



TABELLA 2

Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria per regione, febbraio 2000

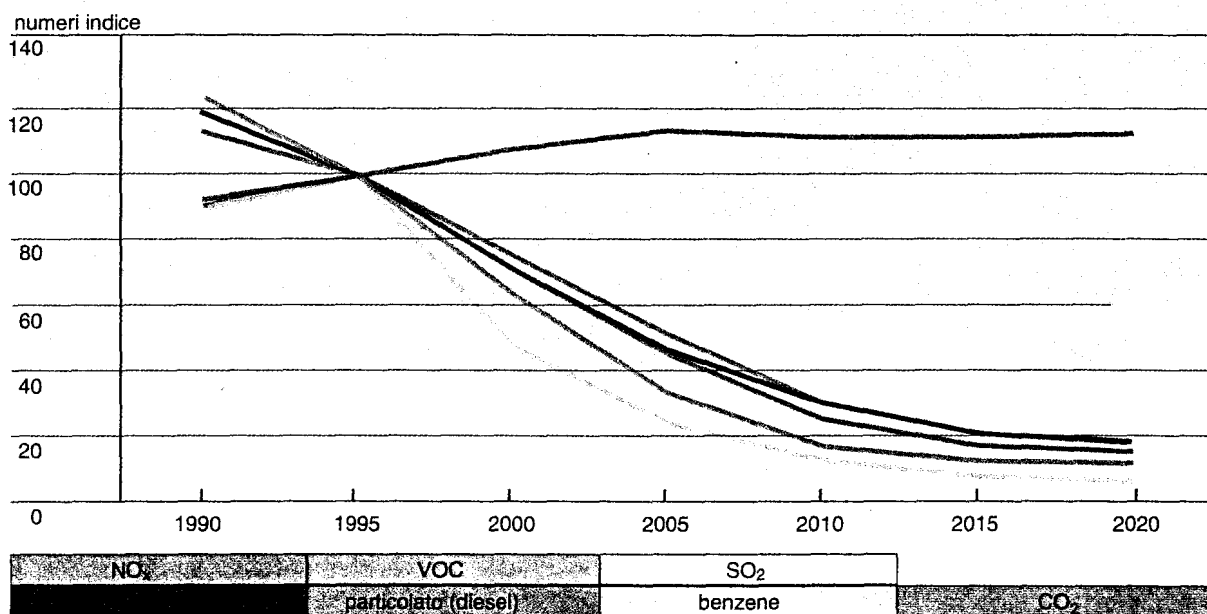
Regione	Numero stazioni (*)	Analizzatori principali (*)											Totale
		CH ₄	Benzene	CO (**)	INM	NO _x	O ₃	IPA	Pb	PM10	PTS	SO ₂	
Piemonte	41 (4)	-	6	30	1	31 (1)	18	-	-	9	18	20 (4)	133 (5)
Valle d'Aosta	11	-	2	4	-	7	7	1	1	1	2	9	34
Lombardia	151 (16)	7	4	80 (1)	7	120 (11)	51	-	1	34	54 (6)	121 (15)	479 (33)
Trentino-Alto Adige	21	3	1	19	9	21	20	-	-	-	19	21	113
Veneto	62 (8)	9	2	36	14	48 (3)	29	-	-	7	53 (2)	48 (8)	246 (13)
Friuli-Venezia Giulia	28	11	1	16	5	16	13	-	-	4	20	24	110
Liguria	38 (25)	2	5	27	12	28 (17)	21	5	4	4	19 (24)	30 (14)	157 (55)
Emilia-Romagna	94	6	6	71	8	77	30	1	5	15	55	40	314
Toscana	55 (7)	7	9	34	18	43	21	-	1	29	2 (1)	32 (7)	196 (8)
Umbria	17	1	3	6	1	15	12	3	1	3	11	9	65
Marche	22	6	1	16	-	16	14	-	-	4	6	13	76
Lazio	35 (11)	2	7	18	2	35 (2)	15	-	1	7	22 (3)	27 (11)	136 (16)
Abruzzo	9	-	3	6	3	4	5	1	-	3	1	2	28
Campania	20 (4)	-	-	9	-	(4)	6	-	-	-	15	7 (4)	37 (8)
Puglia	(7)	-	-	-	-	(7)	-	-	-	-	(7)	(7)	(21)
Basilicata	9	7	2	8	2	2	4	-	-	7	2	7	41
Calabria	2 (5)	-	-	2	-	2(5)	1	-	-	-	-	(5)	5 (10)
Sicilia	40 (16)	8 (2)	3	19	11 (2)	31(3)	11	-	1	10	34 (2)	34 (16)	162 (25)
Sardegna	44	2	-	0	18	19	38	19	-	-	-	40	44 198
Italia	699 (103)	89 (2)	55	419 (1)	112 (2)	534 (53)	297	11	15	137	373 (45)	488 (91)	2.530 (194)

(*) Tra parentesi sono conteggiate, separatamente, le stazioni dell'ENEL. (**) Idrocarburi Non Metanici

FONTE: ANPA, 2000.

segue SCHEDA 1 FIGURA 2

Stime e proiezioni per le emissioni da traffico in UE (numeri indice 1995 = 100), 1990 - 2020



FONTE: Commissione Europea, AOP2, 1999.



Piacenza, Genova, Verona, Venezia, Firenze, Milano, Roma;

- per il biossido di azoto, nelle aree urbane di Napoli, Roma, Palermo, Genova;

- per il monossido di carbonio, nelle aree urbane di Napoli, Roma;

- per la frazione PM10 delle polveri in tutte le aree urbane dove sono state effettuate le rilevazioni, e in corrispondenza di tutte le stazioni di monitoraggio dell'inquinamento da traffico e dell'inquinamento nelle zone residenziali;

- per il benzene, in tutte le aree urbane dove sono state effettuate le rilevazioni, in corrispondenza delle cabine di monitoraggio dell'inquinamento da traffico.

Questi dati sono in particolare significativi e preoccupanti per l'inquinamento da polveri inalabili e benzene, che costituiscono gli inquinanti più pericolosi per la salute: la presenza di questi inquinanti è riferibile soprattutto alle emissioni dagli autoveicoli immatricolati prima del 1993, ovvero privi della marmitta catalitica e dei dispositivi dei "diesel ecologici", che contribuiscono per l'85% alle emissioni totali.

Inoltre, i dati raccolti risultano critici se confrontati con gli obiettivi per la protezione della qualità dell'aria fissati dalla Direttiva Europea 96/62/CE, recepita con il DLgs 351 del 4 agosto 1999: è infatti evidente la "distanza" tra i valori rilevati e i nuovi limiti previsti

dalla direttiva europea.

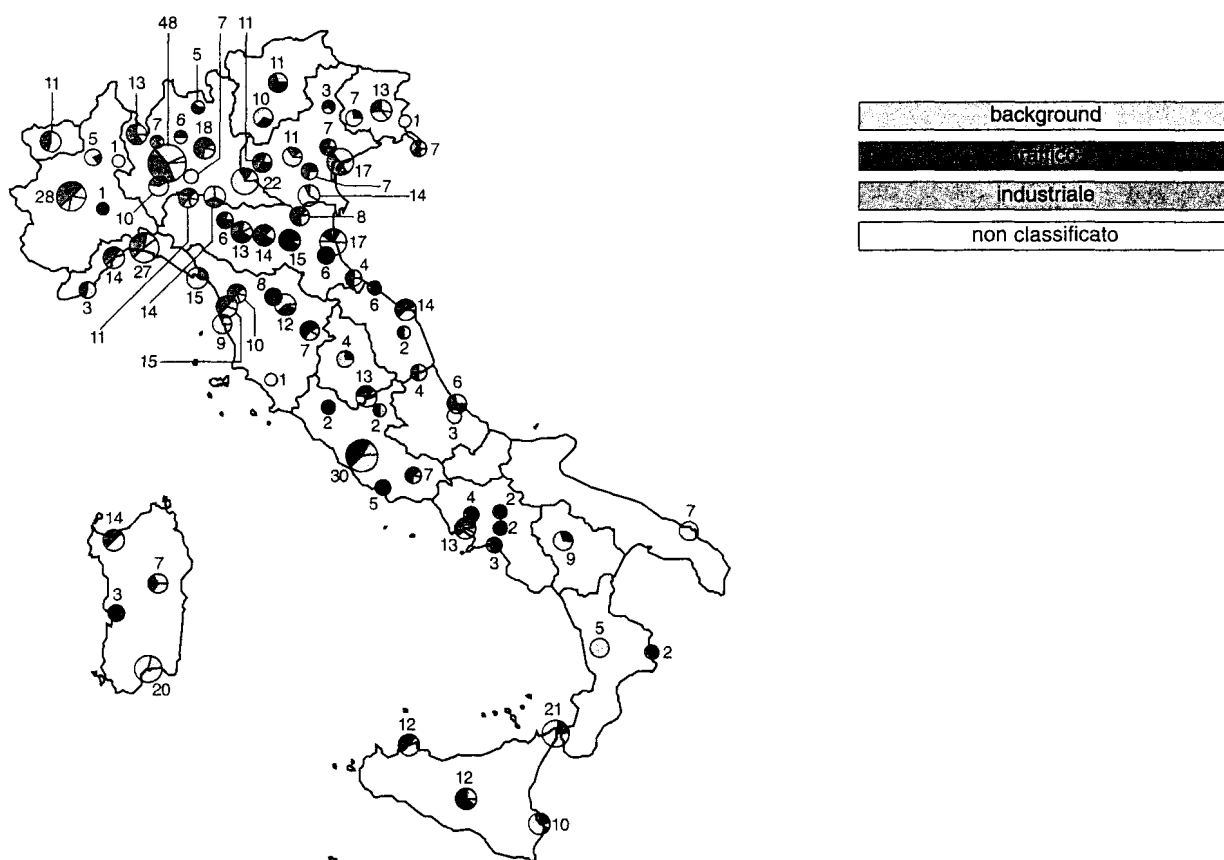
- sulla consistenza ed affidabilità delle reti di rilevamento.

I dati raccolti mettono in evidenza una situazione ancora disomogenea, nonostante le disposizioni dei Decreti del Ministro dell'ambiente del 20 maggio 1991 e 25 novembre 1994, che stabiliscono i criteri per la raccolta dei dati sulla qualità dell'aria, e nonostante i finanziamenti del Ministero dell'ambiente per la realizzazione delle reti di rilevamento (150 miliardi tra il 1993 e il 1996). Sulla base di questi dati è stato avviato il programma nazionale per la riorganizzazione delle reti.

Altri dati relativi alle concentrazioni a

FIGURA 10

Distribuzione geografica delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria per provincia e tipo di stazione



FONTE: ANPA, 2000.



livello provinciale sono raccolti dal documento ANPA(1) e si riferiscono all'anno 1998.

Nella tabella 5, è sinteticamente e qualitativamente rappresentata la prossimità o meno delle concentrazioni dei singoli inquinanti ai limiti di legge specificati nelle note e già presentati in tabella 1. I dati si riferiscono a 103 province esaminate.

Un discorso a parte merita l'ozono troposferico. Infatti, se nella stratosfera l'ozono è prezioso per la capacità di intercettare la radiazione ultravioletta proveniente dal sole e preoccupano le diminuzioni delle concentrazioni, nella troposfera (lo strato di atmosfera esteso dal suolo a circa 10 km di altezza) si pone attenzione alle alte concentrazioni di O_3 che conducono ad una riduzione delle funzioni respiratorie ed all'irritazione delle mucose, soprattutto nei gruppi critici di bambini ed anziani. Alte concentrazioni di ozono provocano anche danni alle colture (riducendo la resa agricola), alle foreste (riducendo l'attività fotosintetica) ed ai materiali (aggregando plastiche, vernici, fibre tessili).

Questi episodi, inoltre, non insistono necessariamente solo sul luogo ove gli inquinanti (precursori) sono emessi ma, dato che le sostanze vengono trasportate dal vento (e continuano ad interagire), si possono registrare picchi di concentrazione di O_3 in zone remote sottovoento alle città.

A differenza di quanto accade con gli inquinanti primari, per i quali ad una riduzione delle emissioni corrisponde una riduzione delle concentrazioni, la non linearità della relazione fra precursori e ozono aumenta la complessità e l'incertezza della risposta. In altre parole potrebbe accadere che in alcune zone, ad una riduzione di uno solo dei precursori corrisponda un aumento delle concentrazioni di ozono.

In questo caso dunque è quanto mai opportuno definire le politiche di riduzione dell'ozono e verificarne l'efficacia utilizzando modelli di simulazione

che, attraverso la soluzione di schemi chimici che coinvolgono centinaia di reazioni e la riproduzione dei processi dinamici dell'atmosfera, accoppiano diversi scenari emissivi a corrispondenti distribuzioni delle concentrazioni di ozono troposferico, fornendo anche un'analisi comparativa dei costi legati ai vari scenari.

Solo per 39 province sono disponibili dati per l'ozono: 5 di esse hanno superato almeno una volta il livello di allarme ($360 \mu g/m^3$), 32 superano il livello di attenzione di $180 \mu g/m^3$ (in particolare in 29 è superato anche lo standard orario di $200 \mu g/m^3$), mentre 2 sono prossime al livello di attenzione.

Consideriamo ora le città con un numero di abitanti superiore a 400.000: Torino, Genova, Milano, Bologna, Firenze, Roma, Napoli e Palermo.

Ogni città ha una rete di monitoraggio in funzione regolarmente almeno dal 1994, e dall'esame delle serie di dati relative alle concentrazioni dei principali inquinanti nel periodo 1994-1998, si evince quanto segue (2):

- SO_2 : il biossido di zolfo non costituisce più un problema in quanto le concentrazioni rimangono inferiori sia alla mediana delle medie giornaliere, sia al 98° percentile delle medie giornaliere rilevate nell'anno. Solo a Genova il primo limite è lambito nel 1998.

- CO: le concentrazioni di monossido di carbonio si mantengono al di sotto del limite orario nell'arco dell'anno, mentre i superamenti del valore limite su 8 ore, seppure in diminuzione nel periodo considerato, sono ancora, nel corso del 1998, dell'ordine delle decine a Genova, Milano, Napoli, Roma e Torino; in nessuna città il numero dei superamenti è però maggiore di 50 come accadeva nel 1994.

- PTS: le concentrazioni di particolato, pur rimanendo al di sotto dei valori limite per le medie giornaliere e per il 95° percentile delle medie giornaliere rilevate nel corso dell'anno, non dimostrano una decisa e costante tendenza alla

diminuzione ed anzi per Milano, Genova e Torino si registra una crescita.

- NO_2 : le concentrazioni di biossido di azoto si mantengono pericolosamente vicine al 98° percentile delle concentrazioni medie orarie rilevate nel corso dell'anno in tutte le città, mentre a Napoli il limite è abbondantemente superato durante tutto il periodo con una preoccupante crescita dal 1996 al 1998, quando sono raggiunti valori doppi rispetto al limite di legge.

- Benzene: le misure in continuo di benzene sono piuttosto recenti nelle aree urbane. Tuttavia fra il 1998 e il 1999, in diverse città, sono state effettuate estese campagne per descrivere la distribuzione spaziale dell'inquinante. A Padova, Bologna, Firenze, Bari, Napoli, Trieste, per citarne alcune, sono state riscontrate concentrazioni superiori a $10 \mu g/m^3$ durante periodi di riferimento di una o più settimane; tale valore, a partire dal 1 gennaio 1999, rappresenta l'obiettivo di qualità con periodo di riferimento di un anno.

È presumibile quindi, che in alcune zone delle città, i cittadini siano esposti a concentrazioni più elevate dell'obiettivo di qualità.

Ulteriori approfondimenti sulla qualità dell'aria in Italia per i comuni capoluoghi di regione (inclusi i comuni di Trento e Bolzano) e il comune di Catania sono presenti in questa Relazione nel capitolo "L'ambiente urbano".

(1) ANPA, Emissioni in Atmosfera e qualità dell'aria in Italia, Serie Stato dell'Ambiente 6/1999.

(2) In ANPA, Emissioni in Atmosfera e qualità dell'aria in Italia, Serie Stato dell'Ambiente 6/1999 sono riportati grafici sintetici.



L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E I CAMBIAMENTI CLIMATICI

TABELLA 3

	Ozono superamenti		Biossido di azoto	
	media oraria	livello di attenzione	98° percentile	livello di attenzione
Bologna	11 superamenti per stazione (2 stazioni)	Dati non comunicati	131 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (6 stazioni)	Dati non comunicati
Firenze	36 superamenti per stazione (3 stazioni)	9 giorni di superamento per stazione	140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7 stazioni)	<1 superamento per stazione
Genova	43 superamenti per stazione (3 stazioni)	9 giorni di superamento per stazione	139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (13 stazioni)	14 superamenti per stazione
Milano	30 superamenti per stazione (3 stazioni)	21 giorni di superamento per stazione	193 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ valore massimo su 10 stazioni	Dati non comunicati
Napoli	Dati non comunicati	Dati non comunicati	Dati non comunicati	542 superamenti per stazione (3 stazioni)
Padova	Dati non comunicati	7 giorni di superamento per stazione (6 stazioni)	Dati non comunicati	3 superamenti per stazione (8 stazioni)
Palermo	Dati non comunicati	7 giorni di superamento per stazione (2 stazioni)	Dati non comunicati	16 superamenti per stazione (7 stazioni)
Roma	28 superamenti per stazione (7 stazioni)	20 giorni di superamento per stazione	151 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (9 stazioni)	31 superamenti per stazione
Taranto	Dati non comunicati	Nessun superamento (2 stazioni)	Dati non comunicati	Nessun superamento (2 stazioni)
Torino	1 superamento	31 superamenti	159 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Dati non comunicati
Trieste	Dati non comunicati	Nessun superamento	145 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (5 stazioni)	Dati non comunicati
Venezia	36 superamenti per stazione (3 stazioni)		135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (6 stazioni)	<1 superamento per stazione
Verona	41 superamenti per stazione (3 stazioni)	Dati non comunicati	110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media su 6 stazioni	2 superamenti per stazione (4 stazioni)

(1) Le città di: Bari, Brescia, Cagliari, Catania, Foggia, Livorno, Messina, Parma, Reggio Calabria, Siracusa non hanno fornito informazioni

FONTE: Ministero dell'ambiente, 2000.



**Informazioni sulla qualità dell'aria trasmesse dai Comuni
con numero di abitanti superiore a 150.000 abitanti ai sensi del DM 21.4.99 (1)**

Monossido di carbonio		PM10	Benzene
media di 8 ore	livello di attenzione		
<1 superamento per stazione (6 stazioni)	Dati non comunicati	56 µg/m³ su media max annua (1 stazione)	Superamento dei 10 µg/m³ nel 90% dei siti media di 15 gg
<1 superamento per stazione (7 stazioni)	<1 superamento per stazione	26-51 µg/m³ media annua (dati di 5 stazioni)	4-15 µg/m³ media annua (3 stazioni)
3 superamenti per stazione (17 stazioni)	9 superamenti per stazione	Dati non comunicati	2,2-17 µg/m³ media annua (2 stazioni)
2 superamenti per stazione (6 stazioni)	Dati non comunicati	48 µg/m³ media annua (media di 4 stazioni)	4,4-14,4 µg/m³ media 4 mesi (1 stazione)
Dati non comunicati	42 superamenti per stazione (3 stazioni)	Dati non comunicati	10,6-16,6 µg/m³ media mensile (3 zone)
2 superamenti per stazione (8 stazioni)	2 superamenti per stazione	8-51 µg/m³ media giornaliera (dati di 1 stazione)	8,5-10 µg/m³ media annua (3 stazioni)
<1 superamento per stazione (7 stazioni)	5 superamenti per stazione	25-47 µg/m³ media annua (dati di 7 stazioni)	Superamento dei 10 µg/m³ nel 73% dei siti media mensile
7 superamenti per stazione (10 stazioni)	23 superamenti per stazione	27-55 µg/m³ media annua (dati di 4 stazioni)	4-16 µg/m³ media annua (4 stazioni)
Dati non comunicati	Nessun superamento (2 stazioni)	Dati non comunicati	2-7,8 µg/m³ media mensile (2 stazioni)
1 superamento per stazione	Dati non comunicati	63 µg/m³ media annua	9,7 µg/m³ media annua (1 stazione)
Dati non comunicati	Dati non comunicati	Dati non comunicati	19-36,6 µg/m³ media annua (4 stazioni)
2 superamenti per stazione (6 stazioni)	2 superamenti per stazione	30-85 µg/m³ medie mensili (dati di 3 stazioni)	6,3-15,1 µg/m³ media mensile (3 stazioni)
10 superamenti (4 stazioni)	Nessun superamento	Dati non comunicati	7-14 µg/m³ media annua (2 stazioni)

**TABELLA 4**

	Ozono superamenti		Biossido di azoto	
	media oraria	livello di attenzione	98° percentile	livello di attenzione
Prato	nessun superamento (1 stazione)	Dati non comunicati	110 µg/m³ (5 stazioni)	Dati non comunicati
Piacenza	62 superamenti (1 stazione)	131 superamenti (1 stazione)	106 µg/m³ (5 stazioni)	<1 superamento per stazione
Terni	2 superamenti per stazione (4 stazioni)	16 superamenti per stazione (4 stazioni)	93 µg/m³ (3 stazioni)	Nessun superamento
Arezzo	nessun superamento (1 stazione)	nessun superamento (1 stazione)	106 µg/m³ (4 stazioni)	Dati non comunicati

FONTE: Ministero dell'ambiente, 2000.

TABELLA 5**Prossimità delle concentrazioni dei singoli inquinanti ai limiti di legge**

	SO ₂ (a)	NO ₂ (b)	PTS (c)	CO (d)
Assenza dati	61	70	73	67
Lontano limiti legge	34	54	1	9
Prossimo limiti legge	8	14	31	23 (e)
Superiore limiti legge		2		4 (f)

(a) Limite di legge DPR203/88 in µg/m³ : 80 per la mediana, 250 per il 98° percentile delle concentrazioni medie giornaliere rilevate nell'anno.

(b) Limite di legge DPR203/88 in µg/m³ : 200 per il 98° percentile delle medie orarie rilevate nell'anno.

(c) Limite di legge DPR203/88 in µg/m³ : 150 per la media, 300 per il 95° percentile delle concentrazioni medie giornaliere rilevate nell'anno.

(d) Limite di legge DPR203/88 in µg/m³ : 40 000 valore limite orario nell'arco dell'anno.

(e) Numero di province in cui si rischia il superamento del limite su 8 ore.

(f) Numero di province che superano il limite su 1 ora.

FONTE: ANPA, 1999.



**Informazioni sulla qualità dell'aria trasmesse dai Comuni
con numero di abitanti inferiore a 150.000 abitanti (non previste dal DM 21.4.99)**

Monossido di carbonio		PM10	Benzene
media di 8 ore	livello di attenzione		
nessun superamento (3 stazioni)	Dati non comunicati	37,6 µg/m ³ media annua (1 stazione)	7 µg/m ³ media annua (media stimata da 3 stazioni)
1 superamento per stazione (5 stazioni)	7 superamenti per stazione (5 stazioni)	Dati non comunicati	4,6 µg/m ³ media annua (1 stazione)
1 superamento per stazione (2 stazioni)	1 superamento su 1 stazione	Dati non comunicati	4,9 µg/m ³ media delle medie di 5 mesi (1 stazione)
nessun superamento (2 stazioni)	Dati non comunicati	20 µg/m ³ media annua (1 stazione)	11 µg/m ³ valore medio di una campagna e 7 µg/m ³ valore medio stimato (2 stazioni)



Il panorama legislativo.

Il progredire delle conoscenze scientifiche sull'inquinamento atmosferico e sui suoi effetti, ha avuto riflessi innegabili sulla legislazione comunitaria e sull'impostazione dei Protocolli collegati alla Convenzione sull'Inquinamento Transfrontaliero.

Sono infatti aumentati gli inquinanti normati, è stata riconosciuta l'utilità dei modelli di simulazione della dispersione come strumenti di analisi tanto che, in alcuni casi, possono sostituire i tradizionali strumenti di misura. È stata anche assunta l'interdipendenza di fenomeni prima trattati separatamente: acidificazione, eutrofizzazione, ozono troposferico, effetti clima alteranti.

La riduzione delle emissioni, prima perseguita mediante un approccio puramente quantitativo basato su riduzioni indifferenziate, ora viene guidata da considerazioni che riguardano gli effetti. In altre parole le riduzioni vengono fissate concordemente alla capacità di tollerare certe deposizioni di inquinante da parte dei sistemi ricettori.

Alla base dei Protocolli internazionali e delle Direttive Comunitarie vi è un'analisi modellistica imperniata su quattro moduli integrati tra loro: emissioni, soglie critiche o obiettivi di qualità dell'aria, trasporto-dispersione-modificazione chimica in atmosfera e costi di abbattimento delle emissioni o più in generale, valutazione dell'efficacia delle misure tecniche e non tecniche di riduzione delle emissioni, in considerazione dei costi da sopportare per attuarle. Nel caso dei Protocolli, la conseguenza di tale impostazione è l'individuazione per ciascun Paese di obiettivi di riduzione delle emissioni, differenziati in funzione dell'analisi costi-efficacia e della sensibilità degli ecosistemi.

La focalizzazione sugli effetti dell'inquinamento ha poi condotto a trattare in modo integrato l'acidificazione, l'eutrofizzazione e la formazione di ozono troposferico giungendo così al cosiddetto Protocollo "multi inquinanti - multi effetti", firmato nel dicembre 1999 a Göteborg (Svezia).

La sua applicazione comporterà ulteriori riduzioni degli ossidi di azoto,

dello zolfo, dell'ammoniaca e dei composti organici volatili. In particolare, il controllo dell'acidificazione richiederà la riduzione delle emissioni di NO_x , SO_2 ed NH_3 , il controllo dell'eutrofizzazione richiederà di intervenire sulle emissioni di NO_x ed NH_3 , il controllo dell'ozono troposferico richiederà di ridurre NO_x e COV.

In altre parole saranno l'intero ciclo produttivo, distributivo e la stessa organizzazione della mobilità a dover essere controllati e programmati a livello nazionale.

Rispetto allo scorso decennio, il tema della qualità dell'aria non potrà più essere considerato come una sorta di esercizio di "raccolta di concentrazioni orarie" o come opportunità per dispiegare un numero grande a piacere di strumenti di misura, senza poi estendere la conoscenza puntuale del fenomeno ad un ambito territoriale più vasto, correlarlo alle sue cause e quindi intervenire con politiche adeguate. Infatti, la Direttiva Quadro sulla Qualità dell'Aria della UE (Direttiva 96/62/CE recepita con DLgs. n. 351 del 4 agosto 1999, che individua attraverso una serie di Direttive Figlie (già approvate o in corso di approvazione) i livelli di riferimento per le concentrazioni di SO_2 , PM, Piombo, CO, Benzene, NO_2 , Ozono, IPA, Cadmio, Arsenico, Nickel e Mercurio, impone la caratterizzazione preliminare della qualità dell'aria negli agglomerati urbani o in altre zone particolari del territorio nazionale e tempi certi per riportare a valori accettabili eventuali eccedenze.

In un futuro prossimo, una serie di sanzioni economiche si abatteranno su quei Paesi che non saranno stati in grado di garantire il rispetto delle norme mentre eventuali deroghe saranno previste, a patto di dimostrare l'esistenza di cause "naturali" (eruzioni vulcaniche, processi di desertificazione, particolarità mediterranea dei processi fotochimici) che hanno portato al superamento dei livelli di riferimento. La consapevolezza di una mutata prospettiva sta emergendo anche nella normativa nazionale ove, soprattutto in ambito urbano, si produrranno una serie di provvedimenti volti a superare la logica emergenziale dei precedenti decreti per puntare ad

un sistema di "conoscenze - azioni conseguenti" più dinamico, basato su monitoraggio efficiente e strumenti di comprensione del dato, modelli interpretativi dei fenomeni, analisi di scenario e analisi costi-benefici, provvedimenti di riduzione delle emissioni.

Il Decreto del 21 aprile 1999 ha introdotto l'obbligo per alcune fra le principali realtà urbane nazionali di effettuare la valutazione preliminare della qualità dell'aria, anticipando così l'impianto della Direttiva Quadro, e di individuare misure concrete per la riduzione delle emissioni, qualora gli obiettivi di qualità non fossero raggiunti.

Nelle tabelle 6 e 7 sono riassunti rispettivamente i nuovi limiti previsti dalla Direttiva Figlia 1999/30/CE e quelli tuttora in discussione in sede comunitaria.

L'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza

Il 75% dello zolfo, il 70% degli ossidi di azoto ed il 47% dell'ammoniaca emessi in Italia viaggiano oltre le frontiere nazionali, andando a deporsi oltre i nostri confini (per le stime quantitative delle emissioni delle sostanze sopra considerate, si veda la parte della Relazione relativa alla qualità dell'aria). Per contro, il 58% dello zolfo, il 30% degli ossidi di azoto ed il 12% dell'ammoniaca che interagisce sul nostro territorio proviene da altri Paesi (stime EMEP, programma di cooperazione per il monitoraggio e per la valutazione della trasmissione a lunga distanza di inquinanti atmosferici in Europa, 1997).

Come si vede, l'inquinamento atmosferico rappresenta un problema che spesso non è risolvibile sulla sola scala nazionale. Questo fatto era evidente fin dagli anni '60, quando gli scienziati dimostrarono che esistevano delle relazioni tra le emissioni di zolfo che avvenivano nel continente europeo e l'acidificazione dei laghi scandinavi. Deponendosi, gli inquinanti atmosferici sono responsabili di diversi effetti dannosi, sia sull'ambiente che sulla salute. Le deposizioni di zolfo ed azoto sono la causa dei



TABELLA 6

Limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria indicati dalla Direttiva 1999/30/CE

Inquinante	Tipo di limite	Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tempo di mediazione dei dati	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
Biossido di zolfo	valore limite per la protezione della salute umana	350 (da non superare più di 24 volte l'anno)	media oraria	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (43%) (*)	1 gennaio 2005
	valore limite per la protezione della salute umana	125 (da non superare più di 3 volte l'anno)	media nelle 24 ore	nessuno	1 gennaio 2005
	valore limite per la protezione degli ecosistemi	20	media anno e inverno	nessuno	19 luglio 2001
Biossido di zolfo	valore limite per la protezione della salute umana	200 (da non superare più di 18 volte l'anno)	media oraria	50% (**)	1 gennaio 2010
	valore limite per la protezione della salute umana	40	media anno	50% (**)	1 gennaio 2010
Ossidi di azoto	valore limite per la protezione degli ecosistemi	30	media anno	nessuno	19 luglio 2001
PM10 (fase 1)	valore limite per la protezione della salute umana	50 (da non superare più di 35 volte l'anno)	media nelle 24 ore	50% (*)	1 gennaio 2005
	valore limite per la protezione della salute umana	40	media anno	20% (*)	1 gennaio 2005
PM10 (fase 2)	valore limite per la protezione della salute umana	50 (da non superare più di 7 volte l'anno)	media nelle 24 ore	(in base ai dati; deve essere equivalente al valore limite della fase 1)	1 gennaio 2010
	valore limite per la protezione della salute umana	20	media anno	50% (***)	1 gennaio 2010
Piombo	valore limite per la protezione della salute umana	0,5	media anno	100% (*)	1 gennaio 2005

(*) All'entrata in vigore della presente normativa, con una riduzione lineare il 1 gennaio 2001 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2005.

(**) All'entrata in vigore della presente normativa, con una riduzione lineare il 1 gennaio 2001 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2010.

(***) Al 1 gennaio 2005 con riduzione ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% entro il 1 gennaio 2010.



TABELLA 7 Limiti alle concentrazioni degli inquinanti dell'aria in discussione presso l'Unione Europea

Inquinante	Tipo di limite	Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Indice	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
Ozono	valore obiettivo per la protezione della salute umana	120 (da non superare in più di 20 giorni in un anno di calendario mediato su tre anni)	massimo valore ottenuto calcolando la media mobile su otto ore		da raggiungere entro il 2010
	valore obiettivo per la protezione della vegetazione	17.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ h (mediato su cinque anni)	AOT40 (*) calcolato sul valore orario da maggio a luglio		da raggiungere entro il 2010
	soglia di informazione	180	media oraria		
	soglia di allarme	240	media oraria		
	obiettivo a lungo termine per la salvaguardia della salute umana	120	massimo valore ottenuto calcolando la media mobile su otto ore		
	obiettivo a lungo termine per la salvaguardia della vegetazione	6.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ h	AOT40 (*) calcolato sul valore orario da maggio a luglio		
Monossido di carbonio	valore limite per la protezione della salute umana	10.000	massimo valore della concentrazione media su otto ore	6.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (100%) all'entrata in vigore della presente normativa, riducendo dal 1° gennaio 2003 e ogni 12 mesi successivi di 2000. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fino a raggiungere lo 0%	1 gennaio 2005
Benzene	valore limite per la protezione della salute umana	5	media anno	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (100%) all'entrata in vigore della presente normativa, riducendo dal 1 gennaio 2006 e ogni 12 mesi successivi di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fino a raggiungere lo 0% nel gennaio del 2010	1 gennaio 2010

(*) AOT40 (Accumulated exposure Over a Threshold) rappresenta la somma della differenza tra le concentrazioni orarie maggiori di 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (=40 parti per bilione) e 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in un dato periodo usando solo i valori orari misurati tra le ore 8:00 e le 20:00 di ogni giorno.

FONTE: ENEA, 2000.



fenomeni di acidificazione ed eutrofizzazione; l'ozono, che si forma a partire da ossidi di azoto e composti organici volatili in presenza di radiazione solare, è causa di danni acuti e cronici alla salute, di danni alla vegetazione, di cali di resa nei raccolti; gli inquinanti atmosferici sono responsabili dei fenomeni di corrosione dei materiali, ed in grado quindi di arrecare un danno irreparabile all'ingente patrimonio artistico, storico e culturale italiano; gli inquinanti presenti in

traccia (metalli pesanti, composti organici persistenti come ad esempio le diossine o il ddt) sono tossici per l'uomo e per l'ambiente.

La situazione ambientale in Italia con riferimento all'inquinamento atmosferico transfrontaliero

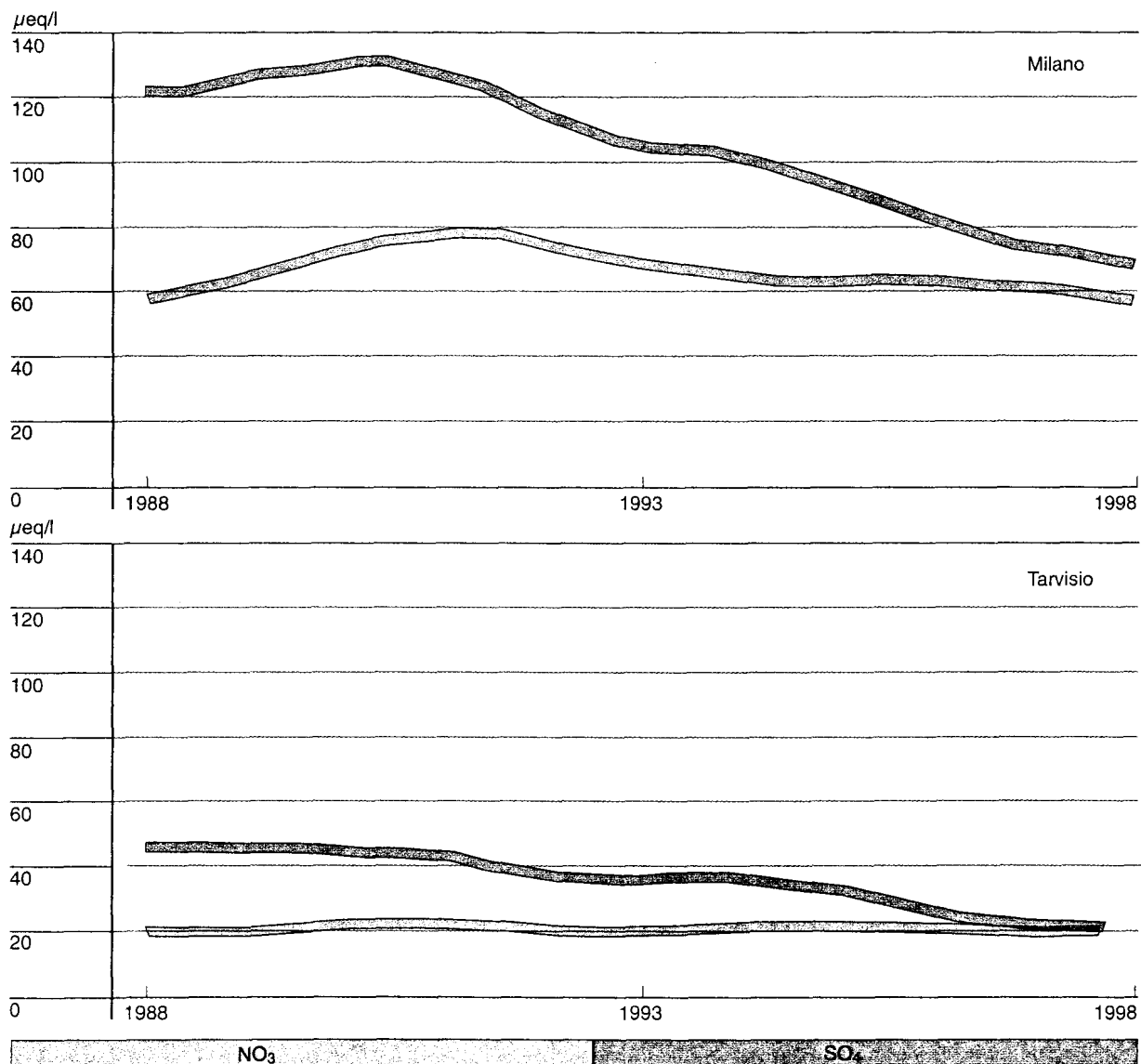
Deposizioni acide e concentrazioni di ozono troposferico

L'analisi condotta sui dati del periodo 1987-98 delle stazioni della rete

ENEL di campionamento delle deposizioni umide (attualmente gestite da CESI) consente di affermare che l'acidificazione è diminuita, e questo rappresenta un risultato positivo delle azioni di politica ambientale negli ultimi quindici anni. All'interno della riduzione dell'acidificazione si può osservare che la concentrazione di ione solfato di origine non marina è ovunque in diminuzione, mentre la concentrazione attuale di ione nitrato è molto simile a quella di 10 anni

FIGURA 11

Andamento delle deposizioni di solfato e nitrato in due stazioni campione della rete ENEL ($\mu\text{eq/l}$), 1988 - 1998



Fonte: Elaborazione a cura di CESI - BU Ambiente, 2000.



prima, Infine il rapporto solfato/nitrato ormai tende ad 1 (figura 11).

Due parametri cruciali nella valutazione dei possibili danni provocati da queste sostanze sono quelli di carico critico e di livello critico.

Il carico critico è definito come "una stima quantitativa dell'esposizione alla deposizione o alla concentrazione ad uno o più inquinanti, al di sotto della quale non avvengono significativi effetti dannosi su specifici elementi sensibili dell'ambiente sulla base delle attuali conoscenze". Esso costituisce quindi un valore di riferimento per la protezione degli ecosistemi forestali, dei laghi, dei materiali rispetto alla

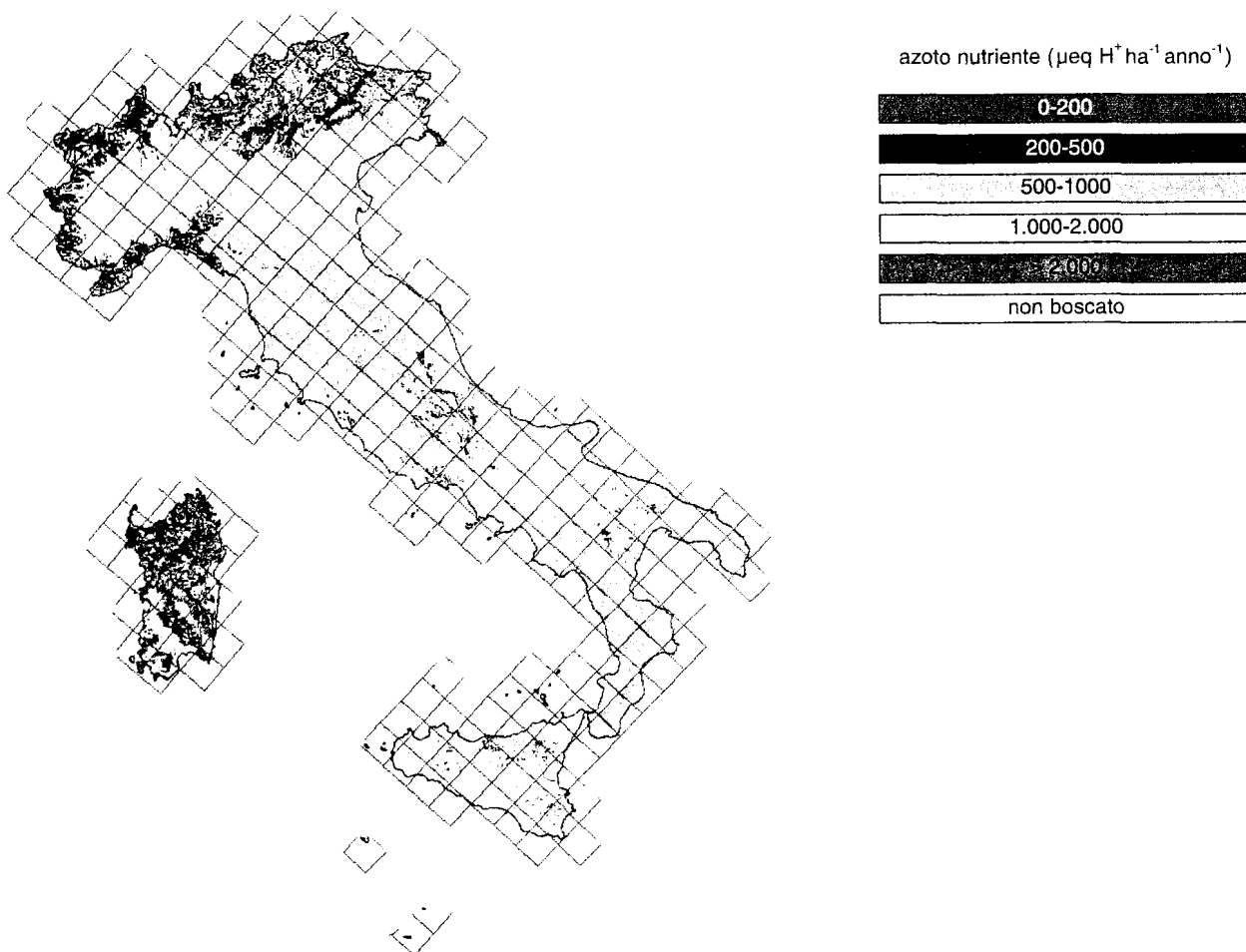
deposizione di composti ad azione acida. Per quanto riguarda gli ecosistemi naturali terrestri ed acquatici sono stati ad oggi definiti i carichi critici per lo zolfo e per l'azoto acidificante (responsabili quindi dell'acidificazione) ed i carichi critici per l'azoto nutriente (responsabile dell'eutrofizzazione).

In figura 12 è riportata la mappa dei carichi critici di azoto nutriente per il territorio italiano. La mappa mostra la sensibilità del suolo italiano all'azoto contenuto nelle deposizioni con riferimento all'eutrofizzazione. Come si vede, i suoli alpini, dell'appennino ligure, ma anche della Sardegna e di alcune zone dell'Italia centrale sono i più

sensibili al fenomeno dell'eutrofizzazione. Il livello critico è definito come "la concentrazione in atmosfera di un dato inquinante al di sopra della quale possono avvenire effetti dannosi ai recettori, quali esseri umani, piante, ecosistemi o materiali sulla base delle attuali conoscenze". Sono stati definiti ad oggi i livelli critici per diversi inquinanti; per quanto riguarda l'ozono, uno degli inquinanti di maggiore interesse per l'area mediterranea in relazione ai dimostrati effetti sulla vegetazione e la salute umana, il livello critico è stato scelto ricorrendo ad un indice denominato AOT (Accumulated exposure Over a Threshold), che calcola l'esposizione

FIGURA 12

Mappa dei carichi critici di azoto nutriente per il territorio italiano,



FONTE: Elaborazione a cura di CESI - BU Ambiente, 2000.



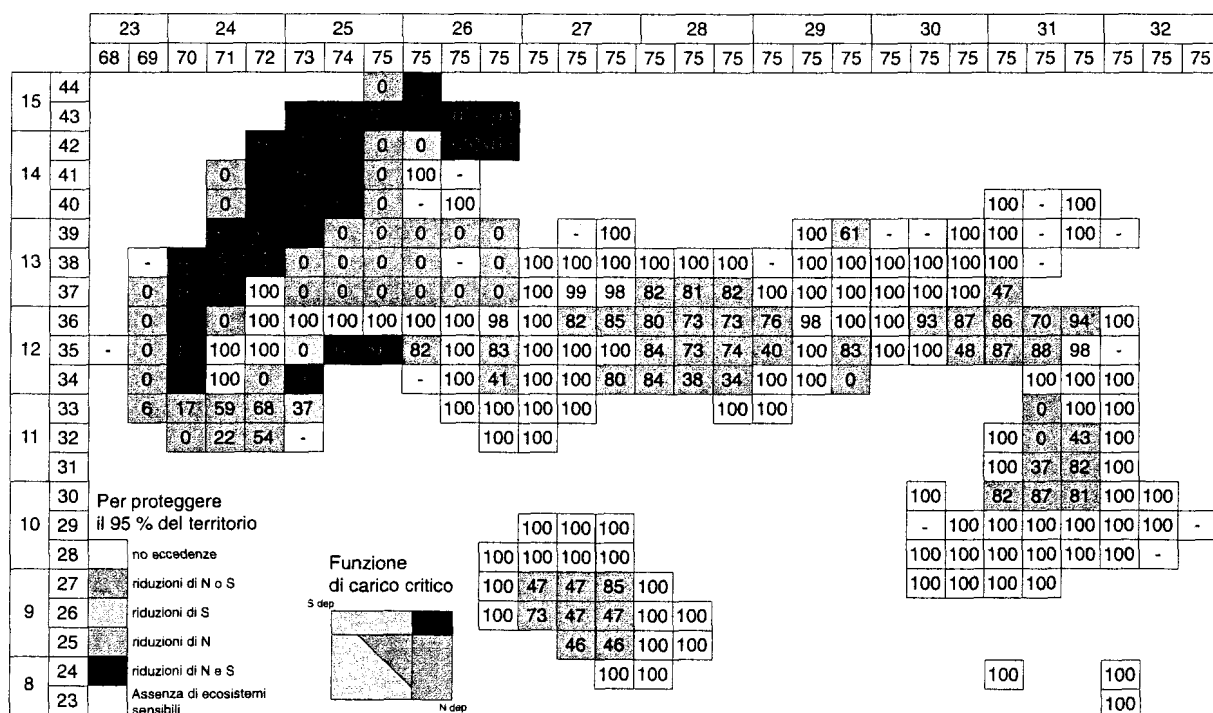
all'ozono accumulata oltre una soglia. La soglia è stata scelta a 40 ppb per le colture agrarie e le foreste, con valori di livello critico rispettivamente di 3 e 10 ppm*h, mentre per la salute si è scelto, come concentrazione di soglia, il valore raccomandato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità come linea guida per la qualità dell'aria (60 ppb).

In figura 13 è riportata la percentuale di superficie di ecosistemi sensibili protetti dall'acidificazione e dall'eutrofizzazione e le indicazioni sulle modalità di intervento in termini di riduzione delle emissioni con riferimento alla situazione del 1990. La figura mostra, per ogni cella del reticolo EMEP 50x50

km², la percentuale di superficie di ecosistemi sensibili protetti dai fenomeni di acidificazione e eutrofizzazione, per una data combinazione di deposizione di zolfo (solfati) e azoto (nitrati e ammonio). Le percentuali si riferiscono alla quota di cella occupata dagli ecosistemi terrestri nazionali sensibili a tali fenomeni. Vengono inoltre evidenziate, mediante una scala cromatica, le riduzioni delle deposizioni richieste per raggiungere la salvaguardia del 95% degli ecosistemi presenti in ogni cella. Come si vede dalla figura, le aree più critiche, dove sono necessarie riduzioni sia delle deposizioni di zolfo che di quelle di azoto per

proteggere gli ecosistemi sensibili, sono principalmente concentrate nell'arco alpino. Per quanto riguarda la definizione del protocollo per la riduzione delle emissioni di metalli pesanti l'attenzione si è spostata negli ultimi anni sulla definizione dei valori di carico critico per questi inquinanti. La mappatura della sensibilità degli ecosistemi italiani alla deposizione di metalli pesanti e dei relativi carichi critici, come pure una dettagliata definizione delle aree di superamento dei valori di livello critico dell'ozono (mappe di eccedenza) rappresentano temi prioritari per il futuro prossimo su questa tematica.

FIGURA 13 Percentuale di superficie di ecosistemi sensibili protetti dall'acidificazione e dall'eutrofizzazione e indicazioni sulle modalità di intervento in termini di riduzione delle emissioni per cella EMEP 50x50 km² considerando le deposizioni EMEP di N e S, 1990





Gli impatti sui corpi idrici

I diversi inquinanti che raggiungono le acque dolci di superficie per trasporto atmosferico hanno un differente effetto a seconda della loro natura: la maggior parte dei metalli pesanti e dei composti organici persistenti, ad esempio, sono poco solubili in acqua, si accumulano nei sedimenti di fondo e negli organismi, dove esplicano la loro attività tossica. I solfati e i nitrati, che derivano per lo più dagli ossidi di zolfo e di azoto prodotti durante le combustioni industriali, domestiche e dal traffico veicolare, conferiscono alle deposizioni atmosferiche carattere acido, che può provocare un'acidificazione delle acque di alcuni ambienti particolarmente sensibili. L'acidità delle acque, oltre determinati livelli soglia, produce un effetto tossico diretto sugli organismi che le popolano e contribuisce ad aumentare la tossicità di altri composti, come i metalli pesanti. Infine, i composti azotati presenti nelle deposizioni, costituiti dai nitrati e dall'ammonio, quest'ultimo derivante in prevalenza dalle attività zootecniche e agricole, raggiungono le acque sotto forma di sali nutrienti molto solubili. La loro concentrazione influenza lo svi-

luppo delle alghe, e può talora interferire con la potabilità dell'acqua. Inoltre elevati contenuti di azoto nelle acque dei fiumi possono raggiungere le acque marine favorendo i fenomeni di eutrofizzazione.

Al momento attuale non è possibile fornire un quadro complessivo, esteso all'intero territorio nazionale, dell'impatto dei metalli pesanti e degli inquinanti organici persistenti sulle acque superficiali. Per quanto riguarda invece l'acidità e la concentrazione di composti azotati nelle deposizioni atmosferiche, si deve ancora fare riferimento (Ministero dell'ambiente - Relazione sullo Stato dell'ambiente 1997) ai risultati della Rete nazionale per lo studio delle deposizioni atmosferiche umide (RIDEP).

Il quadro di insieme può essere ancora ritenuto valido, anche se, come si vedrà più avanti, le concentrazioni di inquinanti dal 1992 a oggi si sono modificate; la distribuzione geografica delle sorgenti di emissione, i principali processi di trasporto in atmosfera e quindi la distribuzione degli inquinanti, non sono comunque mutati in modo sostanziale negli ultimi anni.

I dati di oltre 900 laghi raccolti

dall'Istituto Italiano di Idrobiologia del CNR in un'apposita banca dati a partire dal 1988 permettono di definire le aree dove si trova la maggior parte delle acque sensibili all'acidificazione. I laghi sensibili individuati sono in gran parte collocati sull'arco alpino, in corrispondenza soprattutto dei principali massicci granitici, e sull'Appennino settentrionale. Queste informazioni consentono di rilevare l'esistenza di un'area, il bacino idrografico del Lago Maggiore, che comprende l'estremità settentrionale del Piemonte ed il Canton Ticino (CH), dove si hanno contemporaneamente il più elevato livello di acidità delle deposizioni e una notevole percentuale di laghi sensibili all'acidificazione. Di conseguenza quest'area è stata scelta per studiare l'evoluzione a lungo termine degli effetti del trasporto di inquinanti per via atmosferica alle acque superficiali, nell'ambito del contributo italiano al Programma Cooperativo Internazionale per la valutazione e il monitoraggio dell'acidificazione di fiumi e laghi (ICP Waters). I siti italiani attualmente considerati nel programma sono sei: un lago subalpino (Lago di Mergozzo), due laghi alpini (Laghi Paione Superiore ed Inferiore) e tre

SCHEDA 2

La rete di monitoraggio degli inquinanti di "fondo"

La rete EMEP è la più estesa rete europea di monitoraggio degli inquinanti di fondo, con 105 stazioni in 32 paesi (dati 1994).

Nel Programma completo dell'EMEP si misurano ed analizzano in continuo le seguenti sostanze:

1. Inquinanti gassosi: SO_2 , NO_2 , O_3 , NO , CO , CO_2 , PAN, COV, NH_3 , HCl, HNO_3 , HNO_2 ;

2. Particolato atmosferico: SO_4 , NO_3 , NH_4 , H^+ , SPM, metalli pesanti (Hg, Pb, Cd), N- HNO_3 , N- NO_3 , N- NH_3 , N- NH_4 ;

3. Precipitazioni umide (raccolta giornaliera): SO_4 , NO_3 , Cl, NH_4 , Na, K, Ca, Mg, pH, H^+ , HCO_3 , conduttanza elettrica, metalli pesanti (Hg, Pb, Cd), acidi organici.

Il monitoraggio di alcuni di questi inquinanti è obbligatorio. Il controllo di qualità delle misure si effettua tramite frequenti misure di *intercomparison*.

L'Italia partecipa alla rete di monitoraggio dell'EMEP con tre

stazioni:

- Joint Research Center dell'UE di Ispra (Lombardia);
- Montelibretti del CNR - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (Lazio).

Considerando il limitato numero delle stazioni EMEP in Italia e la scarsità dei dati forniti, lo Steering Body dell'EMEP ha più volte raccomandato l'ampliamento della rete italiana, ed in particolare l'inclusione di alcune nuove stazioni di monitoraggio sul territorio nazionale, da localizzare nel Sud e/o nelle Isole, qualora sia attivata una stazione rappresentativa della Pianura Padana, dove si concentrano le zone critiche di impatto. L'ENEA, in qualità di coordinatore nazionale e d'intesa con gli istituti interessati, ha più volte predisposto e sottoposto al Ministero dell'Ambiente ipotesi di estensione della rete. Alcune attività del CTN ACE dell'ANPA, cui partecipano tra l'altro ENEA e CNR, sono finalizzate a fornire elementi scientifici e tecnici utili per tale completamento. La limitata estensione della rete rappresenta un elemento di criticità.



corsi d'acqua (Torrenti Pellino, Pellesino e Cannobino). La chimica delle deposizioni atmosferiche in quest'area viene seguita attraverso 13 stazioni di campionamento, di cui 7 in territorio svizzero. La serie storica più lunga di dati disponibile per quanto riguarda le stazioni italiane è quella relativa alla stazione di Pallanza, situata sulle sponde del Lago Maggiore.

Per tutti i laghi e torrenti considerati sono disponibili dati chimici pregressi,

raccolti dall'Istituto Italiano di Idrobiologia del CNR, grazie ai quali è possibile valutare l'evoluzione a lungo termine delle principali variabili chimiche, unitamente a quella osservata per le deposizioni atmosferiche.

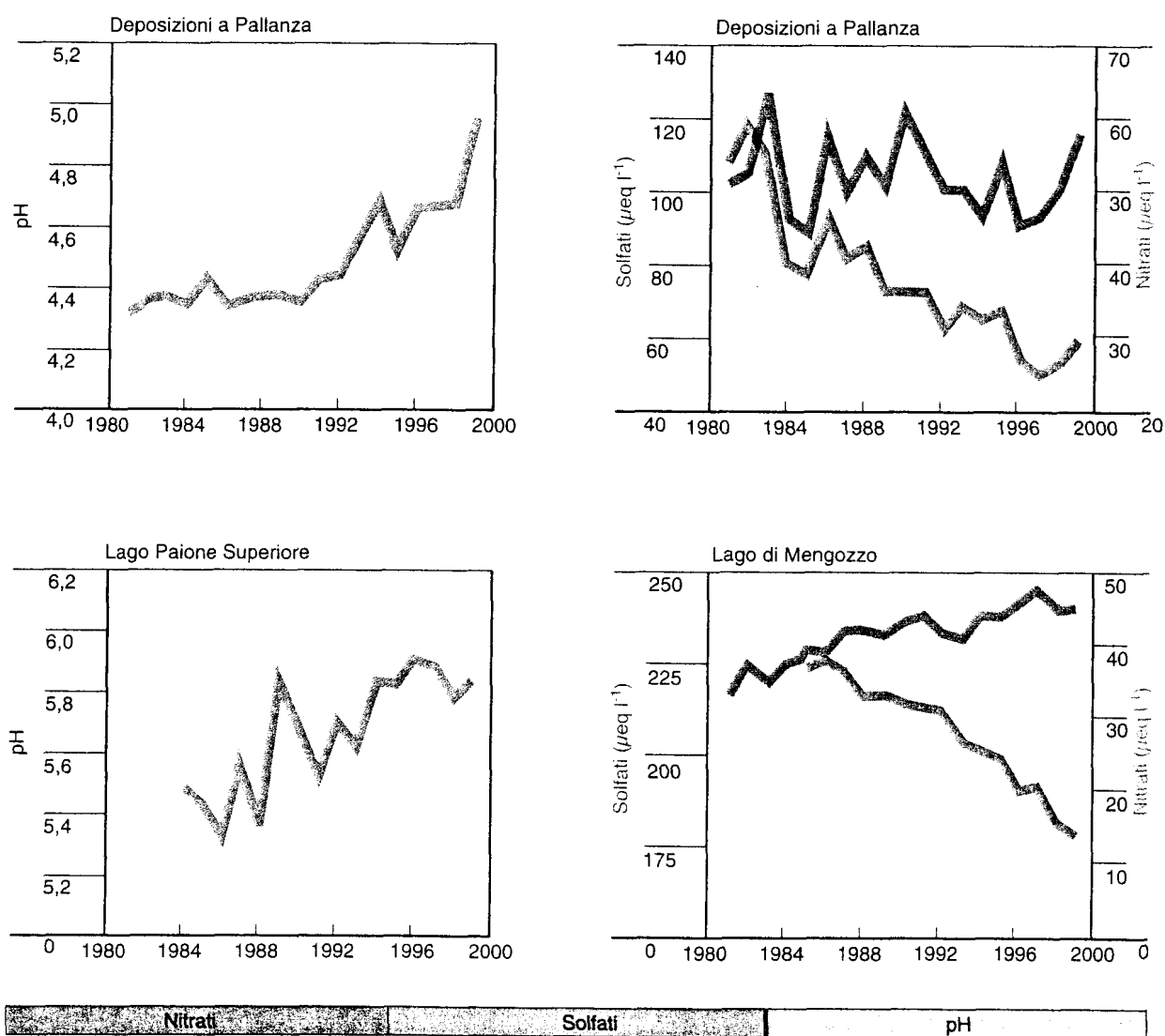
L'acidità appare chiaramente in diminuzione nelle deposizioni, come mostrato dall'aumento dei valori medi annui di pH a Pallanza, passati, nel periodo 1980-1999, da 4,3-4,4 a 4,8-4,9. Questo fatto è da mettere in relazione

con l'avvenuta diminuzione delle concentrazioni dei solfati, da 120-130 $\mu\text{eq/l}$ a circa 50-60 $\mu\text{eq/l}$, mentre per i nitrati si osserva una lieve tendenza all'aumento (figura 14). Il confronto con le serie di dati di altre stazioni, benché più brevi, permette di concludere che queste tendenze sono estendibili alle deposizioni che interessano l'intero bacino del Lago Maggiore.

Il lago alpino Paione Superiore, collocato a 2.269 m s.l.m., a causa della

FIGURA 14

Evoluzione a lungo termine di alcune variabili chimiche nei siti italiani considerati nel programma ICP Waters, 1981 - 1999



FONTE: CNR - Istituto Italiano di idrobiologia, 2000.



caratteristiche del bacino imbrifero, presenta un'elevata sensibilità all'acidificazione. Nel periodo 1984-1999 si è verificato un aumento del pH, da valori di 5,3-5,8, precedenti al 1992, a valori prossimi a 6,0, in accordo con le variazioni intervenute nella chimica delle deposizioni atmosferiche.

Anche nel caso del Lago di Mergozzo, collocato nella fascia subalpina a 194 m s.l.m., i dati relativi all'evoluzione a lungo termine di solfati e nitrati sono in accordo con quelli riscontrati per le deposizioni. I solfati, per i quali i dati

sono disponibili a partire dal 1984, diminuiscono in maniera significativa, passando da circa 220 $\mu\text{eq/l}$ a 180-190 $\mu\text{eq/l}$ nel 1999, mentre i nitrati, nel periodo 1980-1999, sono aumentati da circa 35 $\mu\text{eq/l}$ a 45 $\mu\text{eq/l}$.

Gli impatti sui materiali ed i beni monumentali

Gli impatti sui beni monumentali vengono valutati nell'ambito del Programma di Cooperazione Internazionale sui Materiali, il cui obiettivo è di valutare il danno causato dall'inquinamento atmo-

sferico sui Materiali, inclusi i monumenti storici ed artistici. Al Programma partecipano attualmente 18 Paesi. Le stazioni di monitoraggio ambientale ed esposizione dei campioni dei materiali studiati attualmente sono 32.

Gli studi sulla corrosione si effettuano su diversi tipi di materiali, prodotti in laboratori specializzati che partecipano al Programma.

I materiali in studio sono:

A) Metalli strutturali: acciai; zinco (98,5%, 99,9%), rame, bronzi;

B) Vernici: posati sui pannelli di acciaio;

TABELLA 8

Dati relativi all'ozono nell'ambito del Programma Internazionale UN/ECE ICP-Crops sugli effetti dell'inquinamento atmosferico e di altri stress sulle specie coltivate, 1992 - 1998

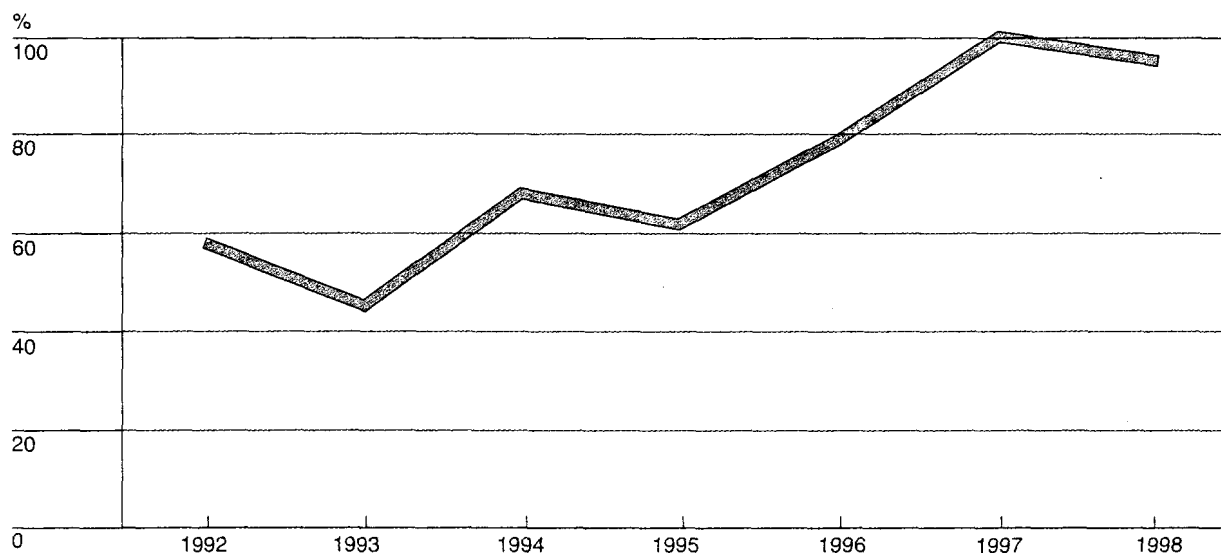
Anno	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Paesi partecipanti	15	18	17	17	16	13	16
SITI ICP-CROPS	26	29	28	29	28	21	20
SITI con danno fogliare visibile	15	13	19	18	22	21	19
AOT40 max in ppb.h (EUROPA)	-	-	15.617	16.938	20.014	24.956	32.785
AOT40 min in ppb.h EUROPA)	-	-	92	264	1.451	1.965	547
AOT40 max in ppb.h (ITALIA)	-	-	15.463	14.028	11.574	24.956	32.785

Legenda: AOT40 = dose di ozono accumulata sopra la soglia di 40 ppb durante le ore diurne con irradianza > 50 W/m²

FONTE: Università di Roma "La Sapienza" – Dipartimento di Biologia Vegetale, 2000.

FIGURA 15

Percentuale di siti con evidenza di danno fogliare visibile da ozono rispetto al totale dei siti monitorati, relativi al Programma Internazionale UN/ECE ICP-Crops, 1992 - 1998



FONTE: Università di Roma "La Sapienza" – Dipartimento di Biologia Vegetale, 2000.