Dipartimento B.E.S.T.
Scienza e Tecnologie dell'Ambiente Costruito
Building Environment Science & Technology

POLITECNICO DI MILANO

Contratto di Ricerca con
l'Ente Parco Naturale Valle del Ticino, Regione Piemonte

Studi e ricerche per il Piano d'Area
del Parco Naturale Valle del Ticino, Regione Piemonte

STUDI DI SETTORE - 06

INQUINAMENTO ACUSTICO E ATMOSFERICO

Milano, 09 febbraio 2006

INDICE

1 Inquinamento dell'aria 2

1.1 Definizioni e monitoraggio della qualità dell'aria 2

1.2 Attività sull'inquinamento atmosferico in Regione Piemonte e in Regione Lombardia 6

1.3 Rilevamento e valutazione dell'inquinamento dell'aria 8

1.4 Strategie di intervento 15

1.5 Interventi puntuali 17

2 Inquinamento da rumore 18

2.1 Rilevamento e valutazione dell'impatto acustico causato dall'Aeroporto della Malpensa 20

2.2 Strategie di intervento 23

3 Bibliografia 25

1 Inquinamento dell'aria

1.1 Definizioni e monitoraggio della qualità dell'aria

La qualità dell'aria e il controllo della rumorosità ambientale costituisce un campo di interesse di fondamentale importanza per il Parco della Valle del Ticino, proprio perché il territorio del parco, per quanto esteso, si inserisce in un contesto fortemente urbanizzato.

Gli impatti da considerare con maggiore attenzione negli studi e nelle ricerche relative all'inquinamento atmosferico, acustico e del suolo riguardano le aree industriali e il traffico veicolare, compreso anche quello aereo.

Per le aree industriali, attive o dismesse, la probabilità di un eventuale impatto diffuso e potenzialmente significativo è legata al Polo di San Martino, che pur essendo all'esterno del parco può compromettere la salvaguardia degli habitat tutelati del S.I.C.. Tale stato di fatto richiama questioni essenzialmente politiche da gestire secondo un'ottica proattiva, valutando le possibilità di sottoscrivere accordi tra enti diversi e imprese, al fine di migliorare le performances ambientali delle attività in essere.

La valutazione degli effetti e delle condizioni della circolazione veicolare, anche in un ambito prevalentemente suburbano, non può prescindere dalla valutazione degli impatti ambientali che essa produce sull'abitato e sulla qualità della vita.

In particolare se ci si riferisce all'inquinamento atmosferico e a quello acustico, sarebbe da considerare nelle valutazioni complessive relative alla sicurezza

degli abitanti, indipendentemente dalla frequenza degli incidenti, quanto inquinamento deriva dal traffico operativo quotidiano e quale incremento è indotto (o al limite quale decremento è controbilanciato nella buona stagione) dalle pratiche fruitive associate al tempo libero.

Per quanto riguarda il traffico stradale e ferroviario esistente - e soprattutto quello che sarà attratto dalle nuove infrastrutture in parte connesse all'Aeroporto della Malpensa - l'analisi e il monitoraggio degli impatti in territorio protetto devono essere approfonditi con il ricorso all'ARPA Piemonte e ARPA Lombardia, che svolgono funzioni di supporto tecnico-scientifico ed effettuano i controlli dei fattori ambientali. E ciò deve essere sviluppato soprattutto con riferimento ai territori più sollecitati dal traffico aereo e veicolare, in particolare monitorando di continuo gli effetti rilevabili nelle zone di attraversamento, al fine di comprendere in quali circostanze si superano determinate soglie ammissibili e in quali zone la sovrapposizione di funzioni diventi incompatibile.

La normativa europea e italiana prevedono quattro diversi livelli ammissibili di concentrazione al fine di tutelare la qualità dell'aria:

a. valori limiti di qualità dell'aria;

b. livelli di allarme;

c. livelli di attenzione;

d. valori guida di qualità dell'aria.

A titolo esemplificativo sono riportati in Tabella 1 i livelli di attenzione e di allarme per alcune città italiane.

Esistono numerosi modelli di emissione classificabili in funzione del livello di aggregazione dei dati.

Inquinante	Periodo di riferimento	Soglia di Attenzione (mg/m^3)	Soglia di Allarme (mg/m^3)
CO	1h	$15*10^3$	$30*10^3$
NO_2	1h	200	400
O_3 (ozono)	1h	180	360
SO_2	24h	125	250
Particelle	24h	150	300

Tabella 1: Livelli di attenzione e di allarme validi per alcune città italiane di medie e grandi dimensioni.

La categoria dei modelli più aggregati è detta dei modelli medi del flusso che forniscono direttamente i tassi di emissione di una certa sostanza in funzione della velocità media del flusso. Sono riportati a titolo di esempio due modelli di questo tipo per l'emissione di CO, calibrati su dati sperimentali negli Stati Uniti e in Gran Bretagna:

USA $e_s=4+742V^{-1}$

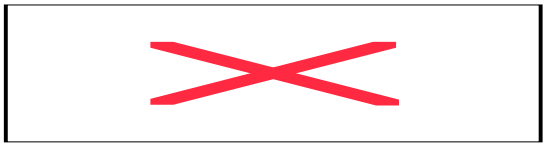
GB $e_s=10^{-4}f*1.031V^{-0,795}$

dove V è la velocità media (in km/h) del flusso e f è il flusso (in veicoli/ora).

La dispersione è un processo più complesso da descrivere e dipende da numerosi fattori. Tra questi vanno annoverati:

a. i fattori meteorologici, velocità e direzione del vento, il livello di turbolenza atmosferica, il fenomeno dell'inversione termica e la temperatura;
b. la turbolenza del flusso dei veicoli e moti turbolenti dei gas caldi emessi;
c. le caratteristiche della strada, in quanto molte strade sono delimitate da edifici, che formano particolari effetti sulla circolazione dell'aria (cosiddetti effetti canyon).

Un tipico modello di dispersione è il seguente (modello gaussiano):



dove

C= concentrazione dell'inquinante nel punto di coordinate x, y e z [g/m^3];

E= emissione della sorgente nell'unità di tempo [g/s];

u = velocità media del vento [m/s];

s_y, s_z= coefficienti di dispersione [m];

x = distanza lungo la direzione del vento [m].

I coefficienti di dispersione sono ricavati sperimentalmente . In condizioni di atmosfera stabile valgono

$s_y = 0{,}11x*(1+0{,}0004x)^{0,5}$, $s_z=0{,}08x*(1+0{,}00015x)^{0,5}$.

Gli impatti sulla qualità dell'aria si sono senz'altro intensificati con l'apertura dell'aeroporto Malpensa 2000, ma una pressione non trascurabile deriva anche dal traffico e dalle diverse altre fonti industriali, come la Centrale di Turbigo e gli insediamenti industriali del polo di San Martino.

La possibilità dell'Ente Parco di intervenire in merito alla qualità dell'aria è piuttosto limitata, in particolare per quanto riguarda le grandi infrastrutture e l'inquinamento diffuso, essendo gli esiti di fenomeni legati allo sviluppo economico deciso su scale regionali, nazionali se non addirittura internazionali.

Risultano invece importanti, in questo contesto, le attività di monitoraggio e di ricerca portate avanti dal Parco Naturale della Valle del Ticino. Un primo compito del parco, in questo campo, è dunque legato, non a interventi diretti ma al monitoraggio della qualità dell'aria e al controllo degli impatti degli inquinanti sull'area protetta, soprattutto in termini di danni alle colture agricole e alla vegetazione naturale. Nella Tabella 2 si mettono in contrapposizione le funzioni ambientali del parco con le possibilità concrete di intervento. Il territorio del Parco si presenta allora e prima di tutto come un laboratorio naturale fondamentale per offrire supporti alle politiche economiche sociali e territoriali su aree vaste.

L'importanza di questa attività si rispecchia anche nella ferma volontà espressa nella prospettiva concreta di ulteriori finanziamenti da parte della Regione Piemonte che intende monitorare la qualità dell'aria con continuità nel tempo.

Per quanto riguarda la valutazione dell'impatto dell'inquinamento sulla vegetazione, le informazioni metodologiche oggi disponibili sono meno limitate e questo aspetto costituisce senz'altro una tematica importante per l'attività di ricerca del parco, i cui risultati rivestono un'importanza di portata sicuramente più ampia.

Per concludere, appare manifesto come la qualità dell'aria costituisca sicuramente una tematica essenziale anche per le attività didattiche e divulgative e per lo scambio di informazioni con altre realtà.

Funzioni del parco	**Possibilità di intervento dell'Ente Parco**
Protezione dell'ambiente	Ridotte
Sviluppo Socio-Economico	Ridotte
Monitoraggio	PRATICABILI
Ricerca	PRATICABILI

Didattica	PRATICABILI
Comunicazione	PRATICABILI

Tabella 2: Tipologie di interventi possibili inerenti alla qualità dell'aria.

1.2 Attività sull'inquinamento atmosferico in Regione Piemonte e in Regione Lombardia

La maggiore sensibilità verso la qualità dell'aria e gli impatti degli inquinanti è dimostrata dai numerosi studi effettuati dal 1995 in poi, sia dal parco naturale della Valle del Ticino piemontese, sia da quello lombardo e dalle attività di studio inerenti alla qualità dell'aria legata alla pressione ambientale di Malpensa 2000 dell'Osservatorio Malpensa 2000 della Provincia di Varese. Questi studi riguardano l'inventario delle fonti (limitatamente a Malpensa 2000), la qualità dell'aria e gli effetti sulla vegetazione.

Sono inoltre stati predisposti – da parte dell'Ente Parco - dei pannelli descrittivi relativi alla qualità dell'aria e al monitoraggio del fenomeno per la didattica.

Sono da poco tempo terminate, o da terminarsi entro breve, le attività di monitoraggio della qualità dell'aria mediante campionatori passivi nel parco piemontese relativi alla campagna di monitoraggio dell'anno 2002 – 2003.

Su iniziativa del parco lombardo, nel mese di aprile 2003 sono stati richiesti dei finanziamenti relativi a un progetto di analisi di immagini multispettrali (MIVIS) (Contributo del Parco piemontese pari a 10.000 Euro circa) al fine di valutare lo stato di stress della vegetazione forestale, fenomeno che nei parchi del Ticino risulta fortemente influenzato dalla qualità dell'aria (Proposta progetto: Bioindicatori di stress vegetazionale da telerilevamento iperspettrale 2002).

È stato promosso un ulteriore studio sulla dispersione degli inquinanti di Malpensa 2000 dall'Osservatorio Malpensa 2000.

La collaborazione attuata nei progetti inerenti la qualità dell'aria tra i due parchi è buona ma sporadica e legata alla presentazione effettiva di una proposta di progetto. Sarebbe forse interessante mirare ad una pianificazione comune delle attività future, dato che si tratta di un fenomeno decisamente transfrontaliero.

A questo proposito si cita il progetto comunitario PROMOTE dall'ESA (Agenzia Spaziale Europea) al cui interno l'agenzia regionale ARPA Lombardia controlla periodicamente la qualità dell'aria con misure da satellite. Le mappe a

scadenza mensile tracciano la concentrazione di biossido di azoto (NO_2) a livello europeo e nel dettaglio della Regione Lombardia.

È opportuno ricordare la necessità che i dati satellitari si integrino con le rilevazioni delle stazioni al suolo.

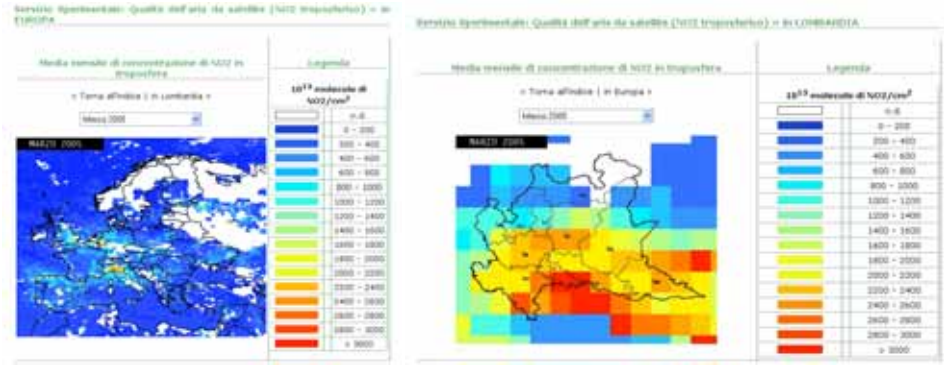


Figura 1: Mappa della distribuzione del biossido di azoto in Europa e in Lombardia con il progetto PROMOTE (fonte ARPA Lombardia).

In effetti, la presenza di ossidi di azoto in troposfera sono connesse ad emissioni causate da attività di origine umana. La dinamica dell'atmosfera riporta tali agenti al suolo e la formazione di ozono può essere ricondotta alla reazione tra ossidi di azoto e monossidi di carbonio in aree rurali, determinando inquinamento anche in aree non abitate.

La citazione delle ricerche condotte dall'ente europeo ESA e dall'ente statunitense NOAA indica la necessità di integrazione dei dati e delle ricerche.

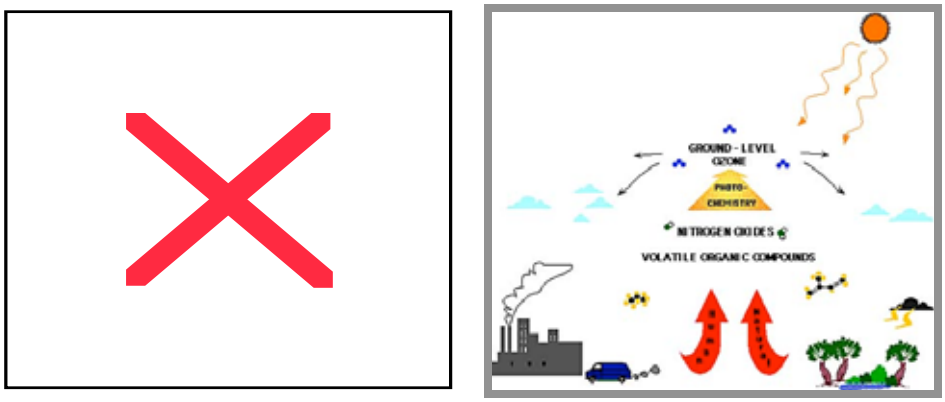


Figura 2: Interazione tra energia solare e molecole di ossigeno nella formazione dell'ozono stratosferico e processi di formazione dell'ozono per cause antropiche e per cause naturali a livello del suolo (Fonte: NOAA *National Oceanic and Atmospheric Administration – US Department of Commerce*).

1.3 Rilevamento e valutazione dell'inquinamento dell'aria

Gli studi effettuati riguardano l'inventario delle fonti, la determinazione della concentrazione degli inquinanti nell'aria e la valutazione degli effetti sulla vegetazione.

L'inventario delle fonti è stato messo a punto dall'Osservatorio Malpensa e dall'agenzia Punto Energia nel 2001.

	Titolo ricerca	Data	Territorio		Elementi di valutazione
			Parco piemontese	Parco lombardo	
1	La qualità dell'aria nel Parco Regionale Lombardo della Valle del Ticino – monitoraggio dell'aria effettuato mediante analisi dei licheni	1995		SI	Licheni
2	Studio sulla qualità dell'aria nel Parco regionale del Ticino e nel Parco regionale del Lago Maggiore e dei Lagoni di Mercurago e le interazioni con gli ecosistemi forestali – Relazione conclusiva 2000	2000	SI		Campionatori puntiformi
3	Monitoraggio della qualità dell'aria mediante licheni nella Valle del Ticino	2000	SI	SI	Licheni
4	Monitoraggio dello stato di salute della vegetazione boschiva mediante tecniche di telerilevamento all'infrarosso falso colore nella Valle del Ticino	2001	SI	SI	Telerilevamento stato di salute della vegetazione
5	Pressione Ambientale di Malpensa 2000 sul territorio circostante	Dicembre 2001		Area della Malpensa	Emissioni
6	Valutazione della qualità dell'aria mediante campionatori puntiformi passivi nei parchi del Ticino	Aprile 2002	SI	Nord	Campionatori puntiformi Stato delle chiome
7	Misure di inquinanti atmosferici nelle aree del Parco regionale del Ticino e del Parco regionale del Lago Maggiore – Relazione finale	Luglio 2002	SI		Campionatori puntiformi stato delle chiome metalli pesanti nelle briofite

	Titolo ricerca	Data	Territorio		Elementi di valutazione
			Parco piemontese	Parco lombardo	
					modello dispersione (Malpensa)
8	Utilizzo di dati MIVIS a supporto della gestione forestale: mappatura delle specie esotiche nei boschi del parco del Ticino ASITA 2002	2002		Ansa di Castelnovate	Riconoscimento specie arboree presenti nei boschi
9	Proposta progetto Parco del Ticino: Bioindicatori di stress vegetazionale da telerilevamento iperspettrale	2002	SI	SI	Clorofilla a e b
10	Pannelli sul monitoraggio della qualità dell'aria	s.d.	SI		Materiale didattico

Tabella 3: Elenco degli studi sulla qualità dell'aria nella Valle del Ticino

L'inventario delle fonti di Malpensa 2000 (Osservatorio Malpensa, 2001) ha permesso di evidenziare come il contributo maggiore deriva dal traffico aereo, che risulta essere superiore di circa un fattore 7 per HC, di circa un fattore 4 per gli NOx e di circa un fattore 2 per il CO alle fonti a terra (Fonti a terra = Fonti interne all'aeroporto: mezzi di supporto a terra, aree parcheggio, stoccaggio di combustibili, centrale tecnologica + Fonti esterne all'aeroporto: traffico veicolare sulle 2 strade principali che costeggiano l'aeroporto).

TIPOLOGIA DELLE FONTI	HC (kg)	CO (kg)	NO_X(kg)
Fonti aeree	409.600	1.843.719	1.537.264
Fonti a terra	62.855	873.912	340.187

Tabella 4: Emissioni di HC, CO e NOx delle fonti aeroportuali (in quota e a terra nell'anno 2000 di Malpensa 2000 presso il Terminal 1 e il Terminal 2 (Elaborazione da Osservatorio Malpensa, Provincia di Varese, 2001).

Il modello di dispersione ha permesso di determinare la zona che maggiormente subisce l'impatto di Malpensa 2000, e che riguarda un'area piuttosto ampia, che si estende da Pombia a Bellinzago. Il confronto dei valori di concentrazione previsti dal modello di diffusione con i valori rilevati dalle centraline permette di stimare il contributo di Malpensa 2000 alla quantità totale

di NOx presente sul territorio, percentuale che per Bellinzago nel periodo di massimo inquinamento viene valutata intorno al 80 – 100%, mentre a Pombia viene valutato intorno al 15 – 30% (Ambiente Italia, 2002).

Come evidenziato dai diversi studi e in particolare da Parco del Ticino Lombardo, 2002, "il quadro che scaturisce dall'indagine è, quindi, complesso: non si registra, infatti, il superamento di un unico valore soglia, condizione nella quale un eventuale monitoraggio degli effetti risulterebbe assai più agevole, ma piuttosto una pressione di più agenti nocivi che possono incidere sia direttamente sugli organismi vegetali e sui loro vitali, sia indirettamente attraverso un'alterazione progressiva delle caratteristiche chimiche del suolo.

Appare quindi auspicabile, anzi necessario, un risanamento complessivo delle condizioni di qualità dell'aria di tutta l'area della Valle del Ticino. Ogni ulteriore opzione futura che comporti un incremento delle concentrazioni dei principali inquinanti ad azione fitotossica dovrebbe essere, quindi, considerata negativa."

La valutazione della concentrazione è stata condotta con diverse metodiche:

- campionatori passivi: NO_x[1], SO_2[2], benzene, Ozono [3], idrocarburi aromatici (benzene, toluene, xileni) (solo parco lombardo)[4].
- monitoraggio dell'ozono in continuo (solo parco piemontese)[5];

[1] Studio sulla qualità dell'aria nel Parco regionale del Ticino e nel Parco regionale del Lago Maggiore e dei Lagoni di Mercurago e le interazioni con gli ecosistemi forestali – Relazione conclusiva Anno 2000, Ambiente Italia, 2002. Misure di inquinanti atmosferici nelle aree del Parco del Anno 2002, Ambiente Italia, 2002. Valutazione della qualità dell'aria mediante campionatori puntiformi passivi nei parchi del Ticino, Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino, 2002.

[2] Studio sulla qualità dell'aria nel Parco regionale del Ticino e nel Parco regionale del Lago Maggiore e dei Lagoni di Mercurago e le interazioni con gli ecosistemi forestali – Relazione conclusiva Anno 2000, Ambiente Italia, 2002. Misure di inquinanti atmosferici nelle aree del Parco del Anno 2002, Ambiente Italia, 2002. Valutazione della qualità dell'aria mediante campionatori puntiformi passivi nei parchi del Ticino, Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino, 2002.

[3] Studio sulla qualità dell'aria nel Parco regionale del Ticino e nel Parco regionale del Lago Maggiore e dei Lagoni di Mercurago e le interazioni con gli ecosistemi forestali – Relazione conclusiva Anno 2000, Ambiente Italia, 2002. Misure di inquinanti atmosferici nelle aree del Parco del Anno 2002, Ambiente Italia, 2002. Valutazione della qualità dell'aria mediante campionatori puntiformi passivi nei parchi del Ticino, Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino, 2002.

[4] Valutazione della qualità dell'aria mediante campionatori puntiformi passivi nei parchi del Ticino, Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino, 2002.

[5] Studio sulla qualità dell'aria nel Parco regionale del Ticino e nel Parco regionale del Lago Maggiore e dei Lagoni di Mercurago e le interazioni con gli ecosistemi forestali – Relazione conclusiva Anno 2000, Ambiente Italia, 2002. Valutazione della qualità

- analisi delle deposizioni atmosferiche (solo parco piemontese)[1];
- modello di dispersione degli inquinanti (Malpensa 2000) (solo parco piemontese)[2];
- Le sostanze chimiche che destano maggiori preoccupazioni sono contenute nelle pubblicazioni di Ambiente Italia e del Parco del Ticino Lombardo. In essi si ritrovano le seguenti valutazioni:
- per la presenza dell'ozono si hanno concentrazioni elevate che superano ampiamente i valore limite per la protezione della vegetazione sia per quanto riguarda le colture agrarie, sia per la vegetazione forestale (AOT40). Tali concentrazioni risultano in aumento dal 2000 al 2001. I valori più contenuti si riscontrano a Castelletto Ticino e Cameri, che però coincidono con quelli più elevati di biossido di azoto, per effetto di meccanismo di antagonismo. L'inquinamento dell'aria da ozono presenta massime primaverili - estive, mentre la correlazione dei valori nei diversi siti evidenzia ancora il carattere regionale del fenomeno;
- per la presenza di composti di ossido d'azoto NO_x le concentrazioni sono diffusamente elevate e vicine ai valori limite per la protezione della vegetazione, ma a Castelletto Ticino vengono superati. Il fenomeno presenta minimi estivi e una correlazione dei valori nei diversi siti;
- per quanto riguarda l'azoto eutrofizzante si registrano concentrazioni elevate;
- le concentrazioni di Benzene sono nei limiti di legge, anche se sarebbe comunque auspicabili una riduzione all'interno dell'area protetta. Nel 2001 si è verificato un netto aumento, in particolare delle concentrazioni estive, nei siti di Bellinzago e Cameri.

Le seguenti due cartografie, estratte dai pannelli descrittivi relativi alla qualità dell'aria e al monitoraggio del fenomeno per la didattica, predisposti dall'Ente

dell'aria mediante campionatori puntiformi passivi nei parchi del Ticino, Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino, 2002.

1 Studio sulla qualità dell'aria nel Parco regionale del Ticino e nel Parco regionale del Lago Maggiore e dei Lagoni di Mercurago e le interazioni con gli ecosistemi forestali – Relazione conclusiva Anno 2000, Ambiente Italia, 2002. Misure di inquinanti atmosferici nelle aree del Parco del Anno 2002, Ambiente Italia, 2002. Valutazione della qualità dell'aria mediante campionatori puntiformi passivi nei parchi del Ticino, Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino, 2002.

2 Misure di inquinanti atmosferici nelle aree del Parco del Anno 2002, Ambiente Italia, 2002.

Parco (Parco Naturale della Valle del Ticino, 2003) mettono in evidenza la distribuzione territoriale dei principali inquinanti:

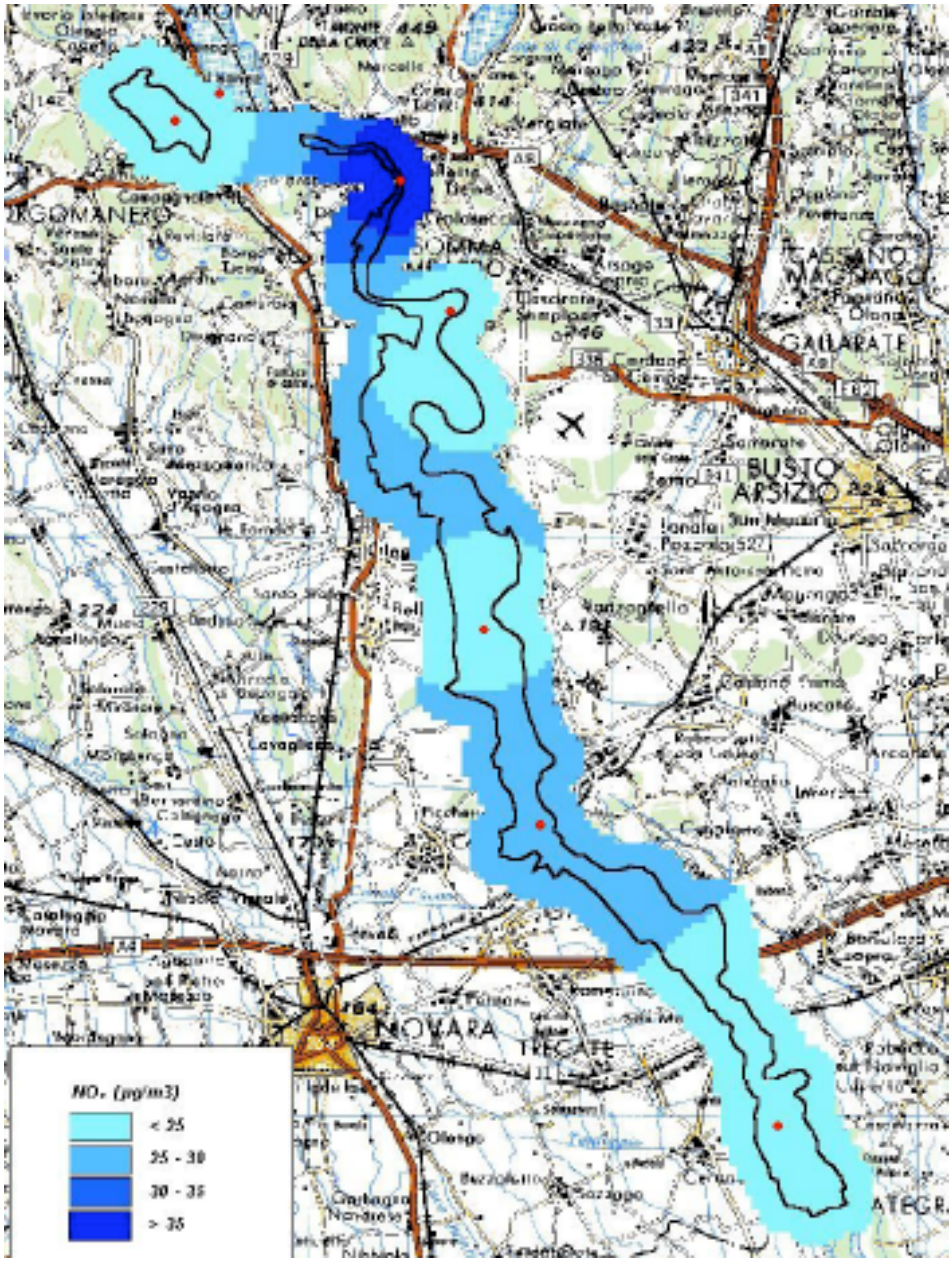


Figura 3: Mappa della distribuzione del biossido di azoto nel parco del Ticino e nel Parco del Lago Maggiore. Ente di gestione del Parco Naturale della Valle del Ticino piemontese.

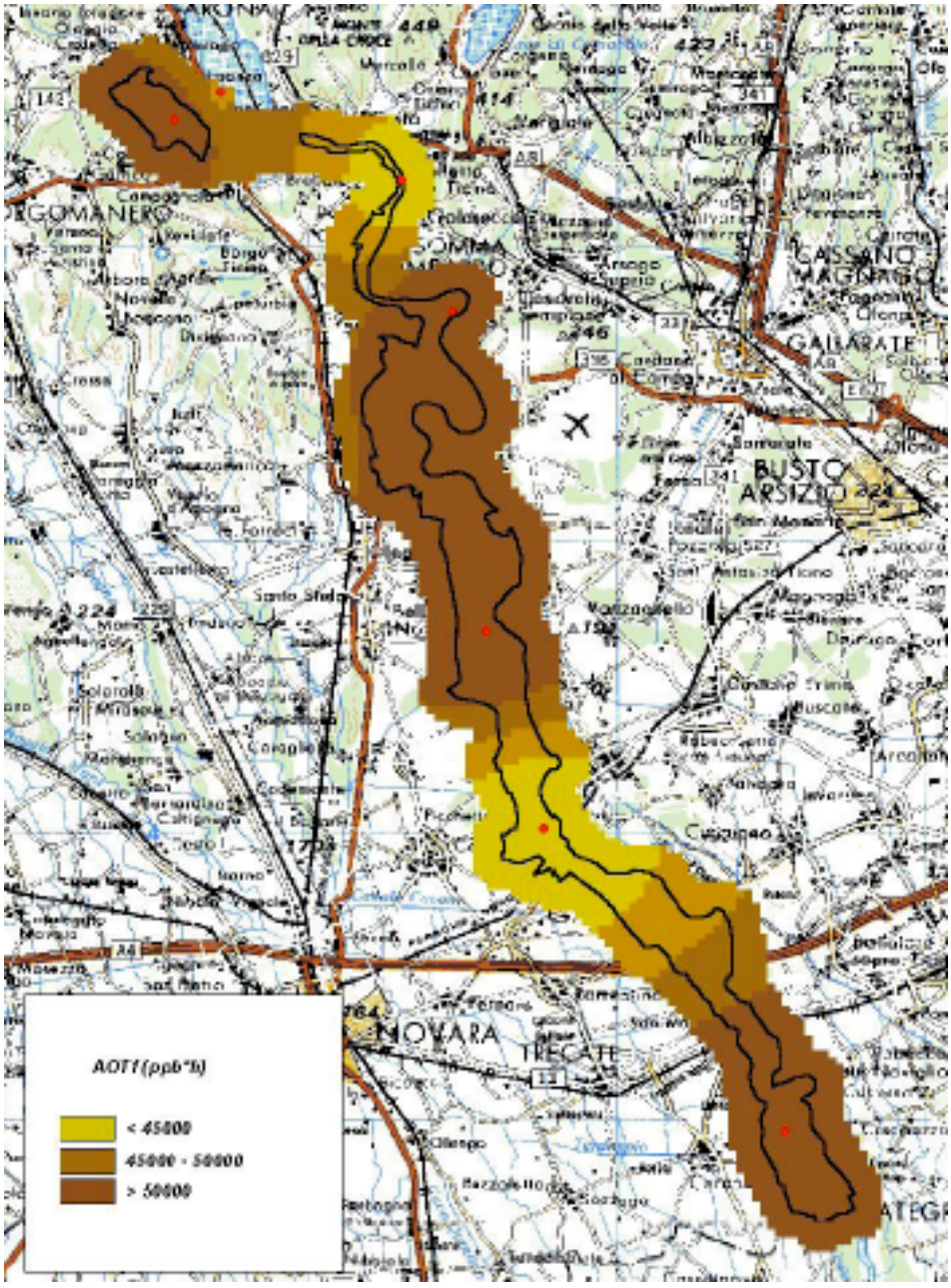


Figura 4: Mappa della distribuzione dell'ozono nel parco del Ticino e nel Parco del Lago Maggiore. Ente di gestione del Parco Naturale della Valle del Ticino piemontese.

La valutazione degli effetti degli inquinanti sulla vegetazione ha permesso di rintracciare e analizzare i ricettori più sensibili:

- analisi dei licheni ("stato di salute" legato soprattutto alla concentrazione di SO_2 e ai NO_x) [1];
- analisi delle briofite (metalli pesanti) (solo parco piemontese)[2];
- analisi delle chiome (stato di saluto della vegetazione che è stato messo in relazione sopratutto alle concentrazioni di ozono e NO_x) (solo parco piemontese)[3];
- analisi di immagini multispettrali (stato di saluto della vegetazione che è stato messo in relazione sopratutto alle concentrazioni di ozono e NO_x)[4].
- L'evidente stato di sofferenza della componente vegetale, correlabile all'inquinamento dell'aria, è stato supportato in diversi studi legati ad una valutazione dei danni provocati:
- Lo studio dei licheni ha permesso di evidenziare una compromissione della qualità dell'aria principalmente nelle province di Varese e Novara: da sud-ovest comprendendo Cerano e Trecate, attraverso Turbigo e Castano Primo, fino a nord-est comprendendo Gallarate, mentre l'elevata alterazione a sud di Pavia merita un approfondimento per determinare se le cause sono da ricercarsi nell'inquinamento automobilistico o al largo uso di pesticidi in agricoltura (Ambiente Italia, 2000, 2002) (Parco del Ticino Lombardo, 1995, 2000);
- Studio delle briofite: ha permesso di rilevare concentrazioni elevate soprattutto di Cadmio (tra Dormeletto e Sesto Calende), rame e piombo (derivanti dal traffico) (Ambiente Italia, 2002);

---

1 La qualità dell'aria nel Parco Lombardo della Valle del Ticino – monitoraggio dell'aria effettuato mediante analisi dei licheni, Parco Ticino Lombardo, 1995. Monitoraggio della qualità dell'aria mediante licheni nella Valle del Ticino, Parco Ticino Lombardo, 2000.

2 Misure di inquinanti atmosferici nelle aree del Parco regionale del Ticino e del Parco regionale del Lago Maggiore – Relazione finale, Ambiente Italia, 2002.

3 Misure di inquinanti atmosferici nelle aree del Parco regionale del Ticino e del Parco regionale del Lago Maggiore – Relazione finale, Ambiente Italia, 2002.

4 Monitoraggio dello stato di salute della vegetazione boschiva mediante tecniche di telerilevamento all'infrarosso falso colore nella Valle del Ticino, Parco Ticino Lombardo, 2001.

- Danni alle chiome da osservazioni dirette sul territorio piemontese: danno medio nel 36% dei casi, danno grave nel 11% dei casi (Ambiente Italia,2000, 2002);
- Danni alla vegetazione determinate mediante l'analisi di immagini da satellite sul territorio lombardo: stress medio nel 37% dei casi, stress grave nel 7.5% dei casi (Parco del Ticino Lombardo, 2001).

In conclusione si osserva però la mancanza di una valutazione dettagliata delle emissioni di tutte le fonti sul territorio e un confronto tra le emissioni dirette e indotte di Malpensa 2000 con le restanti emissioni sul territorio. Per quanti riguarda il censimento delle emissioni nei comuni del parco è di particolare interesse anche la valutazione delle emissioni delle industrie ad elevato rischio ambientale, presenti sul territorio del parco.

1.4 Strategie di intervento

Come messo in evidenza all'inizio di questo capitolo, il compito principale del Parco in questo contesto riguarda il monitoraggio e la didattica. Le seguenti linee guida sono estratte dalle pubblicazioni acquisite. Queste proposte, frutto delle ricerche effettuate da entrambi i parchi, costituiscono necessariamente il punto di partenza delle future attività, che si auspica coinvolgeranno entrambi i parchi, dato che, si tratta di una tematica che coinvolge l'intero territorio della Valle del Ticino.

L'evidente stato di sofferenza della componente vegetale, correlabile all'inquinamento atmosferico, necessita di osservazioni più mirate (Parco del Ticino Lombardo, 2000; Parco del Ticino Lombardo, 2002):

- intensificare spazialmente e temporalmente il rilevamento della qualità dell'aria mediante campionatori puntiformi (in particolare ozono e biossido di azoto) (monitoraggio),
- contestualmente campagna di rilevamento delle risposte biologiche a tali inquinanti (specie diagnostiche per danno fogliare in condizioni di buon approvvigionamento idrico: tabacco Bel-W3, fraxinus spp., Prunus serotina, Ailanthus altissima per l'ozono, e delle erbe). Per la validazione dei sintomi in ambiente controllato è necessario far riferimento ad altre strutture quali l'impianto OTC di Lattecaldo nel Canton Ticino (CH) (monitoraggio),

- monitoraggio degli inquinanti con strumenti automatici in continuo e/o laboratori mobili per superare i limiti dei campionatori passivi (monitoraggio),
- misurazione dei reali flussi di deposizione secca di ozono ed ossidi di azoto negli ecosistemi vegetali (flussi stomatici) per determinare l'adeguatezza dei livelli critici in vigore e la dose reale assorbita (ricerca),
- iIndagini accoppiate di tipo biologico e/o biochimico sui danni visibili e/o fisiologici per misurare il reale impatto degli inquinanti atmosferici sugli ecosistemi;
- dalla campagna di monitoraggio della qualità dell'aria mediante licheni è emersa la utilità di un proseguimento di questa attività, con una scadenza di 3 – 4 anni circa, dove la prossima campagna (2003 – 2004) permetterà di valutare gli effetti di Malpensa 2000.

È già stato richiesto il finanziamento relativo alle attività di classificazione e monitoraggio dello stato di salute della vegetazione mediante valutazione delle immagini da satellite. Il progetto è in corso [1].

Potrebbe risultare interessante una valutazione dettagliata delle emissioni di tutte le fonti sul territorio, e un confronto tra le emissioni dirette e indotte di Malpensa 2000 e le restanti emissioni sul territorio.

Per quanto riguarda il censimento delle emissioni nei comuni del parco è di particolare interesse anche la valutazione delle emissioni delle industrie ad elevato rischio ambientale, presenti sul territorio del parco.

Un altro aspetto di particolare interesse riguarda l'acquisizione dell'informazione elaborata negli studi pregressi da parte del parco e la loro informatizzazione.

Come per tutti i settori l'informatizzazione e la georeferenziazione dei dati esistenti e dei dati che verranno prodotti assume una fondamentale importanza e costituisce un passaggio obbligatorio sia per la corretta gestione di una banca dati, sia per una eventuale ulteriore analisi dei dati.

[1] Proposta progetto Parco del Ticino: Bioindicatori di stress vegetazionale da telerilevamento iperspettrale, Parco Regionale Lombardo della Valle del Ticino, 2002

1.5 Interventi puntuali

Gli interventi proposti si dividono in interventi a breve termine (1 anno), a medio termine (fino a 5 anni) e a lungo termine (10 anni e più). Tra queste risultano strategiche due azioni, la prima di certificazione ISO 14.000 delle industrie a rischio (medio termine) e la seconda per promuovere un programma di monitoraggio rivisto e aggiornato dall'ARPA di Novara (breve termine).

L'accordo tra gli enti parco del Ticino ha puntato negli anni scorsi a questi obiettivi:"*La scelta di avviare la campagna di monitoraggio sulla qualità dell'aria si iscrive nel quadro dell'impegno dei due Enti Parco (piemontese e lombardo) coinvolti dagli impatti di Malpensa 2000. Siamo preoccupati per i possibili effetti sull'ambiente di una crescita rapida e incontrollata del traffico aereo e di quello indotto sul territorio, in un'area già caratterizzata da intense attività umane.*"[1]

I risultati di un monitoraggio continuo possono quindi fornire rilevanti elementi conoscitivi e di controllo.

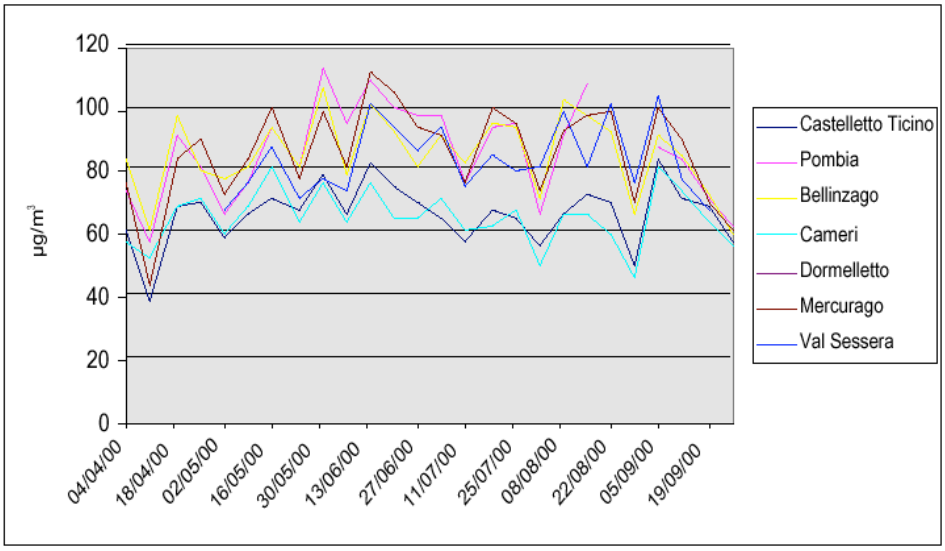


Figura 5: Andamento delle concentrazioni di ozono nel 2000.

[1] Dalla presentazione del progetto *Qualità dell'aria*.

2 Inquinamento da rumore

L'importanza attribuita all'inquinamento da rumore nei territori circostanti Malpensa 2000 è stato storicamente diretto verso una parte di ricettori individuati univocamente negli insediamenti urbani e nelle persone.

Da parte del parco, poiché si riconosce il rumore come inquinamento, il cui impatto colpisce anche flora e fauna, in maniera tale da essere giustamente considerato fattore di disturbo elevato, si è agito affinché fosse ampiamente analizzato e valutato dall'ARPA Piemonte.

Per quanto riguarda il transito di un flusso veicolare produce rumore composto dalla somma dei rumori prodotti dai singoli veicoli. Il rumore del singolo veicolo, a parità delle caratteristiche costruttive, è dovuto a due cause principali:

a. il rumore prodotto dal motore, che dipende dalla velocità e dall'accelerazione del veicolo;

b. il rumore dovuto al moto del veicolo (vibrazioni, attrito degli pneumatici, resistenza aerodinamica), che dipende dalla velocità e dal tipo di pavimentazione.

Nei veicoli leggeri è prevalente il secondo tipo di rumore, nei veicoli pesanti invece è prevalente il primo tipo soprattutto a velocità basse. Il rumore prodotto da un veicolo pesante è sempre maggiore, a parità di condizioni di marcia, di quello generato da un autoveicolo, da un minimo di 5 dB(A) a un massimo di 20 dB(A).

Per le emissioni sonore esiste una normativa europea che determina i valori massimi per il singolo veicolo. Per quanto riguarda invece l'esposizione

ambientale in Italia i limiti sono fissati dal DPCM Determinazione dei valori limiti delle sorgenti sonore del 14 novembre 1997 che variano in funzione della destinazione di uso della zona e del periodo di riferimento come riportato nella Tabella 5[1].

Limiti massimi [L_{eq} in dB(A)]			
	Periodo di riferimento		
Classi di destinazione d'uso	Diurno	Intermedio	Notturno
I – Aree prevalentemente protette	50	45	40
II – Aree prevalentemente residenziali	55	50	45
III – Aree di tipo misto	60	55	50
IV – Aree di intensa attività umana	65	60	55
V – Aree prevalentemente industriali	70	65	60
VI – Aree esclusivamente industriali	70	70	70

Tabella 5: Limiti massimi di esposizione al rumore in funzione della destinazione d'uso della zona e del periodo di riferimento, DPCM 1997.

I modelli per la simulazione del livello di rumore sono riconducibili (come per le emissioni atmosferiche) a due categorie, i modelli disaggregati e modelli aggregato o sintetici. Questi ultimi consentono di valutare direttamente i livelli di rumore espressi in livello sonoro equivalente, L_{eq}, sulla base di equazione ottenute interpolando diverse osservazioni sperimentali. In queste equazioni i valori di L_{eq} sono espressi in funzione di variabili quali il flusso, la percentuale di veicoli pesanti, la velocità dei veicoli e dalla distanza del punto di ricezione.

Alcuni esempi di tali modelli sono:

- Modello "Reggio Calabria"

  $L_{eq}=52.78 + 5.20 \ln (f_{eq}/d) + 0,68 V$

  dove feq è il flusso equivalente (veicoli/ora) complessivo di tutte le direzioni di marcia con fattore di equivalenza dei veicoli pesanti pari a sei, V la velocità media (km/h) e d la distanza in metri dal bordo della carreggiata. Il modello è stato calibrato in ambito urbano con tessuto chiuso ad U.

[1] Il DPCM 1997, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale Italiana n.280, 1 dicembre 1997, è in attuazione della Legge quadro sull'inquinamento acustico n.447, 26 ottobre 1995, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale Italiana Supplemento Ordinario n.254, 30 ottobre 1995.

- Modello “Sydney”

  L_{eq}=55.5 + 10,20 ln (f) – 19.30 ln(d) + 0,30 p

  dove f è il flusso orario (veicoli/ora) complessivo di tutte le direzioni di marcia, d la distanza in metri dal bordo della carreggiata alla linea di mezzeria stradale, p è la percentuale di veicoli pesanti con peso superiore a 35q.

Per quanto riguarda l’inquinamento acustico causato dalle attività connesse all’Aeroporto della Malpensa nel 2000 è stata effettuata una campagna di monitoraggio su 24 centraline, i cui risultati si riportano sinteticamente.

2.1 Rilevamento e valutazione dell’impatto acustico causato dall’Aeroporto della Malpensa

La campagna di monitoraggio acustico della durata di 90 giorni, a partire dal 21/04/2000, ha permesso di evidenziare il contributo dell’aeroporto di Malpensa grazie all’impiego di 24 centraline installate nel territorio circostante Malpensa. I risultati di questa campagna hanno permesso di evidenziare:

- La presenza di sorvoli aerei a bassa quota generalmente ha portato al peggioramento del clima acustico quantificabile nel salto di una classe acustica (da zona prevalentemente di tipo residenziale o al più misto, in una zona di intensa attività umana).
- Il travaso di sorvoli ha chiari influssi di differenza media giornaliera) sul clima di rumore delle zone interessate (anche 4-5 dB(A).
- Delta massimi, in media, di 9 dB (A) sono stati rilevati a Varallo Pombia.

Un territorio costruito in funzione del rispetto ambientale, che ha privilegiato la qualità della vita, ed è caratterizzato da scarsa urbanizzazione e con vocazione prettamente residenziale, viene, acusticamente parlando, trasformato dalla presenza di un notevole numero di sorvoli a bassa quota in una zona pesantemente condizionata da attività umane.

Il grafico qui di seguito mostra l’esito della campagna di monitoraggio dell’ARPA Piemonte, mettendo a confronto le principali stazioni di misura, i qui valori sono riportati nella documentazione cartacea acquisita.

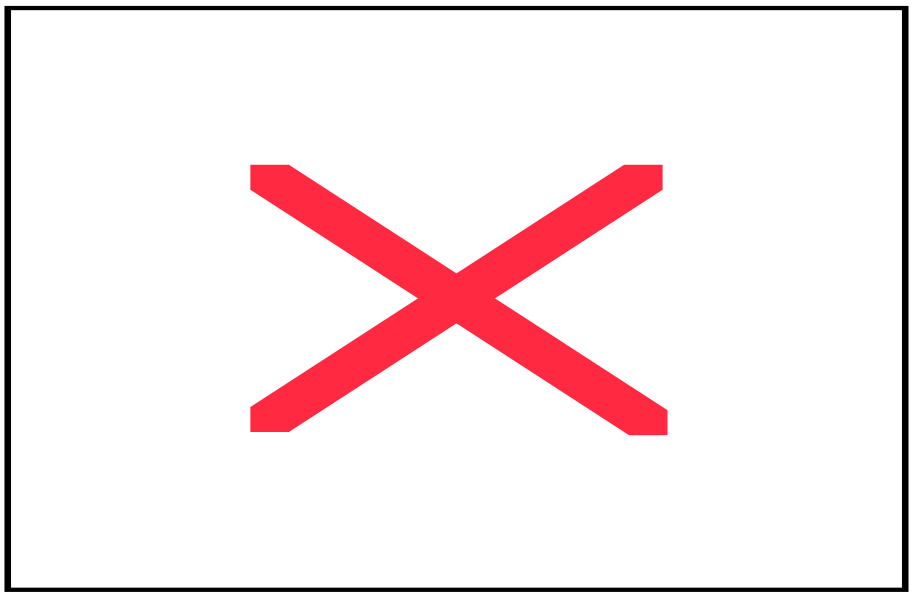


Figura 6: Grafico dell'inquinamento acustico rilevato nella campagna di monitoraggio dell'ARPA Piemonte nel territorio piemontese adiacente a Malpensa 2000.

Dal punto di vista scientifico e politico è di grande rilevanza il lavoro di coordinamento dei rilievi, in modo che sia possibile valutare correttamente i dati e le metodiche di elaborazione messe a punto dalla stessa SEA.

I dati SEA sono rilevati attraverso strumentazione microfonica installata in centraline posizionate secondo le indicazione degli Enti di controllo nelle zone limitrofi alle piste. A Malpensa sono ubicate 17 postazioni. I dati registrati sono elaborati assieme sui tracciati radar forniti da Enav (Ente Nazionale Assistenza al Volo) in modo da individuare eventuali picchi di inquinamento acustico rispetto alla soglia media consentita.

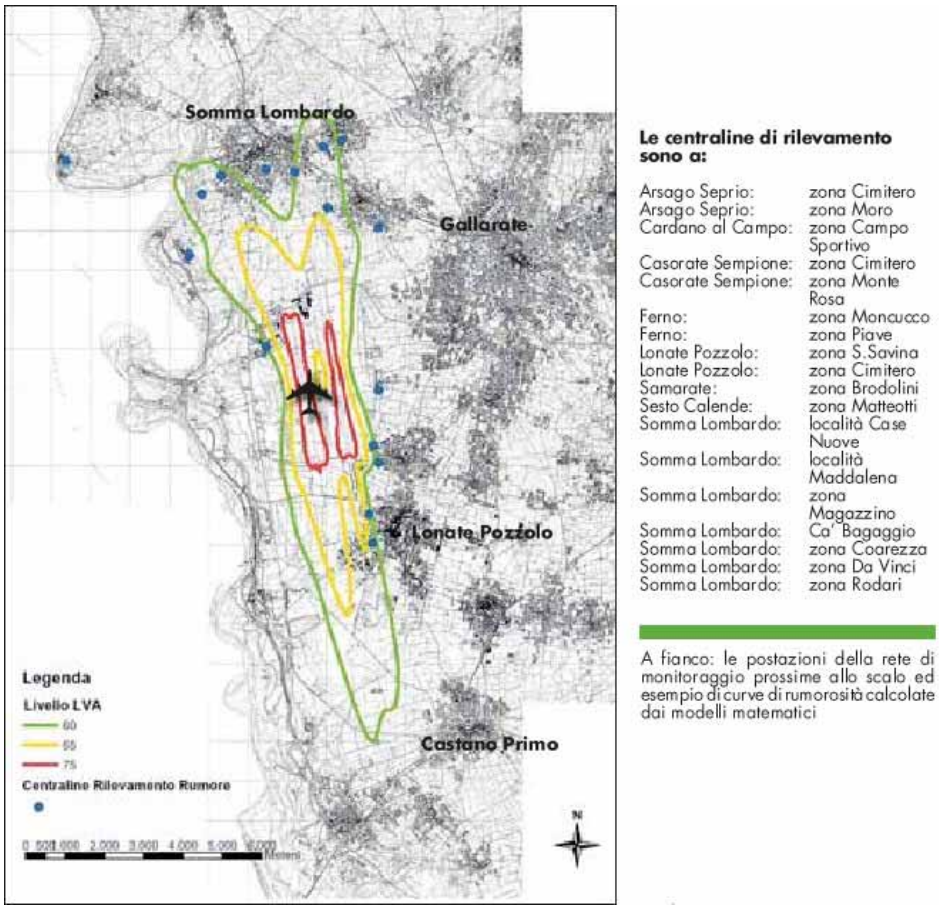


Figura 7: Isofoniche e ubicazione delle centraline di monitoraggio dell'inquinamento acustico nel territorio lombardo adiacente a Malpensa 2000.

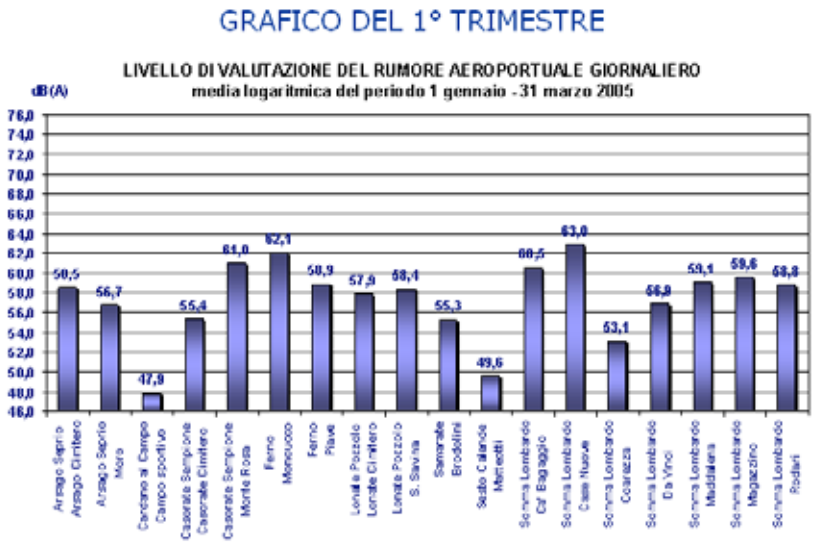


Figura 8: Dati di monitoraggio per l'area lombarda pubblicati da SEA.

2.2 Strategie di intervento

Come messo in evidenza precedentemente l'inquinamento acustico non risulta essere un aspetto di primaria importanza per il parco piemontese, soprattutto per alcune aree attualmente interessate da un intenso traffico aereo, pertanto l'Ente di Gestione deve collaborare attivamente con le Amministrazioni Comunali e la Provincia per quanto riguarda l'applicazione dei Piani di Zonizzazione acustica e dei relativi interventi rivolti alla mitigazione dell'impatto acustico.

L'Ente Parco dovrà collaborare con gli Enti competenti in materia per l'aggiornamento della documentazione tecnica prodotta dall'ARPA Piemonte, per un monitoraggio puntiforme sull'intero territorio dell'area protetta e per confrontare anche i rapporti tecnici e/o i progetti dell'ARPA Lombardia, in particolare per quanto concerne l'acquisizione dei contributi critici necessari all'elaborazione di scenari di intervento.

Inoltre l'Ente Parco deve sollecitare e promuovere studi per l'elaborazione di tali dati ed interfacciarli con i dati pubblicati da SEA, anche per un controllo reale del conseguimento degli obiettivi dei piani di contenimento ed abbattimento del rumore.

E' dunque necessario che l'Ente Parco collabori con gli Enti competenti (incluse le associazioni ambientali), per le valutazioni di impatto acustico e per un programma mirato di monitoraggio volto a determinare se esistono fenomeni locali e circoscritti o diffusi (impatti di tipo transfrontalieri) di inquinamento acustico rilevante dovuto alle infrastrutture di trasporto.

Inoltre è indispensabile che l'Ente Parco partecipi ai tavoli tecnici relativi ai progetti promossi dalla Regione Lombardia che possono avere ricadute dirette ed indirette sull'incremento dell'inquinamento acustico e/o atmosferico nei territori del Parco Piemontese, condividendo anche insieme con il Parco Lombardo del Ticino strategie, obiettivi e procedure antirumore, inclusi gli interventi finalizzati alla mitigazione di tali impatti.

Come per tutti i settori assume una fondamentale importanza l'informatizzazione e la georeferenziazione dei dati esistenti e dei dati che verranno prodotti, passaggio obbligatorio sia per la gestione corretta di una banca dati, sia per una eventuale ulteriore analisi dei dati.

Si ricorda come tali aspetti influenzino non marginalmente i riconoscimenti dei valori del parco a livello dell'Unione Europea e dell'UNESCO: pertanto l'Ente di Gestione dovrà attivare le procedure previste nelle normative inerenti le aree SIC e MAB al fine di contenere l'inquinamento acustico nella tutela di uno sviluppo sostenibile.

3 Bibliografia

Ambiente Italia, *Studio sulla qualità dell'aria nel Parco regionale del Ticino e nel Parco regionale del Lago Maggiore e dei Lagoni di Mercurago e le interazioni con gli ecosistemi forestali. Relazione conclusiva*, 2000; Ambiente Italia, 2000.

AmbienteItalia, *Misure di inquinanti atmosferici nelle aree del Parco regionale del Ticino e del Parco regionale del Lago Maggiore. Relazione finale*, Luglio 2002.

ARPA Regione Lombardia, *Arriva da satellite la fotografia dell'aria lombarda. Il progetto comunitario PROMOTE monitora il biossido di azoto troposferico*, in http://www.arpalombardia.it/new/live, 2005.

ARPA Regione Piemonte (responsabile dell'area tematica: Giuseppina Annovazzi; direttore del dipartimento: Rizzo Pietro Girò), *Valutazione della qualità dell'aria mediante campionatori puntiformi diffusivi nel Parco del Ticino e nei Lagoni di Mercurago. Periodo di monitoraggio ottobre 2002 – febbraio 2004. Relazione finale,* Marzo 2004.

Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino, *Valutazione della qualità dell'aria mediante campionatori puntiformi passivi nei parchi del Ticino*, Aprile 2002.

Jet Propulsion Laboratory, *TES Tropospheric Emissions Spectrometer*, in: http://www.jpl.nasa.gov/.

Parco Naturale della Valle del Ticino, *Pannelli sul Monitoraggio della qualità dell'aria*, 2003 www.parcodelticino.pmn.it.

Parco Regionale Lombardo della Valle del Ticino, *Proposta di progetto Parco del Ticino: Bioindicatori di stress vegetazionale da telerilevamento iperspettrale*, 2002.

Parco Regionale Lombardo della Valle del Ticino, *Utilizzo di dati MIVIS a supporto della gestione forestale: mappatura delle specie esotiche nei boschi del parco del Ticino*, ASITA 2002.

Parco Ticino Lombardo, *La qualità dell'aria nel Parco Regionale Lombardo della Valle del Ticino. Monitoraggio dell'aria effettuato mediante analisi dei licheni*, 1995.

Parco Ticino Lombardo, *Monitoraggio della qualità dell'aria mediante licheni nella Valle del Ticino*; 2000.

Parco Ticino Lombardo, *Monitoraggio dello stato di salute della vegetazione boschiva mediante tecniche di telerilevamento all'infrarosso falso colore nella Valle del Ticino*, 2001.

Punto Energia / Osservatorio Malpensa Provincia di Varese, *Pressione Ambientale di Malpensa 2000 sul territorio circostante*; Dicembre 2001.

Luca Marescotti, *Città tecnologie ambiente. Le tecnologie per la sostenibilità e la protezione ambientale*, Libreria Clup, Milano, 2004

MXP 2000 Campagna straordinaria di monitoraggio del rumore nei territori circostanti l'aeroporto di Malpensa, Giorgio Barbaglia, ARPA Piemonte

SEA, Monitoraggio dell'aeroporto di Malpensa, in: http://www.sea-aeroportimilano.it/Ambiente/ambiente.htm

Luca Marescotti, *Città tecnologie ambiente. Le tecnologie per la sostenibilità e la protezione ambientale*, Libreria Clup, Milano, 2004