior rilievo per il monitoraggio lichenico: *Acer pseudoplatanus*: fiore, foglia, frutto, e *Tilia cordata*: fiore, foglia, frutto (disegni eseguiti da studenti ITG).





Fig.10 *Xanthoria parietina* -A-



Fig.11 *Candelaria concolor* -B-



Fig.12 *Parmelia sulcata* -C-

È stata lasciata libera la lettera -D- per un eventuale lichene diverso da quelli descritti, trovato durante il rilievo di monitoraggio sulla stazione

Fig.13 altro lichene -D-



Fig.14 *Physcia adscendens* -E-



Fig.15 *Phaeophyscia orbicularis* -F-



Fig.16 *Phishya aipolia* -G-



Fig.17 *Phisconia grisea* -H-



## Rilievo

Il rilievo è stato effettuato da maggio ad inizio novembre 2005.

Lavorando in questo periodo, quando le piante erano in piena stagione vegetativa, è stata relativamente semplice l'identificazione arborea.

Dopo una prima stesura della mappa si è deciso, nell'ottobre 2006, di integrare il rilievo con 12 punti aggiuntivi, in modo da risolvere alcune situazioni non definite.

Il monitoraggio è stato eseguito suddividendo le due classi in 9 gruppi di 4-5 studenti, che accompagnati dai docenti hanno rilevato la biodiversità lichenica sull'area urbana di Trento.

I ragazzi hanno disegnato con il *software* CAD, utilizzato in progettazione, il modello di reticolo, conforme a quello adottato per i rilievi di biomonitoraggio descritti nei manuali Anpa dal prof. Nimis. Ogni gruppo ha poi realizzato il proprio reticolo di rilevamento.

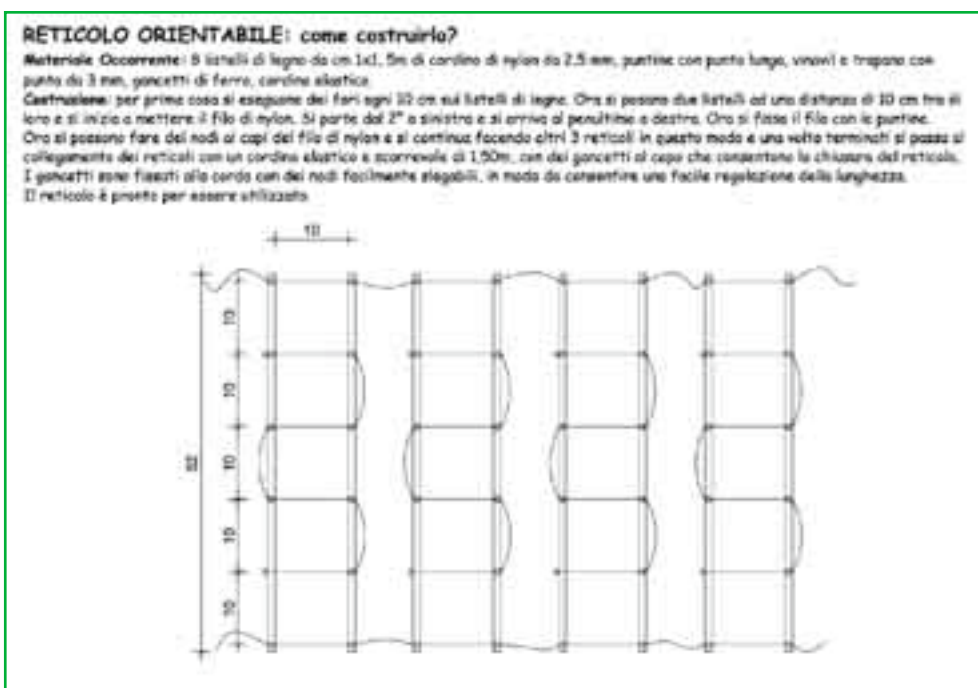


Fig. 18 - Reticolo orientabile: progetto e modalità costruttive (*disegno eseguito da studenti ITG*).

Operativamente il campionamento per quadrante è stato effettuato con stazioni distribuite in maniera *random* (cioè casuale), in quanto la geometria della viabilità cittadina impedisce l'uso della tipologia di rilevamento descritta dalla metodologia

ufficiale, più adatta ad un ambiente extraurbano. Sul quadrante di 500m x 500m sono state prese in considerazione le piante rilevabili, purché non troppo vicine tra loro e con le caratteristiche descritte (cfr. il paragrafo sulla metodologia).

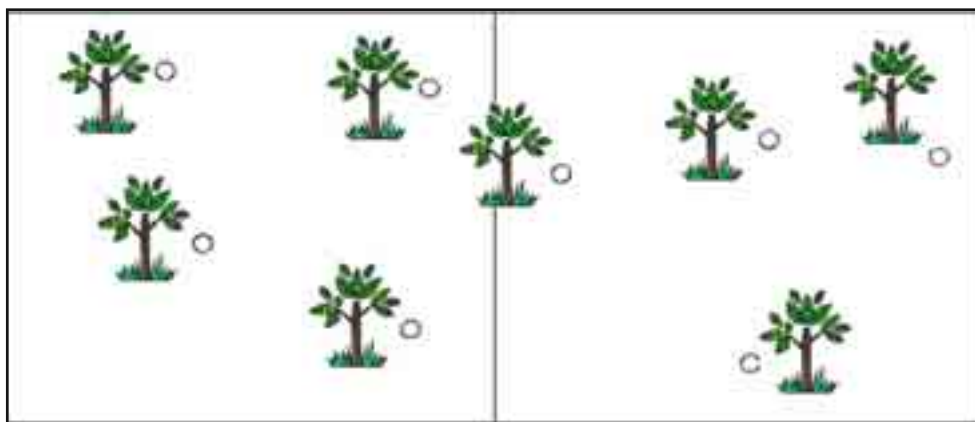


Fig. 19 - Esempio di disposizione casuale delle stazioni all'interno dei quadranti di 500 m x 500 m (*disegno eseguito da studenti ITG*).

### **Operatività e inserimento punti sulla cartografia**

Per ogni quadrante da rilevare si sono ricercate 4 stazioni (alberi), ben distribuite sul territorio. Si è posizionato il reticolo di rilevamento servendosi della bussola, orientando le quattro unità secondo le direzioni dei punti cardinali. La parte inferiore del reticolo è stata posizionata ad 1m d'altezza.

Utilizzando la scheda di rilevamento, dopo aver individuato la specie arborea, si è descritto il contesto e la località in cui è situato l'albero, le dimensioni, la presenza di muschi e di alghe; poi sul retro della scheda è stato eseguito uno schizzo a vista del luogo, così da poter riconoscere la stazione in questione in un'eventuale futura visita. Ogni gruppo con una fotocopia ingrandita della cartografia Tecnica Provinciale (scala 1:10.000) ha lavorato su un quadrante di 500m x 500m, nel reticolato di indagine.

Tale reticolato è stato suddiviso in una tabella di colonne e di righe alle quali sono state assegnate rispettivamente delle lettere e dei numeri progressivi che sono serviti a definire il quadrante sul territorio.

Sulla fotocopia del quadrante il capogruppo, assistito dall'insegnante, ha posizionato il punto indagato (al quale si è assegnato un numero da 1 a 4) sul territorio in maniera scrupolosa, aiutandosi nel posizionamento con la morfologia del terreno, degli edifici e delle infrastrutture presenti.



Fig. 20 - Rilievo di biomonitoraggio lichenico (*foto: studenti ITG*).

### Georeferenziazione con GPS



Fig.21 - Raccolta coordinate con GPS (foto: studenti ITG)

Con l'utilizzo di un GPS si sono rilevate le coordinate Gauss-Boaga, poi trascritte sulla scheda di rilievo. Sono state eseguite più misurazioni dello stesso punto, soprattutto in città dove i palazzi potevano creare riflessi per la ricezione del segnale inviato dai satelliti.



Fig. 22 – L'accurato livello di georeferenziazione ottenibile con *Google Earth*: in questo caso, il Palazzo delle Albere (*elaborazione: O.Negra*).

Fig. 23 - Raccolta dati di rilievo con PC palmare (*foto: studenti ITG*).



### Georeferenziazione con il PC palmare

Ricercatori dell'ITC-IRST di Trento, hanno collaborato al progetto preparando un software e un manuale che ha permesso un uso mirato del PC palmare. L'utilizzo di questo strumento interfac-

### Georeferenziazione con cartografia della rete ambientale del Ministero dell'Ambiente e con lo strumento web "Google Earth"

E' possibile georeferenziare il punto trovato anche senza il GPS, se è stato localizzato correttamente il punto sulla cartografia di base: nel sito *internet* del Ministero dell'Ambiente

<http://www.pcn.minambiente.it/PCN/default.htm>

Attraverso il link relativo alla cartografia si seleziona la regione, la provincia e il comune interessato.

Una buona georeferenziazione è ottenibile anche con *Google Earth* (programma gratuito da scaricare liberamente da *internet*).

Per definire le coordinate si deve visualizzare la griglia relativa al reticolato geografico.

ciato ad un GPS è risultato molto pratico poiché si sono potuti immettere i dati sul posto, senza doverli riportare in un secondo momento nel database di progetto.



## Individuazione della biodiversità lichenica (BL): sequenza operativa



Fig. 24 - Biomonitoraggio lichenico con reticolo direzionabile (foto: studenti ITG)

Si contano i licheni nei vari quadranti del reticolo con l'utilizzo di una lente; attraverso il confronto con le schede fotografiche dei licheni, preparate per il rilievo, vengono individuate le specie presenti.

Per tutte le maglie quadrate del reticolo viene conteggiata la presenza di ogni specie lichenica; anche se un lichene si presenta più volte in uno stesso quadrante viene contato una sola volta. Con questo metodo si procede per tutte le maglie del reticolo e per tutti i punti cardinali.

Nel caso in cui lo stesso tallo appartenga a due o più maglie deve essere conteggiato in quelle in cui è presente. Questi valori di frequenza vanno

registrati nella scheda di rilievo, riportando nelle maglie dello schema del reticolo le lettere corrispondenti ai licheni trovati.

Calcolata la frequenza di ogni tipo di lichene, per ogni orientazione del reticolo (quattro punti cardinali) si sommano le frequenze relative a ciascuna specie.

L'indice di biodiversità lichenica della singola pianta (IBL della stazione) viene poi trovato sommando i valori delle frequenze licheniche riferite ai quattro punti cardinali.

Per determinare poi l'IBL del quadrante cartografico di 500m x 500m si usa la scheda riassuntiva di quadrante, sommando gli IBL dei vari alberi (stazioni) del quadrante e poi dividendo per il loro numero.

PROGETTO: "Bio-monitoraggio lichenico della qualità dell'aria e GIS per la città di Trento"					
ISTITUTO PER GEOMETRI "A. POZZO" - TRENTO					
Data:	Classe e operatori:			Gruppo:	Quadrante:
Indirizzo:					
Latitudine:		Longitudine:		Quota:	
Albero:	Civico:	Pres. di ruscello:	Presenza di alghe:		
Descrizione ambientale e ubicazione:					

**SCHEMA RETICOLO ORIENTABILE**  
(Riposare nelle maglie del reticolo le lettere corrispondenti ai licheni ritrovati)

	NORD	EST	SUD	OVEST

SPIECHE LICHENICA	N	E	S	O	SPIECHE LICHENICA	N	E	S	O
A. Xanthoria parietina					E. Physcia adscendens				
B. Candelaria concoloria					F. Phaeophyscia coccinifera				
C. Parmelia sulcata					G. Physcia ssp.				
D.					H. Physcia grana				

BIOIVERSITA LICHENICA PER LA Pianta RILEVATA	NORD:	EST:	SUD:	OVEST:

Fig.25 - Scheda di rilievo per stazione (elaborazione: studenti ITG).

"BIO-MONITORAGGIO LICHENICO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E GIS PER LA CITTÀ DI TRENTO"																				
Scheda riassuntiva relativa alle frequenze licheniche nella direzione dei 4 punti cardinali (N ; E ; S ; O )																				
QUADR.	ALBERO N.1				ALBERO N.2				ALBERO N.3				ALBERO N.4							
SPECIE BOTANICA																				
CIRCONFERENZA (m)																				
COORDINATE LAT (base luogo GPS)																				
LONG																				
MUTOCALIBRE	M		A		M		A		M		A		M		A					
Specie licheniche	1ELN	1ELB	1ELG	1ELW	2ELN	2ELB	2ELG	2ELW	3ELN	3ELB	3ELG	3ELW	4ELN	4ELB	4ELG	4ELW				
A>Xanthoria pariet.																				
B>Candelaria concolor																				
C>Ortalis sulcata																				
D																				
E>Physcia adonatae																				
F>Phaeophyscia orbis.																				
G>Physcia spolia																				
H>Physconia grana																				
IBL. di classe																				
IBL. del punto cardinali (media)					NORD				EST				SUD				OVEST.			
IBL. alla stazione (media IBL. dei 4 punti cardinali)													Classe di qualità:		Colore:					

Fig.26 - Scheda riassuntiva di quadrante (elaborazione: studenti ITG).

Una volta determinato l'indice si procede alla colorazione del quadrante corrispondente della cartografia, utilizzando i colori della tabella rielaborata da: "Linee guida per il biomonitoraggio con licheni epifiti" di NIMIS, (1999), associati ai valori di biodiversità compresi tra 0 e 50 di IBL (Fig. 7).

Il rilievo nella città di Trento ha permesso di ottenere una cartografia tematica per quadranti (già presentata nella Fig. 5), base fundamenta-

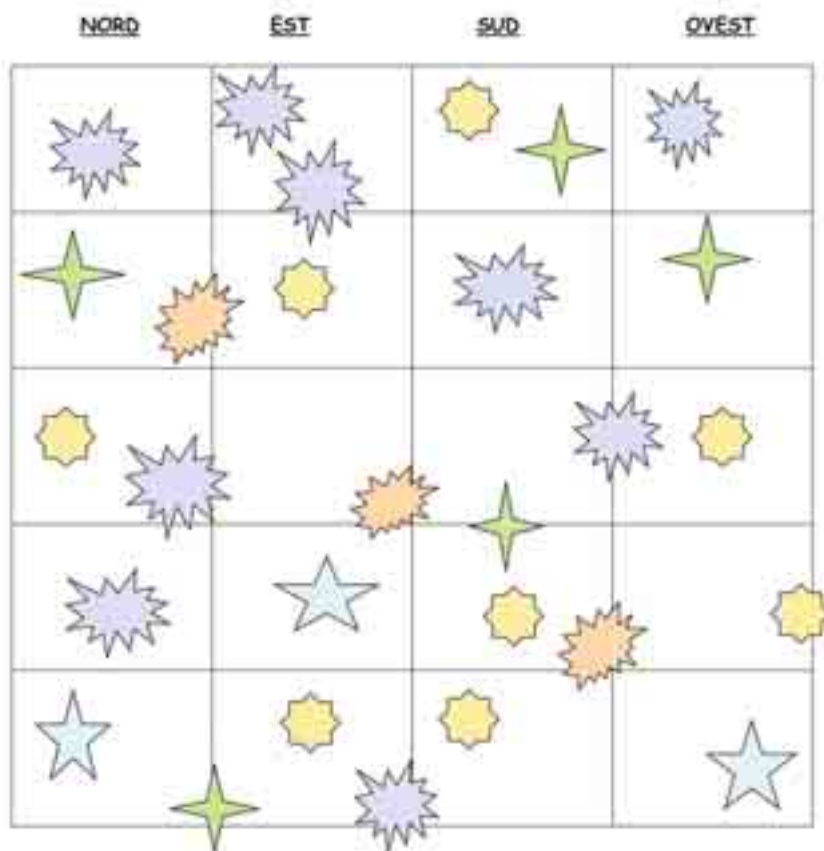
le per qualsiasi confronto in termini di Indice di Biodiversità Lichenica.

I risultati del rilievo sono stati immessi in *internet* in un *data-base* e rappresentati in mappa con un Sistema Informativo Territoriale che può essere interrogato via *web* dagli utenti, nel sito di progetto tramite il *link* "Web-Gis".

Di seguito è stato riportato un esempio di rilievo, per meglio chiarire modalità e sequenza operativa.

## ESEMPIO DI RILIEVO






**ALBERO 1:** rappresentazione schematica delle varie specie licheniche (aree di colori differenti racchiuse da spezzate di varie forme) sulla porzione di corteccia compreso all'interno del reticolo di rilievo riferite ai quattro punti cardinali.



**NB:** di ciascuna maglia (quadrante) del reticolo si considera la presenza delle varie specie di licheni assegnando ad ognuna di esse una sola volta valore di frequenza = 1 se la specie è presente entro il limite dello stesso.



**ALBERO 1:** frequenza valori di biodiversità lichenica ottenuta con il reticolo riferito ai quattro punti cardinali.

Specie/freq.	N	E	S	O
	3	4	3	2
	1	2	3	1
	1	2	3	2
	1	1	0	1
	2	1	3	1
BL	8	10	12	7

**SCHEMA RIASSUNTIVO** relativo a 3 alberi (stazioni) di un quadrante cartografico di 500x500 m con relativo IBL di stazione ottenuta sommando le frequenze rilevate

	NORD	EST	SUD	OVEST	IBL stazione
ALBERO1	8	10	12	7	37
ALBERO2	15	12	5	9	41
ALBERO3	11	4	6	13	34

**INDICE DI BIODIVERSITÀ LICHENICA** relativo al quadrante cartografico preso in esame

SOMMA DELLE BL DELLE VARIE STAZIONI /N° ALBERI	IBL MEDIO DEL QUADRANTE
$(37+41+34)/3$	37,33 → Naturalità' medie
	Colore: verde chiaro

Figg.27, 28 - Esempio pratico di rilievo (schema realizzato da studenti ITG).

## Risultati del biomonitoraggio

Il campionamento biologico ha riguardato 191 stazioni dislocate su 52 quadranti per un totale di 13 Km<sup>2</sup> nella città di Trento ed ha permesso di elaborare due carte tematiche relative all'alterazione della qualità dell'aria.

Nella carta tematica a quadranti (già presentata nella Fig.5) è stato riportato, per ognuno di essi, il colore che rappresenta la media dei valori di biodiversità lichenica (BL), risultanti dall'elabo-

razione statistica.

E' stata calcolata la media del valore dell'IBL di tutto il rilievo che corrisponde a 19,74.

Si può vedere come tale valore corrisponda ad un' "alterazione media" poco sotto il limite di 20, tendente a "naturalità bassa".

Il colore medio da assegnare al rilievo è pertanto un arancione tendente al giallo.

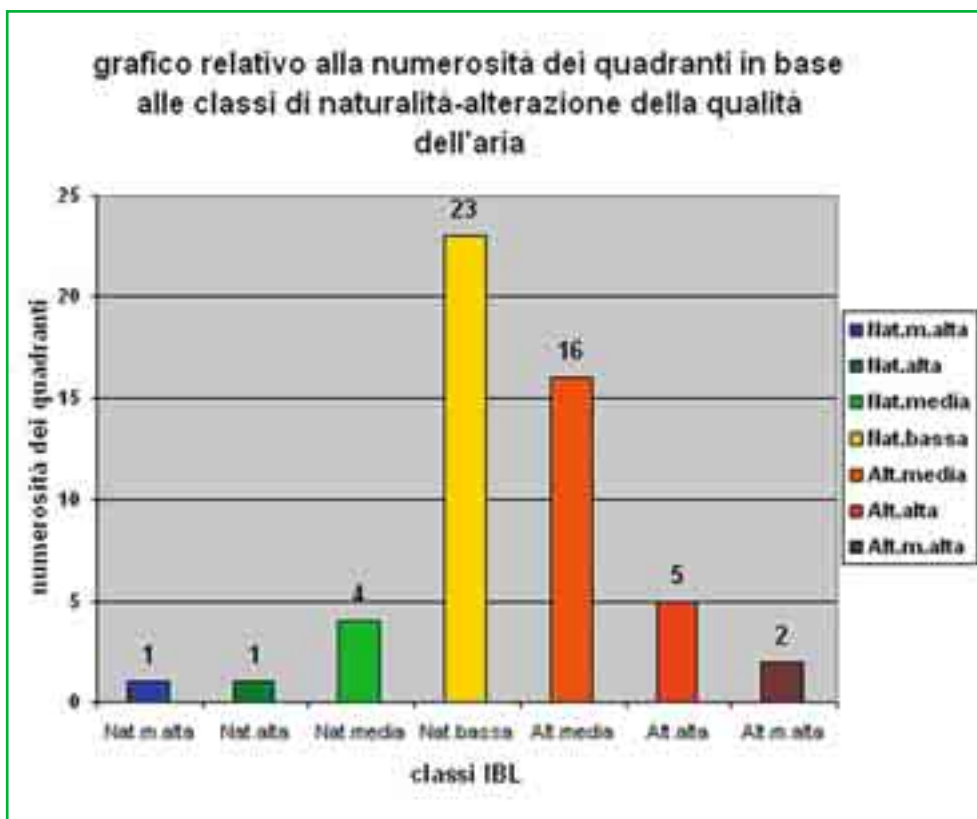


Fig.29 - Istogramma riassuntivo riguardante la numerosità dei quadranti in base all'IBL (elaborazione: studenti ITG).

La cartografia di Fig.6 riporta delle fasce di isoconcentrazione dell'IBL (da intendere anche come isoqualità dell'aria), ottenute interpolando tutti i dati rilevati e georeferenziati, utilizzando il software libero "Grass" con specifico algoritmo. Questo tematismo rispecchia meglio la realtà del territorio che non il precedente perché le interpo-

lazioni attenuano la rigidità tipica delle rappresentazioni medie per quadranti.

Analizzando entrambe le carte si nota come nelle zone più trafficate di Trento la biodiversità lichenica scompare, denunciando aree più inquinate con fasce di colore cremisi/rosso (indice IBL basso con alterazione alta e molto alta).

Nelle zone centrali della città si evidenzia la prevalenza del colore arancione (alterazione media) probabilmente perché vi è ristagno di inquinanti derivanti da impianti di riscaldamento domestico, dai gas di scarico dei veicoli e dalla scarsa ventilazione ostacolata dalla presenza degli edifici più alti.

Spostandosi verso sud la fascia arancione lascia spazio a zone di bassa naturalità (colore giallo), maggiormente presenti nella periferia urbana a sud della ferrovia della Valsugana. Si è visto che le zone a naturalità medio alta (di colore verde chiaro e scuro) si trovano soprattutto in zone periferiche ben ventilate o coincidenti con aree verdi.

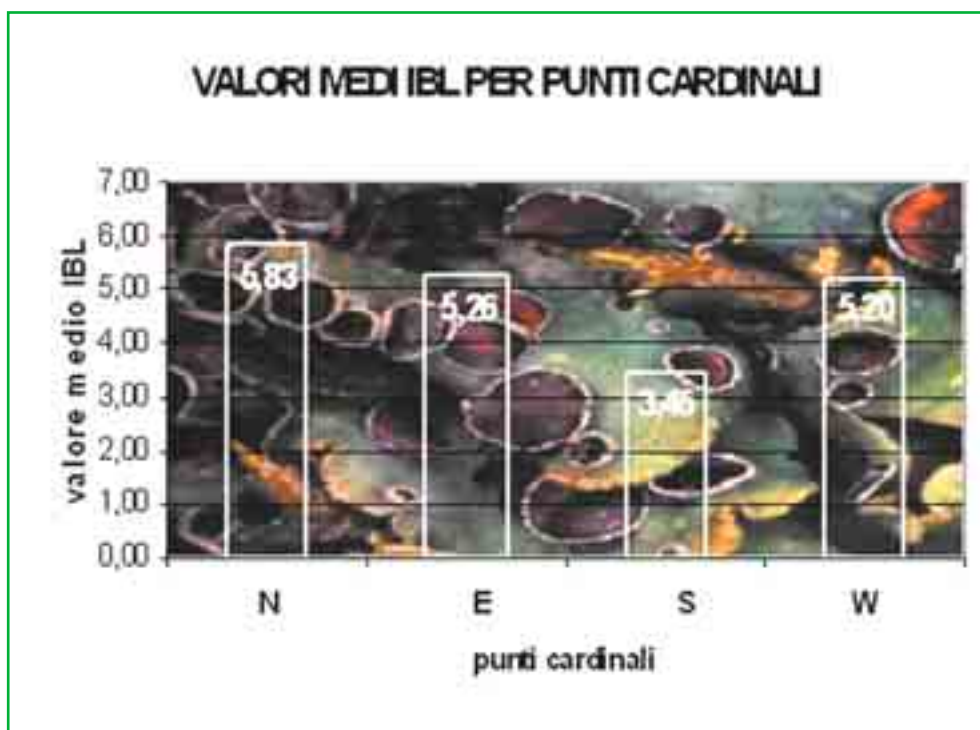


Fig.30 - Istogramma relativo alla distribuzione dell'IBL secondo l'orientamento (*elaborazione: studenti ITG*).

### IBL e orientamento

Dopo aver trovato la media IBL per l'intero rilievo, corrispondente a 19,74, è stato ricercato l'indice IBL distinto per punti cardinali delle 191 stazioni di rilievo, per vedere se esistono differenze significative relativamente alla biodiversità lichenica in dipendenza dell'esposizione su ciascuna stazione di monitoraggio.

Analizzando i dati degli istogrammi si può osser-

vare che la maggiore biodiversità lichenica sia presente in esposizione nord, dove vi è maggiore umidità e minore luce, mentre a sud, in presenza di poca umidità e di tanta luce, sia mediamente più scarsa.

Per quanto riguarda i punti cardinali est ed ovest, si è constatato che presentano valori molto vicini e non si discostano tanto dal valore medio nord.



### Classi di circonferenza e numerosità delle stazioni riferita alla media IBL

Il biomonitoraggio lichenico prevede, secondo il prof. Nimis, di monitorare la biodiversità dei licheni che si trovano su piante con circonferenze da 70 a 170 cm (cfr: Metodologia). Si è deciso per questo progetto di estendere il range delle circonferenze da 60 a 190 cm per poter avere una maggiore disponibilità di stazioni (alberi) sul territorio.

Rielaborando i dati raccolti si è verificato che la procedura adottata ha un fondamento statistico

accettabile.

Dal grafico sotto riportato si può notare che l'andamento della curva è compatibile anche nei valori delle classi di circonferenza di 60 e di 190 cm, nonostante la numerosità delle stazioni sia scarsa nelle classi di circonferenza maggiori di 160 cm.

In conclusione è possibile dire che il metodo utilizzato sembra essere validato dai riscontri statistici ottenuti rielaborando i dati del rilievo.

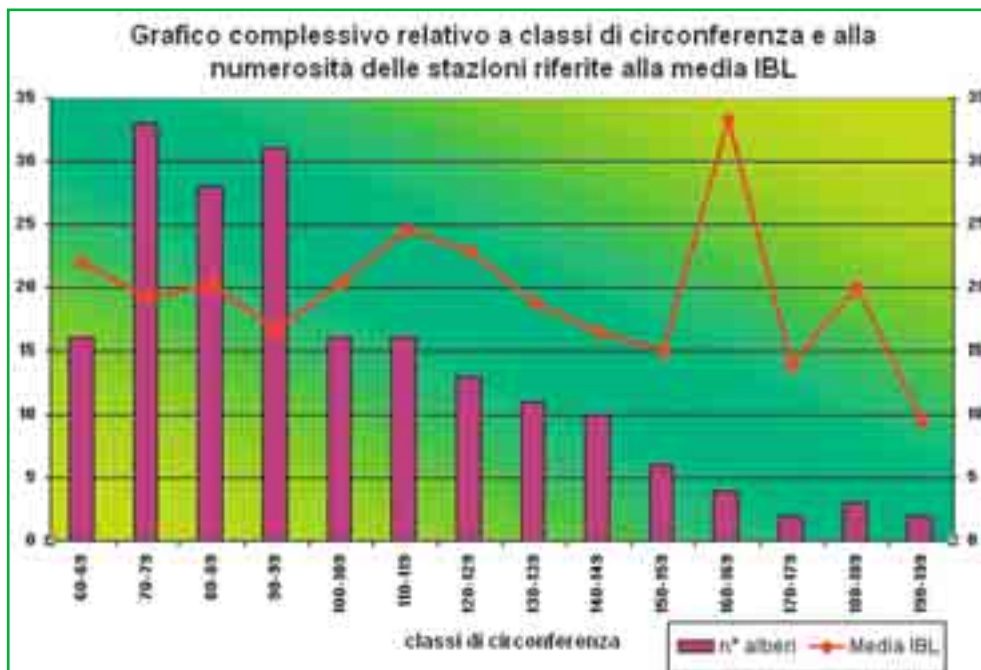


Fig.31 - Istogramma relativo alle classi di circonferenza e alla numerosità delle stazioni riferite alla media IBL (elaborazione: studenti ITG).

### Confronto possibile tra centraline dell'APPA e biomonitoraggio lichenico

Con i tabulati forniti dall'APPA (Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente), relativi agli inquinanti rilevati dalle tre centraline di Trento in Piazza Venezia, al Parco di S. Chiara e in Via V.Veneto, si è proceduto ad ordinare i dati, per tipo, per localizzazione e per data. Considerando poi i limiti normativi per gli inquinanti si sono trovati gli indici sintetici per l'unico periodo confrontabile (anni 2000 e 2001), per

gli inquinanti CO, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>, relativi alle tre centraline.

Mettendo in relazione i dati medi degli indici sintetici ottenuti si è visto che i valori IBL, interpolati utilizzando il Web-Gis, concordano con gli indici sintetici per le prime due centraline (alla diminuzione dell'indice sintetico corrisponde un aumento dell'indice di biodiversità).

media ind sintetici mensili per le 3 stazioni da gennaio 2000 a dicembre 2001			
	P.zza Venezia	S. Chiara	v.Vit.Veneto
MESE	Indice sint	Indice sint	Indice sint
01/00	114,0	90,0	127,0
02/00	79,0	65,0	90,0
03/00	87,0	68,5	81,5
04/00	62,5	62,5	47,0
05/00	61,5	59,6	53,3
06/00	77,1	81,3	76,3
07/00	65,4	73,3	64,2
08/00	69,6	94,2	64,6
09/00	76,5	81,7	50,0
10/00	68,0	58,0	57,0
11/00	76,0	46,0	62,0
12/00	64,0	46,0	76,0
01/01	62,0	45,0	52,0
02/01	63,0	61,0	75,0
03/01	62,5	56,5	55,0
04/01	60,5	50,0	65,0
05/01	78,3	66,7	84,2
06/01	78,3	93,8	83,3
07/01	65,0	75,8	68,3
08/01	77,1	85,8	86,7
09/01	66,0	62,0	50,0
10/01	61,0	51,5	58,0
11/01	63,0	42,5	74,0
12/01	84,5	58,5	77,0
<b>Centralina</b>	<b>71,7</b>	<b>65,6</b>	<b>69,8</b> Media periodo
<b>Valore IBL</b>	<b>22,7</b>	<b>27</b>	<b>15</b> Valore interpolato

Fig.32 - Dati relativi agli indici sintetici calcolati per il periodo 2000-2001 (elaborazione: studenti ITG).

Per la terza centralina, quella di via V.Veneto, non si evidenzia tale correlazione, forse perché si è riscontrato un aumento dell'inquinante NO<sub>2</sub> (maggior responsabile della riduzione di biodiversità lichenica) nel periodo 2004-2005, in ragione superiore che nelle altre zone cittadine.

E' risaputo che i licheni rispondono alle variazioni di inquinamento ambientale, diminuendo il loro indice di biodiversità.

Inoltre l'effetto *canyon* della via e l'orientamento est-ovest della stessa, hanno probabilmente favorito una limitata dispersione degli NOx, con conseguente riduzione dell'IBL.

Dalla elaborazione dei dati del 2006 (dati di direzione oraria) riguardanti i venti prevalenti sul-

la città di Trento è stata costruita una rosa dei venti, poi sovrapposta alla ortofoto di Google Earth.

E' possibile notare come le direzioni prevalenti siano rispettivamente: NORD 21,87%, NORD-EST 19,99%, SUD 20,24%.

E' doveroso ricordare inoltre che l'area di Trento Nord è interessata dalla presenza di brezze giornaliere con direzione Nord-Est provenienti dalla Valle dei Laghi e che la maggiore biodiversità lichenica è stata segnalata nelle vie più ventilate. Si è notata una minore biodiversità nel centro storico ed in particolare nelle vie più strette, dove la presenza delle case disposte a schiera limita la dispersione degli inquinanti.

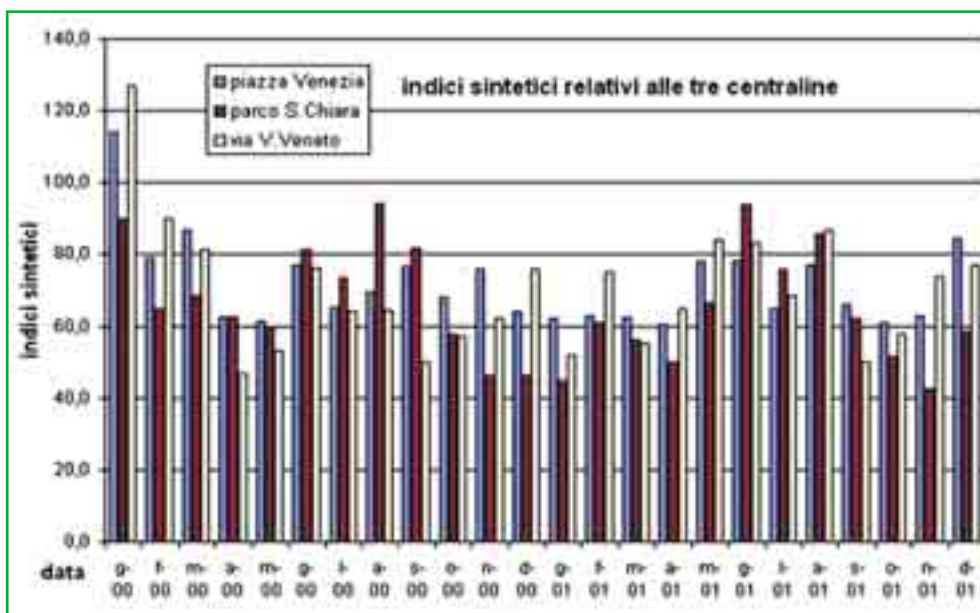


Fig.33 - Istogrammi relativi agli indici sintetici mensili nelle tre centraline di Trento per il periodo 01.01.2000-31.12.2001 (elaborazione: studenti ITG).



Fig.34 - Ortofoto di Trento con rosa dei venti prevalenti (elaborazione: studenti ITG su mappa satellitare Google Earth).

## Confronto tra rilievo del 1990 e rilievo del 2005 con metodologia IAP

Nel 1990 i proff. Corsini e Tonina hanno eseguito un biomonitoraggio nel Comune di Trento per determinare la purezza dell'aria usando il metodo IAP del prof. Amman.

I risultati di questo lavoro sono stati utilizzati per un confronto, ma coprono solo parzialmente il territorio indagato.

Il lavoro del 2005 è stato eseguito col metodo IBL del prof. Nimis utilizzando un tipo di campionamento abbastanza simile al precedente, ma con un rilevatore posizionato in maniera meno soggettiva (*cf*: Metodologia)

Uno degli obiettivi dell'indagine è stato quello di mettere a confronto i dati dei due monitoraggi (che presentano però indici di biodiversità su scale di grandezza diverse), per verificare un'eventuale variazione nella purezza dell'aria dal 1990 al 2005.

Le difficoltà emerse sono state abbastanza rilevanti: diversità di cartografia utilizzata, traslazione dei quadranti interessati al campionamento, mancanza di georeferenziazione della prima indagine.

Per poter operare un confronto si è dovuto ricampionare con metodologia IAP il 5% delle stazioni rilevate nella zona interessata dal precedente bio-monitoraggio.

Si è utilizzato un reticolo di dimensioni 30cm x 50cm posizionato sul tronco dell'albero dove maggiore era la biodiversità lichenica.

E' stato calcolato il "fattore di conversione" tra le due indagini utilizzando stazioni presenti in entrambi i monitoraggi.

Sono state campionate 5 piante delle quali è stato calcolato l'indice IAP.

Il rapporto tra la media IAP e quello IBL di queste stazioni ha permesso di trovare un fattore di conversione che corrisponde a 0,71.



Fig.35 - Rilievo di biomonitoraggio con reticolo orientabile (foto: studenti ITG).

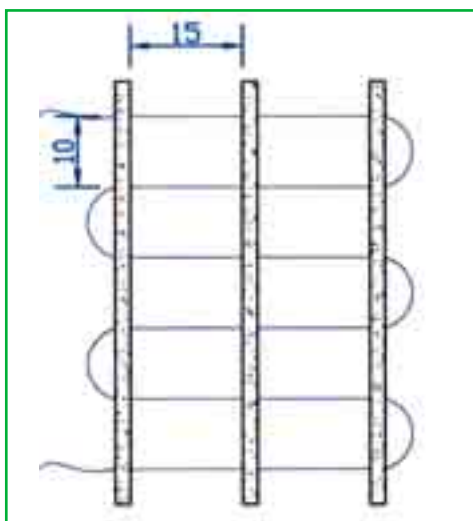


Fig.36 - Reticolo (30 x 50) per utilizzo con il metodo IAP (disegno: studenti ITG).





Fig.37 - Rilievo di campionamento con reticolo 30 x 50cm (foto: studenti ITG).

Tale coefficiente è stato applicato alla media IBL di quadrante del rilievo 2005, ottenendo così una nuova cartografia IAP per la zona indagata nel 1990:

- Carta tematica eseguita con metodologia IAP riferita al rilievo del 1990 (Fig. 39);
- Carta tematica rielaborata con metodologia IAP riferita al rilievo del 2005 (Fig. 40).

Dalla tabella qui sotto e dal confronto fra le due carte tematiche si può notare come, per i quadranti indagati, vi sia stato un miglioramento generalizzato dell'indice IAP che presuppone un miglioramento della qualità dell'aria.

Solo pochi quadranti non hanno presentato variazioni evidenti.

Il miglioramento si crede sia dovuto a buone pratiche messe in atto a livello politico locale e alla maggior sensibilità ambientale dei cittadini.

Importanti si sono rivelate le conversioni delle caldaie da gasolio a metano, il rinnovamento del parco macchine pubblico e privato, l'introduzione delle marmitte catalitiche, la chiusura di alcune fabbriche inquinanti, il lavaggio periodico delle strade.

Cosa si potrebbe fare per migliorare la vivibilità urbana dal punto di vista dell'inquinamento dell'aria?

Incentivare l'uso del mezzo pubblico, mantenere nelle case una temperatura più contenuta, adottare caldaie a condensazione, installare pannelli solari e fotovoltaici, acquistare elettrodomestici più efficienti e in generale sensibilizzare al risparmio energetico amministrazioni e cittadini.

Quadrante	Rilievo 1990		Rilievo 2005	
	Valore IAP	colore	Valore IAP	colore
D5	0	rosso	12,07	giallo
B6	0	rosso	3,37	rosso
B7	2,4	rosso	9,40	aranc.
C7	0	rosso	11,36	giallo
B8	12	giallo	11,6	giallo
E8	5,5	aranc.	20,77	verde chia.
B9	10,5	giallo	18,8	verde scu.
C9	0,25	rosso	9,40	aranc.
B10	0	rosso	17,75	verde scu.
C10	2	rosso	18,70	verde scu.
D10	8	aranc.	19,17	verde scu.

Fig. 38 - Tabella di comparazione relativa agli 11 quadranti confrontabili (elaborazione: studenti ITG).

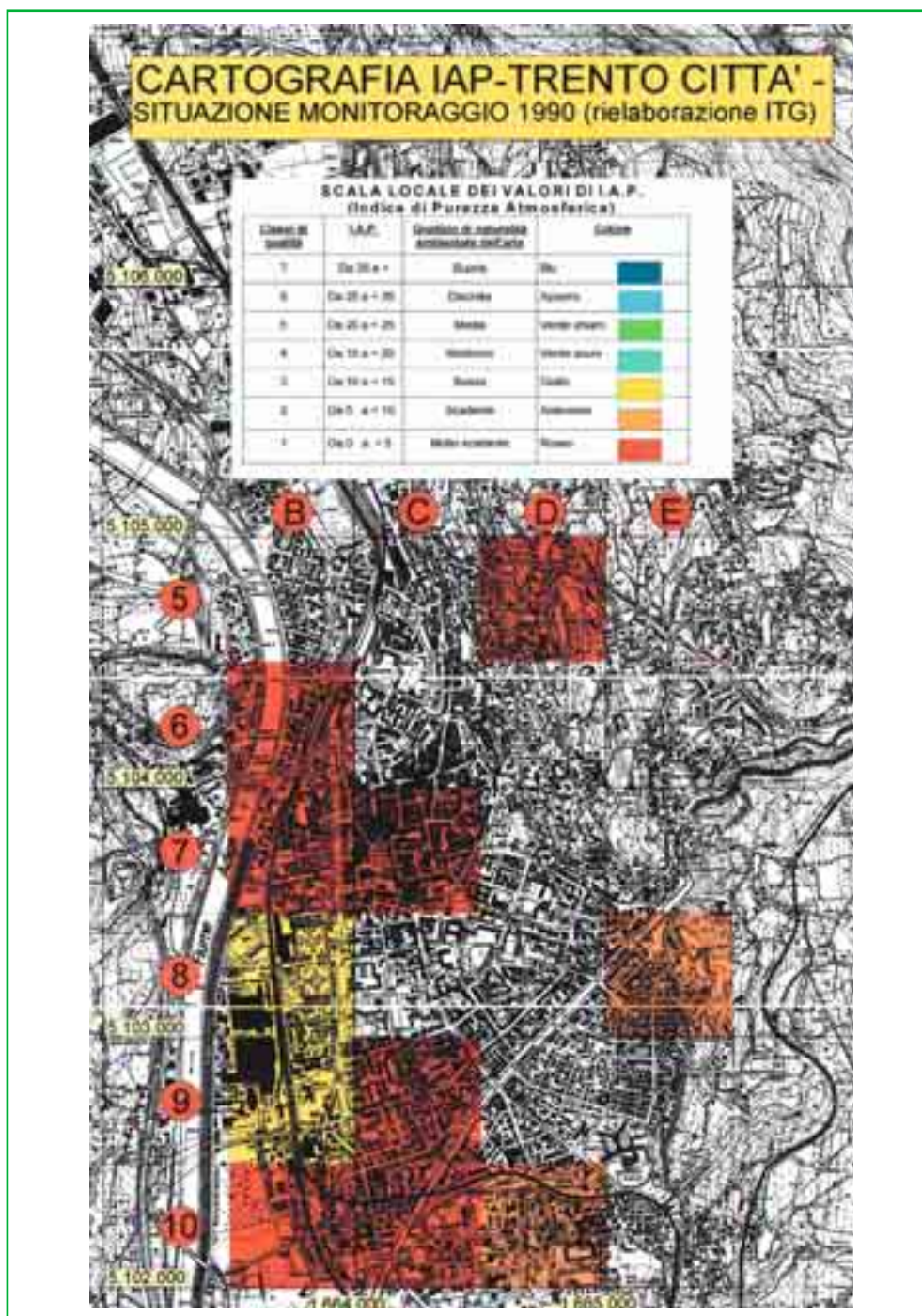


Fig.39 - Carta tematica eseguita con metodologia IAP riferita al rilievo del 1990 (elaborazione: studenti ITG).



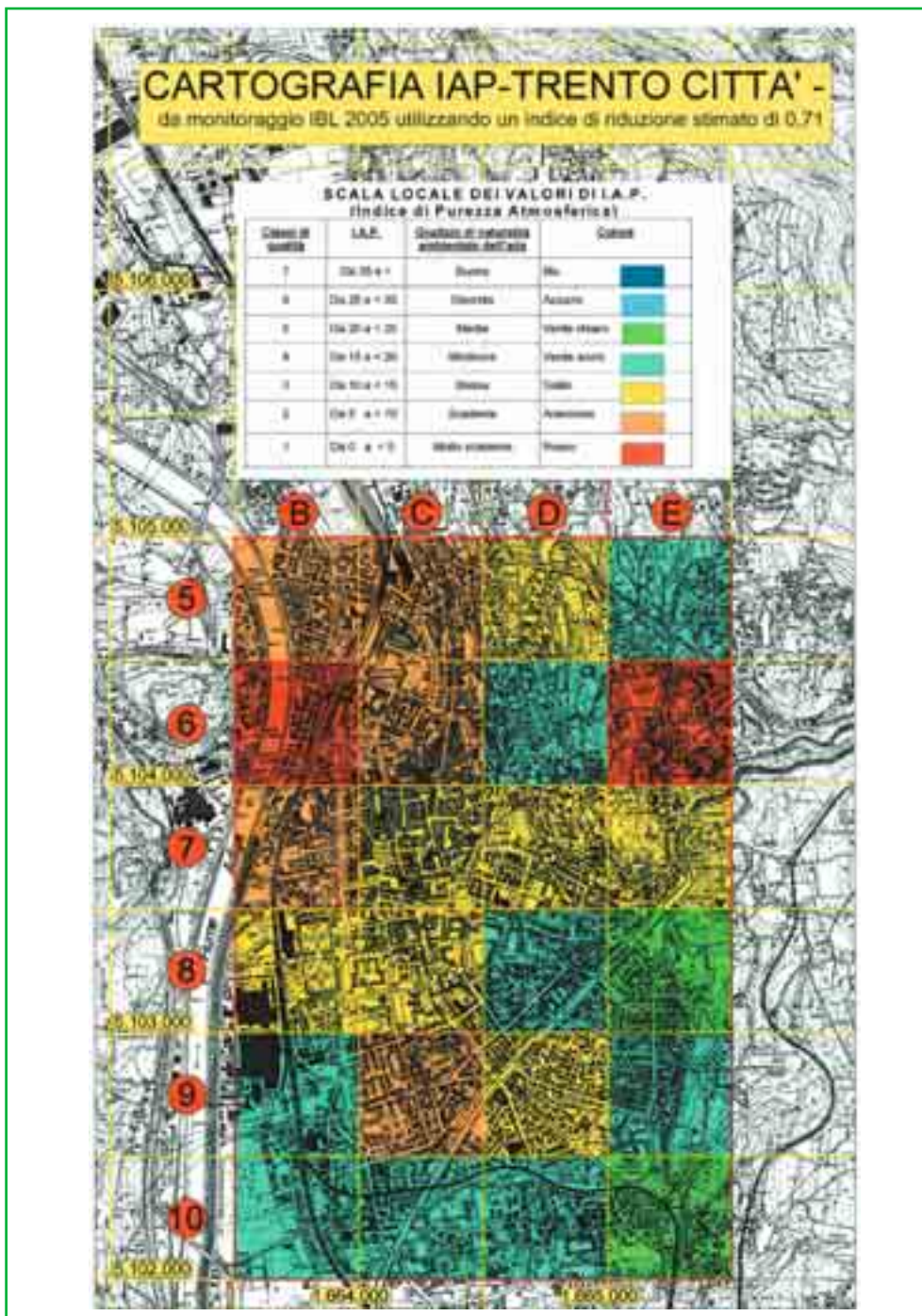


Fig.40 - Carta tematica rielaborata con metodologia IAP riferita al rilievo del 2005 (elaborazione: studenti ITG).

## Sistema Informativo Geografico (o Territoriale) - (GIS): il valore delle informazioni georeferenziate

Un sistema informativo territoriale SIT (o GIS - *Geographic Information System*) è un sistema informatizzato che permette l'acquisizione, la registrazione, l'analisi, la visualizzazione e la restituzione di dati descritti in un contesto topologico (punti georeferenziati).

Il GIS consiste in un archivio centralizzato di dati riferiti al territorio, messi in relazione tra loro al fine di offrire uno strumento di lettura completo, che può essere utilizzato a più livelli dai vari operatori. E' composto da una serie di strumenti informatici per acquisire, memorizzare, estrarre, trasformare e visualizzare informazioni di punti geo-referenziati. E' uno strumento capace di produrre, gestire e analizzare dati spaziali abbinando all'elemento geografico una o diverse descrizioni alfanumeriche.

E' quindi un sistema di gestione di basi di dati (*DBMS Database Management System*) che opera su dati geografici.

Nei GIS vengono date informazioni di 3 tipi (geometriche, topologiche, informative) e si mettono in relazione attributi diversi di punti georeferenziati, creando la possibilità di avere nuove informazioni dai dati esistenti.

Il GIS permette una facile e grande interazione con l'utente e fornisce un insieme di strumenti che ne facilitano la personalizzazione e l'adattamento alle problematiche specifiche dell'utente.

In questa pubblicazione è possibile trovare informazioni territoriali dalla lettura delle carte tematiche proposte, ma sul sito di progetto al [link web-gis](#) è possibile sfruttare tutte le potenzialità di un Web-GIS per interrogare il database contenente le informazioni relative al rilievo di biomonitoraggio

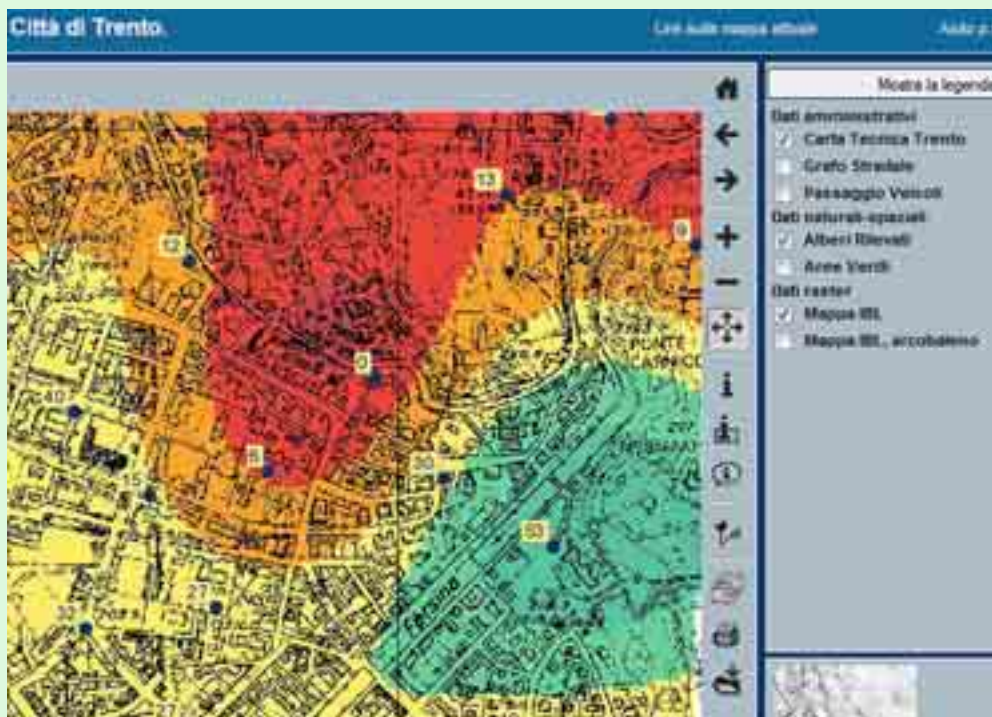


Fig.41 - Riquadro del Web-GIS contenente la rappresentazione per fasce di isoconcentrazione IBL (*elaborazione: studenti ITG*).





## Bibliografia di riferimento

CORSINI L., 1992. *Licheni e inquinamento atmosferico*. Natura Alpina, 3-4 -1992 Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento.

NIMIS P.L., 1993. *The Lichens of Italy (an annotated catalogue)* ed. Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino, Monografia XII.

NASCIMBENE J., 2003 *Contributo per una checklist dei licheni presenti nel giardino botanico Alpino delle Viote -M.Bondone (Trento)*. Studi Trent. Sc.Nat. - Acta Biologica, 79 (2002): 3-6

NASCIMBENE J., CANIGLIA G., DALLE VEDOVE M., 2004. *Indagini lichenologiche nella Riserva Naturale del Bondone (Trento): specie notevoli*. Studi di Trent.Sc.Nat. - Acta Biologica, 80 (2003) 24

NASCIMBENE J., CANIGLIA G., 2003. Licheni del Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino, Quaderni del Parco n°3: 97 pp.

???. *Biodiversità, la varietà della vita*. Quaderno di Biodiversità n°1, pubblicato dal Museo Tridentino di Scienze Naturali nell'ambito del Progetto Biodiversità

GOTTARDINI E., CRISTOFOLINI F. (2002). Studio della biodiversità dei licheni epifiti nel comune di Trento. *Acqua & aria*, 33, (7): 83-88. Istituto di S. Michele.

## Sitologia di riferimento

<http://dbiodbs.univ.trieste.it/sli/home.html>  
*Società Lichenologica Italiana*

<http://www.appa-agf.net/article/archive/131/>  
*documentazione bibliografica on-line dal sito dell'U.O. "Aria e agenti fisici" dell'Agenzia Provinciale per la protezione dell'Ambiente di Trento*

<http://space.comune.re.it/cea/scuola/pagine/iper-testi/licheni/inizio.htm>  
*ipertesto realizzato dalle scuole del Comune di Reggio Emilia*

<http://www.sinanet.apat.it/>  
*è possibile scaricare il manuale del prof. Nimis "IBL Indice di biodiversità lichenica per biomonitoraggio della qualità dell'aria mediante licheni epifiti" Ricercare su settore Documentazione, quindi Atmosfera*

<http://www.gpscomefare.com/php/index.php>  
*sito interessante per l'uso dei GPS e per apprendere autonomamente concetti di informatica applicata alla topografia*

<http://scuole.provincia.so.it/SMSassiTorelli/licheninrete/chiavi.htm#2>  
*chiave analitica per la determinazione dei più comuni licheni in ambiente urbano*

<http://digilander.libero.it/licheniinrete/informazioni/Miniguia.pdf>  
*miniguia per il riconoscimento dei licheni più comuni nella prov. di Mantova*

[http://www.toyen.uio.no/botanisk/lav/Photo\\_Gallery/PG\\_index.html](http://www.toyen.uio.no/botanisk/lav/Photo_Gallery/PG_index.html)  
*photo gallery relativa a moltissime specie di licheni*

## Il progetto in dettaglio



Il presente Progetto biennale di ricerca è stato realizzato negli anni 2005-2007 con le classi 2<sup>A</sup> e 2<sup>B</sup> dell'I.T.G. "Andrea Pozzo" di Trento.

È stato parzialmente finanziato dalla FONDAZIONE CASSA DI RISPARMIO DI TRENTO E ROVERETO, in seguito al "Concorso per progetti di innovazione didattica" indetto tra le scuole del Trentino nell'autunno del 2004.

Ha vinto il primo premio del "Premio Ambiente 2007" della Regione Trentino Alto Adige nella sezione riservata alle scuole e il primo premio al Concorso Nazionale "Licheni e Didattica", promosso dalla Società Lichenologica Italiana nel 2008.

**Coordinatore:** prof. Giuseppe Ciola, ins.te di Scienze Naturali

**Insegnanti collaboratori:** prof.ssa Marina Menotti e prof. Marco Frenoz ins.ti di Topografia

**Studenti:** Ahmeti Elvis, Arrighi Andrea, Boschi Martina, Bridi Stefano, Callegari Eros, Calovi Chiara, Ceolan Stefano, Chiusole Alessandro, Corsini Matteo, Cortelletti Eleonora, Deavi Stefano, Di Meo Magdalena, Drago Paolo, Forti Maurizio, Francescatti Giulio, Fontana Manuel, Frisenna Andrea, Groaz Mattia, Hosl Marco, Kerschbaumer Lorenza, Laterza Enrico, Leveghi Andrea, Linardi Gessica, Merz Stefano, Miori Elena, Nardin Davide, Odorizzi Matteo, Paiar Simone, Pantaleoni Mattia, Paoli Massimo, Passer Michela, Piffer Arianna, Piffer Ivan, Potrich Nicola, Rizzolli Diego, Sometti Arianna, Tabarelli de Fatis Elena, Tessadri Martina, Tortolo Federico, Trenti Tiziana, Uber Daniele, Veronesi Nicola, Zanotelli Simone.

**Enti partner:** IRST (Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica, referente dott. Cesare Furlanello) - MTSN (Museo Tridentino di Scienze Naturali, referente dott. Francesco Rigobello) - APPA (Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente, referente dott. Giancarlo Anderle)

**Hanno inoltre collaborato attivamente al Progetto di biomonitoraggio:**

i ricercatori dell'IRST dott. Paolo Brunetti e dott. Donato Minati, i tecnici di laboratorio dell'I.T.G. "A.Pozzo" Tiziano Berti, Claudio Giuliani, Elisabetta Tasin, il geom. Luca Penasa per la costruzione del Web-GIS, il geom. Francesco Zambotti per la grafica del sito, il dott. Nicola Dallatorre, il dott. Gabriele Franch.