

Sensibilità alle deposizioni inquinanti: un primo approccio nel contesto di studio delle aree urbane

P. Bonanni*, A. Buffoni °, R. Daffinà *, V. Silli *
*APAT, Via V. Brancati 48, 00144 Roma ° Consulente APAT

Abstract

La Convenzione sull'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero a Lunga Distanza (Long-Range Transboundary Air Pollution, Ginevra 1979) ha rappresentato negli ultimi 25 anni il principale strumento per il controllo e la riduzione delle emissioni di inquinanti atmosferici in Europa. La Convenzione ha tra i suoi obiettivi la protezione dell'ambiente dall'azione degli inquinanti atmosferici (SO₂, NO_x, precursori dell'ozono, metalli pesanti, composti organici persistenti) e la sua attuazione avviene mediante l'adozione di Protocolli di riduzione dell'emissioni dei singoli Paesi.

Tale attività è sotto il patrocinio dalla Commissione Economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UN/ECE) e prevede l'applicazione di metodologie di calcolo e modellizzazione standardizzate proposte dal Centro per il Coordinamento per gli Effetti (CCE) di Bilthoven (Olanda).

In questo ambito, nel corso di questi ultimi anni, l'APAT ha supportato il Ministero dell'Ambiente nella raccolta di informazioni territoriali disponibili a livello nazionale e nello sviluppo di metodologie volte alla produzione di cartografia inerente la sensibilità degli ecosistemi naturali alle deposizioni di composti acidificanti ed eutrofizzanti (composti dell'azoto) e di metalli pesanti. Tali informazioni rappresentano la base tecnico-scientifica utilizzata ai tavoli negoziali internazionali, per la discussione dei Protocolli comunitari atti all'individuazione delle quote di riduzione delle emissioni di inquinanti in atmosfera. Le aree metropolitane, pur non contenendo recettori specifici, rappresentano delle regioni particolarmente critiche poiché caratterizzate da forti emissioni antropiche di inquinanti e da elevata densità abitativa umana.

Introduzione

L'APAT supporta il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio nella mappatura dei carichi critici relativi alle deposizioni atmosferiche con effetto acidificante ed eutrofizzante sin dagli anni 90. Questa attività nasce a valle di un impegno assunto in sede internazionale con l'adesione da parte italiana alla Convenzione sull'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero a Lunga Distanza (CLRTAP-Long-Range Transboundary Air Pollution¹), Convenzione di Ginevra per il contenimento e l'abbattimento delle emissioni inquinanti transfrontaliere. Questo accordo internazionale è stato promosso nel 1979 dalla Commissione Economica delle Nazioni Unite per l'Europa (UN/ECE²), un organismo i cui obiettivi istituzionali sono quelli di stimolare e sostenere le relazioni economiche tra gli Stati membri, rafforzando la cooperazione intergovernativa in vari settori, tra cui l'ambiente. Su quest'ultimo tema l'attività condotta negli ultimi 20 anni dagli organi della Convenzione è stata particolarmente energica e volta ad una maggiore protezione dell'ambiente e della salute dell'uomo dall'azione dei diversi inquinanti atmosferici (ossidi di zolfo e di azoto, ammoniaca, composti organici volatili, metalli pesanti e composti organici persistenti). Tali inquinanti aerodispersi sono oggetto, infatti, di fenomeni di trasporto a lungo raggio, oltre i confini dei singoli paesi (da cui il termine *transfrontaliero*). Molti dei provvedimenti che negli

¹ La Convenzione di Ginevra è di fatto entrata in vigore il 16 marzo 1983 e, il 1 maggio 1994, è stata ratificata da 38 Paesi. La legge di ratifica del Parlamento italiano è la n. 289 del 27 aprile 1982.

² UN/ECE è l'acronimo di "United Nations Economic Commission for Europe". La Commissione Economica per l'Europa, ECE, è una commissione regionale delle Nazioni Unite a cui aderiscono i Paesi Europei più gli Stati Uniti d'America, il Canada ed Israele, per un totale di 54 Paesi.

ultimi decenni hanno portato alla riduzione in Italia e in larga parte d'Europa delle emissioni in atmosfera di diversi composti nocivi per la salute umana e per l'ambiente derivano infatti da impegni assunti nell'ambito della Convenzione.

A partire dal 2004 l'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici ha avviato una estesa revisione del proprio database nazionale per il calcolo dei carichi critici per gli ecosistemi terrestri e delle relative procedure, aggiornando ed integrando i dati già disponibili, con nuove informazioni di carattere meteo-climatico, pedologico, geochimico, vegetazionale.

Parallelamente è stata pure avviata la predisposizione di strumenti di calcolo più aggiornati al fine di produrre delle carte quanto più possibile dettagliate ed affidabili della sensibilità degli ecosistemi terrestri presenti sul territorio nazionale alle deposizioni di composti con azione acidificante/eutrofizzante ed ai metalli pesanti quali piombo e cadmio.

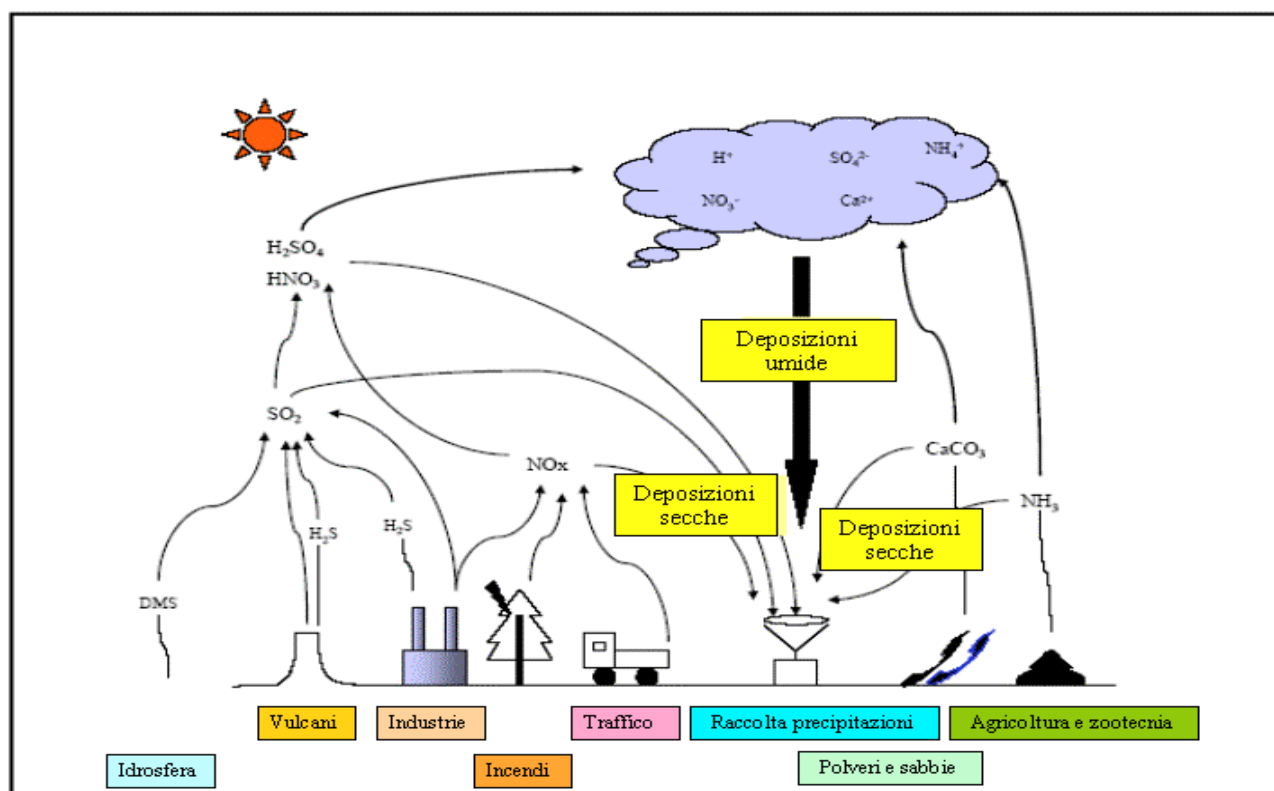
Di seguito viene illustrata la metodologia applicata e le informazioni utilizzate per il calcolo dei carichi critici di acidità, azoto nutriente e metalli pesanti e la situazione presente sul territorio italiano, in particolare nelle aree delle province delle città considerate.

1 Contesto internazionale: la Convenzione di Ginevra sull'inquinamento Transfrontaliero

Gli inquinanti atmosferici una volta emessi dalle sorgenti possono ricadere nelle loro immediate vicinanze o essere trasportati dai venti anche per distanze considerevoli (Figura 1).

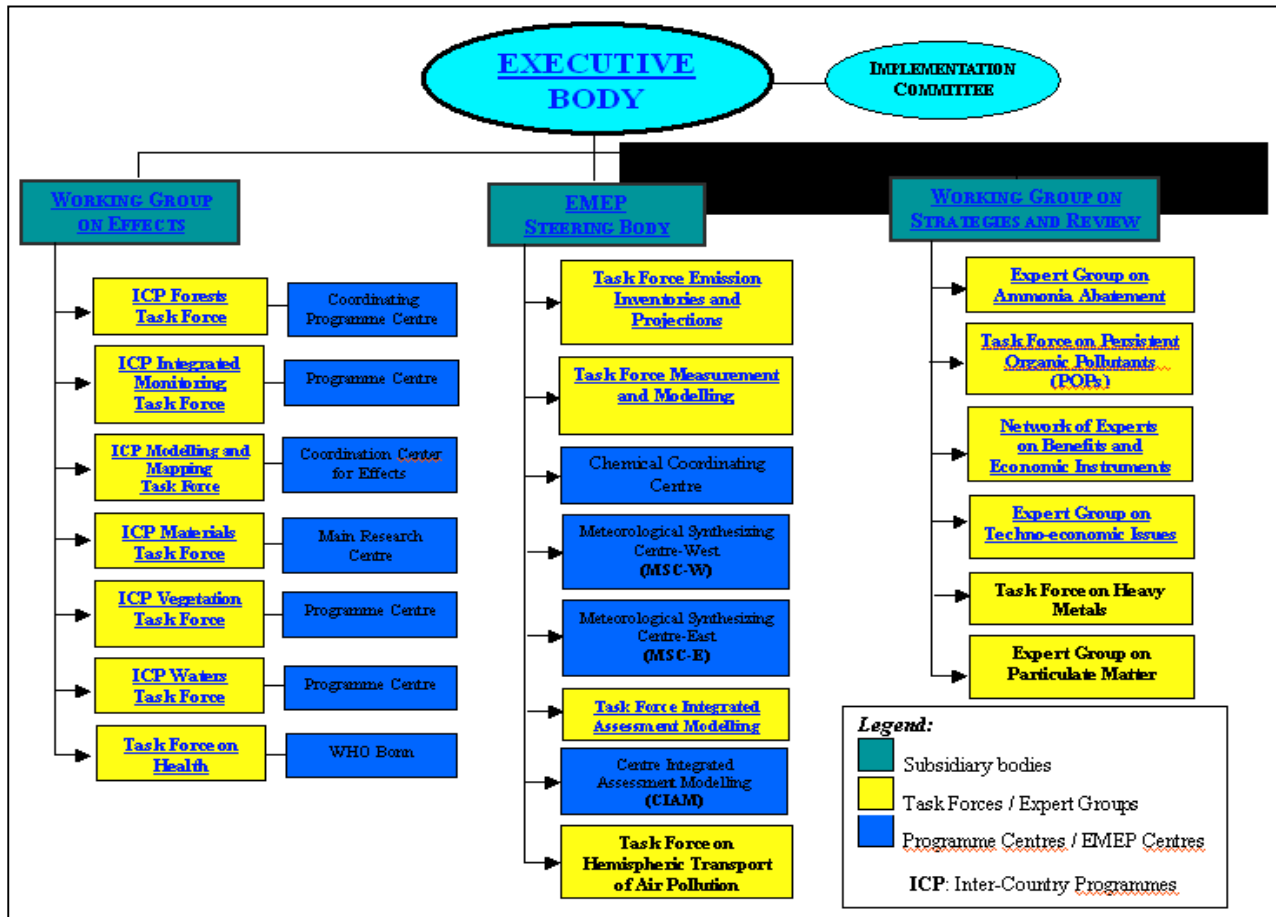
La Convenzione sull'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero a Lunga Distanza (Long-Range Transboundary Air Pollution) ha rappresentato negli ultimi 25 anni lo strumento di maggior successo per la riduzione delle emissioni di inquinanti atmosferici in Europa. Tale convenzione ha tra i suoi obiettivi la protezione dell'ambiente dall'azione degli inquinanti aerodispersi (SO_2 , NO_x , precursori dell'ozono, metalli pesanti, composti organici persistenti) e la sua attuazione avviene mediante l'adozione di Protocolli per la riduzione delle emissioni dei singoli Paesi.

Figura 1: sorgente e trasporto degli inquinanti aerodispersi



La Convenzione di Ginevra è strutturata in una serie di organi distribuiti su tre livelli (Figura 2): l'Organo Esecutivo (Executive Body), i Gruppi di Lavoro (Working Groups) e le Unità Operative (Task Forces).

Figura 2: organizzazione della Convenzione di Ginevra



Nell'ambito di questo processo la mappatura degli ecosistemi sensibili rappresenta uno degli aspetti cruciali ed è demandata alle autorità competenti: in Italia l'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente e i Servizi Tecnici (APAT). Da un punto di vista operativo tale mappatura prevede l'acquisizione di un ampio database secondo modalità descritte in un Manuale predisposto dal Centro di Coordinamento Europeo ma il cui livello di approfondimento dipende dai dati disponibili presso i singoli Paesi.

A partire dal II° Protocollo riguardante i composti dello zolfo (Oslo, 1994) i tassi di riduzione delle emissioni sono stati determinati secondo un approccio basato sulla selezione e mappatura dei recettori sensibili identificati sulla base del criterio del *carico critico*.

A tal fine è stato necessario predisporre una procedura articolata che prevede l'individuazione e quantificazione delle fonti, la determinazione delle ricadute e dei fenomeni di trasporto, la mappatura delle deposizioni e degli ecosistemi sensibili e l'individuazione delle aree di superamento (o eccedenza) del carico critico.

La realizzazione delle mappe dei carichi critici di inquinanti per il territorio nazionale scaturisce quindi da precisi obblighi politici ed economici comunitari e prevede, tra le altre misure, l'applicazione di metodologie di calcolo e modellazione standardizzate messe a punto dal Centro per il Coordinamento per gli Effetti (CCE) di Bilthoven (Olanda).

L'APAT ha tra le sue principali funzioni istituzionali la raccolta, l'elaborazione e la diffusione dei dati e delle informazioni sullo stato e la dinamica dell'ambiente.

Tale compito si è andato intensificando nel tempo anche alla luce delle tendenze su scala europea che impongono sempre maggiore rilievo al diritto di accesso all'informazione ambientale.

In questo ambito l'APAT, dal 1999, fornisce ufficialmente supporto al Ministero dell'Ambiente e del territorio per gli adempimenti inerenti gli obblighi derivanti dalla Convenzione di Ginevra sull'Inquinamento Transfrontaliero.

Le informazioni di base ed i risultati dei modelli applicati, vengono quindi inviati periodicamente al Centro Coordinamento olandese per gli Effetti e, insieme a quelle provenienti dagli altri paesi, costituiscono la base tecnica e negoziale per gli accordi internazionali concernenti i limiti alle emissioni degli inquinanti in atmosfera.

2 Carichi critici: la definizione

Il *carico critico* costituisce un'importante categoria di indicatori di stato che esprimono la sensibilità dei recettori ambientali (suoli, acque, materiali) alle deposizioni di sostanze inquinanti.

Il carico critico di un inquinante è definito come la *stima quantitativa della deposizione di uno o più inquinanti sul territorio, al di sotto della quale non vengono osservati effetti avversi significativi sugli elementi sensibili dell'ambiente, in accordo con le attuali conoscenze*. Il carico critico corrisponde quindi alla deposizione massima che un territorio caratterizzato da specifici ecosistemi sensibili (recettori) può sostenere senza che vi siano danni significativi sui recettori stessi, con conseguente compromissione dell'intero ecosistema. Il carico critico viene confrontato con le deposizioni reali di inquinante/i che giungono al suolo, per il calcolo delle cosiddette *eccedenze*. Se vi sono eccedenze significa che le deposizioni superano il carico critico e che occorre intervenire per la salvaguardia degli ecosistemi presenti imponendo, in qualche modo, una riduzione delle deposizioni attraverso una limitazione delle emissioni.

3 I recettori individuati: gli ecosistemi forestali

Per poter osservare degli effetti occorre definire oggetto e intervallo delle variazioni. All'interno degli ecosistemi naturali vengono così individuati delle componenti sensibili definite come *recettori*. Viene quindi monitorata ogni variazione significativa dei recettori e stabilita, in accordo con tipo di vegetazione, suolo e caratteristiche climatiche, una soglia di deposizione ammissibile. Gli ecosistemi (recettori) considerati sono rappresentati da foreste, praterie, pascoli e terre arabili.

4 Le metodologie per il calcolo dei carichi critici: il Bilancio di Massa e i modelli dinamici

Le metodologie disponibili per il calcolo del carico critico sono sostanzialmente tre:

- empiriche, dove con pochi dati di base è possibile calcolare degli intervalli di carico critico per il suolo considerato
- primo livello, il cosiddetto bilancio di massa (SMB), che consente di avere una fotografia della situazione ambientale riguardo i carichi critici
- modelli dinamici (VSD) che, al prezzo di grandi quantità di dati di base necessari, consentono di conoscere la sensibilità del territorio verso quell'inquinante, al variare del tempo.

Tutte le equazioni adottate e le metodologie seguite per il calcolo del carico critico (attraverso la metodologia SMB) sono incluse nel Mapping Manual 2004 redatto dal CCE – RIVM, Bilthoven.

4.1 Bilancio Semplice di Massa (SMB)

Il bilancio di massa semplificato è alla base di un modello per la definizione e la mappatura dei carichi critici. Si basa sulla relazione tra un parametro ambientale, considerato indicatore dello stato dell'ecosistema, e la deposizione di composti inquinanti. Diversi sono i parametri di tipo chimico che possono essere considerati (il pH del suolo, la concentrazione di nitrati nell'acqua che raggiunge la falda acquifera ed altro) anche se ciò che si intende evitare, mantenendo il livello delle deposizioni al di sotto del valore di carico critico, è un'alterazione di parametri biologici, (ad esempio la crescita legnosa o la biodiversità dell'ecosistema) elementi che tuttavia risulterebbero di difficile e complessa valutazione.

Il parametro prescelto deve avere la caratteristica di rispondere al variare del tasso di deposizione e di riflettere lo stato dell'ecosistema. Il rispetto di un valore-soglia di questo parametro corrisponde a condizioni di equilibrio del bilancio di massa. Questo tipo di approccio "fotografia" le condizioni del suolo in un dato momento e non consente di prevedere la futura evoluzione delle condizioni di un suolo sulla base di futuri scenari di deposizione. L'equazione alla base del bilancio di massa considera una serie di fattori interni ed esterni all'ecosistema in grado di incrementare o diminuire la sensibilità alle deposizioni di composti inquinanti.

4.2.1 Carico critico di acidità

L'equazione prevede un bilancio tra carico di acidità e la somma della capacità di neutralizzazione acida dovuta alla disgregazione del suolo (ANC_w) e lisciviazione di cationi basici dal suolo stesso (ANC_{le}).

I fattori che agiscono positivamente, garantendo una più elevata capacità di neutralizzare le deposizioni atmosferiche di zolfo e azoto responsabili dell'acidificazione sono:

- le deposizioni atmosferiche di cationi basici (BC_{dep})
- il rilascio, sempre di cationi basici, da parte dei minerali del suolo (BC_w)

Il primo rappresenta un apporto di calcio (Ca), magnesio (Mg) e potassio (K) dovuto al risollevarsi e caduta di polveri dai suoli o dal trasporto di particelle alcaline (come ad esempio le cosiddette sabbie del Sahara).

Il secondo è il prodotto dell'alterazione dei minerali del suolo che disgregandosi ad opera dei fattori ambientali, mettono a disposizione numerosi elementi tra cui Ca, Mg e K.

Il processo biologico principale che invece determina una maggiore sensibilità del suolo alle deposizioni di composti acidificanti e quindi conduce a valori di carico critico inferiori, è dato dall'assorbimento di cationi basici da parte delle specie vegetali (BC_u), in particolare da quelle arboree, in questo caso infatti, i cationi basici vengono sottratti al suolo per un lungo periodo. Con il taglio del bosco solo una parte di essi ritorna al suolo, mentre con il prelievo della massa legnosa una quota significativa viene definitivamente sottratta all'ecosistema.

4.2.2 Carico critico di azoto nutriente

Anche per ciò che concerne il carico critico di azoto nutriente si applica l'equazione di bilancio di massa. I fenomeni che, sottraendo azoto al suolo, ne accrescono la capacità di tollerare ulteriori apporti con le deposizioni sono in particolare:

- l'immobilizzazione di azoto nel suolo (N_i) mediante la formazione di humus e il prelievo di azoto legato all'accrescimento delle specie vegetali (N_u)
- le perdite di azoto per processi di denitrificazione (N_{de}), dove l'azoto nitrico, che rappresenta la forma utilizzata dagli organismi vegetali, viene ridotto ad azoto gassoso e disperso nell'atmosfera.

4.2.3 Carico critico di metalli pesanti (Cd e Pb)

Il bilancio di massa si applica anche al calcolo del carico critico di metalli pesanti. In questo caso viene considerato sia la quantità netta di metalli sequestrati nella biomassa raccolta della pianta (M_u , uptake di metallo della pianta), sia il flusso di lisciviazione di metallo dal profilo del suolo considerato (M_{le} , lisciviazione di metallo dal suolo). Per il calcolo del primo termine (M_u) occorrono in particolare la resa della biomassa vegetale ed il contenuto di metallo nella biomassa stessa raccolta. M_{le} , il metallo lisciviato dal suolo, viene invece stimato a partire dal flusso di drenaggio dell'acqua di percolamento e dalla concentrazione totale di metallo in soluzione nell'acqua di drenaggio stessa ($M_{totdisc}$). La stima di quest'ultimo termine riveste un peso cruciale nel calcolo del carico critico di metallo pesante. $M_{totdisc}$ può essere ricavato attraverso il modello tipo WHAM (modello W6S-MTC2, prof. Ed Tipping, CEH, Lancaster).

5 Le informazioni necessarie per il calcolo dei carichi critici: il database

La mappatura dei carichi critici avviene applicando alle singole unità di territorio, corrispondenti ad aree ritenute omogenee per gli ecosistemi presenti, l'equazione del bilancio di massa. E' quindi necessario disporre di un database aggiornato per il calcolo (meteorologia, dati pedologici e geochimici, ecc) e soprattutto di una cartografia che, con adeguato dettaglio, fornisca un quadro della distribuzione degli ecosistemi sull'intero territorio nazionale.

5.1 Mappatura dei recettori: distribuzione degli ecosistemi sul territorio

Per quanto concerne gli ecosistemi terrestri, le fonti disponibili sono sostanzialmente due:

- la Carta della vegetazione reale d'Italia in scala 1:1.000.000 (Ministero dell'Ambiente, 1992)
- il database Image&Corine Land Cover 2000 con unità minima cartografata pari a 25 ha (APAT, 2004)

La Carta della vegetazione reale d'Italia presenta un elevato numero di tipologie di vegetazione ma un dettaglio spaziale relativamente modesto, mentre Corine Land Cover 2000 risulta più aggiornata ma anche piuttosto sintetica per quel che concerne la copertura vegetale; si è quindi cercato di giungere ad una sintesi tra le due fonti di informazioni attraverso un'operazione di intersezione dei diversi tematismi. Successivamente le informazioni cartografiche sono state trasformate in una carta costituita da celle di uguali dimensioni (in questo caso 1 km x 1 km) trattate nelle successive operazioni, come singole unità. In questa carta il cui formato a griglia è detto raster, le tipologie vegetali sono state inizialmente definite sulla base della legenda della Carta della vegetazione reale d'Italia. Tuttavia per rispondere ad esigenze di omogeneità a livello europeo è stata successivamente adottata la classificazione EUNIS (European Nature Information System) sviluppata dal Centro tematico per la protezione della natura e della biodiversità presso l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA). La nomenclatura complessiva degli habitat EUNIS è consultabile sul sito <http://eunis.eea.eu.int/habitats-annex1-browser.jsp>. Il grado di approfondimento raggiunto corrisponde al secondo livello della classificazione EUNIS. La cartografia realizzata è stata in seguito sintetizzata e riclassificata sulla base di 7 categorie principali: agricolo, boschi di latifoglie, boschi di conifere, boschi di sclerofille, cespuglieti, praterie, aree prive di vegetazione.

Tabella 1: habitat EUNIS considerati

Livello 1	Livello 2	Habitat
A 4	A 4.5	<i>Sedimenti poco profondi dominati da Angiosperme, del piano infra- e circalitorale</i>
B 1	B 1.4	<i>Comunità erbacee delle dune costiere stabili</i>
B 3	B 3.3	<i>Habitat rocciosi (scogliere, spiagge ed isolette) con vegetazione alofita</i>
C 1	C 1.2	<i>Laghi, pozze e stagni mesotrofici</i>
C 3	C 3.2	<i>Comunità di elofite di grandi dimensioni e canneti marginali</i>
E 2	E 2.3	<i>Prati da sfalcio montani</i>
E 1	E 1.2	<i>Prati perenni calcofili e steppe basofile</i>
	E 1.3	<i>Praterie xeriche mediterranee</i>
	E 1.5	<i>Praterie montane supra-mediterranee</i>
	E 1.8	<i>Praterie aride mediterranee, da acidofile a neutrofile, fitte</i>
E 4	E 4.3	<i>Praterie acidofile alpine e sub-alpine</i>
	E 4.4	<i>Praterie calcicole alpine e sub-alpine</i>
F 2	F 2.3	<i>Comunità arbustive sub-alpine e boreali di caducifoglie</i>
F 3	F 3.1	<i>Arbusteti e cespuglieti delle regioni temperate</i>
	F 3.2	<i>Cespuglieti montano-mediterranei di latifoglie decidue</i>
F 5	F 5.2	<i>Macchie arbustive, con assenza di specie decidue</i>
F 7	F 7.4	<i>Lande montane di cespugli a pulvino</i>
G 1	G 1.1	<i>Boscaglie ripariali di Salix sp., Alnus sp. e Betula sp. delle regioni temperate</i>
	G 1.5	<i>Boschi igrofili di latifoglie su torbiere acidofile</i>
	G 1.6	<i>Boschi e foreste di Fagus sp.</i>
	G 1.7	<i>Boschi e foreste termofile di latifoglie</i>
	G 1.8	<i>Boschi e foreste acidofile a Quercus sp. dominante</i>
G 2	G 2.1	<i>Boschi e foreste mediterranee di Quercus sp. sempreverdi</i>
G 3	G 3.1	<i>Boschi e foreste temperate di Abies sp. e Picea sp.</i>
	G 3.2	<i>Boschi e foreste alpine di Larix decidua e Pinus cembra</i>
	G 3.4	<i>Boschi e foreste di Pinus sylvestris a sud della taiga</i>
	G 3.5	<i>Boschi e foreste di Pinus nigra e specie affini</i>
	G 3.7	<i>Boschi e foreste di Pinus sp. (escluso Pinus nigra) dell'area mediterranea</i>
G 4	G 4.6	<i>Boschi e foreste miste di Abies sp., Picea sp. e Fagus sp.</i>

Figura 3: Carta dell'uso del suolo (APAT, 2004)

Le migliori informazioni disponibili sulle tipologie di suoli presenti sul territorio italiano, acquisite nel database per i carichi critici, derivano dalla Carta dei suoli d'Europa (Soil Map of European Communities - CEE, 1985). Il database sviluppato a partire da questi dati è riferito ad unità territoriali di 1 km x 1 km alle quali è associato l'attributo "classe di suolo", individuato sulla base della nomenclatura FAO. (<http://www.fao.org/ag/agl/agll/key2soil.stm>).

La Carta dei suoli d'Europa riporta, per le diverse tipologie di suolo, anche un'indicazione sulla tessitura prevalente, cioè la distribuzione dimensionale delle particelle che compongono il suolo stesso. La codifica FAO, è stata sintetizzata in 6 classi di tessitura, ordinate dalla più grossolana alla più fine.

Tra i più importanti parametri fisico-chimici calcolati relativi al suolo calcolati ricordiamo:

- *rilascio di cationi basici (calcio, magnesio e potassio) nel suolo (BCw):*

è capacità di rilasciare cationi basici da parte dei suoli. Viene determinata dalla combinazione del tipo di suolo e della classe di tessitura, secondo un approccio definito in sede UN/ECE. I processi fisici e chimici possono provocare rispettivamente disaggregazione e alterazione delle rocce. I minerali nei suoli a loro volta rilasciano con il tempo elementi che rappresentano i nutrienti principali del comparto vegetale, in particolare calcio, magnesio e potassio. Questi cationi proprio perché basici contrastano l'acidità e rimpiazzano progressivamente quelli utilizzati sia per l'accrescimento della componente vegetale che quelli persi attraverso la lisciviazione.

Il rilascio di cationi basici è legato non solo alla natura dei minerali del suolo ma anche alle condizioni ambientali, in particolare all'ammontare delle precipitazioni e alle temperature presenti nel suolo. Temperature elevate favoriscono l'alterazione dei minerali e quindi il rilascio di cationi basici.

- *profondità del suolo*

Descrive la profondità dei suoli fino al substrato roccioso; i valori sono stati estratti dal database europeo sui suoli EUSOILS (<http://eusoils.jrc.it/>) e da valori di default suggeriti nel Manuale del RIVM di Bilthoven (UBA, 1994). I valori di profondità dei suoli per il territorio italiano sono risultati compresi tra 10 e 120 cm. I valori più modesti si riscontrano nella regione alpina e più in generale nelle zone di montagna.

- *contenuto di carbonio negli orizzonti superficiali dei suoli*

I dati relativi al contenuto di carbonio nei suoli (Cpool) sono stati estratti dal data base europeo dei suoli EUSOLIS. I valori rilevati sul territorio italiano risultano compresi tra il 6% (dato assai elevato e limitato a poche aree di pianura) e meno dell'1%. In generale le aree di montagna mostrano valori più modesti di quelle di pianura.

- *saturatione basica e capacità di scambio cationica*

I dati sono stati ricavati dallo stesso database europeo EUSOILS. La saturazione basica è definita come la quantità di cationi scambiabili espressi come percentuale della capacità di scambio cationica (ossia la somma dei cationi scambiabili per unità di volume).

- *pressione parziale di anidride carbonica nella soluzione del suolo*

Questo parametro viene introdotto per descrivere le perdite di bicarbonato con la percolazione di acqua del suolo. La pressione parziale di CO₂ in aria ambiente (circa 370 ppm) può raggiungere valori sensibilmente più elevati nel suolo per i processi ossidativi della materia organica e di respirazione. Questi ultimi sono fortemente dipendenti dalla temperatura del suolo.

5.2 Mappatura dei parametri meteorologici

Le informazioni necessarie riguardano sostanzialmente le temperature e le precipitazioni. Non essendo disponibile un database nazionale completo e sufficientemente dettagliato relativo alle principali grandezze climatiche, l'aggiornamento su base puntuale dei dati disponibili risulta ad oggi complesso.

I dati sono state inizialmente ricavati dalla "Carta delle temperature medie annue vere in Italia per il trentennio 1926-1955", in scala 1:1000000 del Consiglio Superiore del Servizio Idrografico (Ministero dei Lavori Pubblici, 1956) e dalla "Carta della precipitazione media annua in Italia per il trentennio 1921-1950", in scala 1:1.000.000 (Ministero dei Lavori Pubblici, 1951). Le carte sono state digitalizzate e ricampionate a 1 x 1 km secondo procedure già adottate per i parametri fisico-chimici relativi al suolo.

I dati di temperatura e precipitazione sono stati quindi aggiornati sulla base di informazioni su e ampia scala fornite dall'Università dell'East Anglia (UK), relativi al periodo 1921-2000. La serie di dati storici impiegata per questa operazione, fa riferimento al periodo 1921-2000.

6 Le carte tematiche dei carichi critici

Le applicazioni del modello forniscono per acidità ed azoto nutriente valori puntuali di carico critico con risoluzione di 1 km x 1 km per tutto il territorio italiano. Da tali informazioni è poi possibile calcolare i corrispondenti valori del 5° percentile³ sulla maglia EMEP 50 x 50 km. Per quanto concerne il carico critico di metalli pesanti (Pb e Cd), sono disponibili direttamente le carte del 5° percentile del reticolo nazionale EMEP 50 x 50 km.

Figura 4: carico critico di acidità ($\text{eq} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{anno}^{-1}$)

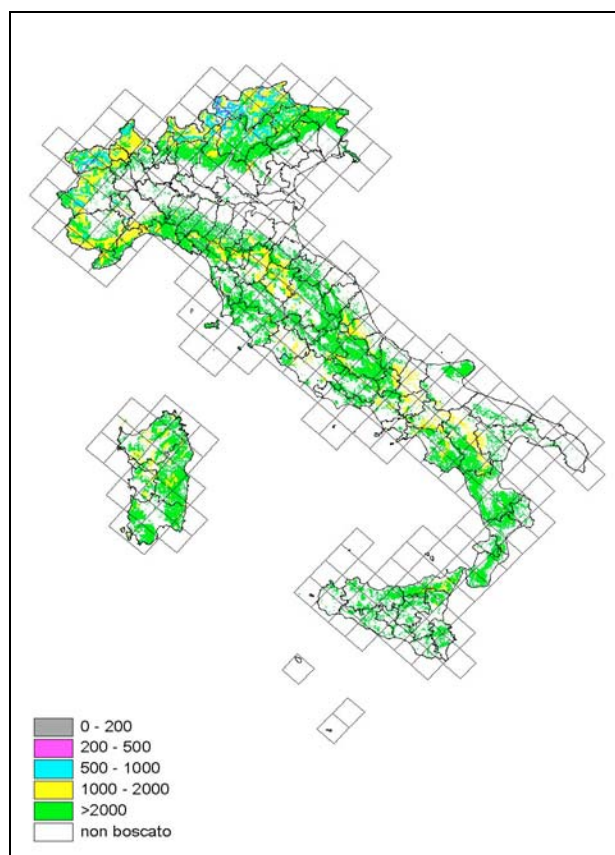
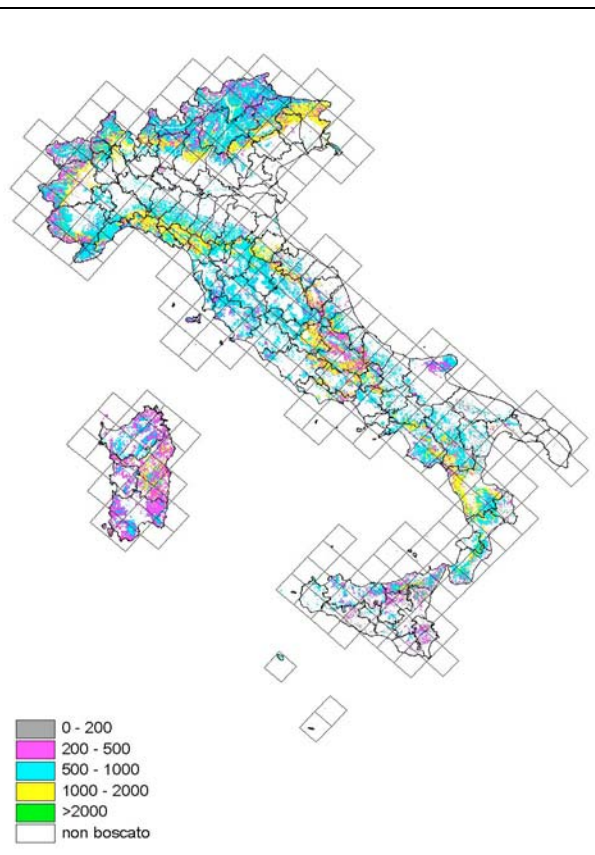


Figura 5: carico critico di N nutriente ($\text{eq} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{anno}^{-1}$)



³ Il 5° percentile rappresenta un valore di carico critico calcolato a partire dal quello di tutti gli ecosistemi presenti nella maglia e che assicura la protezione del 95% dei recettori presenti nel territorio.

Figura 6: carico critico di cadmio ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{anno}^{-1}$)

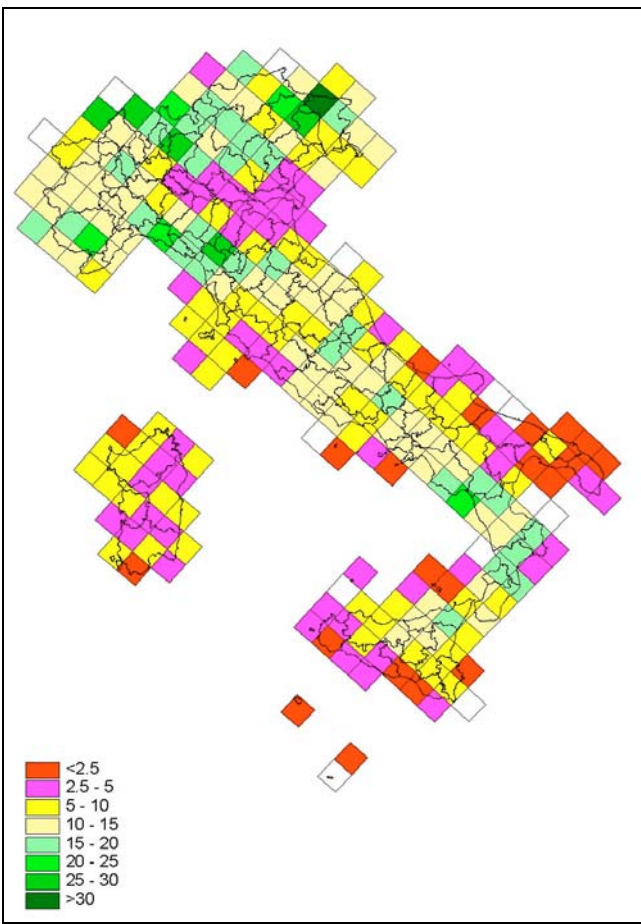


Figura 7: carico critico di piombo ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{anno}^{-1}$)

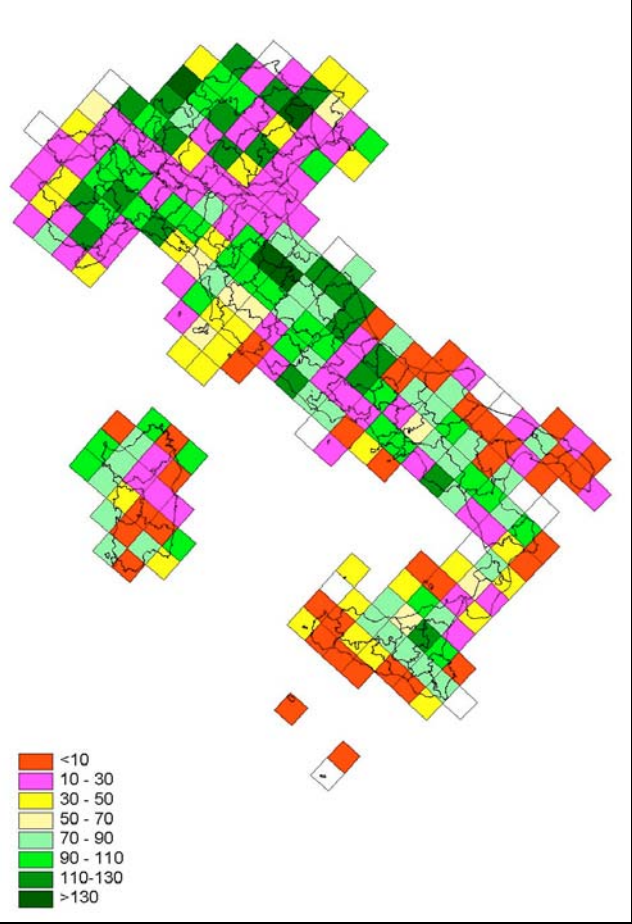
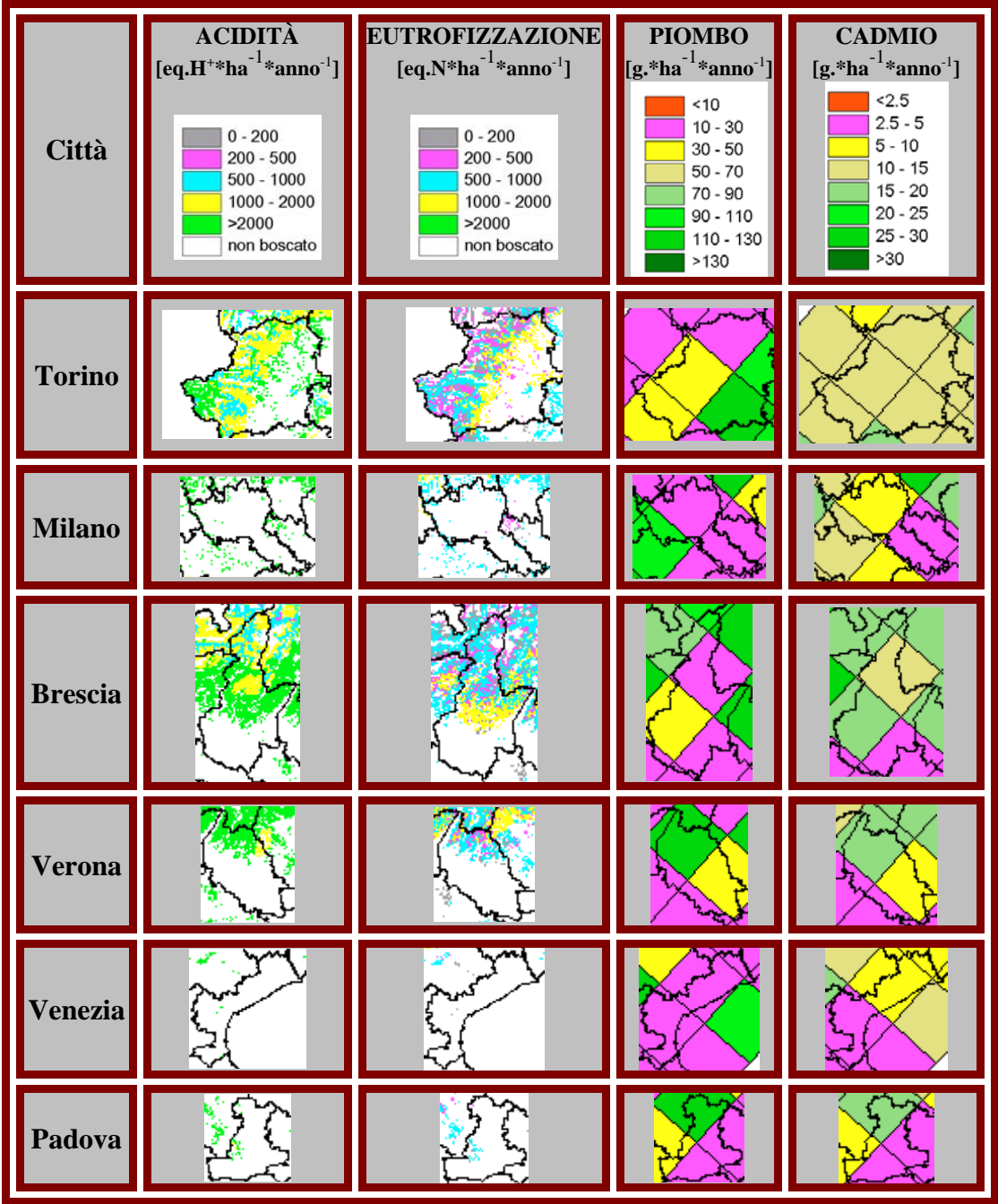
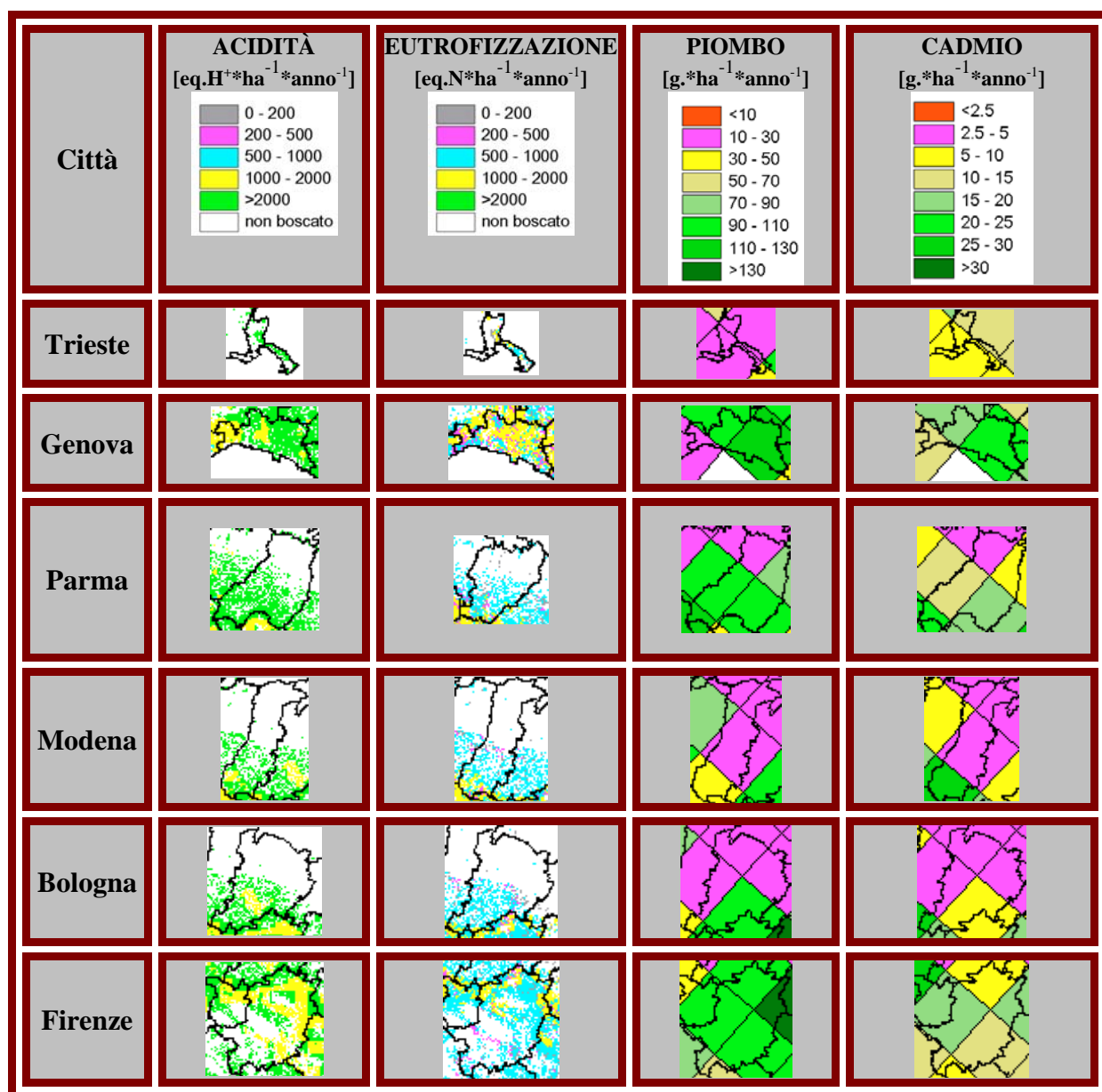
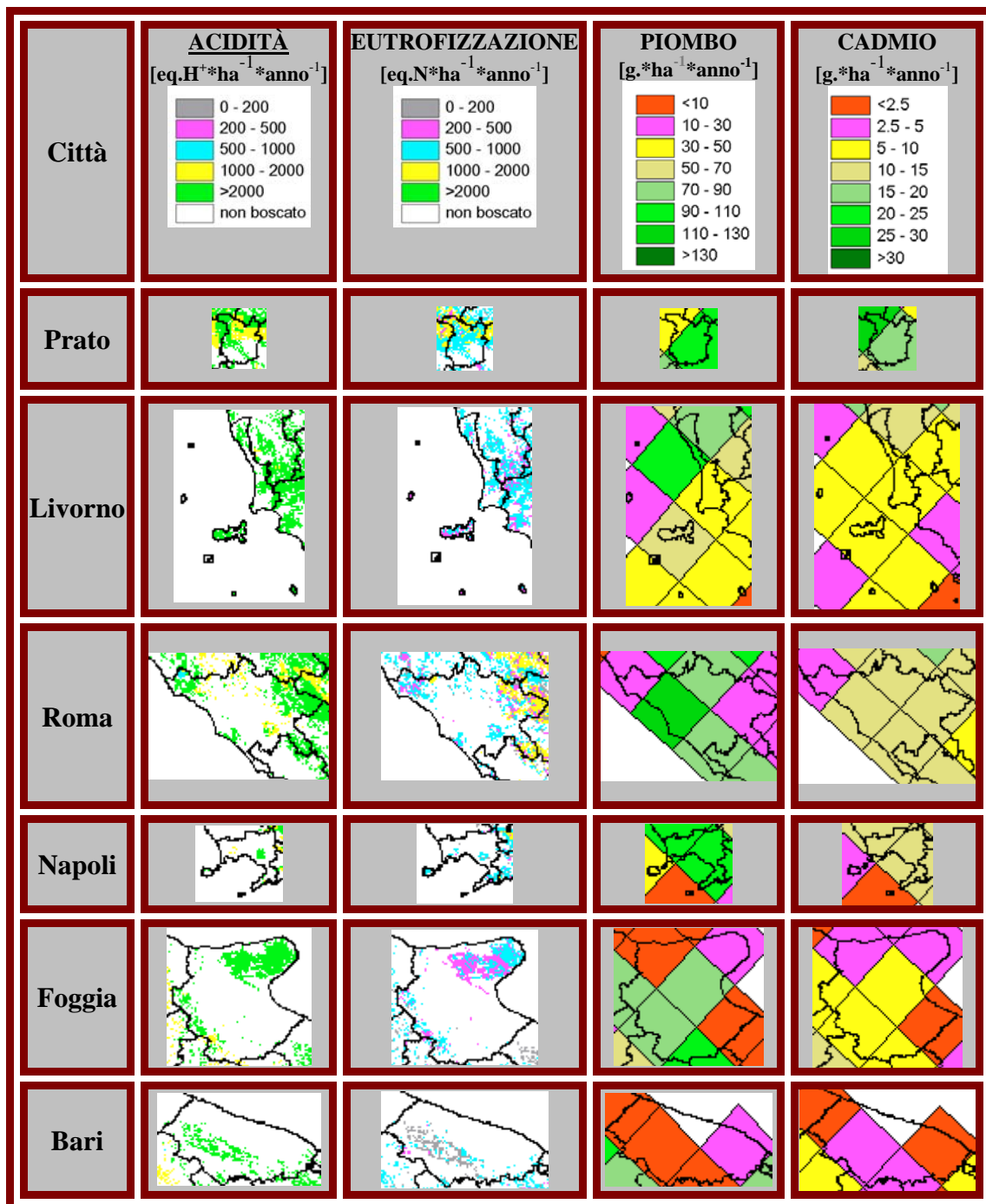
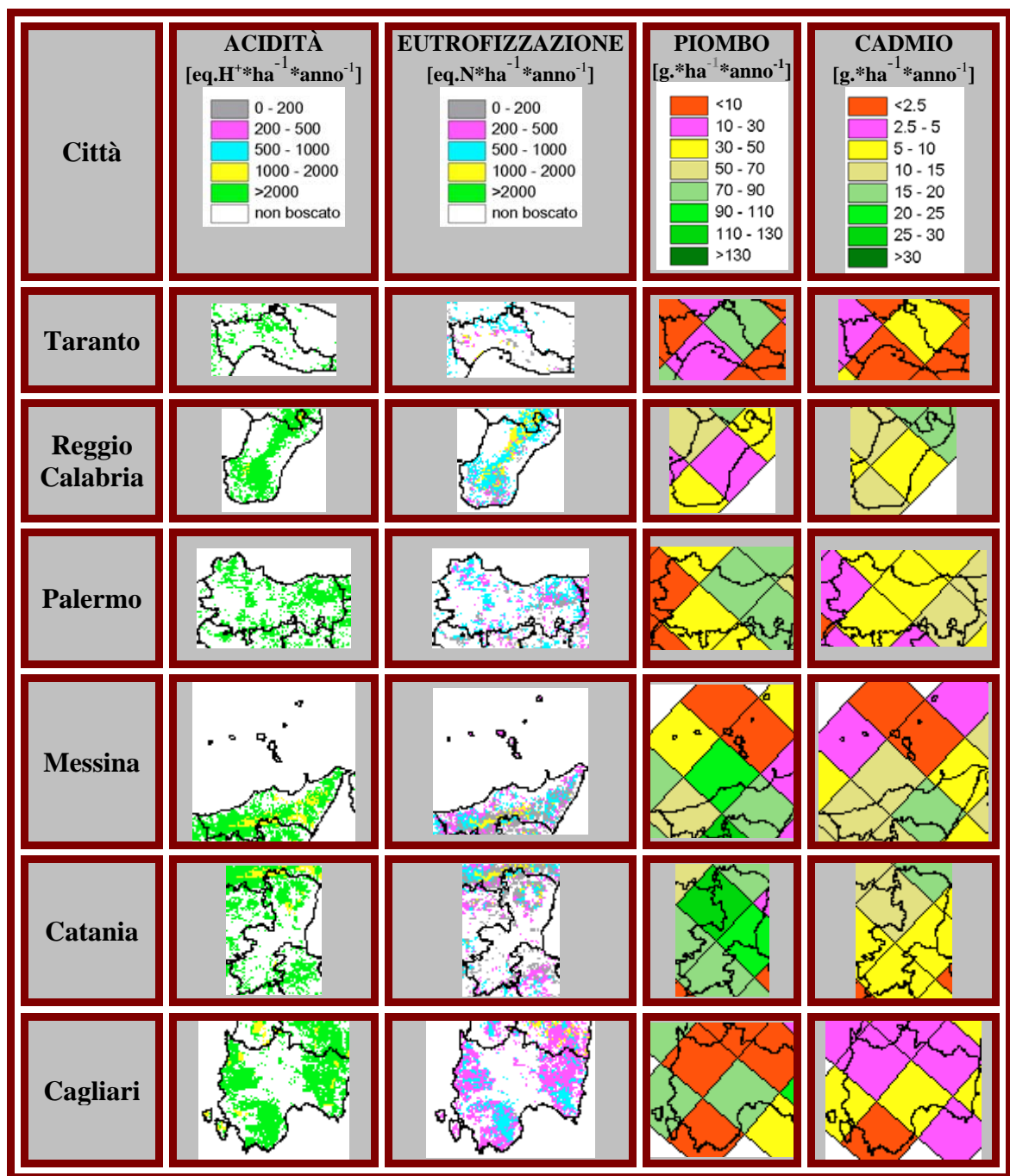


Figura 8: Particolare del carico critico di acidita, N nutriente e metalli pesanti delle 24 città









7 Analisi preliminare dei carichi critici nelle 24 città

7.1 Acidità

L'analisi dei risultati ottenuti evidenzia una sensibilità medio bassa del territorio italiano alle deposizioni acide, con piccole aree di maggiore sensibilità dislocate nelle province sulle Alpi e sull'Appennino. Numerose province presentano ampie porzioni di territorio non sensibili.

7.2 Azoto nutriente

Per quel che concerne l'azoto nutriente si osserva una situazione analoga, con una sensibilità però di tipo medio-alta evidenziata per estese aree delle isole principali (Sardegna e Sicilia) ed alcune aree della Toscana e del centro-sud. Anche in questo caso compaiono ampie zone di territorio non sensibile.

7.3 Metalli pesanti

Il suolo italiano si presenta moderatamente sensibile alla deposizione di metalli pesanti, quali piombo e cadmio. Aree critiche sono rappresentate dalle province a nord-est del paese (Venezia, Trieste, milanese, bresciano e pianura padana) con particolare riferimento al piombo. Ma anche le isole e limitate aree del centro e del sud della penisola (Roma, Taranto, Bari e Foggia) evidenziano una elevata sensibilità alle deposizioni di Piombo e Cadmio.

8 Conclusioni

I risultati ottenuti, evidenziano, in generale, la scarsa sensibilità del territorio italiano alle deposizioni acide. Ampie porzioni del territorio, per lo più ecosistemi forestali, risultano invece sensibili agli apporti atmosferici di azoto, con conseguente rischio eutrofizzazione. Per quel che concerne Pb e Cd le carte mostrano una moderata sensibilità, in linea con quanto osservato dai paesi confinanti, sensibilità da approfondire rispetto alla mobilità del metallo.

Recentemente, un grande passo avanti è stato compiuto con i cosiddetti *modelli dinamici*, che pur essendo onerosi per quanto riguarda i dati di input, permetterebbero di superare le semplificazioni ed i limiti dell'approccio SMB. Uno dei più semplici, impiegato dal Centro di Coordinamento Europeo (CCE) per la realizzazione di mappe a livello continentale, è il Very Simple Dynamic Model o VSD, il quale permette di effettuare analisi della sensibilità del territorio alle deposizioni inquinanti tempo dipendenti e permetterebbe di valutare in anticipo, la validità di politiche ambientali volte alla riduzione dell'inquinamento atmosferico.

Lo scenario che emerge risulta quindi complesso ed estremamente eterogeneo; questo dovrebbe comunque invitare ad un impegno continuo per la riduzione delle emissioni di composti antropogenici e ad una gestione ambientale particolarmente attenta all'equilibrio dell'ecosistema, anche e soprattutto nell'ambiente metropolitano.

Normativa di riferimento

- Convenzione sull'Inquinamento Transfrontaliero a Lunga Distanza (Ginevra, 1979)
- Protocollo sul finanziamento a lungo termine del Programma EMEP (Ginevra, 1984);
- Protocollo sulla riduzione delle emissioni di zolfo o dei loro flussi transfrontalieri (Helsinki, 1985);
- Protocollo sulla riduzione delle emissioni degli ossidi di azoto o dei loro flussi transfrontalieri (Sofia, 1988);
- Protocollo sulla riduzione delle emissioni dei composti organici volatili non metanici o dei loro flussi transfrontalieri (Ginevra, 1991);
- Protocollo per un'ulteriore riduzione delle emissioni di zolfo o dei loro flussi transfrontalieri (Oslo, 1994);
- Protocollo sui metalli pesanti (Aarhus, 1998);
- Protocollo sui composti organici persistenti (Aarhus, 1998);

- Protocollo per la riduzione dell'acidificazione, eutrofizzazione e dell'ozono troposferico (Gothenburg, 1999).

Sitografia di riferimento

<http://www.gsf.de>
<http://www.emep.int>
<http://www.icpmapping.org>
<http://eusoils.jrc.it/>
<http://www.mnp.nl/cce/>
<http://www.oekodata.com/icpmapping/index.html>
<http://www.unece.org/env/wge/welcome.html>
<http://www.unece.org/env/lrtap/>
<http://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp>

Bibliografia

APAT, 2004. Gli habitat secondo la nomenclatura EUNIS: manuale di classificazione per la realtà italiana Rapporti 39/2004 APAT, 160 pp

APAT, 2006. Sensibilità alle deposizioni atmosferiche: i carichi critici di acidità ed eutrofizzazione. APAT miscellanea 2005.

CEE, 1985. Soil Map of the European Communities (1:1.000.000). Directorate General for Agriculture, Commission of the European Communities, Luxembourg.

De Vries W., Posch M., Reinds G. J., Kämäri J., 1993. Critical loads and their exceedance on forest soils in Europe. Report 58, DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands, 116 pp.

De Vries W., Reinds G.J., Posch M., 1994. Assessment of critical loads and their exceedances on European forests using a one-layer steady-state model. Water, Air and Soil Pollution 72:357-394.

EUSOILS, 1999. Metadata: Soil Geographical Data Base of Europe v.3.2.8.0. Joint Research Centre, Ispra, Italy.

FAO, 1981. FAO-Unesco Soil Map of the World, 1:5.000.000; Volume V Europe, Unesco-Paris, 199 pp.

Ministero dei Lavori Pubblici, 1951. Carta della precipitazione media annua in Italia per il trentennio 1921-1950. Scala 1:1.000.000. Consiglio Superiore Servizio Idrografico. Pubblicazione 24 del Servizio - Fascicolo XIV.

Ministero dei Lavori Pubblici, 1956. Carta delle temperature medie annue vere in Italia trentennio 1926-1955. Scala 1:1.000.000. Consiglio Superiore Servizio Idrografico.

Ministero dell'Ambiente, 1992. Relazione sullo stato dell'ambiente. Carta della vegetazione reale d'Italia. Scala 1:1.000.000. Servizio valutazione impatto ambientale, informazione ai cittadini e per la relazione sullo stato dell'ambiente. Roma.

Tomaselli R., Balduzzi A., Filipello S., 1972. Carta Bioclimatica d'Italia. Scala 1:2.000.000. Istituto di Botanica - Università di Pavia. (Ministero Agricoltura e Foreste: Collana Verde 33, 1973.

UBA, 2004. Manual on Methodologies and Criteria for Modelling and Mapping Critical Loads & Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends. Federal Environmental Agency, Berlin.

UNECE, 1995. Calculation of critical loads of nitrogen as a nutrient. Summary report on the development of a library of default values. Document EB.AIR/WG.1/R.108, United Nations Economic Commission for Europe, Geneva, 7 pp.