



Fotografia da www.magicoveneto.it

Ecco i risultati del biomonitoraggio della qualità dell'aria effettuato dagli studenti del Liceo della comunicazione opzione ambientale dell'Istituto Maria Immacolata di Gorgonzola (Milano)

Le classi 4° del liceo della comunicazione opz. ambientale dell'Istituto M. Immacolata, in collaborazione con l'amministrazione comunale di Gorgonzola (Mi) e la Società Ecosfera, effettuano da cinque anni il monitoraggio della qualità dell'aria attraverso l'osservazione dei licheni epifiti, utilizzati come bioindicatori.

Il modulo si inserisce in un progetto più ampio denominato IQA (IMI Qualità Ambiente) che prevede l'approfondimento delle tematiche ambientali svolte in classe e applicate direttamente sul campo per rendere gli studenti consapevoli anche delle condizioni ambientali del proprio territorio.

Il progetto poliennale IQA vuole affrontare il problema dell'inquinamento atmosferico e acquatico utilizzando diversi metodi di ricerca, che permettano allo studente di apprendere metodologie di indagine ambientale con le quali effettuare una stima oggettiva dello stato ecologico del territorio.

In particolare, la valutazione della qualità dell'aria è oggi giorno di primaria importanza, dal momento che l'inquinamento atmosferico è uno dei principali problemi ambientali di rilevanza mondiale.

Il modulo prevede inizialmente uno studio della planimetria del territorio comunale di Gorgonzola, individuando le stazioni di rilevamento.

La scelta delle stazioni non è casuale, poiché si considerano zone diversamente esposte agli effetti negativi dell'inquinamento causato dal traffico o da antiparassitari e fertilizzanti che influiscono sulla quantità e la biodiversità delle specie licheniche.

Le uscite sul territorio vengono precedute, poi, da un laboratorio per il riconoscimento dei caratteri morfologici dei licheni e per le tecniche utilizzate per distinguere le differenti specie, nonché per l'introduzione al metodo per il calcolo dell'indice di biodiversità lichenica (IBL) che fornisce un'indicazione quantitativa relativa alla qualità dell'aria.

In seguito, si procede alla classificazione dei licheni sul campo in diverse stazioni di rilevamento, riportando i risultati su apposite schede. Infine, si passa alla fase di analisi e rielaborazione, durante la quale sono costruite tabelle in cui vengono inseriti i dati finali.

Si passa quindi all'elaborazione dei risultati, calcolando per ciascuna stazione l'indice IBL.

Radiografia di un territorio

Storia del biomonitoraggio: uno studio che viene dal freddo

Le prime osservazioni sul deperimento dei licheni in aree soggette a inquinamento atmosferico risalgono alla metà del secolo scorso (Nylander, 1867). Verso la fine degli anni '20, studi condotti nel Nord Europa evidenziarono la graduale scomparsa di licheni epifiti nel centro di molte città (Sernander, 1926). Agli inizi degli anni '70, vennero trovate correlazioni tra le concentrazioni di SO₂ e la presenza di determinate specie licheniche (Hawksworth &

Rose). Importanti passi avanti nello sviluppo di una metodica riproducibile sono stati avviati a partire dalla fine degli anni '80, quando un'equipe di lichenologi svizzeri mise a punto un metodo che permetteva di associare la biodiversità dei licheni epifiti alla qualità dell'aria con una predittività molto elevata. Il metodo permetteva di ottenere un indice di purezza atmosferica e pertanto era denominato metodo I.A.P. (Index of Atmospheric Purity).

All'inizio degli anni '90, Nimis testò l'applicabilità del metodo I.A.P. in Italia, conducendo alcuni studi di applicazione a La Spezia, Schio, Savona e apportando alcune modifiche metodologiche.

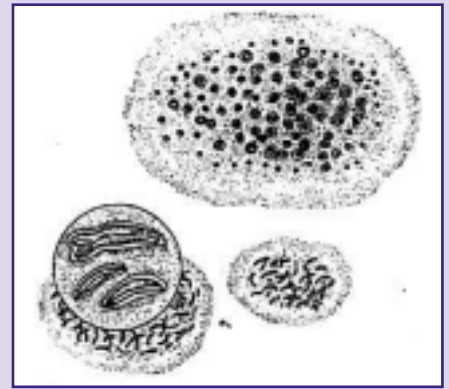
La principale variazione rispetto al metodo svizzero consiste nell'utilizzo di un reticolo a maglie di dimensioni fisse (50x30 cm; 10 maglie), mentre precedentemente le dimensioni del reticolo variavano con il diametro del tronco. Il metodo così

modificato si basa su una misura dell'indice di biodiversità lichenica su substrati arborei (Biodiversità Lichenica, BL), definita come la somma delle frequenze delle specie presenti entro un reticolo a dieci maglie di area costante (Nimis, 1999). L'IBL misurato è in funzione della concentrazione delle principali sostanze inquinanti presenti in atmosfera: la predittività, misurata sperimentalmente in diversi lavori (Nimis et al., 1990), è circa del 98%.

ferico (con bioindicatori) in provincia di Milano



Licheni crostosi:
formano patine
aderenti al substrato.



Licheni fogliosi:
hanno un aspetto
fogliaceo e sono
formati da lamine
con sviluppo
parallelo al substrato;
il bordo può
essere inciso.



Licheni fruticosi:
hanno struttura
tridimensionale,
crescono come
cespugli perché
si staccano
dal substrato
e si sviluppano
verso l'alto
con un tallo
più o meno
ramificato.



io con l'aiuto dei licheni

Morfologia

e caratteristiche

dei licheni,

un'aggregazione tra

fungo e alga

I licheni sono organismi eterospecifici, costituiti dall'aggregazione di un fungo e di un'alga.

L'alga, fotobionte, e il fungo, micobionte, sono in simbiosi mutualistica. Questa relazione realizza un reciproco vantaggio tra i due organismi: l'alga fornisce al fungo il glucosio dalla fotosintesi, il fungo procura all'alga sostanze minerali e soprattutto acqua per il processo fotosintetico.

I licheni sono gli esseri viventi che hanno la più ampia distribuzione geografica, sopportano le condizioni di vita più difficili e possono resistere a lunghi periodi di siccità.

La temperatura che permette lo svolgimento

ottimale della fotosintesi si aggira intorno a + 10°C, ma questi organismi possono vivere in condizioni tra i -20°C e i + 70°C. Per questa loro caratteristica, i licheni sono in grado di colonizzare gli ambienti più diversi, ad ogni latitudine e altitudine della superficie terrestre, anche quelli caratterizzati da condizioni estreme, dove da soli fungo e alga non potrebbero sopravvivere. Alcuni di essi sono chiamati organismi pionieri, perché sono stati i primi a "colonizzare" determinati ambienti.

Generalmente i licheni necessitano di molta luce: è per questo che sono rari nei substrati delle foreste fitte, mentre sono presenti sui rami più alti delle piante. Si possono riscontrare anche su pietre, scorze degli alberi, vecchie vetrate e fili arrugginiti.

Alcune specie crescono di 1 mm all'anno, altre, invece, possono arrivare ad aumentare di 1 cm all'anno: questa frequenza è in relazione con la combinazione di alcune sostanze inquinanti (anidride solforosa, ossidi di azoto, cloro, piombo, rame e cadmio).

In vita latente, questi organismi possono resistere anche per mesi interi, sfruttando la poca acqua per la fotosintesi che permetterà loro di sopravvivere per tutta la giornata.

Il corpo vegetativo del lichene è il tallo, costituito da ife intrecciate tra di loro, dove si trovano le cellule algali.

I rilevatori di inquinamento: vantaggi del biomonitoraggio



Fotografia del professor Franco Maria Boschetto

Inquinamento atmosferico, danni e pericoli

L'inquinamento atmosferico può essere definito come "l'emissione nell'atmosfera di sostanze che possono avere un'azione nociva per ecosistemi terrestri ed acquatici, la salute umana, i beni materiali e le opere d'arte". Tra gli inquinanti più diffusi e pericolosi troviamo:

Monossido di carbonio

L'apporto di CO nell'atmosfera è connesso a vari processi di combustione: una delle principali sorgenti sono i motori a scoppio, ma può essere liberato anche da alcune industrie, come le acciaierie, e dalle centrali termoelettriche.

Gli effetti indotti sulla vegetazione sono trascurabili, mentre sull'uomo appaiono particolarmente gravi perché influiscono sul trasporto dell'ossigeno ai tessuti.

Ossidi di azoto

Il problema dell'inquinamento da Nox generato dalle attività umane è prevalentemente legato alla loro distribuzione: le sorgenti naturali li rilasciano uniformemente nell'atmosfera, mentre le sorgenti alimentate dall'uomo provocano concentrazioni in aree ristrette. I Nox sono prodotti dagli autoveicoli, dalle industrie e dal riscaldamento domestico. Gli effetti tossici riguardano soprattutto l'apparato respiratorio.

Ossidi di zolfo

La natura produce circa i due terzi della quantità complessiva di ossidi di zolfo, principalmente tramite processi dovuti ad attività vulcaniche, mentre le sorgenti legate all'azione

dell'uomo risultano concentrate in aree urbane ristrette dove si concentrano le attività industriali. Sono gas con un alto grado di tossicità per gli organismi viventi e responsabili di tumori nell'uomo.

Particolati

Si tratta di goccioline liquide e particelle solide volatili con dimensioni comprese tra 0,0002 e 500 µ. I particolati, oltre a essere prodotti da processi naturali come le eruzioni vulcaniche, possono avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), da lavorazioni agricole, dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni, nonché dagli scarichi degli autoveicoli. Le particelle sospese possono causare irritazioni e allergia alle mucose dell'uomo. Tra i residui della combustione, molto pericolose per la salute risultano le ceneri costituite da ossidi di metalli pesanti, quali cadmio, rame e piombo; infatti, molti metalli pesanti, oltre a poter penetrare direttamente negli organismi tramite la respirazione, possono essere assunti anche attraverso l'alimentazione.

Idrocarburi

La maggior parte degli idrocarburi viene prodotta dalla decomposizione di materia organica (fermentazione batterica), ma le alte concentrazioni nelle aree urbane sono dovute prevalentemente al traffico veicolare. Per quanto riguarda i danni diretti sulla salute dell'uomo, si segnalano diversi idrocarburi aromatici; lo xilene può avere effetti neurotossici, mentre il benzene produce anemie, aberrazioni cromosomiche e diversi tipi di tumore.

Atmosfera (con bioindicatori) in provincia di Milano

Per rilevare l'inquinamento atmosferico possono essere utilizzati due metodi

METODO CHIMICO STRUMENTALE: attraverso centraline automatiche si misurano direttamente le sostanze nocive prelevando campioni d'aria dall'atmosfera

METODO BIOLOGICO o BIOMONITORAGGIO: si basa sull'analisi di alterazioni ambientali mediante parametri biologici, procedendo nello studio e nell'interpretazione degli effetti prodotti dall'inquinamento sugli organismi. Un buon indicatore biologico deve:

- essere ubiquitariamente presente, facilmente reperibile ed individuabile;
- essere capace reagire all'alterazione ambientale nel suo complesso;
- avere un lungo ciclo vitale e resistenza agli stress ambientali naturali

I vantaggi offerti dal biomonitoraggio

- costi contenuti e tempi di ricerca brevi;
- possibilità di realizzare reti di monitoraggio su vasta scala, basate su un'elevata densità di punti di campionamento;
- ottimizzare il dislocamento delle centraline automatiche.

Per il metodo biologico si possono utilizzare due sistemi

BIOACCUMULATORI: organismi resistenti all'inquinamento, i quali assorbono alcune sostanze che possono essere analizzate.

I licheni epifiti sono in grado di bioaccumulare elementi in traccia, soprattutto metalli pesanti diffusi in atmosfera sotto forma di particolato. Per questo motivo sono ampiamente utilizzati per il biomonitoraggio dei patterns di deposizione atmosferica di metalli in traccia. Le caratteristiche che rendono i licheni degli ottimi bioaccumulatori sono:

- la capacità di accumulare metalli pesanti;
- la dipendenza del loro metabolismo dagli scambi gassosi con l'atmosfera;
- l'impossibilità di eliminare le parti danneggiate del tallo.

Quest'ultima caratteristica fa sì che il tallo mantenga informazioni relative a periodi di tempo piuttosto lunghi, con la possibilità di indagare esposizioni agli inquinanti di tipo cronico.

BIOINDICATORI: organismi sensibili, che subiscono danni facilmente osservabili, qualificabili, correlabili alle diverse intensità di inquinamento, in modo che, quando sia maggiore l'inquinamento ci sia un maggior danno. I licheni, data la loro stretta dipendenza dall'atmosfera, per l'apporto idrico, per la nutrizione minerale, per l'apporto di gas (CO₂ per la fotosintesi algale), sono estremamente esposti e reattivi alla presenza di sostanze tossiche che alterino la composizione atmosferica. Le seguenti peculiarità fisiologiche ed ecologiche contribuiscono a rendere questi organismi degli ottimi bioindicatori degli effetti dell'inquinamento atmosferico.

Le sostanze inquinanti possono provocare danni individuali di diverso tipo ai talli e, di conseguenza, modificazioni e impoverimenti delle comunità licheniche. I licheni sono perciò utilizzabili nel controllo biologico dell'ambiente: il biomonitoraggio.

I licheni

- hanno un metabolismo basato sugli scambi gassosi e di nutrienti direttamente con l'atmosfera, grazie alla mancanza di una cuticola superficiale e di un apparato radicale;
- presentano una buona resistenza agli stress ambientali, che è una conseguenza del loro metabolismo particolarmente lento;
- hanno un'ampia distribuzione;
- a differenza delle piante superiori, non sono in grado di eliminare le parti intossicate del tallo;
- sono longevi e quindi forniscono informazioni relative a periodi lunghi;
- sono fissi al substrato e testimoniano le condizioni dell'area in cui si trovano;
- presentano un'attività metabolica ininterrotta, anche nel periodo invernale, quando la concentrazione di inquinanti atmosferici raggiunge, nelle aree urbane, i suoi massimi livelli.

Metodo di rilevamento: scelta degli alberi e delle zone di corteccia

Giunti nelle apposite stazioni di rilevamento, vengono individuati gli alberi da monitorare, analizzati anche gli anni precedenti. Le specie arboree prese in considerazione sono: tigli (*tilia* spp.), pioppi (*populus nigra*), querce (*quercus* spp.). Gli alberi si trovano disposti a filare e ogni singola stazione deve comprendere tre o quattro piante.

In seguito sono fissati ai tronchi degli alberi i reticoli per mezzo delle puntine; dopodiché si rileva l'intensità di traffico nella zona, la circonferenza del tronco, l'altezza da terra e l'esposizione del reticolo.

Successivamente si passa al riconoscimento dei diversi tipi di licheni nei 10 riquadri del reticolo per mezzo delle lenti di ingrandimento, delle chiavi dicotomiche e dei reagenti chimici (idrossido di potassio KOH e ipoclorito di sodio NaClO).



Fotografia del professor Renzo Rabacchi

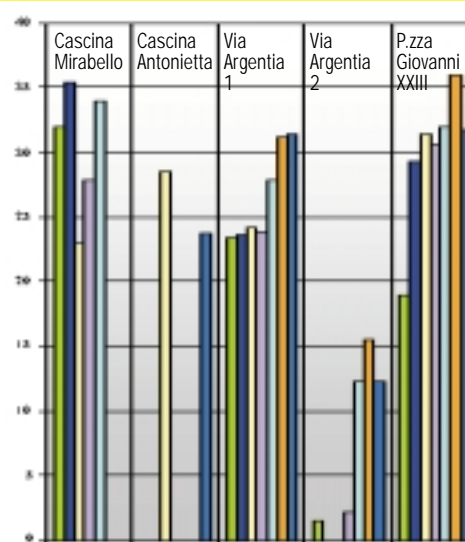
Reticolo utilizzato



Per effettuare l'analisi che ci ha condotti a monitorare il territorio, utilizziamo i seguenti strumenti:

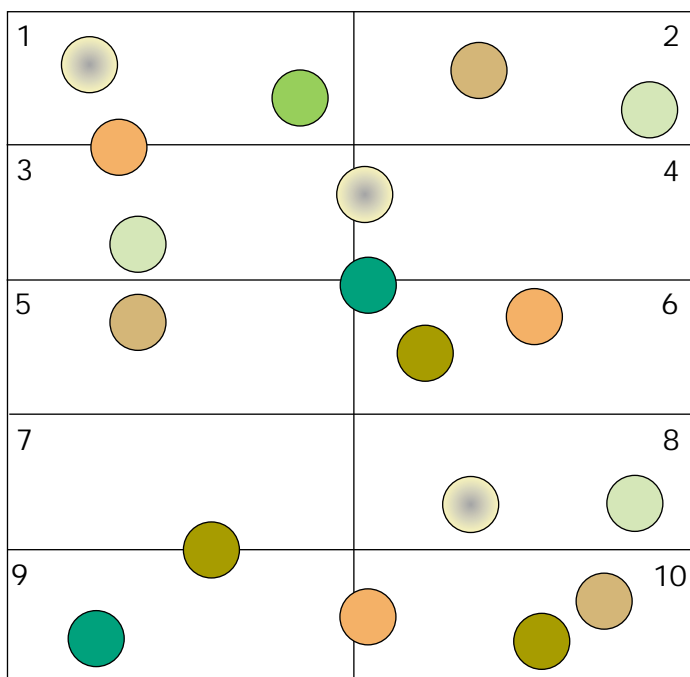
- Un reticolo, costituito da dieci riquadri della grandezza di 10X15 cm l'uno;
- Una bussola, utilizzata per determinare l'orientamento, secondo i punti cardinali, della posizione del reticolo posto sugli alberi;
- Un metro, utilizzato per misurare la circonferenza dell'albero e l'altezza di rilevamento dal suolo;
- Il reagente K', ovvero idrossido di potassio, utilizzato per la classificazione delle diverse varietà licheniche;
- Stereomicroscopio, per il riconoscimento delle specie dubbie.

Le rilevazioni anno per anno nelle aree esaminate



ferico (con bioindicatori) in provincia di Milano

Esempio di conteggio su reticolo



Per il conteggio dell'IBL si utilizza questo metodo:

- si individua la specie di lichene attraverso le chiavi dicotomiche.
- si osserva dove questa specie lichenica è presente all'interno dei dieci rettangoli del reticolo. Per conteggiare quanti organismi sono presenti nel reticolo si devono seguire delle regole particolari: non bisogna contare due volte lo stesso specie nello stesso quadrante; la specie che si trova sulla linea di confine deve essere contata due volte (cioè come se fosse presente in tutti e due i quadranti); possono essere rilevati al massimo 10 licheni di una stessa specie, poiché dieci sono i riquadri della griglia.

Conteggio della frequenza e della tipologia

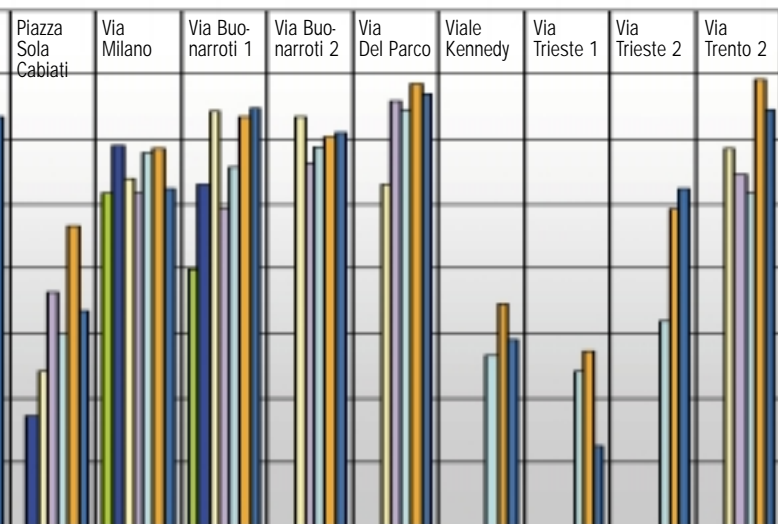
	è stato conteggiato 5 volte, poiché presente per intero nel quadrante 9 e presente in parte nei quadranti 3, 4, 5, 6.
	è stato conteggiato 3 volte, poiché è presente per intero soltanto nei quadranti 2, 5, 10.
	è stato conteggiato 4 volte, poiché presente per intero nei quadranti 1, 8 e presente in parte nei quadranti 3, 4.
	è stato conteggiato 4 volte, poiché presente per intero nel quadrante 10, presente in parte nei quadranti 8, 9 e presente nel quadrante 6.
	è stato conteggiato 5 volte, poiché presente per intero nel quadrante 6 e essendo presente in parte nei quadranti 1,3, 9,10.
	è stato conteggiato 2 volte, poiché presente per intero nei quadranti 2, 3.
	è stato conteggiato 2 volte, poiché presente per intero nei quadranti 1,8.

Il lichene è stato conteggiato 2 volte, poiché presente per intero nei quadranti 1, 8.

L'IBL calcolato è la somma totale di tutte le varietà di licheni riscontrate e in questo caso è pari a 25.

• Per determinare l'IBL totale di una stazione è necessario prendere in considerazione gli IBL di tre o quattro alberi e farne la media.

Infine si confronta l'indice di biodiversità ottenuto attraverso la tabella relativa alla qualità dell'aria e si ottiene così una classificazione della zona monitorata.



L'indice di biodiversità lichemica

Indice	Colore	Qualità dell'aria
$0 < \text{IBL} < 10$		Pessima
$11 < \text{IBL} < 20$		Scadente
$21 < \text{IBL} < 30$		Accettabile
$31 < \text{IBL} < 40$		Discreta
$41 < \text{IBL} < 50$		Buona
$\text{IBL} > 50$		Ottima