

MARGHERITA LA MONICA  
Dott.ssa di Ricerca in Scienze Ambientali  
Università de L'Aquila

# Utilizzazione di specie vegetali quali bioindicatori della qualità ambientale nell'area industriale di Mantova



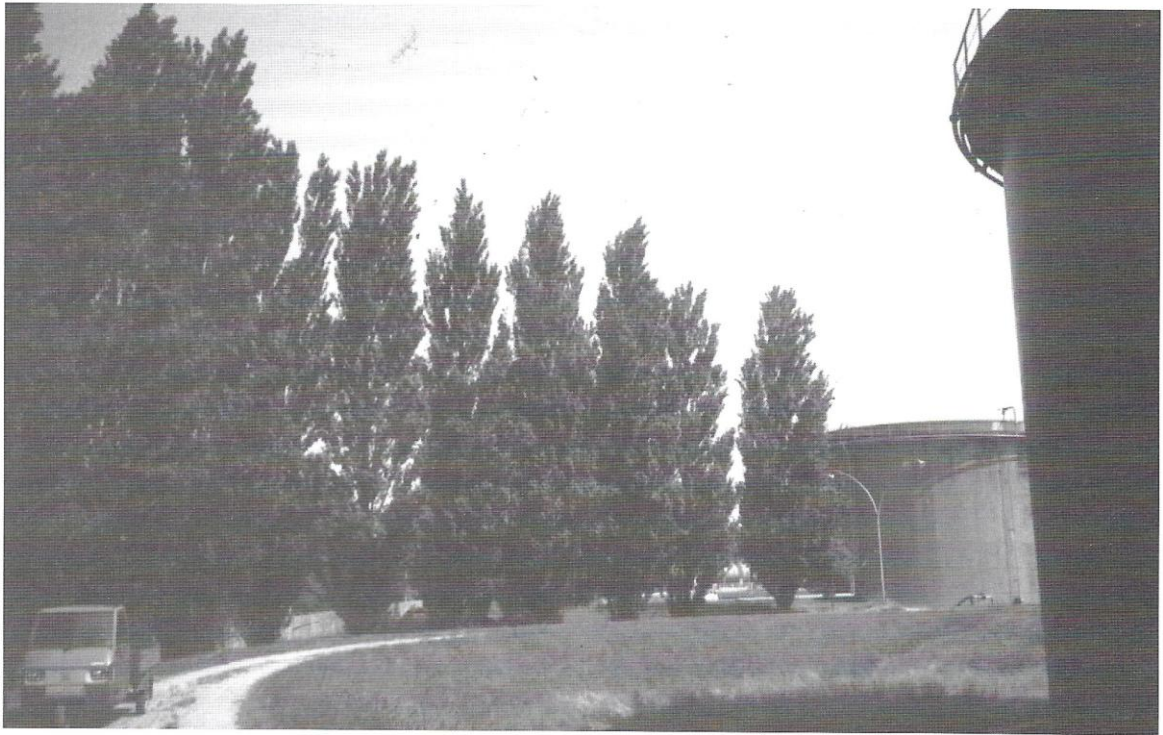


Foto 2 – Filari di *Populus nigra* var. *italica* presenti all'interno della Raffineria IES.

L'inquinamento atmosferico è considerato, specialmente in questi ultimi tempi, uno dei principali problemi da affrontare e le piante sono considerate un mezzo semplice, efficace e assai poco costoso di monitoraggio ambientale. Sono ormai numerose le esperienze applicative concernenti l'uso di piante come bioindicatori e bioaccumulatori.

Questo lavoro riassume i risultati dell'analisi di metalli pesanti (Nickel, Piombo, Ferro, Cromo, Vanadio e Zinco) bioaccumulati nelle foglie di pioppo, delle specie *Populus nigra* var. *italica* e *Populus canadensis*, presenti, in un'area del raggio di circa 10 Km, nel territorio intorno al comune di Mantova. A Sud/Est della città è infatti presente una zona industriale, che comprende tra altri impianti anche la raffineria IES (Italiana Energia e Servizi S.p.A.), dove è stato effettuato lo studio (Foto n. 1).

Il presente studio è stato realizzato, grazie ad una convenzione stipulata tra la raffineria IES e la Facoltà di Scienze MM. FF. NN. dell'Università degli Studi di L'Aquila, al fine di contribuire alla conoscenza dell'impatto delle emissioni degli impianti sull'ambiente circostante.

Premesso che la qualità ambientale è stimata e rappresentata con l'uso di opportuni indicatori (elementi della biosfera in cui si sia accumulato un contaminante) che vengono rapportati a valori di scale convenzionali, dobbiamo rilevare che nel caso oggetto di studio, poiché non si può far riferimento a scale oggettive, si è valutata la qualità ambientale con riferimento ad un singolo parame-

tro particolarmente forte dato dall'accumulo di metalli pesanti la cui importanza relativa è considerata preminente rispetto agli obiettivi di valutazione<sup>1</sup>. Un buon indicatore ecologico deve possedere, infatti, alcuni requisiti specifici: essere abbondante, facile da reperire e da raccogliere, essere presente su un ampio spazio geografico, in altri termini deve essere rappresentativo di un certo fenomeno che si vuole rilevare ed altamente correlabile con l'effetto che si intende ricercare, con una minima dispersione statistica e difficilmente occultabile da fattori al contorno. Inoltre deve essere accessibile con tecniche standard, affidabile, cioè deve avere valori minimi di errori sistematici, operativo in quanto utilizzabile per determinare azioni di intervento.

Le due specie di pioppo *Populus nigra* var. *italica* e *Populus canadensis*, precedentemente menzionate, sono state scelte per determinare la qualità ecologica del territorio intorno a Mantova in quanto indicatrici diffuse, di particolare interesse e presenti sia nell'area interna (Foto n. 2) alla raffineria che in quella esterna (Foto n. 3, Foto n. 4).

## Problemi di tutela ambientale

La provincia di Mantova, un tempo ad economia prevalentemente agricola, è stata trasformata, a partire dagli anni '40 in una delle aree più industrializzate del paese e cioè soprattutto nei sob-



Foto 3 – Filari di *Populus nigra* var. *italica* presenti sul Lungolago Mincio.

borghi del capoluogo. La fase più accelerata del processo industriale è iniziata negli anni '60 ed in circa 20 anni, ha portato Mantova e provincia a raggiungere una struttura completa ed omogenea di attività di produzione, trasformazione e commercializzazione.

Nel 1946 è nata la raffineria IES di Mantova; nel 1957 il polo petrolchimico della Edison (ora Eni-chem), e, successivamente, altre realtà industriali quali la cartiera Burgo, la Ceramica Mantovana, l'industria metalmeccanica Belelli, etc.

La raffineria ICIP (ora IES) ha contribuito allo sviluppo industriale del territorio costituendo un notevole incentivo per la creazione di imprese ed è giustamente considerata una importante fonte di ricchezza per la popolazione del territorio, in quanto, all'interno di essa, lavorano circa 300 dipendenti impiegati in diverse mansioni. Poiché si inserisce in un ambiente che, pur appartenendo all'area industriale di Mantova, è limitrofo ad una zona residenziale e ad una di grande importanza protezionistica, il Parco Naturale del Mincio, la raffineria ha dovuto sempre tenere in debita considerazione obiettivi di tutela dell'ambiente e della salute delle persone.

Il sistema di raffinazione, sebbene sia essenzialmente costituito da un insieme di sistemi chiusi (gli impianti) presenta una serie di possibili fonti



Foto 4 – Impianto artificiale di *Populus canadensis* presente all'esterno del muro della Raffineria IES.

di inquinamento sia dell'aria che dell'acqua.

Nel 2000 gli accorgimenti messi in atto dalla raffineria per assicurare la tutela dell'ambiente erano:

1. Un sistema di raccolta e trattamento delle acque reflue che convoglia in un sistema fognario tutti i residui liquidi, compresi quelli oleosi sottoposti ad uno specifico trattamento preliminare. Prima della riconsegna al fiume Mincio, le acque sono sottoposte a trattamenti fisico, chimico e biologico in un impianto composto da unità successive (separatore API, flocculatore, flottatore, e trattamento biologico).
2. Una torcia, che in situazioni di emergenza, brucia i gas che possono sfuggire dagli impianti di produzione.
3. Alcuni impianti per la depurazione dei gas. La prima forma di tutela deriva dal fatto che gli impianti di produzione e la centrale termoelettrica della raffineria bruciano combustibili a basso tenore di zolfo (BTS) quali metano e gas autoprodotti opportunamente desolforati. Inoltre appositi presidi, quali filtri dotati di carboni attivi e circuiti di azoto, abbattano gli effetti indesiderati del ciclo produttivo nei confronti della qualità dell'aria.
4. Un sistema di bonifica del territorio. È in fase di realizzazione un progetto, elaborato con l'Università di Milano, che prevede l'eliminazione dal terreno dei residui di prodotti petroliferi mediante l'utilizzo di batteri decompositori.
5. L'interramento dei serbatoi di stoccaggio del Gpl.

Inoltre, in sede di rinnovo della concessione da parte del comune di Mantova, la raffineria è stata vincolata al rispetto, entro un tempo stabilito, di alcune condizioni quali:

1. ricollocazione del sistema torcia;
2. ulteriore incremento delle condizioni di sicurezza del parco serbatoio Gpl, tuttora in fase di realizzazione.<sup>2</sup>

## L'ambiente fisico dell'area oggetto di studio

L'area si estende intorno della raffineria IES (Italiana Energia e Servizi S.p.A.) di Mantova e comprende:

- ad Ovest parte della città di Mantova ed il Lago Inferiore;
- a Sud il Parco Naturale Mincio ed in particolare la Riserva Naturale della "Vallazza" dove il Mincio, appena abbandonato il Lago Inferiore, si espande in una vasta zona umida;
- a Nord-Ovest l'insediamento industriale della città ed alcuni centri abitati satelliti come ad esempio quello di Frassine, situato proprio a ridosso della raffineria.

Lo specchio lacustre presente nella Riserva Naturale "Vallazza" è l'ideale continuazione e completamento del Lago Inferiore ed è quasi completamente coperto, durante la stagione estivo-autunnale, da una vegetazione galleggiante di notevole pregio scientifico ed estetico.

Altre formazioni vegetali, del pari importanti, presenti nelle zone palustri sono le cenosi dominate da *Phragmites australis* o da *Acorus calamus*, i cariceti a *Carex elata*, i saliceti spontanei a *Salix alba* (Foto n. 5). Gli stagni, numerosi nell'area oggetto di studio, sono sia naturali che artificiali; questi ultimi sono il risultato di una intensa attività estrattiva di argilla, continuata fino ad oltre la metà di questo secolo. Queste raccolte d'acqua sono molto diverse tra loro per importanza naturalistica, come diretta conseguenza delle differenti modalità di escavazione da cui hanno origine.

Là dove in passato si è scavato liberamente per la facilità di accesso, la conformazione delle rive è lineare e verticale con acqua profonda fin dai bordi in quanto è stato prelevato il massimo quantitativo di materiale possibile.

È questa la situazione naturalisticamente meno valida poiché limita la formazione di vegetazione igrofila elofitica emergente (fragmiteto e tifeto) attorno all'acqua (Foto n. 6), ritenuta indispensabile per fornire rifugio e protezione all'avifauna, sia nidificante che in sosta temporanea; difficile, se non in alcuni casi impossibile, risulta pure la pesca per



Foto 5 – Saliceti spontanei *Salix Alba*.



Foto 6 – Vegetazione elofitica con *Carex elata*, *Phragmites australis* e *Salix alba* in successione.

uccelli, anche di grandi dimensioni, come gli Ardeidi, presenti numerosi nella zona.

Nelle rive dove non si è potuto scavare liberamente, per i limiti imposti dalle difficoltà di accesso e dai mezzi utilizzati, l'asportazione di argilla è avvenuta in modo molto discontinuo ed irregolare e le rive stesse sono rimaste in vari punti digradanti e presentano piccoli promontori, lingue di terra ed anse dove la spontanea colonizzazione ad opera della vegetazione ha ricreato ambienti naturali assai vari e di notevole interesse.

Lungo il fiume, dove il restringimento della zona valliva è più evidente, è posto uno sbarramento, che ha il compito di impedire che le acque del Po, risalendo lungo il Mincio in occasione di piene occasionali, giungano fino ai laghi, mettendo in pericolo la città di Mantova. Esso viene pertanto chiuso in coincidenza delle maggiori piene del Po e, in questi casi, una serie di idrovore prelevano acqua a monte per riversarla a valle della chiusa.

In tali periodi la Vallazza funziona da cassa di espansione del Mincio. I terreni emersi, che si trovano ai lati del fiume, vallivi e in gran parte coltivati a pioppeto, vengono coperti da una lama d'acqua più o meno profonda, e per periodi più o meno lunghi che dipendono dall'imponenza delle piene del Po. Ciò avviene sia per i terreni a monte della chiusa che per quelli a valle.

L'altitudine media di tali terreni è di 16-18 m s.l.m., mentre la sommità degli argini si trova a 23-24 m s.l.m.

Le acque sono mantenute ad una quota media di 14,40 m s.l.m., ma durante le piene del Po possono raggiungere quote superiori anche di 6-7 m. Sono proprio queste sommersioni che permettono alla

Vallazza di conservare, nonostante la continua azione antropica tesa ad una sempre più accentuata bonifica, le sue caratteristiche di zona palustre.

La quota del fiume a valle della chiusa è generalmente limitata al di sotto dei 14,35 m s.l.m., con periodici ed irregolari aumenti, solitamente di breve durata (da qualche giorno a circa una decina di giorni o poco più), in coincidenza della primavera o dell'autunno.

Saltuariamente si sono registrati periodi di piena più lunghi, come quello dell'anno 1986, durato tutto il mese di Maggio.

Poiché i terreni golenali si trovano a 16-18 m s.l.m., essi vengono invasi dalle acque di piena del Mincio quando il fiume raggiunge tali quote.

Il livello delle acque della Vallazza a monte della chiusa è legato a quello del Po, ma può essere reso indipendente con la chiusura dello sbarramento di Formigosa. Normalmente tutta la Vallazza viene usata come cassa di espansione del Mincio ma, arrivati al livello considerato di sicurezza per la città, con la chiusura dello sbarramento si evita l'ulteriore reflusso delle acque del fiume; con la contemporanea chiusura dello sbarramento di Casale, a monte delle Valli del Mincio, il fiume viene deviato nel Canale Diversivo, evitando l'ulteriore entrata di acqua nei laghi di Mantova e quindi nella Vallazza.

Nei laghi entrano altri affluenti minori, per cui si rende talvolta necessario, per evitare l'allagamento della città, pompare con una serie di idrovore acqua a monte per riversarla a valle della chiusa.<sup>3</sup>

Il livello delle acque nella Vallazza a monte dello sbarramento è quindi rigorosamente controllabile artificialmente; ciò è molto importante in quanto con-

sente una regolazione finalizzata alla conservazione e alla migliore gestione dell'ambiente naturale.

I terreni golenali della Vallazza a monte della chiusa, anche se soggetti a sommersioni di minor ampiezza rispetto a quelli a valle, vengono comunque in gran parte coperti dalle acque nei periodi primaverile e autunnale.

Tuttavia, mentre il livello a valle della chiusa non è controllabile artificialmente, quello a monte è regolabile intervenendo sugli sbarramenti di Casale e Formigosa ed eventualmente sulle idrovore che portano acqua da monte a valle della chiusa.<sup>3</sup>

## Il clima

Dal punto di vista climatico l'area in esame si trova nella zona centro-orientale della Valle Padana e fa parte di una regione climatica uniforme caratterizzata dall'effetto di barriera dell'arco alpino.

Per individuare le principali caratteristiche climatiche dell'area oggetto di studio sono stati utilizzati i dati termopluviometrici della stazione meteorologica di Mantova.

Le coordinate geografiche della stazione sono: Lat. N 45° 09' 27"; Long. W. (dal meridiano di M Mario) 1° 39' 20".

L'altitudine del punto in cui si trova l'osservatorio meteorologico è di m 20 s.l.m., ma la quota dell'osservatorio, posto sulla sommità di una torre, è m 45 s.l.m..

Il clima è quello tipico padano a carattere tendenzialmente continentale, con estati molto calde ed inverni rigidi. Le escursioni termiche sono notevoli. La temperatura media annua, registrata nel periodo 1969-1997 è stata di 13.5°C.

Il mese più freddo è gennaio (temperatura mensile media 2.2°C), ma la temperatura minima annuale può riscontrarsi, a seconda degli anni, in un giorno qualsiasi tra novembre e marzo. La tempera-

tura minima registrata nel periodo '69-'97 è stata di -15°C nel 1985.

Il mese più caldo è luglio (temperatura mensile media 24.4°C), ma la temperatura massima può riscontrarsi in un giorno qualsiasi tra giugno ed agosto.

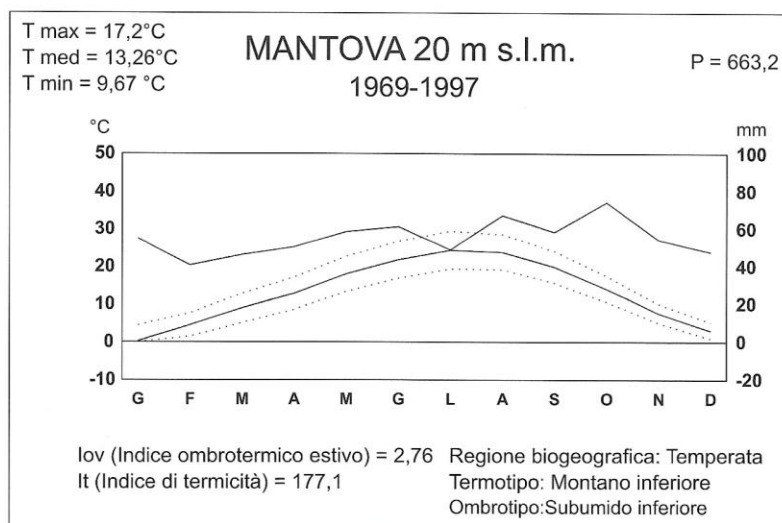
L'umidità relativa è piuttosto elevata, con nebbie intense dall'autunno alla primavera e con brinate e geli prolungati durante l'inverno.

Le precipitazioni annue non sono molto abbondanti e si aggirano sui 663.22 mm, abbastanza ben distribuite nell'arco dell'anno, anche se si notano punte più elevate durante la primavera (giugno) e l'autunno (ottobre). Intense precipitazioni possono verificarsi anche nella tarda estate (agosto) a causa di temporali tanto brevi quanto violenti.

Le curve delle temperature e quella (la più alta) delle precipitazioni sono tracciate in base al rapporto 1°C : 2 mm.

Dal diagramma termopluviometrico della stazione di Mantova (secondo Bagnouls e Gaussen), risulta evidente come il periodo di minor precipitazione (luglio) coincida con le temperature più elevate, così che il clima in questo periodo è nettamente arido.

È noto che le caratteristiche fisiche ed orografiche di un territorio hanno una notevole influenza sulle condizioni dinamiche dell'atmosfera; nel caso di Mantova, il territorio è per la sua totalità pianeggiante e quindi non presenta i problemi di vallate più o meno profonde in cui si determinano forti campi di vento; tuttavia la presenza di rilevanti corpi idrici, come i laghi che circondano la città, induce situazioni atmosferiche particolari, in corrispondenza dell'interfaccia terra- acqua, con conseguenti situazioni dispersive indotte dalla provenienza del vento (dalla superficie idrica o da quella terrestre). Mantova è situata nella pianura Padana caratterizzata dalla presenza di nebbia e cielo coperto durante il periodo invernale; ciò comporta



una situazione d'equilibrio stabile atmosferico capace di trasportare gli inquinanti emessi dalle alte ciminiere industriali a lunghe distanze e di determinare fenomeni di "stagnazione" con il conseguente accumulo nell'area degli inquinanti direttamente emessi dalle sorgenti industriali ed urbane.

Le principali condizioni atmosferiche della zona sono state studiate analizzando i dati relativi alla velocità ed alla direzione del vento, le cui frequenze sono state rilevate dalla centralina meteo di Mantova negli anni 96-97-98.<sup>4</sup>

L'analisi dei dati mette in evidenza che il territorio della città risulta abbastanza ventilato.

Le direzioni del vento, rilevate dalla stazione meteo della città, mostrano che quelle predominanti, nei tre anni analizzati, sono i settori Est, Nord/Est ed i settori Ovest, Nord/Ovest con un massimo di frequenza per la direzione Est pari al 22 %. Questo aspetto è particolarmente rilevante per la qualità dell'aria dell'area urbana in quanto la città si trova con alta frequenza sottovento rispetto alla localizzazione degli impianti industriali.

## Geomorfologia

Dal punto di vista geomorfologico l'area presenta un andamento pianeggiante, con una generale inclinazione verso Sud; le quote assolute vanno da un massimo di 50 metri a Nord, presso Pozzolo, sino al minimo di 14 metri circa in aree situate a Sud presso il Po ed esternamente all'argine stesso in quanto nelle golene spesso si trovano quote superiori a quelle delle adiacenti campagne.

La pianura presenta alcune ondulazioni legate a percorsi di antichi alvei fluviali o dei fiumi attuali, e rappresentate specialmente da bordi di erosioni di terrazzi alluvionali.

Le scarpate di erosione del Mincio a Sud-Est di Mantova e quelle dei paleoalvei minori, diffusi su tutto il territorio, sono di più difficile lettura.

Sono invece molto chiare le tracce del paleocorso del Mincio che, fino all'800 a.C. circa, scendeva verso il Po nel tracciato dell'attuale Fossa Viva (tra Montanara e Borgoforte); esse infatti sono incassate nel livello della pianura e contraddistinte in molti casi da chiara erosione laterale.

Il Po non ha lasciato tracce morfologiche di grandi dimensioni, perché ha interessato, con le proprie esondazioni, soprattutto porzioni di territorio distanti non più di qualche centinaio di metri dall'alveo attuale.<sup>5</sup>

Nell'area in esame una località di particolare interesse vegetazionale è la Riserva Naturale "Valli del Mincio" posta all'interno del Parco del Mincio, un tipico esempio di zona umida lacustre. Qui la vegetazione naturale è molto ricca e varia e, sem-

plificando, dall'esterno verso l'interno del lago, si incontra una zona a Carice (*Carex elata*), seguono la Cannuccia palustre (*Pragmites australis*), la Giunchina di palude (*Heleocharis palustris*), le Ninfee e Nannufari (*Nymphaea alba*, *Nuphar luteum*). La vegetazione sommersa e ondeggiante è rappresentata da Potamogeti (*Potamogeton perfoliatus*), mentre tra le piante galleggianti si trova la Castagna d'acqua (*Trapa natans*). Sul fondo si sviluppa, invece, una bassa prateria sommersa costituita da Alghe evolute con varie specie di Caracee. Queste aree ospitano numerose specie di volatili tra cui numerosi ardeidi. La conservazione di questi luoghi deve tendere ad evitare che avvengano fenomeni evolutivi naturali della zona umida. L'esistenza delle Valli è stata determinata dall'azione dell'uomo che, con periodici sfalci e bruciature, ne ha impedito l'interramento naturale; l'abbandono della coltivazione della Cannuccia palustre e della Carice porterebbe ad un'inevitabile trasformazione del territorio in aree agricole generiche e alla perdita definitiva delle caratteristiche dei luoghi. L'attività agricola intensiva può arrecare notevoli inconvenienti alle acque del lago contribuendo in maniera determinante all'apporto di sostanze nutrienti in eccesso o tossiche. La tessitura sciolta del terreno e la superficialità della falda, caratteristiche comuni alla maggior parte dei terreni delle Valli, quasi tutti derivanti da bonifiche più o meno recenti, favoriscono un rapido percolamento in falda degli elementi chimici impiegati in agricoltura. Questo fenomeno si ripercuote sullo stato trofico delle acque (dotate di scarso ricambio) con la conseguente eccessiva eutrofizzazione. Questo fenomeno negativo è inoltre reso più evidente dall'esiguo livello delle acque, ed in particolare dalla mancanza di piene, che tendono ad aumentare la concentrazione degli inquinanti oltre che ad incrementare la torbidità delle acque; questi fattori è da attribuirsi anche l'eccessivo vigore vegetativo delle specie palustri che si espandono chiudendo specchi d'acqua e canali.

## La vegetazione

Per lo studio della vegetazione sono state effettuate escursioni, a scadenze più o meno regolari, su un territorio di 2 Km di raggio nel periodo compreso tra Giugno 1999 e Maggio 2000, per identificare le tipologie di ambiente e raccogliere i campioni per il censimento delle specie presenti. Per lo studio della vegetazione è stato utilizzato il metodo fitosociologico di Braun-Blanquet.<sup>6/7</sup>

Durante le escursioni è stato possibile osservare che la vegetazione, compresa quella della Riserva Naturale Vallazza, risente in modo determinante dell'azione che le popolazioni rivierasche hanno

esercitato, fin dai tempi più remoti, sia in alveo che sulle sponde del Mincio.

La regolazione del flusso delle acque, iniziata nel 1190 e proseguita fino ai giorni nostri, ha inevitabilmente condizionato la flora acquatica e palustre dell'area, così come hanno notevolmente influito sulla flora palustre l'escavazione dell'argilla, attività svolta fino al 1950 circa, e la coltivazione intensiva del pioppo ibrido. Non sono da sottovalutare i mutamenti portati all'ambiente dalla zona industriale di Valdarò e quelli causati dall'utilizzazione più o meno accentuata della zona a fini ludici (soprattutto pesca e canottaggio). Anche la navigazione ha influito notevolmente sulla vegetazione acquatica e palustre, in particolare in vicinanza delle rive.

Così nella riserva esiste una vegetazione con aspetti del tutto naturali, in particolare lungo il fiume, ed una vegetazione di ambienti umidi con caratteristiche più o meno accentuate, quest'ultima è arricchita tuttavia da specie sinantropiche e ruderali ai margini delle cave e nei terreni per lo più coltivati a pioppeto, esistenti tra una cava e l'altra. Spesso le specie sinantropiche e ruderali finiscono con essere le uniche presenti in tali ambienti.

Molte volte la vegetazione naturale non è originaria, ma si è insediata su aree fortemente antropizzate: è il caso dei saliceti esistenti nell'area IES e della vegetazione elofitica, che si è instaurata nelle cave. In altre zone, in particolare alla base dell'argine di destra del Mincio, le specie sinantropiche e ruderali occupano suoli forse una volta coltivati, ma abbandonati oramai da molti anni. Tra le specie arbustive che popolano questi ambienti spiccano alcune specie esotiche notevolmente invasive quali *Amorpha fruticosa*, *Robinia pseudoacacia* e *Broussonetia papyrifera*.

Si nota la presenza di una vegetazione erbacea tipica di ambienti aridi, che si è insediata sulle scarpate soleggiate degli argini e sui terreni di riporto.

All'interno della raffineria lungo i muri sia dal lato esterno che interno ci sono lunghi filari di Pioppo cipressino (*Populus nigra* var. *italica*). In zone con terreni di riporto si trovano anche *Populus alba*, *Populus canadensis*, *Salix alba*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Celtis australis* e *Phragmites australis*, che formano una boscaglia a tratti rada a tratti più fitta. Nel sottobosco vegetano *Aristolochia clematitidis*, *Urtica dioica*, *Convolvulus arvensis*, *Potentilla reptans*, *Phytolacca americana*, *Stellaria media*, *Parietaria officinalis*, *Bidens frondosa*, *Chenopodium album*. Sotto i filari di *Populus nigra* var. *italica* si trovano *Silene alba*, *Taraxacum officinale*, *Conyza canadensis*, *Setaria viridis*, *Anchusa officinalis*, *Calamintha nepeta*. In fondo allo stabilimento verso nord sono presenti filari di *Acer pseudoplatanus*. Nella restante parte vi sono prati falciati, dove si trovano: *Poa trivialis*, *Bromus ste-*

*rilis*, *Dactylis glomerata*. Di fronte agli uffici della direzione crescono due stupendi esemplari di *Magnolia grandiflora* (Foto 7) e di fronte, in mezzo al piazzale, un filare di *Ostrya carpinifolia* (nella forma orticola fastigiata).

## Analisi sul bioaccumulo di metalli pesanti

Il monitoraggio è stato effettuato considerando il Pioppo quale entità vegetale bioaccumulatrice di metalli. Nell'ambito del genere *Populus* sono state analizzate due specie: *Populus nigra* var. *italica* e *Populus canadensis*. La prima è caratteristica dei filari ed è presente sia all'interno che all'esterno della raffineria, la seconda è presente nei pioppeti coltivati molto diffusi nel territorio oggetto di studio.

Sulla cartina del territorio mantovano sono state individuate 11 aree di saggio di cui due sono state scelte all'interno delle mura della raffineria, una sopravvento ed una sottovento, le altre sono state individuate a diverse distanze su cerchi concentrici, centrati sulla raffineria, fino ad una distanza massima di 9 Km.

Il campionamento è stato effettuato nell'autunno 1999. Gli individui campionati sono comparabili per altezza, caratteristiche strutturali e stagionali. Per ogni albero sono stati prelevati tre sotto-campioni



Foto 7 – Uno dei due magnifici esemplari di *Magnolia grandiflora* che crescono di fronte agli uffici della Direzione.



Tabella di sintesi per *Populus nigra* var *italica*.

AREA DI SAGGIO	DISTANZA	NICKEL mg/kg	CROMO mg/kg	FERRO mg/kg	PIOMBO mg/kg	VANADIO mg/kg	ZINCO mg/kg
1	0.5kmN/W	3.17	1.08	139.80	1.40	1.60	0.32
2	0.5 km E	1.97	0.83	175.13	1.45	1.53	0.28
4	1 km West	1.90	0.90	150.00	1.28	1.03	0.27
6	1km N/E	1.50	0.92	233.33	3.70	2.00	0.19
10	6km Est	0.73	0.50	135.00	1.77	1.20	0.30
11	6km S/w	0.40	0.50	145.30	1.30	1.20	0.30

Tabella di sintesi per *Populus canadensis*.

AREA DI SAGGIO	DISTANZA	NICKEL mg/kg	CROMO mg/kg	FERRO mg/kg	PIOMBO mg/kg	VANADIO mg/kg	ZINCO mg/kg
3	0.5 km Est	1.90	0.80	128.30	0.62	1.31	0.20
5	1 km Sud	1.00	0.60	95.00	1.50	1.20	0.20
9	9 km N/W	0.30	0.50	95.30	1.03	0.50	0.23
12	6 km Sud	0.90	0.53	150.00	1.43	1.33	0.10
13	3 km S/W	1.60	0.93	95.33	1.55	1.20	0.22

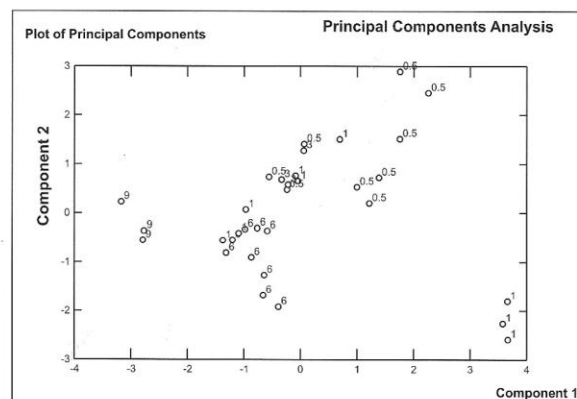
a diverse altezze: dalla parte alta, dalla parte media e dalla parte bassa in modo proporzionale. Le foglie dei tre sotto-campioni sono state mescolate e da tale porzione sono state prelevate tre aliquote analizzate separatamente. Per ogni area saggio ed ogni metallo sono stati ottenuti tre valori di cui si è calcolata la media e la deviazione standard.<sup>8/9</sup>

I metalli considerati sono stati sei: Nichel, Cromo, Ferro, Piombo, Vanadio, Zinco. Tra di essi il Nichel ed il Vanadio sono sicuramente emessi dai camini dei forni della raffineria, come è risultato dall'analisi sulle emissioni effettuate presso la raffineria stessa. Nelle tabelle che seguono sono riportati i risultati delle analisi effettuate in laboratorio sulle foglie di *Populus nigra* var *italica* e *Populus canadensis*.

La metodologia analitica impiegata è la spettrofotometria di assorbimento atomico tramite l'utilizzo dello strumento Perkin-Elmer mod. 2100.<sup>10</sup>

I dati ottenuti dall'analisi delle concentrazioni dei metalli pesanti (Nickel, Piombo, Ferro, Cromo, Vanadio e Zinco), bioaccumulati nelle foglie delle due specie di pioppo, sono stati interpretati con metodi statistici monovariati e multivariati, allo scopo di ricavarne adeguate informazioni. Per l'analisi dei dati è stato utilizzato il Software "Unistat® Statistical Package version 4.5.3". Utilizzando il coefficiente di correlazione di Pearson, è stato possibile determinare le coppie di metalli correlate tra di loro nelle due specie di pioppo e, dal confronto dei dati, è risultato che *Populus nigra* var. *italica* e *Populus canadensis* hanno una sensibilità diversa rispetto al bioaccumulo dei metalli suddetti; in particolare si è osservato che in *Populus canadensis* il Nickel ed il Vanadio sono correlati tra di loro. Inoltre dall'analisi

delle sei componenti principali è risultato che solo tre delle componenti sono utili all'interpretazione dei dati e dimostrano che le due specie arboree, pur avendo dei punti di contatto, si differenziano formando due gruppi caratterizzati principalmente dalla diversa concentrazione dei metalli; le due specie testimoniano, dunque, una sensibilità diversa ai sei metalli considerati. Per determinare la concentrazione dei sei metalli sono stati effettuati prelievi di campioni di foglie delle due specie di pioppo in aree di saggio distanti dal camino della raffineria IES, da un minimo di 0.5 Km ad un massimo di 9 Km. Nella figura che segue si ha la visione dei piani principali 1-2 che spiegano il 70 % della varianza spiegata. È stato utilizzato quale Label la distanza delle aree saggio dal camino della raffineria I.E.S. espressi in Km. È evidente l'andamento dei dati: infatti all'aumentare della distanza c'è una diminuzione della concentrazione dei metalli. Questo trend diventa più significativo muovendosi lungo la



prima componente principale, che è anche quella che da il massimo contributo informativo, avendo il 50 % di varianza spiegata.<sup>11/12</sup>

## Conclusioni

La raffineria sorge nelle vicinanze di Mantova, città ricca di bellezze naturalistiche, paesaggistiche ed artistiche di notevole importanza poiché sorge ai confini del Parco Naturale del Mincio, ed è dotata di insigni monumenti celebri in tutto il mondo quali il Castel San Giorgio (con la famosa Camera degli sposi del Mantegna), Piazza Sordello, il Palazzo Te ecc. ecc. Considerevoli risorse economiche, derivano, quindi, anche dal qualificato turismo che vi gravita.

La necessità di creare compatibilità tra l'industria e l'ambiente, determinata da una maggiore sensibilità per le problematiche ambientali sia da parte dell'opinione pubblica che del legislatore, ha indotto i responsabili della raffineria ad affrontare i problemi di inquinamento legati alle emissioni dei suoi impianti.

Attualmente i cittadini, sempre più sensibili ai problemi ecologici, manifestano una critica crescente, alla presenza della raffineria, motivata dal fatto che essa è posta ad una distanza di circa un chilometro dalla periferia dell'abitato, ed è parzialmente visibile dal centro storico (Foto 8).



Foto 8 – La raffineria IES vista da Castel San Giorgio.

Infine, poiché Mantova è posta sottovento, è evidente che, in una condizione di persistente ristagno dell'aria, gravi problemi di inquinamento potrebbero colpire gli abitanti del luogo, qualora fossero raggiunti dai fumi emessi dalla raffineria. È indispensabile dunque che, oltre allo scrupoloso rispetto di tutte le prescrizioni di legge esistenti per la tutela dell'ambiente, venga garantita la totale realizzazione delle opere richieste dal comune di Mantova, in sede del rinnovo della concessione, e che vengano incrementate le condizioni di sicurezza degli impianti al fine di ottenere che il ciclo produttivo rispetti i parametri di tutela ambientale necessari per assicurare la salute della popolazione e dei lavoratori in essa impiegati.

## Ringraziamenti

Ringrazio il Prof. F. Corbetta che ha reso possibile questo lavoro, il Prof. G. Persico, per la generosa collaborazione offertami durante il lungo soggiorno di studio a Mantova e la IES Italiana Energia e Servizi che mi ha facilitato in ogni modo.

Fonti delle illustrazioni: Foto 1, Raffineria IES (Italiana Energia e Servizi S.p.A.); Foto 5, Prof. Giorgio Persico; Foto 2, 3, 4, 6, 7, 8, Dott.ssa Margherita La Monica.

## Note

- 1 ATTI DELLA GIORNATA DI STUDIO TENUTASI A FIRENZE il 30.6.1997. Progetto cofinanziato da European Commission. *Vegetali come bioindicatori di inquinamento atmosferico in città italiane. Risultati Problemi Prospettive. Progetto Pilota Europeo sull'Uso di Bioindicatori di Inquinamento Atmosferico in Aree Urbane.*
- 2 IES- 1999 – *La raffineria IES una industria una città.* Editoriale Sometti, Mantova.
- 3 PERSICO G., *Riserva Naturale Vallazza: Studio floristico-vegetazionale finalizzato alla pianificazione della Riserva. Parco Naturale del Mincio.* Mantova Settembre 1995.
- 4 BELLUMÈ M., MAUGERI M., MAZZUCHELLI E., 1998 – *Due secoli di osservazioni meteorologiche a Mantova.* CO.DI.MA. Consorzio di difesa delle produzioni intensive della provincia di Mantova.
- 5 REGIONE LOMBARDIA- PROVINCIA DI MANTOVA Progetto "Carta Pedologica" – *I suoli della pianura mantovana centrale* Milano. Marzo 1997.
- 6 PIGNATTI S., 1982 – *Flora d'Italia.* 3 voll. Edagricole, Bologna.
- 7 PIGNATTI S., 1996 – *Ecologia vegetale.* Torino UTET.
- 8 CAPANNESI G., GRATANI L., AMADORI M., BRUNO F., 1981 – *Le foglie di Quercus ilex, monitor del grado di inquinamento in area urbana.* Notiziario Comitato Nazionale Energia Nucleare.
- 9 GRATANI L., CRESCENTE M.M., PETRUZZI M., 1999 – *Relationship between leaf life-span and photosynthetic activity of Quercus ilex in polluted urban areas (Rome).*
- 10 MAZZEO P., 1996 – *Spettroscopia chimica analitica: l'analisi chimica quantitativa con metodi spettrofotometrici.* Roma. NIS.
- 11 BALDI P., 1996 – *Appunti di metodi matematici e statistici.* Clueb.
- 12 FRANCONI L., STANDER J., PEZZULLI S. 1996 – *Statistica, esercizi per le scienze applicate.* Etaslibri. Tutor.