

## 3 STATO DI QUALITÀ DEI SUOLI

### 3.1 Introduzione

In linea di principio, la qualità di un terreno può considerarsi buona quando essa non causa alcun danno agli esseri umani, alle piante o agli animali che vivono a contatto con esso e nello stesso tempo non altera lo svolgimento dei cicli naturali che avvengono al suo interno, ad esempio il ciclo dell'acqua. La qualità di un suolo è pertanto l'insieme delle caratteristiche che permettono di soddisfare gli utilizzatori, sia esso destinato alla coltivazione, alla costruzione di edifici, al mantenimento di aree protette o altro.

Un qualsiasi terreno contiene accanto ai suoi naturali elementi strutturali quali argilla, sabbia, limo, humus, una certa quantità di elementi di natura sia organica che inorganica nonché altri composti diversi in quantità e qualità caratteristiche per ogni suolo. La complessità dei suoli e la loro variabilità spaziale fanno sì che non sempre attraverso una descrizione e una rappresentazione semplificata sia possibile fornire un'informazione attendibile.

Il Dipartimento provinciale di Verona, allo scopo di definire il livello di concentrazione, ed eventualmente di contaminazione, di alcuni fra gli elementi chimici che con maggior facilità possono venire a contatto con il suolo e possono esservi accumulati, nel corso del biennio 2001 - 2002 ha attuato il monitoraggio dei metalli pesanti e di alcuni microinquinanti organici nel suolo del territorio provinciale.

Prima di approfondire la metodologia utilizzata per condurre a termine il progetto, saranno brevemente analizzate i diversi approcci seguiti nei maggiori paesi industrializzati per affrontare l'importante e delicata questione della qualità dei suoli.

### 3.2 Criteri e metodologie per la definizione del livello di contaminazione

I possibili approcci alla definizione del grado di contaminazione possono essere ricondotti alle seguenti tre categorie:

- superamento dei valori di fondo, intesi come livello di base che dovrebbe coincidere con la condizione “naturale” del terreno
- superamento di livelli di contaminazione ammissibili sulla base di concentrazioni limite predefinite (standard o valori guida)
- raggiungimento di livelli di contaminazione ritenuti ammissibili sulla base dell'analisi di rischio.

Il primo approccio, il più intuitivo, incontra il suo limite nei già elevati valori di fondo; il fondo che si misura potrebbe essere già il risultato di una contaminazione diffusa. Il secondo e il terzo approccio sono quelli maggiormente impiegati nei diversi paesi.

Di seguito analizzeremo ogni metodo in maniera più dettagliata.

#### 3.2.1 I valori di fondo

In genere ci si riferisce alle concentrazioni delle sostanze costituenti un terreno per definire un valore guida o “ottimale” che rappresenta la buona qualità dello stesso e il livello che deve essere preservato.

Si tratta di valori di riferimento per ogni terreno “normale”, dei contenuti di elementi e sostanze ravvisabili nella gran parte dei terreni utilizzati per i diversi scopi e che dipendono da:

- la composizione mineralogica delle rocce che ha dato origine al terreno
- le proprietà chimiche degli elementi e sostanze originarie
- l'avvicinarsi storico degli utilizzatori del terreno.

La soglia riferita al livello ottimale rappresenta il limite al di sotto della quale:

- è compreso il contenuto di sostanze in esame nella maggior parte dei terreni
- non ci si attendono effetti dannosi per gli utilizzatori
- viene garantita la multifunzionalità del terreno.

Questo valore costituisce il fondamento per una valutazione della tollerabilità dell'apporto di ulteriori sostanze contaminanti, ed in questo senso si regola anche l'uso di fanghi di depurazione in agricoltura.

### 3.2.2 Il criterio dei valori limite (standard)

La qualità di un terreno può essere descritta in termini analitici, mediante parametri chimici, fisici e biologici che ne caratterizzano la composizione. Ad essi si fa riferimento quanto si fissano dei “valori limite”: una volta stabiliti tali valori, confrontando con essi i risultati ottenuti dalle indagini svolte su un certo terreno si potrà stabilire se la sua qualità sia adeguata o meno. L’approccio più naturale del legislatore, in altri ambiti della normativa ambientale come quello relativo alle acque o all’atmosfera, è quello di fissare degli standard di qualità. Mentre le prime leggi sulla qualità dell’aria risalgono agli anni ’60 e quelle sulle acque agli anni ’70, solo nell’anno 1999 è stata adottata una norma che a livello nazionale definisce la qualità dei suoli fissando dei valori limite di concentrazione degli inquinanti nei suoli limitatamente ad alcuni ambiti. Il motivo di tale ritardo è forse determinato dalla maggiore complessità dell’elemento suolo o dal fatto che i percorsi di contaminazione diretta proveniente dal suolo sono meno probabili di quelli che partono dalle acque o dall’aria, e di conseguenza, la necessità di disciplinare questa materia particolare è stata avvertita più tardi.

Attraverso questa metodologia degli “standard” il legislatore ha individuato delle condizioni, soddisfatte le quali, ogni singolo elemento dell’ecosistema può definirsi “di buona qualità”. Tale tipo di approccio è stato in parte applicato dalla normativa nazionale con il DM 471/99. I criteri del DM sono stati fortemente criticati poiché da diversi anni stata messa in discussione l’adeguatezza del limite unico ed invariabile a stabilire il confine tra terreno contaminato e non, indipendentemente dalle condizioni specifiche dell’area, dal fondo naturale e da ultimo da considerazioni tecnico-economiche. La definizione il suolo di “buona qualità” dovrebbe essere strettamente correlata con l’uso del suolo stesso e da ciò deriva la necessità di applicare limiti diversi a seconda della destinazione d’uso legata ai percorsi di contaminazione che si ipotizzano.

### 3.2.3 Il criterio dell’analisi di rischio

Il criterio alternativo proposto anche all’art 5 del DM 471/99, è quello dell’analisi del rischio e nell’allegato 4 del Decreto vengono indicati i criteri di minima.

In particolare negli USA mediante l’applicazione del modello dell’EPA (Risk Assessment Guidance for Superfund EPA/540/1-89/002; Soil Screening Guidance: User’s Guide EPA/540/R-96/018 1996), l’analisi di rischio costituisce un approccio diffuso per la valutazione dello stato di qualità dei suoli. La finalità dell’analisi di rischio è quella di individuare i potenziali livelli di rischio e dall’altro di consentire la definizione delle priorità e degli obiettivi di risanamento. Un’area si considera contaminata quando contiene sostanze potenzialmente pericolose per l’uomo.

Tale valutazione di rischio deriva dal criterio applicato per la classificazione delle sostanze pericolose, cioè dalla tipologia di bersagli individuati e dalla metodologia di caratterizzazione del percorso di contaminazione. I metodi adottati nei vari paesi per conferire un significato specifico ai suddetti criteri sono basati su lavori e raccomandazioni di organismi internazionali competenti o dalle diverse normative come nel caso della CEE.

L’analisi di rischio si compone in sintesi delle seguenti fasi:

- identificazione delle fonti di contaminazione
- identificazione del sito
- identificazione dei bersagli del rischio: uomo, fauna, vegetazione
- valutazione dei bersagli di rischio
- valutazione del rapporto esposizione- effetti per i diversi bersagli ed in particolare quelli più sensibili
- individuazione del livello di rischio accettabile e confronto con i dati disponibili.

Nei successivi paragrafi illustreremo i criteri metodologici e i risultati ottenuti nel nostro studio.

### 3.3 Metodologia utilizzata per la misura delle concentrazioni di metalli pesanti, IPA e PCB nei suoli della Provincia di Verona

#### 3.3.1 Campionamento

L'area interessata dallo studio è quella della Provincia di Verona. Come già ricordato, lo studio ha lo scopo di misurare i livelli di metalli pesanti: cadmio (Cd), rame (Cu), cromo (Cr), nichel (Ni), piombo (Pb), zinco (Zn) e mercurio (Hg) e contaminanti organici PCB e IPA nei terreni di un'area che copre l'intero territorio della Provincia di Verona.

Allo scopo è stato sviluppato un adeguato piano di campionamento ed analisi. Questo piano ha definito le strategie per la individuazione delle aree d'indagine e la raccolta delle informazioni sulle concentrazioni delle sostanze individuate dei suoli.

Un primo criterio di scelta delle aree di campionamento è stata la loro attuale classificazione in:

- residenziali o a verde pubblico
- agrarie
- industriali.

Sul territorio della Provincia di Verona sono collocati 98 Comuni e la loro distribuzione è abbastanza omogenea e pertanto sono stati individuati in ogni Comune i punti di campionamento, circa uno per ognuna delle diverse tipologie di area.

**Tabella 3.1:** Suddivisione per tipologia di suolo dei campioni di terreno prelevati ed analizzati, nella Provincia di Verona negli anni 2001 e 2002.

Area	Numero di campioni analizzati
Residenziale	111
Agricola	112
Industriale	84
<b>TOTALE CAMPIONI</b>	<b>307</b>

Dopo la rimozione della vegetazione superficiale, il terreno è stato campionato ad una profondità di 10 cm e conservato in barattolo di vetro.

Le modalità di campionamento sono state scelte riferendoci a diversi lavori scientifici pubblicati nel corso degli ultimi 10 anni in Inghilterra, Germania ed Austria, dove, in studi analoghi al nostro, la profondità di campionamento è generalmente compresa tra 0 e 5 cm o tra 0 e 10 cm.

Tale modalità di prelievo è in grado di fornire indicazioni inerenti sia la contaminazione superficiale, che in genere si limita ad indagare lo strato di terreno ad una profondità fino a 2 cm, che più profonda.

Ogni campione è derivato dalla composizione omogenea di almeno 5 sottocampioni.

Per determinare la concentrazione media dei metalli pesanti e di PCB e IPA in ogni area, i campioni sono stati realizzati su una superficie di circa 1 m<sup>2</sup>; mescolando diversi sottocampioni prelevati nella stessa area.

#### 3.3.2 Scelta degli analiti

Il processo di selezione degli analiti da ricercare sui campioni di suolo ha tenuto conto di:

- disponibilità di tecniche analitiche affidabili
- capacità del metodo di prova di raggiungere limiti di quantificazione adeguati
- classificazione dei singoli composti chimici sulla base delle proprietà intrinseche e delle caratteristiche di persistenza, tossicità e bioaccumulazione
- risultati già pubblicati nella letteratura scientifica relativamente ai singoli analiti.

#### 3.3.3 Descrizione della tecnica analitica

I campioni di suolo rappresentativi dell'area indagata sono stati analizzati nel corso del biennio 2001-2002 dal laboratorio del Dipartimento ARPAV di Verona accreditato SINAL secondo le norme di qualità UNI ISO EN 17025.

Utilizzando le procedure standard fissate per l'analisi dei suoli conformi alle norme di qualità UNI EN 17025, i campioni omogeneizzati sono stati setacciati con vaglio di 2 mm, suddivisi in più aliquote per l'analisi e successivamente:

- estratti con solvente sotto pressione (tecnica ASE), sottoposti a passaggi di purificazione e analizzati mediante tecnica gascromatografica capillare e spettrometria di massa per la determinazione quantitativa di PCB ed IPA
- sottoposti a digestione acida ad alte temperature quindi analizzati con spettrofotometro ad assorbimento atomico o ICP/MS per la determinazione dei metalli pesanti.

Alcuni campioni sono stati prelevati e sottoposti ad analisi in replicato al fine di assicurare la verifica dell'affidabilità dell'intera procedura utilizzata.

In considerazione della notevole variabilità introdotta dal subcampionamento in laboratorio e dall'analisi dei campioni di suolo, si è determinata l'incertezza associata ai diversi parametri di misura. Per gli inquinati organici PCB ed IPA l'incertezza estesa associata ai parametri di misura espressa come incertezza relativa percentuale è pari rispettivamente al 52% e del 58%, per i metalli al cadmio è associata un'incertezza del 43%, mentre per gli altri metalli rame, cromo, nichel, piombo e zinco si stima un contributo pari al 30%.

Un'altra frazione di ogni campione è stata utilizzata per determinare il contenuto in acqua.

La concentrazione dei diversi componenti è stata espressa in  $\mu\text{g/kg}$  (ppb) e riferita alla sostanza secca. I valori così ottenuti sono espressi nella medesima unità di misura utilizzata nel DM 471/99 per le aree residenziali o per le aree industriali.

### **3.4 Contenuto in metalli pesanti, PCB e IPA nei terreni della Provincia di Verona**

#### **3.4.1 Scopo**

Descrivere la presenza di metalli pesanti, PCB e IPA nel suolo determinata dalle caratteristiche dei minerali di origine o da sostanze usate dall'uomo, dall'agricoltura o da fonti locali come le attività industriali.

#### **3.4.2 Fonte dei dati**

I dati presentati sono il risultato delle indagini di laboratorio e delle elaborazioni del dipartimento ARPAV di Verona. La valutazione dei dati è stata effettuata utilizzando le funzioni dell'analisi statistica. Ove disponibili, le concentrazioni ottenute saranno confrontati con i dati ricavati da pubblicazioni scientifiche o provenienti da Istituti Scientifici Internazionali o Agenzie pubbliche.

#### **3.4.3 Espressione dei risultati di analisi**

I dati per singolo analita sono riferiti alla sostanza secca ed espressi in  $\text{mg/kg}$  per i metalli pesanti ( $\text{mg/kg s.s.}$ ) e in  $\mu\text{g/kg}$  per IPA e PCB ( $\mu\text{g/kg s.s.}$ ).

#### **3.4.4 Trattamento statistico dei dati**

I dati sono stati elaborati utilizzando gli strumenti dell'analisi statistica per ottenere per ogni parametro:

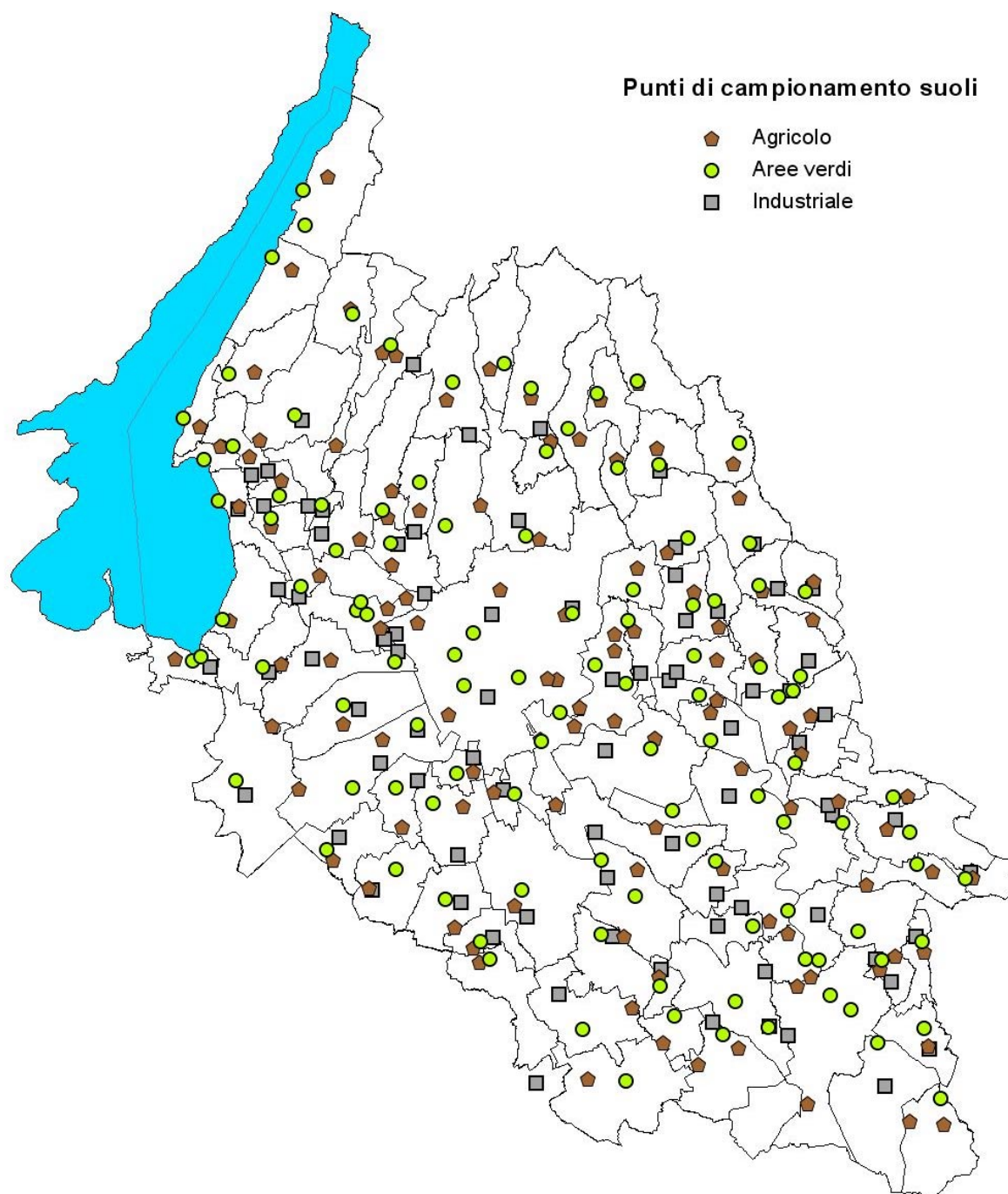
- il valore medio
- la mediana
- i valori minimi e massimi
- la deviazione standard.

### 3.4.5 Elenco dei siti di campionamento

Nell'elenco seguente sono riportati tutti i Comuni della Provincia di Verona. Ad ogni Comune è stato assegnato un numero, utilizzato nei grafici seguenti in ascissa per identificare i singoli Comuni.

**Tabella 3.2:** Comuni dove sono stati effettuati campioni di terreno e relativo codice.

3	Angiari	36	Garda	69	San Bonifacio
4	Arcole	37	Gazzo Veronese	70	San Giovanni Ilarione
5	Badia Calavena	38	Grezzana	71	San Giovanni Lupatoto
6	Bardolino	39	Illasi	72	San Martino Buon Albergo
7	Belfiore	40	Isola della Scala	73	San Mauro di Saline
8	Bevilacqua	41	Isola Rizza	74	San Pietro di Morubio
9	Bonavigo	42	Lavagno	75	San Pietro in Cariano
10	Boschi Sant'Anna	43	Lazise	76	San Zeno di Montagna
11	Bosco Chiesanuova	44	Legnago	77	Sanguinetto
12	Bovolone	45	Malcesine	78	Sant'Ambrogio di Valpolicella
13	Brentino Belluno	46	Marano di Valpolicella	79	Sant'Anna d'Alfaedo
14	Brenzzone	47	Mezzane di Sotto	80	Selva di Progno
15	Bussolengo	48	Minerbe	81	Soave
16	Buttapietra	49	Montecchia di Crosara	82	Sommacampagna
17	Caldiero	50	Monteforte d'Alpone	83	Sona
18	Caprino Veronese	51	Mozzecane	84	Sorga'
19	Casaleone	52	Negrar	85	Terrazzo
20	Castagnaro	53	Nogara	86	Torri del Benaco
21	Castel d'Azzano	54	Nogarole Rocca	87	Tregnago
22	Castelnuovo del Garda	55	Oppeano	88	Trevenzuolo
23	Cavaion Veronese	56	Palu'	89	Valeggio sul Mincio
24	Cazzano di Tramigna	57	Pastrengo	90	Velo Veronese
25	Cerea	58	Pescantina	91	Verona
26	Cerro Veronese	59	Peschiera del Garda	92	Veronella
27	Cologna Veneta	60	Povegliano Veronese	93	Vestenanova
28	Colognola ai Colli	61	Pressana	94	Vigasio
29	Concamarise	62	Rivoli	95	Villa Bartolomea
30	Costermano	63	Ronca'	96	Villafranca di Verona
31	Dolce'	64	Ronco all'Adige	97	Zevio
32	Erbe'	65	Roverchiara	98	Zimella

**Figura 3.1:** Punti di campionamento dei suoli per la misura delle concentrazioni di metalli pesanti, PCB ed IPA.



### 3.5 Gli indicatori

I metalli pesanti sono elementi inorganici presenti in natura come ioni con singola o doppia carica positiva e con un peso atomico maggiore di 50. L'alterazione della qualità dei suoli dovuta al contenuto di metalli pesanti è determinata da quattro fonti principali, sia naturali come il substrato pedogenetico, sia antropiche (attività civili, agricole e industriali).

I costituenti metallici originari delle rocce naturali (substrato pedogenetico) possono comportarsi come inquinanti geochimici, ma i fenomeni in grado di produrre danni ambientali e biologici sono generalmente limitati da aree limitate e ristrette.

I metalli pesanti provenienti da attività umane quali le attività agricole, industriali e civili possono costituire una fonte di inquinamento di metalli pesanti per i suoli e il trasporto atmosferico su vasta scala di questi inquinanti è la causa dell'elevato contenuto di metalli pesanti nelle aree naturali non urbanizzate e non industrializzate. I metalli pesanti cioè si accumulano nel suolo e si fissano alle sostanze minerali.

Gli elementi coinvolti nei fenomeni di inquinamento sono in genere: **cadmio, cromo, rame, mercurio, nichel, piombo, zinco**.

La concentrazione dei metalli pesanti nel suolo è pertanto funzione delle caratteristiche delle rocce di origine, dell'utilizzo del suolo e delle emissioni in atmosfera.

I metalli pesanti provenienti da attività civili si ritrovano nella fase gassosa dei combustibili utilizzati per riscaldamento, nei fumi degli inceneritori o nelle emissioni determinate dal traffico veicolare. Per combustione dei carburanti e lubrificanti si diffondono prevalentemente Pb e Cd, mentre dal consumo di pneumatici si liberano Cd e Pb. Anche alcune attività agricole possono costituire fonte di immissione di metalli pesanti per i suoli. Più del 10% dei fungicidi e insetticidi contenevano Cu, Hg, Mn, Pb, Zn.

Infine gli stessi concimi chimici contengono metalli pesanti che derivano sia dalle materie prime sia dai processi industriali. Tra questi i perfosfati risultano particolarmente indiziati per il loro possibile apporto di Cd e Pb.

I metalli pesanti e i loro composti presenti nelle emissioni, raggiunta l'atmosfera, si associano con il particolato atmosferico e sono trasportati al suolo con le deposizioni secche, le deposizioni umide e le acque meteoriche che dilavano le deposizioni secche. Le particelle a cui i metalli pesanti sono associati possono essere trasportate dalla sorgente, per lunghe distanze, fino ad aree remote e non interessate da attività antropiche.

Nome indicatore	Obiettivo	Disponibilità dati	Situazione attuale
La concentrazione di cadmio nei suoli	Qual è la concentrazione di cadmio nei suoli della provincia di Verona?	☺	☺
La concentrazione di piombo nei suoli	Qual è la concentrazione di piombo nei suoli della provincia di Verona?	☺	☹
La concentrazione di cromo nei suoli	Qual è la concentrazione di cromo nei suoli della provincia di Verona?	☺	☹
La concentrazione di rame nei suoli	Qual è la concentrazione di rame nei suoli della provincia di Verona?	☺	☺
La concentrazione di zinco nei suoli	Qual è la concentrazione di zinco nei suoli della provincia di Verona?	☺	☺
La concentrazione di nichel nei suoli	Qual è la concentrazione di nichel nei suoli della provincia di Verona?	☺	☺
La concentrazione di mercurio nei suoli	Qual è la concentrazione di mercurio nei suoli della provincia di Verona?	☺	☺
La concentrazione di PCB nei suoli	Qual è la concentrazione di PCB nei suoli della provincia di Verona?	☺	☹

### 3.5.1 La concentrazione di Cadmio nei suoli

La concentrazione di cadmio nel suolo è funzione delle caratteristiche delle rocce originarie e dell'utilizzo di sostanze quali antiparassitari o fertilizzanti che lo contengono o ne sono contaminate. Il cadmio si trova in aree specifiche del globo, sebbene sia distribuito a livello di tracce nella crosta terrestre.

Dall'elaborazione statistica dei dati analitici di 307 campioni del monitoraggio ARPAV si ottengono i valori riportati nella tabella 1:

**Tabella 3.3:** contenuto in cadmio espresso in mg/kg s.s. nei suoli, dati del DAP di Verona

	Mediana	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviaz. standard
Aree residenziali	0.4	0.5	0.1	1.5	0.3
Aree agricole	0.5	0.6	0.18	2.6	0.4
Aree industriali	0.4	0.5	0.11	2.0	0.3

Nella tabella 3.4 sono posti a confronto i valori ottenuti per il cadmio con gli unici dati di fonte ANPA disponibili per la Provincia di Verona derivanti dal monitoraggio di 233 suoli agrari:

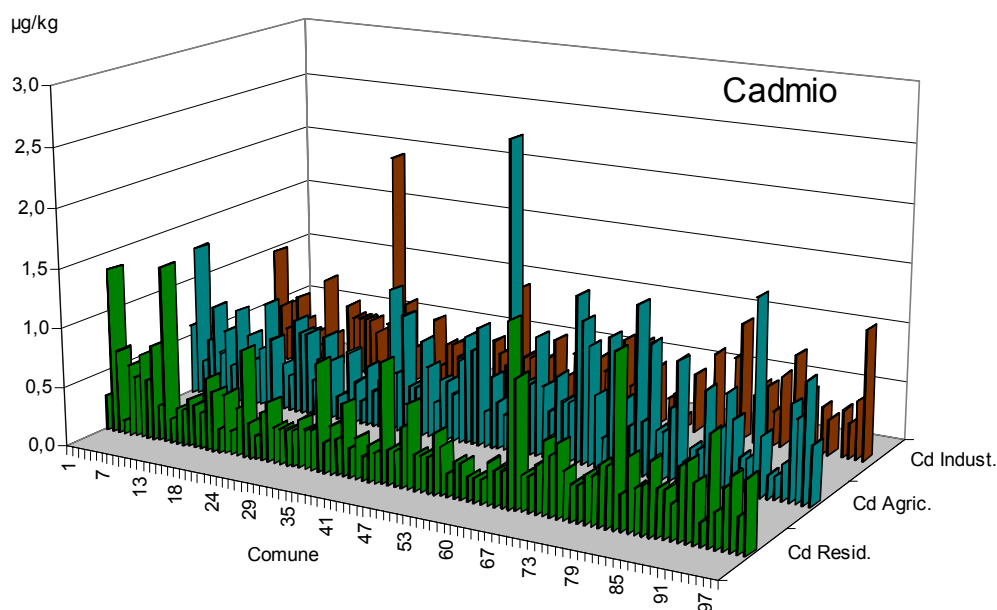
**Tabella 3.4:** contenuto in cadmio espresso in mg/kg s.s. nei suoli agricoli della Provincia di Verona, dati del DAP di Verona e di fonte ANPA

	Mediana	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo
Aree DAP Verona	0.50	0.60	0.18	2.60
	0.30	0.43	< LR	1.48

\*)Dati ANPA, Università, Province

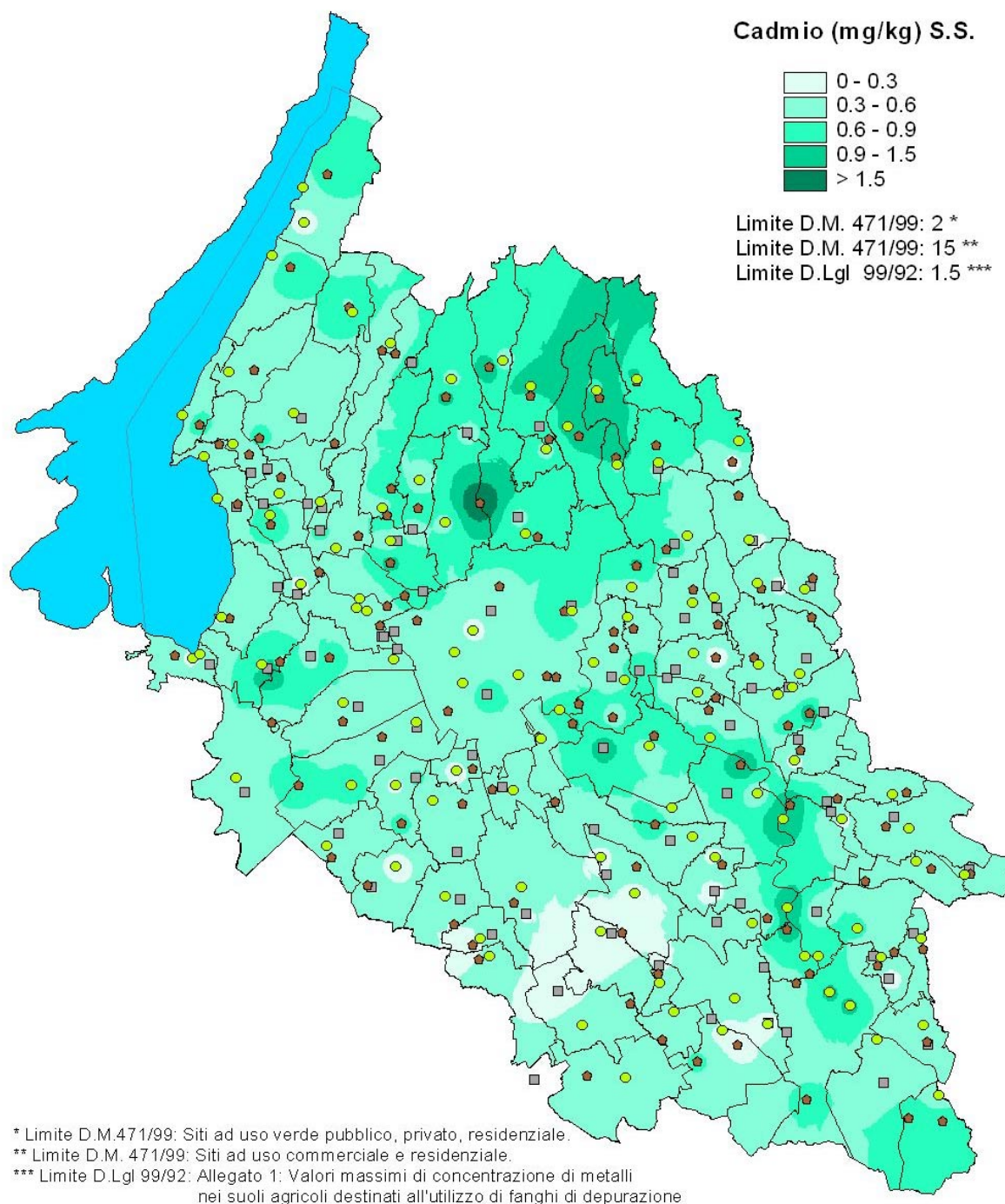
LR: limite di rilevabilità

**Figura 3.2:** Confronto tra le concentrazioni di cadmio rilevate, nello stesso comune, nelle aree agricole, industriali e verdi.





**Figura 3.3:** Mappa con interpolazione spaziale delle concentrazioni di cadmio misurate nei suoli della Provincia di Verona (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)

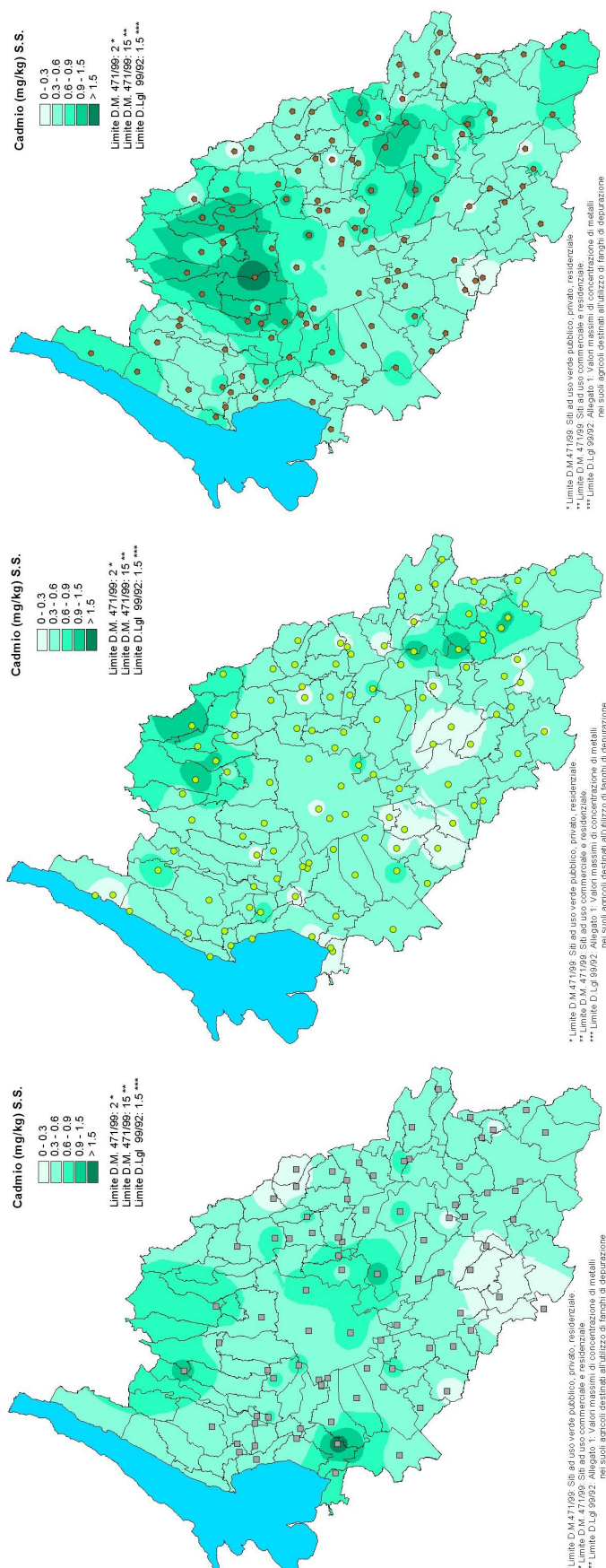


□ Industriale

▣ Agricolo

● Aree verdi

**Figura 3.4:** Mappa con interpolazione spaziale delle concentrazioni di cadmio misurate nei suoli della Provincia di Verona (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)



### 3.5.2 La concentrazione di Piombo nei suoli

È presente in diversi minerali costituenti naturalmente le rocce e la sua presenza è pertanto riconducibile in parte ai substrati geologici.

Il contenuto in piombo può però essere accresciuto per il contributo dell'attività antropica di tipo industriale o agricola, ma anche mediante la ricaduta atmosferica.

Il piombo è usato largamente dall'uomo e in alcune zone causa contaminazione ambientale come conseguenza di attività industriali o dell'utilizzo di prodotti che lo contengono.

Il piombo esiste in ambiente in forma quasi esclusivamente inorganica, ma anche il piombo organico è stato impiegato per molti anni nelle benzine come antidetonante.

Dall'elaborazione statistica dei dati analitici di 307 campioni del monitoraggio ARPAV si ottengono i valori riportati nella tabella 3.5:

**Tabella 3.5:** contenuto in piombo espresso in mg/kg s.s. nei suoli, dati del DAP di Verona

	Mediana	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Dev. standard
Aree residenziali	43.0	47.3	17	111	18
Aree agricole	43.0	46.9	19	178	19
Aree industriali	39.0	46.0	19	240	40

Il confronto tra il valore della media e della mediana e la deviazione standard piuttosto elevata danno ragione della presenza di alcuni valori atipici facilmente evidenziabili anche osservando il grafico. Il valore della media, proprio per questi valori eccedenti l'intervallo dei valori medi, è da ritenere sovrastimato. Escludendo i 4 valori eccedenti (Comuni di Tregnago, Castelnuovo e Affi), il valore medio per tutti i dati sarebbe pari a 44.0 mg/kg; elaborando i dati per i terreni agricoli scartando il valore eccedente, la media ottenuta si riporterebbe a 45 mg/kg comunque un valore decisamente superiore rispetto a quello di fonte ANPA.

Nella tabella 3.6 sono posti a confronto i valori ottenuti per il piombo con gli unici dati di fonte ANPA disponibili per la Provincia di Verona derivanti dal monitoraggio di 243 suoli agrari:

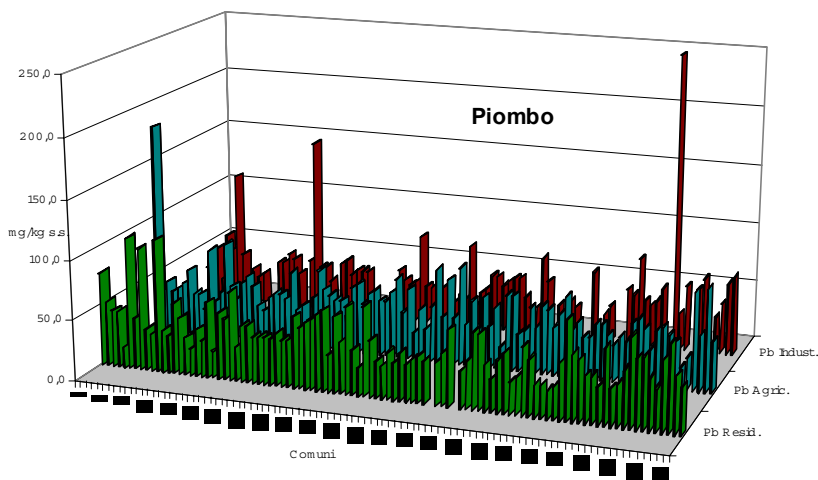
**Tabella 3.6:** contenuto in piombo espresso in mg/kg s.s. nei suoli agricoli della Provincia di Verona, dati del DAP di Verona e di fonte ANPA

	Mediana	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo
Aree agricole DAP Verona	43.0	46.9	19	178
Aree agricole ANPA*	29.0	30.1	< LR	87.0

\*)Dati ANPA, Università, Province

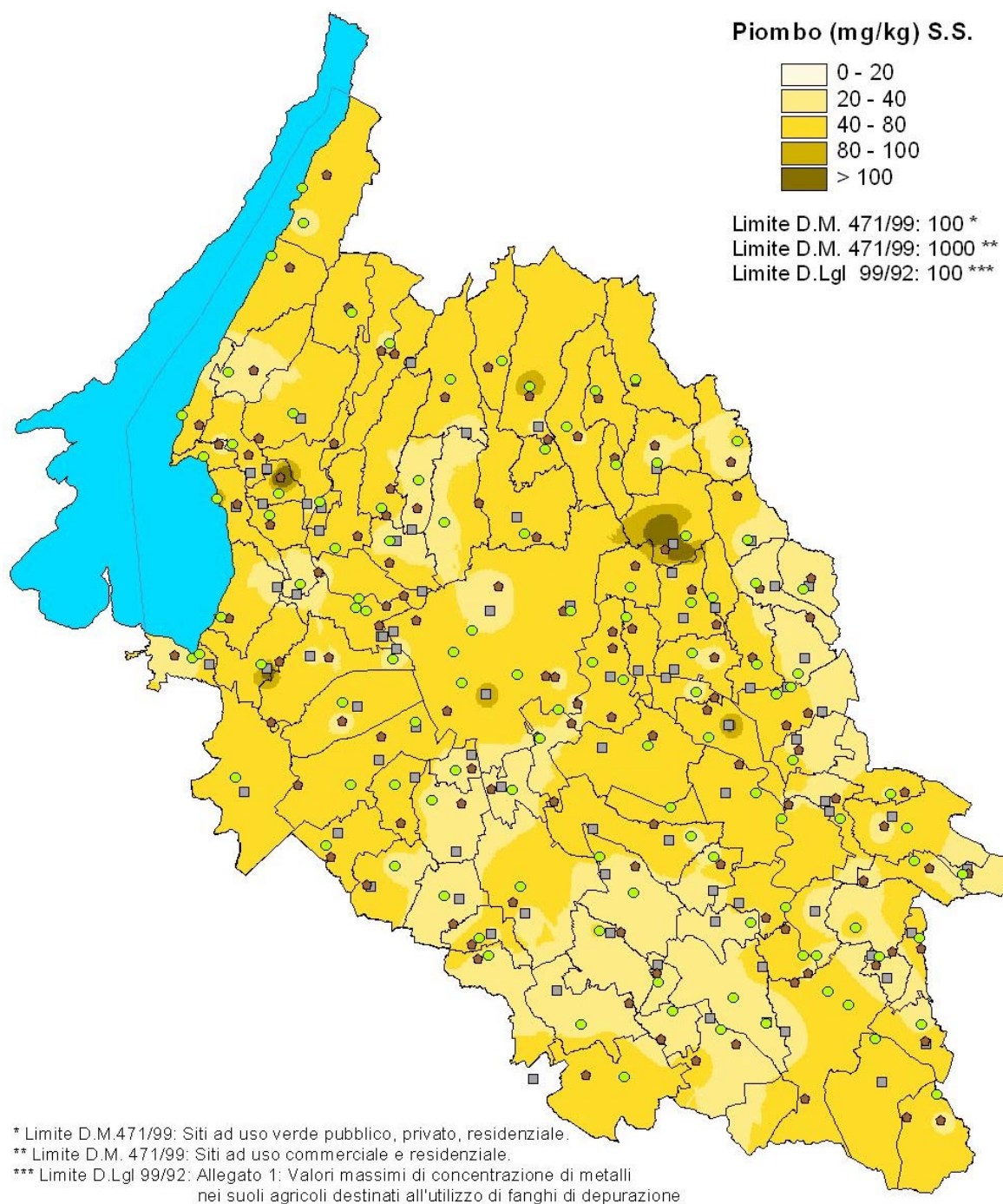
LR: limite di rilevabilità

**Figura 3.5:** Confronto tra le concentrazioni di piombo rilevate, nello stesso comune, nelle aree agricole, industriali e verdi.

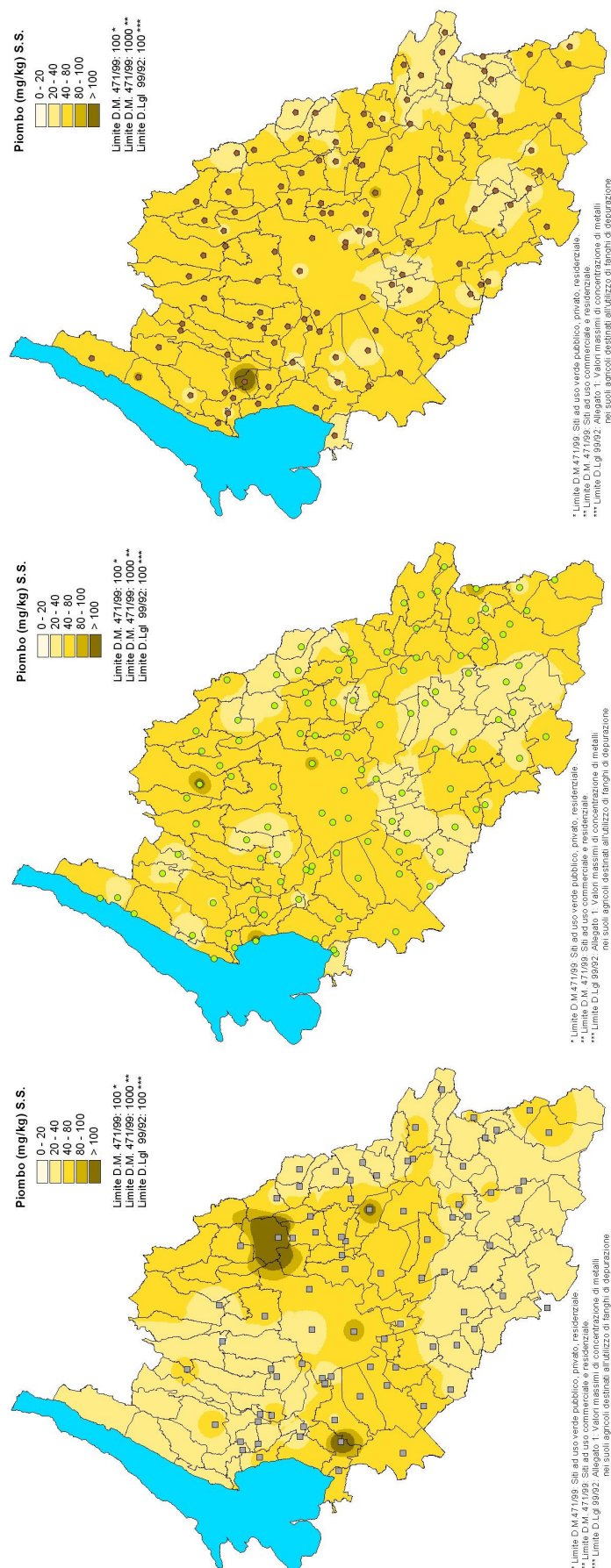




**Figura 3.6:** Mappa con interpolazione spaziale delle concentrazioni di piombo misurate nei suoli della Provincia di Verona (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)



**Figura 3.7:** Mappa con interpolazione spaziale delle concentrazioni di piombo misurate nei suoli della Provincia di Verona (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)



### 3.5.3 La concentrazione di Cromo nei suoli

La gran parte delle rocce e dei suoli contengono piccole quantità di cromo. Il cromo naturale si presenta in genere in una forma altamente insolubile, tuttavia l'erosione, l'ossidazione e l'azione di batteri può convertire il cromo insolubile in forme più solubili. Il contenuto in cromo nel suolo è riconducibile in parte a processi di degradazione dei substrati geologici da cui i suoli traggono origine, ma in parte è funzione dell'utilizzo sul suolo di sostanze contenenti metalli pesanti. In particolare il contenuto in cromo può essere particolarmente elevato in alcuni sottoprodotti dell'industria conciaria. Dall'elaborazione statistica dei dati analitici di 307 campioni del monitoraggio ARPAV si ottengono i valori riportati nella tabella 3.7:

**Tabella 3.7:** contenuto in cromo espresso in mg/kg s.s. nei suoli, dati del DAP di Verona

	Mediana	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Dev. standard
Aree residenziali	16.0	22.5	4.0	52	21
Aree agricole	21.0	31.1	2	225	29
Aree industriali	20.0	24.6	4	122	20

Da una sommaria analisi dei dati medi calcolati, appare evidente come il contenuto del cromo dei suoli residenziali e industriali sia sensibilmente inferiore a quello dei suoli agrari.

Dalle differenze tra media e mediana, ma soprattutto dal valore della deviazione standard associata ai dati, è facile desumere la presenza di alcuni dati anomali e pertanto una sovrastima della media. Escludendo nell'elaborazione i dati eccedenti relativi ai suoli industriali e agricoli dei Comuni di Monteforte d'Alpone, Montecchia di Crosara, Roncà, S. Giovanni Ilarione e Vestenanova, il valore medio per le aree agricole e industriali si abbassa rispettivamente a 29.0 e 23.7, tuttavia la differenza tra le concentrazioni nelle zone agricole rispetto a quelle industriali/residenziali è sempre marcata. Nella tabella 3.8 sono posti a confronto i valori ottenuti per il cromo con gli unici dati di fonte ANPA disponibili per la Provincia di Verona derivanti dal monitoraggio di 227 suoli agrari.

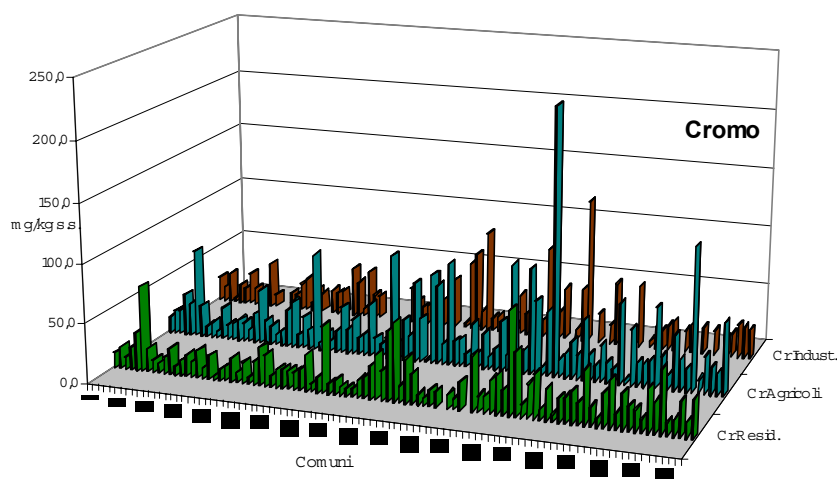
**Tabella 3.8:** contenuto in cromo espresso in mg/kg s.s. nei suoli agricoli della Provincia di Verona, dati del DAP di Verona e di fonte ANPA

	Mediana	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo
Aree agricole DAP Verona	21.0	31.1	2	225
Aree agricole ANPA*	28.7	28.2	< LR	107

\*) Dati ANPA, Università, Province

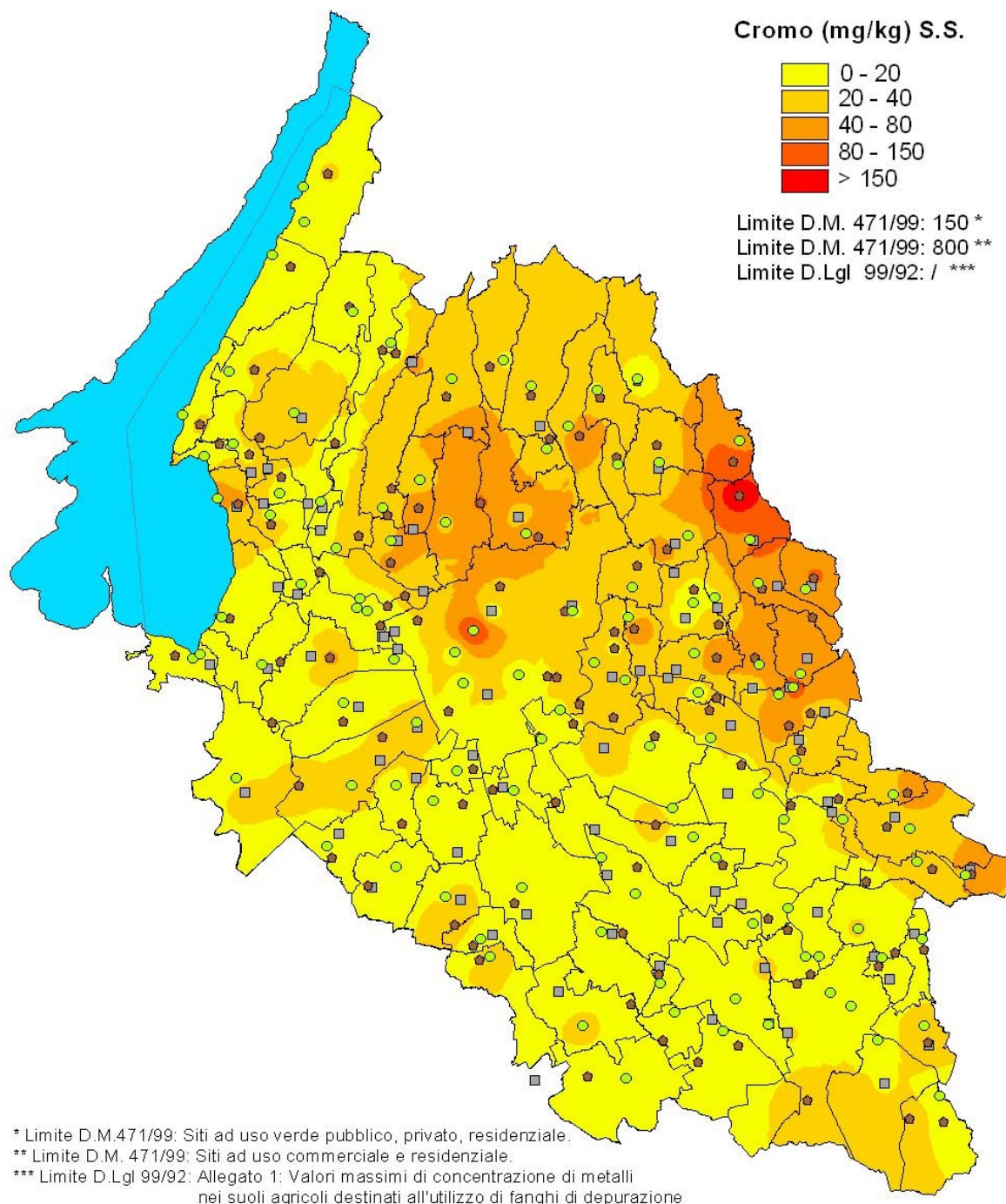
LR: limite di rilevabilità

**Figura 3.8:** Confronto tra le concentrazioni di cromo rilevate, nello stesso comune, nelle aree agricole, industriali e verdi.

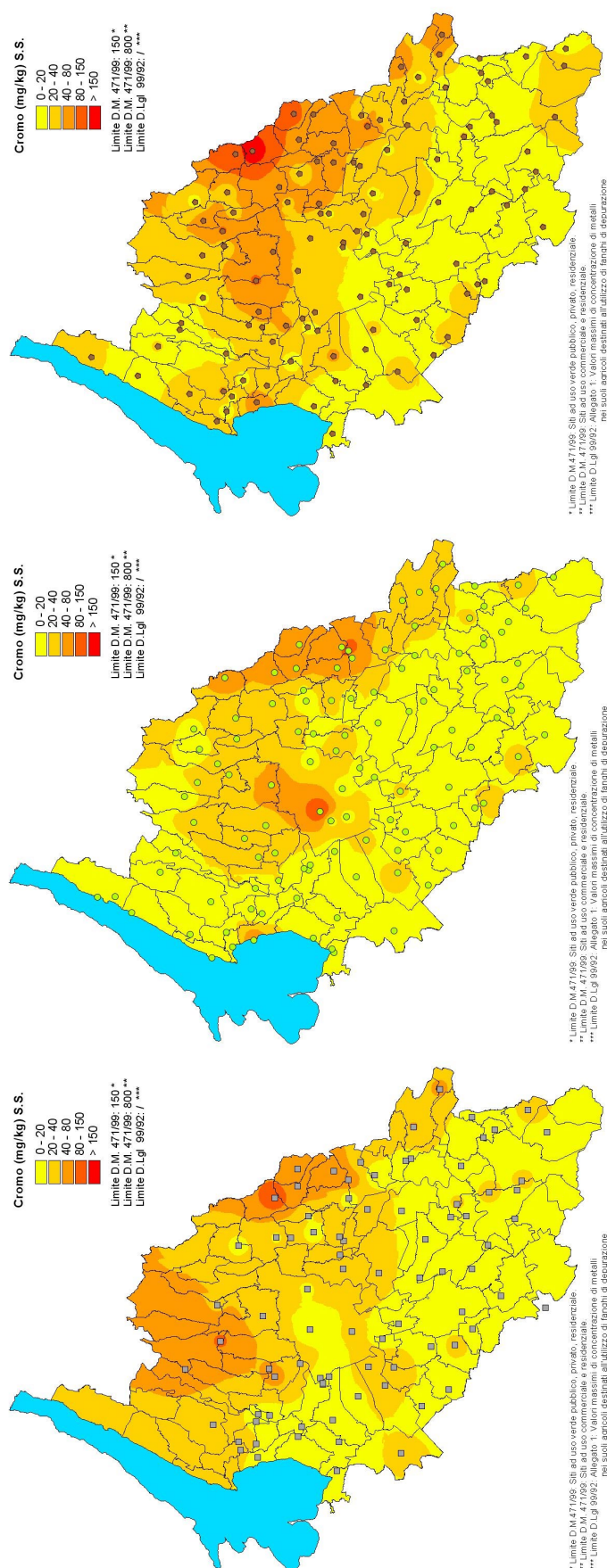




**Figura 3.9:** Mappa con interpolazione spaziale delle concentrazioni di cromo misurate nei suoli della Provincia di Verona (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)



**Figura 3.10:** Interpolazione spaziale delle concentrazioni di cromo misurate nei suoli della Provincia di Verona (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona). Dall'alto in basso: zone residenziali, agricole industriali



### 3.5.4 La concentrazione di Rame nei suoli

Il rame e i suoi composti derivati sono ubiquitari nell'ambiente. La concentrazione del rame è funzione delle caratteristiche dei materiali originari e dell'utilizzo di sostanze contenenti metalli utilizzate sul suolo, in particolare della fertilizzazione con reflui zootecnici. L'elevato contenuto di rame nelle deiezioni zootecniche è determinato all'utilizzo di integratori ed additivi alimentari che contengono questo elemento. Le concentrazioni più elevate di rame per i terreni agricoli dovrebbero riscontrarsi nella maggior parte dei suoli utilizzati per la viticoltura.

Dall'elaborazione statistica dei dati analitici di 307 campioni del monitoraggio ARPAV si ottengono i valori riportati nella tabella 3.9.

**Tabella 3.9:** contenuto in rame espresso in mg/kg s.s. nei suoli, dati del DAP di Verona

	Mediana	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Dev. standard
Aree residenziali	26.0	33.7	7.0	215	31
Aree agricole	40.0	59.0	8.0	348	56
Aree industriali	30.0	50.1	7.0	397	66

I valori di rame ottenuti elaborando l'intero gruppo di dati a disposizione mostra elevati valori di deviazione standard e quindi segnala la presenza di valori atipici rispetto all'intervallo medio delle concentrazioni. I valori superiori a 200 mg/kg s.s. sono 7 relativi alle aree agricole di Cavaion Veronese, Garda, Monteforte, Lavagno, alle aree industriali di Peschiera del Garda e Lavagno e all'area verde di Garda.

Elaborando senza questi dati atipici, i valori medi per le aree residenziali diventano pari a 32.0 mg/kg s.s., per le aree agricole 49.6 e per quelle industriali 37.8. Anche in questo caso le zone agricole presentano concentrazioni medie di rame superiori alle aree residenziali e agricole, ma sempre sensibilmente più elevati dei dati ANPA.

Nella tabella 3.10 sono posti a confronto i valori ottenuti per il rame con gli unici dati di fonte ANPA disponibili per la Provincia di Verona derivanti dal monitoraggio di 227 suoli agrari:

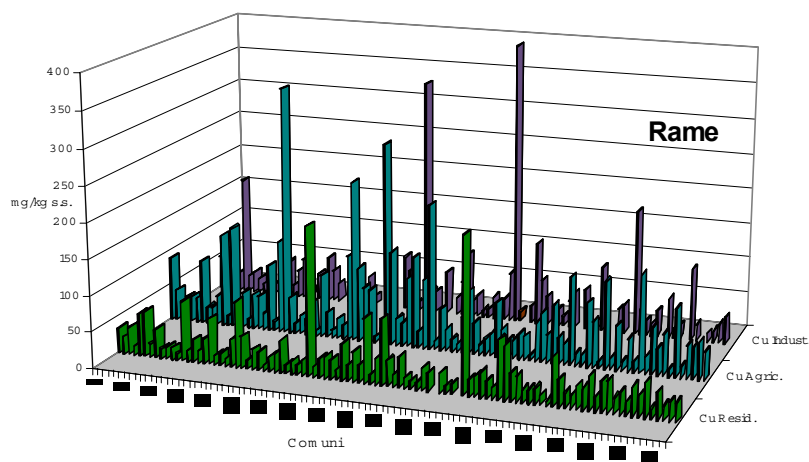
**Tabella 3.10:** Contenuto in rame espresso in mg/kg s.s. nei suoli agricoli della Provincia di Verona, dati del DAP di Verona e di fonte ANPA

	Mediana	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo
Aree agricole DAP Verona	40.0	59.0	8.0	348
Aree agricole ANPA*	11.8	19.6	< LR	94.9

\*)Dati ANPA, Università, Province

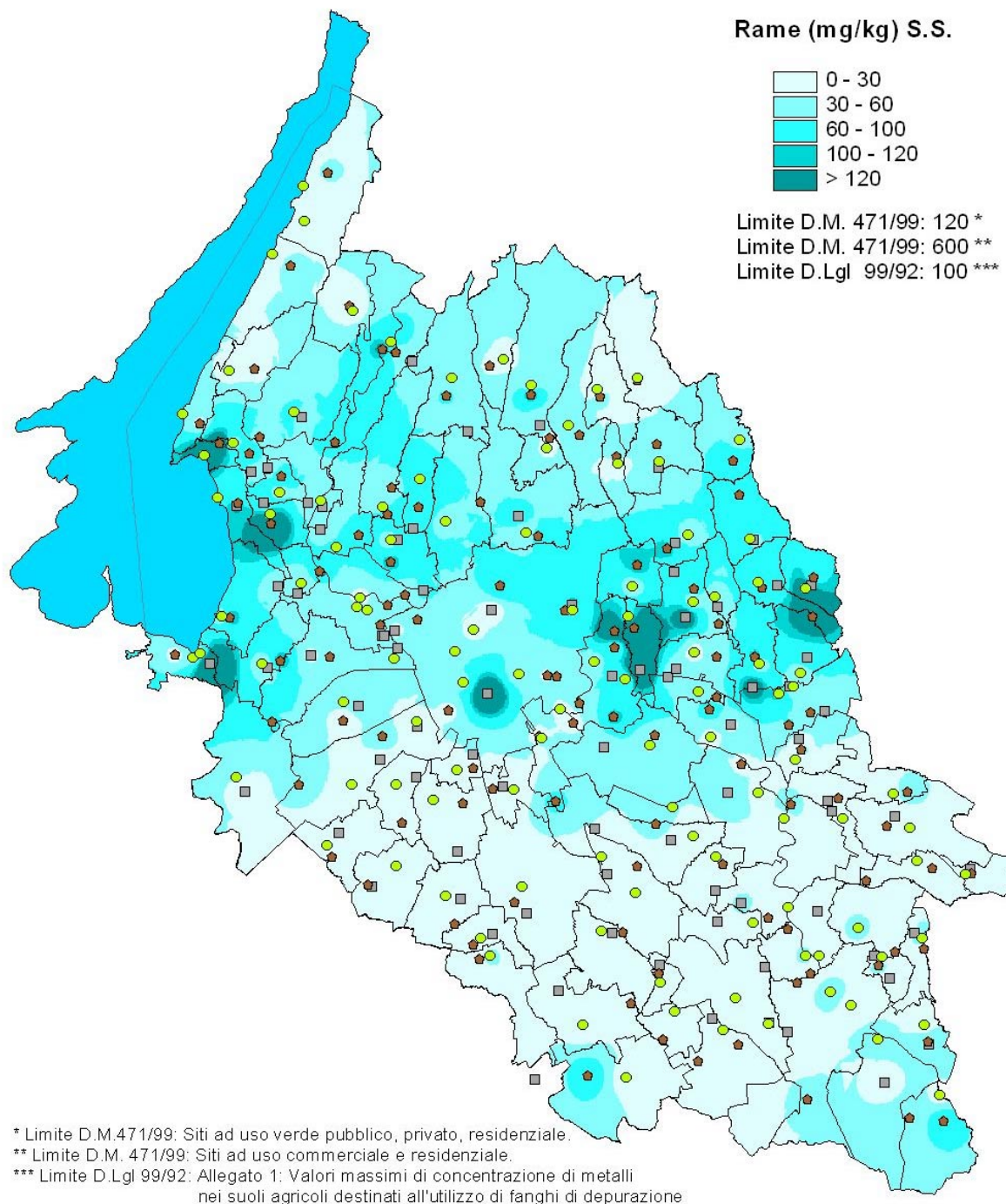
LR: limite di rilevabilità

**Figura 3.11:** Confronto tra le concentrazioni di rame rilevate, nello stesso comune, nelle aree agricole, industriali e verdi.

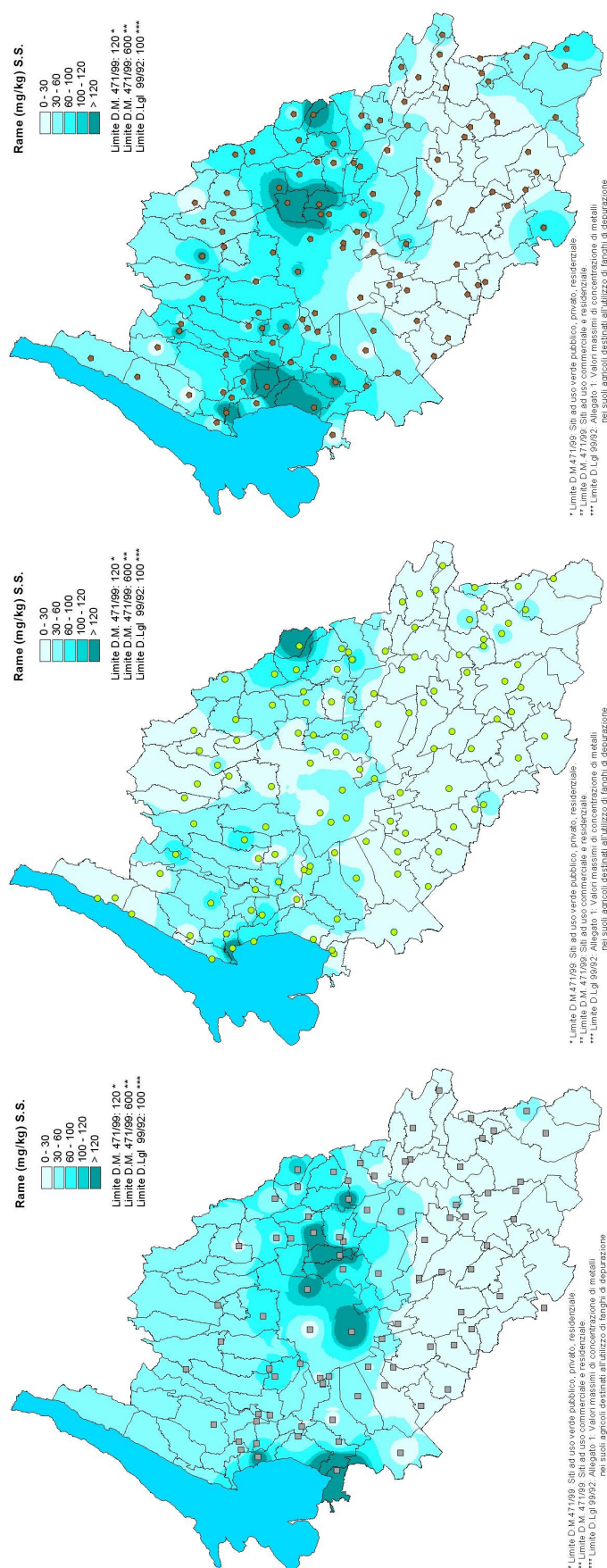




**Figura 3.12:** Mappa con interpolazione spaziale delle concentrazioni di rame misurate nei suoli della Provincia di Verona (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)



**Figura 3.13:** Mappa con interpolazione spaziale delle concentrazioni di rame misurate nei suoli della Provincia di Verona (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)



### 3.5.5 La concentrazione di Nichel nei suoli

Il contenuto di nichel nel suolo è funzione delle caratteristiche dei materiali geologici di origine e dall'utilizzo sul suolo di sostanze contenenti metalli pesanti utilizzate per la difesa antiparassitaria o per la fertilizzazione. Si deve tenere presente che in alcuni suoli il livello naturale di nichel è molto elevato.

Dall'elaborazione statistica dei dati analitici di 307 campioni del monitoraggio ARPAV si ottengono i valori riportati nella tabella 3.11.

**Tabella 3.11:** Contenuto in nichel espresso in mg/kg s.s. nei suoli, dati del DAP di Verona

	Mediana	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Dev. standard
Aree residenziali	26.0	34.9	10	164	34
Aree agricole	31.0	46.4	13	158	34
Aree industriali	31.0	39.1	13	150	27

La valutazione dei dati della tabella precedente suggerisce che la distribuzione delle concentrazioni di nichel nel territorio provinciale presenti diverse zone con concentrazione atipica rispetto ai valori medi degli altri punti. Bisogna tuttavia considerare che valori superiori a 100 mg/kg di nichel si riscontrano in tutte e tre le aree dei Comuni di Monteforte d'Alpone, Montecchia di Crosara, Roncà, S. Giovanni Ilarione e Vestenanova.

**Tabella 3.12:** Contenuto in nichel espresso in mg/kg s.s. nei suoli dei comuni della zona est della Provincia di Verona

Comune	Ni mg/kg s.s. aree residenziali	Ni mg/kg s.s. aree agricole	Ni mg/kg s.s. aree industriali
Monteforte d'Alpone	134	145	150
Montecchia	164	94	99
Roncà	104	139	115
S. Giovanni Ilarione	156	131	134
Vestenanova	137	158	
<b>Valore medio</b>	<b>139</b>	<b>133</b>	<b>125</b>

Senza ulteriori elementi conoscitivi, in prima approssimazione, si può ritenere che l'elevata concentrazione sia dovuta alla natura geologica dei minerali di origine.

In altri casi si evidenziano dei valori atipici (> 100 mg/kg s.s.) solo all'area agricola nei Comuni di Lavagno, Colognola ai Colli, Tregnago, Soave, Roveré Veronese mentre le aree residenziali e industriali presentano concentrazioni notevolmente inferiori.

Ricalcolando il valore medio per le aree agricole dopo aver escluso le concentrazioni atipiche, si ottengono i seguenti valori:

**Tabella 3.13:** set di dati ridotto. Contenuto in nichel espresso in mg/kg s.s. nei suoli, dati del DAP di Verona

	Mediana	Valore medio	Dev. standard
Aree residenziali	28.0	30.8	16.0
Aree agricole	31.0	37.9	22.3
Aree industriali	30.0	34.9	17.1



Nella tabella 3.14 sono posti a confronto i valori ottenuti per il nichel con gli unici dati di fonte ANPA disponibili per la Provincia di Verona derivanti dal monitoraggio di 248 suoli agrari.

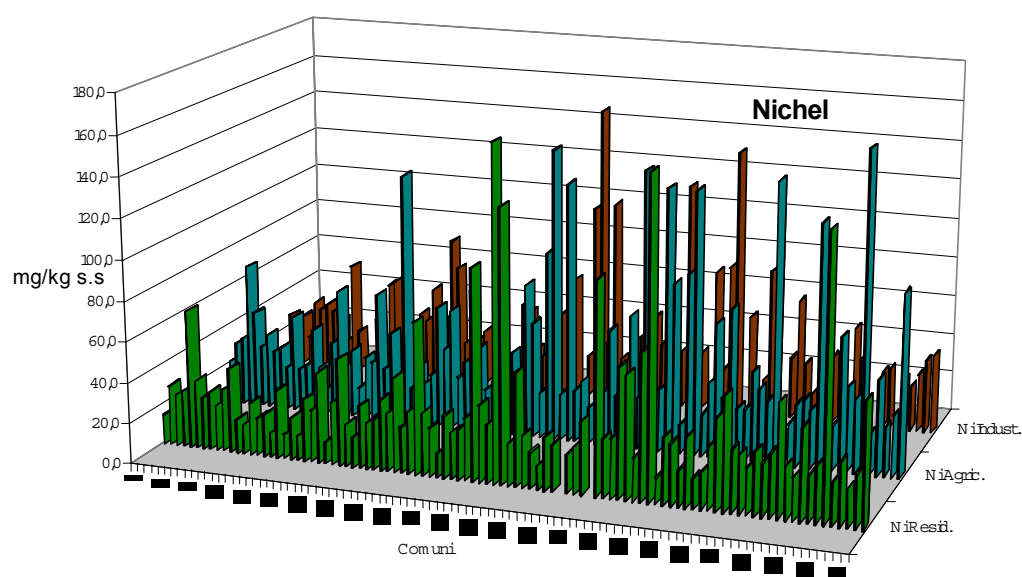
**Tabella 3.14:** contenuto in nichel espresso in mg/kg s.s. nei suoli agricoli della Provincia di Verona, dati del DAP di Verona e di fonte ANPA

	Mediana	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo
Aree agricole DAP Verona	31.0	46.4	13	158
Aree agricole DAP Verona set ridotto	31.0	37.9		
Aree agricole ANPA*	30.0	33.3	< LR	72.8

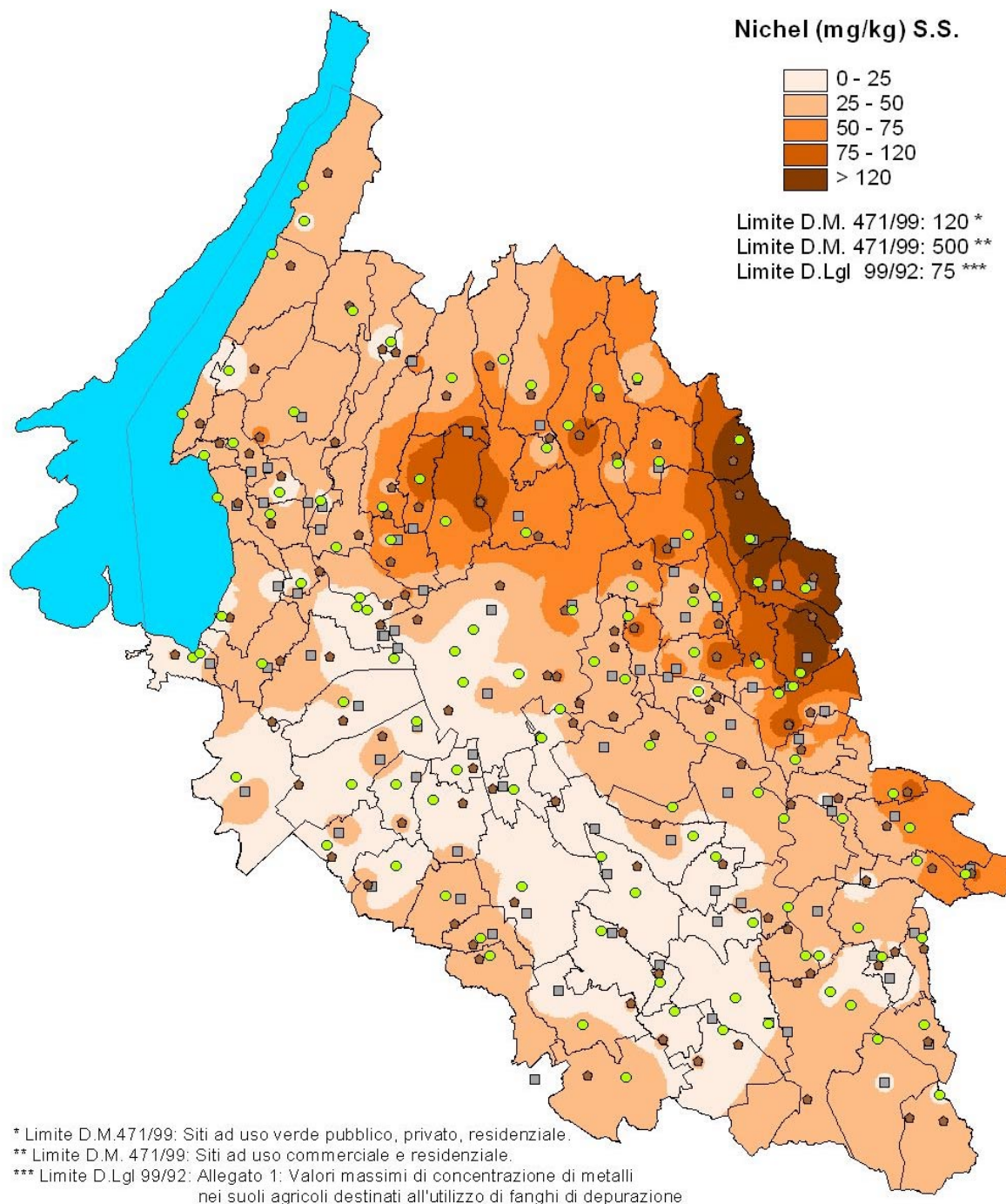
\*)Dati ANPA, Università, Province

LR: limite di rilevabilità

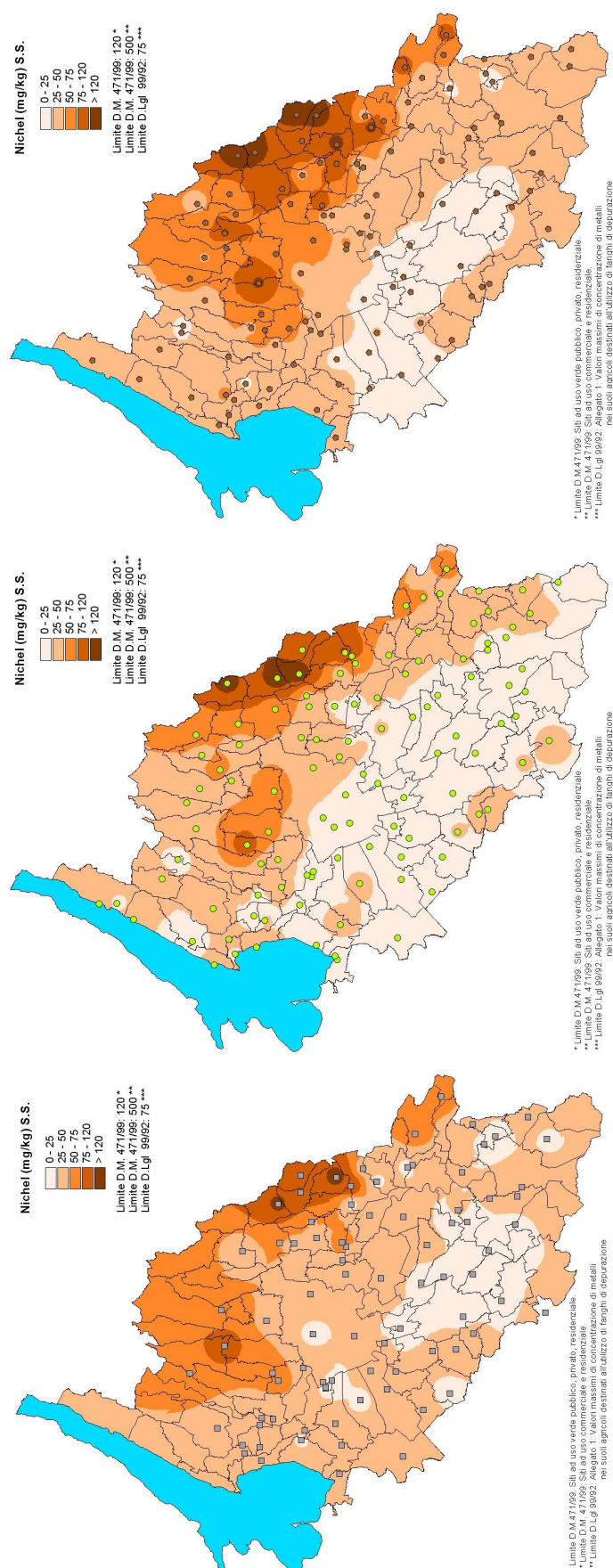
**Figura 3.15:** Confronto tra le concentrazioni di nichel rilevate, nello stesso comune, nelle aree agricole, industriali e verdi.



**Figura 3.15:** Mappa con interpolazione spaziale delle concentrazioni di nichel misurate nei suoli della Provincia di Verona (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)



**Figura 3.16:** Mappa con interpolazione spaziale delle concentrazioni di nichel misurate nei suoli della Provincia di Verona (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)



### 3.5.6 La concentrazione di Zinco nei suoli

Lo zinco non si trova libero in natura allo stato nativo, ma sempre sotto forma combinata nei suoi minerali. La concentrazione dello zinco nel suolo è riconducibile a processi naturali di degradazione dei substrati geologici da cui traggono origine. Lo zinco è utilizzato nella produzione di pesticidi, di fungicidi in particolare e pertanto il contenuto è funzione dell'uso del suolo. Come nel caso del rame, anche lo zinco può essere presente in quantità elevate nelle deiezioni zootecniche per l'uso nell'allevamento di integratori e additivi che lo contengono.

Dall'elaborazione statistica dei dati analitici di 307 campioni del monitoraggio ARPAV si ottengono i valori riportati nella tabella 3.15.

**Tabella 3.15:** contenuto in zinco espresso in mg/kg s.s. nei suoli, dati del DAP di Verona

	Mediana	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Dev. standard
Aree residenziali	78.0	83.9	43.0	223	30
Aree agricole	83.0	86.6	32.0	213	33
Aree industriali	73.5	83.6	36.0	448	54

Non si notano per lo zinco differenze di concentrazione elevate in funzione dell'area considerata, tuttavia il valore riscontrato per le aree agricole da ARPAV risulta più elevato se confrontato con quello di fonte ANPA.

Nella tabella 3.16 sono posti a confronto i valori ottenuti per lo zinco con gli unici dati di fonte ANPA disponibili per la Provincia di Verona derivanti dal monitoraggio di 247 suoli agrari:

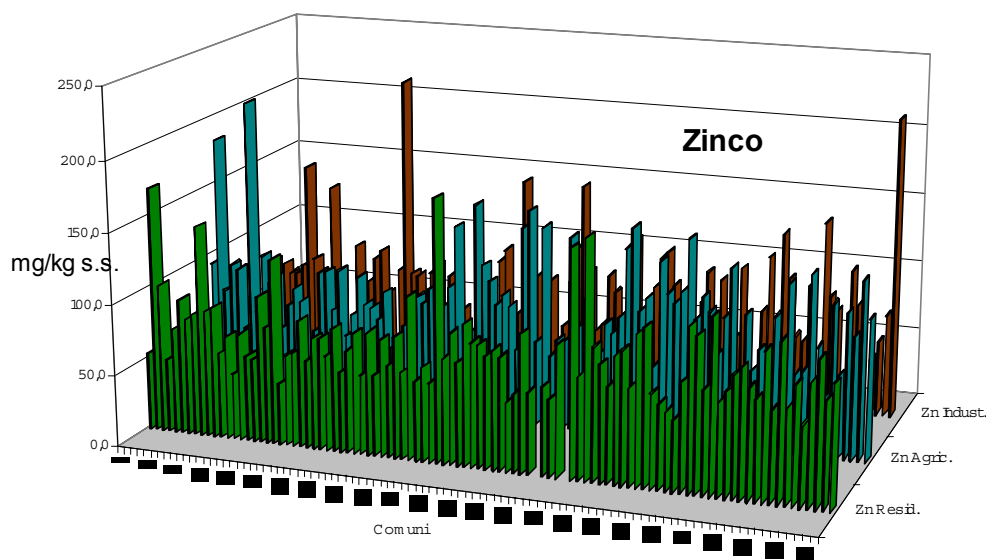
**Tabella 3.16:** contenuto in zinco espresso in mg/kg s.s. nei suoli agricoli della Provincia di Verona, dati del DAP di Verona e di fonte ANPA

	Mediana	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo
Aree agricole DAP Verona	83.0	86.6	32.0	213
Aree agricole ANPA*	45.9	50.6	< LR	272

\*)Dati ANPA, Università, Province

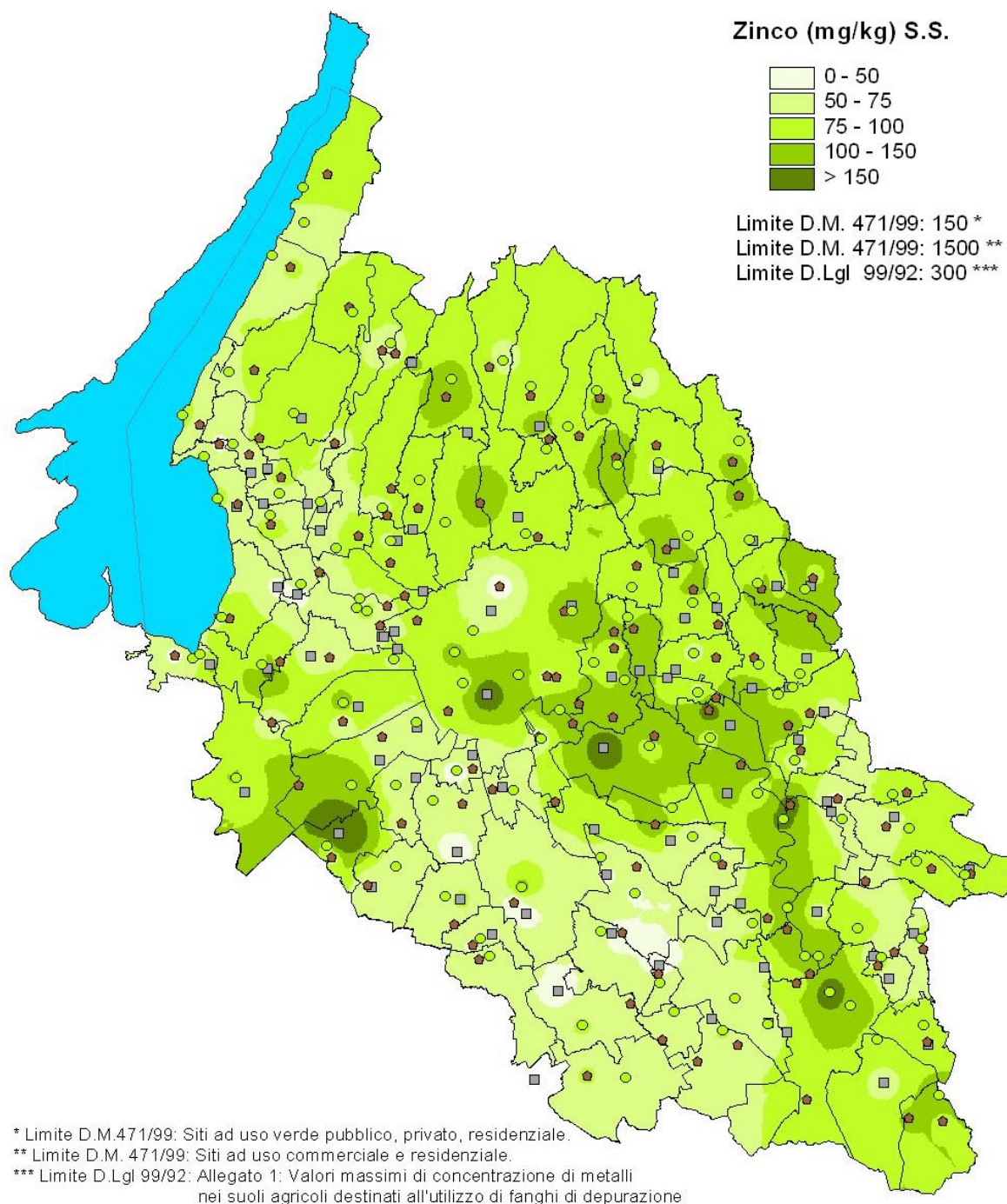
LR: limite di rilevabilità

**Figura 3.17:** Confronto tra le concentrazioni di zinco rilevate, nello stesso comune, nelle aree agricole, industriali e verdi.

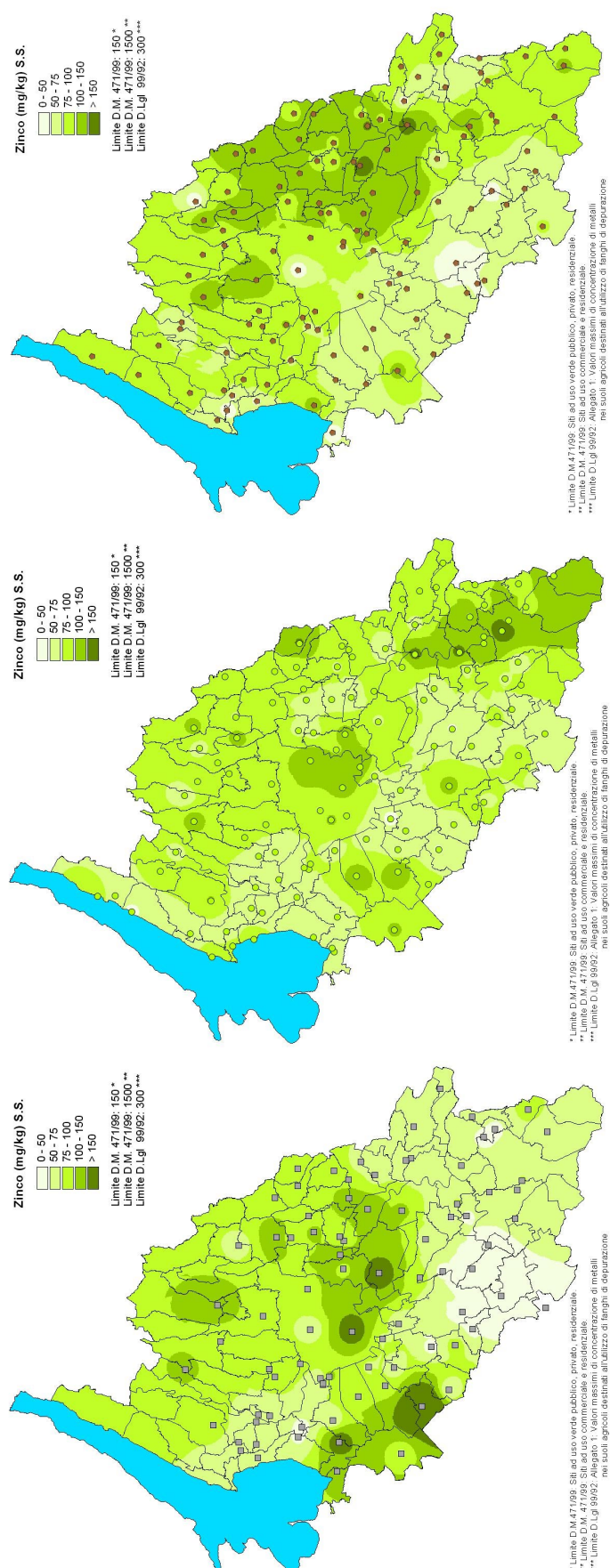




**Figura 3.18:** Mappa con interpolazione spaziale delle concentrazioni di zinco misurate nei suoli della Provincia di Verona (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)



**Figura 3.19:** Mappa con interpolazione spaziale delle concentrazioni di zinco misurate nei suoli della Provincia di Verona (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)

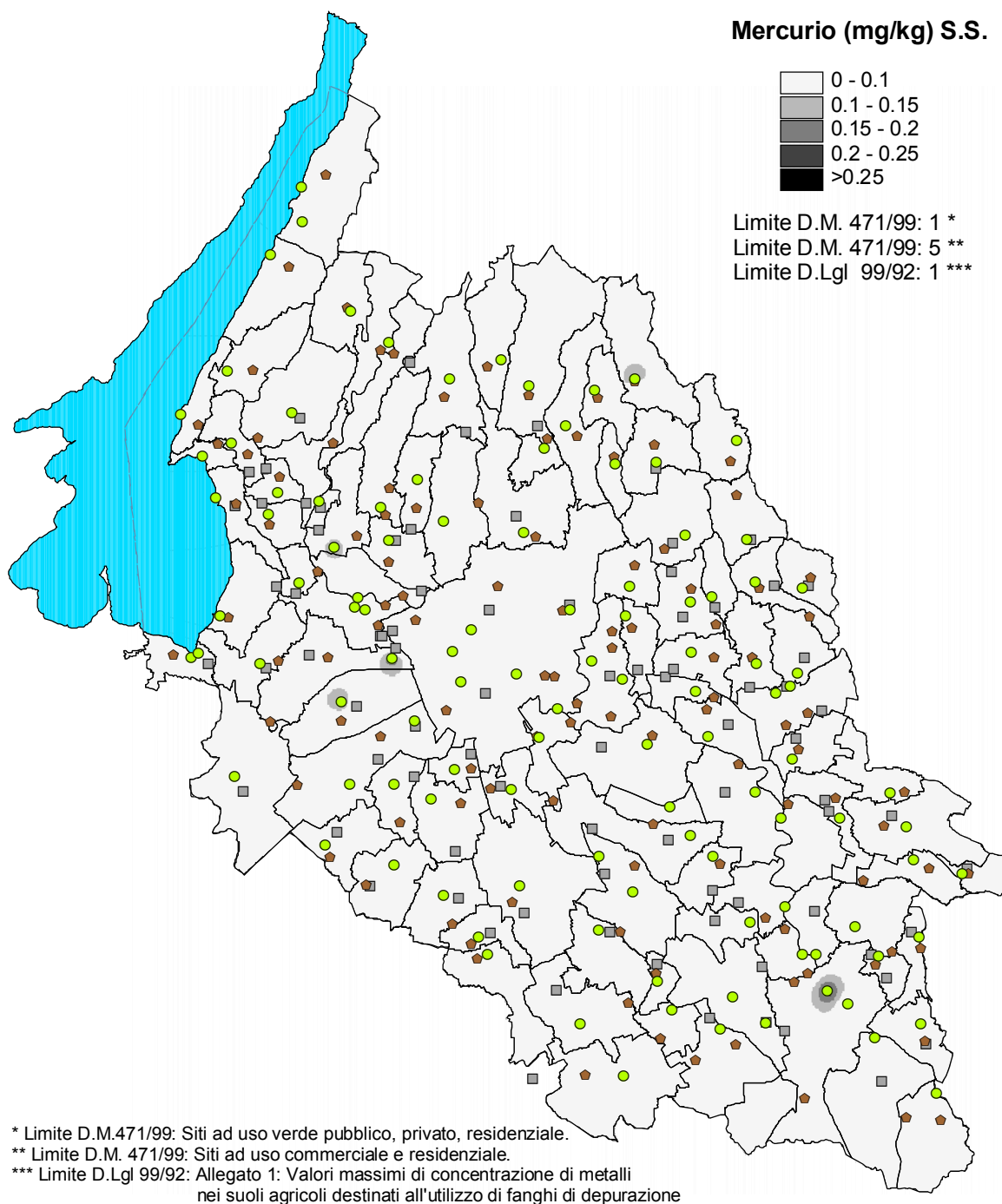




### 3.5.7 La concentrazione di Mercurio nei suoli

La concentrazione del mercurio su tutti i 307 campioni analizzati non supera mai il limite di rilevabilità del metodo pari a 0.1 mg/kg. Il valore limite fissato dalla normativa vigente (DM 471/99) per i suoli ad uso residenziale è pari a 1 mg/kg, mentre per i suoli industriali 5 mg/kg, sempre riferiti a sostanza secca.

**Figura 3.20:** Mappa con interpolazione spaziale delle concentrazioni di mercurio misurate nei suoli della Provincia di Verona (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)



### 3.6 Contaminazione da fonti diffuse

L'inquinamento del suolo determinato dall'immissione nell'ambiente di quantità massive di prodotti chimici organici e inorganici provenienti da attività umane, industriali e agrarie, porta ad un'alterazione profonda degli equilibri chimici e biologici del suolo. Secondo recenti stime, le sostanze commercializzate sono comprese tra le 20000 e le 70000 e sono diverse centinaia le nuove sostanze introdotte ogni anno sul mercato. Pur disponendo di dati insufficienti, si può affermare che la presenza di sostanze chimiche è ampiamente diffusa in tutte le matrici ambientali, compreso il suolo.

Nel tempo sono infatti diventate sempre più consistenti le produzioni e l'uso di una vasta serie di composti organici ed inorganici come fitofarmaci, agenti antimicrobici, farmaci, antibiotici, detergenti, solventi, lubrificanti. Alcuni di questi composti, una volta entrati nell'ambiente possono permanervi per lungo tempo.

Molti sono anche gli elementi che arrivano al suolo tramite il riciclaggio di fanghi di depurazione delle acque reflue, di rifiuti, di effluenti di allevamenti zootecnici e di scarti industriali.

Si tratta in genere di residui che comportano l'utilizzazione di sostanza organica ed elementi nutritivi, ma possono presentare alcuni problemi in relazione alla presenza nelle matrici organiche di metalli e sostanze indesiderate provenienti da attività antropiche.

Se possibile devono essere individuati in termini qualitativi e quantitativi i livelli di incidenza delle attività antropiche che interagiscono con il suolo in modo tale da poterne quantificare l'impatto e la sostenibilità nel tempo.

Le indagini svolte da ARPAV hanno lo scopo di definire, a livello statistico, il grado di presenza ed eventualmente di contaminazione di alcuni composti chimici organici e inorganici che con maggior facilità possono venire in contatto ed essere accumulati dal suolo a seguito di pratiche di concimazione, di trattamenti agrari di difesa dei vegetali o determinati dalla loro distribuzione ubiquitaria.

I siti di campionamento collocati nelle aree a verde pubblico, lontani dalle aree urbane permettono, soprattutto per i microinquinanti organici quali policlorobifenili (PCB) e idrocarburi policiclici aromatici (IPA), l'acquisizione di informazioni sulla contaminazione dovuta al trasporto atmosferico dei contaminati stessi.

#### 3.6.1 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono stati ricercati solo sui suoli agrari e industriali e in nessuno dei 196 campioni se ne è riscontrata la presenza oltre il limite di rilevabilità di 0.1 mg/kg s.s. Il limite fissato per la somma degli IPA dalla normativa vigente è pari a 10 mg/kg per i suoli residenziali e 100 mg/kg s.s per quelli industriali. I livelli medi di contaminazione sono inferiori a quelli stabiliti dalla normativa.

#### 3.6.2 Policlorobifenili (PCB)

I policlorobifenili (PCB) sono sostanze chimiche pericolose per gli esseri umani e per l'ambiente a causa delle loro caratteristiche:

- persistono nell'ambiente
- si accumulano nei tessuti ad alto contenuto lipidico attraverso il cibo
- sono tossici e rappresentano un rischio per la salute e l'ambiente a causa dei loro effetti nocivi
- si spostano nell'atmosfera o attraverso le acque superficiali percorrendo anche distanze enormi.

Mentre la maggior parte degli inquinanti chimici industriali esercita un'azione nelle zone prossime o che si trovano a contatto con la fonte inquinante, i PCB rappresentano un'eccezione.

L'ubiquità dei PCB è stata infatti ampiamente dimostrata attraverso la loro determinazione in tutte le matrici ambientali aria, acqua neve, ghiaccio terreno e in campioni di altra natura. I dati della letteratura scientifica suggeriscono come sulla Terra la contaminazione da PCB sia più pronunciata nell'emisfero nord, specialmente alle medie latitudini a causa della produzione e dell'uso estensivo fino ai primi anni '80 di questi prodotti chimici di sintesi.

Dall'elaborazione statistica dei dati analitici di 307 campioni del monitoraggio ARPAV si ottengono i valori riportati nella tabella 3.17:

**Tabella 3.17:** contenuto in PCB espresso in µg/kg s.s. nei suoli, dati del DAP di Verona

	Mediana	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Dev. standard
Aree residenziali	2.3	3.0	0.6	14.3	2.5
Aree agricole	1.4	1.9	0.1	9.9	1.6
Aree industriali	1.3	2.4	0.1	45.0	5.0
<b>Valori riferiti all'intero set di dati</b>	<b>1.7</b>	<b>2.5</b>	<b>0.1</b>	<b>45.0</b>	<b>3.2</b>

Escludendo il punto atipico relativo all'area industriale di Castelnuovo pari a 45 mg/kg s.s, si ottiene questa nuova tabella:

**Tabella 3.18:** contenuto in PCB espresso in µg/kg s.s. nei suoli ad esclusione del punto atipico dell'area industriale di Castelnuovo, dati del DAP di Verona

	Mediana	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Dev. standard
Aree residenziali	3.0	3.0	0.6	14.3	2.5
Aree agricole	1.4	1.9	0.1	9.9	1.6
Aree industriali	1.3	1.9	0.1	8.9	5.0
<b>Valori riferiti all'intero set di dati</b>	<b>1.7</b>	<b>2.3</b>	<b>0.1</b>	<b>14.3</b>	<b>2.1</b>

Nella tabella 3.19 sono posti a confronto i valori ottenuti per i PCB con i dati ricavati dalla letteratura scientifica relativi ad altre nazioni:

**Tabella 3.19:** contenuto in PCB espressi in µg/kg s.s. nei suoli, dati del DAP di Verona e di altre fonte scientifiche riconosciute

	Mediana	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo
Valori medi totali ARPAV Verona	1.7	2.3	0.1	14.3
Valori medi totali su intera Gran Bretagna*	6.1	9.5	1.7	32
Valori medi totali su un'area urbana dell'Austria (Linz)**		14.2	6.4	95.0
Valori medi in Belgio***		14.5	3.8	39.3
Valori medi in Italia		11.0	3.8	91.0

\*)University of East Anglia, Norwich and Department of the Environment, Great Britain

\*\*) Federal Enviromental Agency Austria

\*\*\*) dati ISS

LR: limite di rilevabilità

### 3.6 La contaminazione diffusa da PCB nella Provincia di Verona

A differenza dei metalli pesanti la cui presenza è determinata in parte anche dal substrato geologico originario, alcuni microinquinanti organici come i PCB sono stati introdotti nell'ambiente dall'uomo e la loro origine è riconducibile esclusivamente alle attività antropiche civili o industriali.

Il trasporto su larga scala di questi composti organici persistenti è stato descritto mediante diversi modelli che danno una spiegazione di come tali composti possano raggiungere regioni molto lontane dalla zona di emissione. Infatti attraverso una serie di condensazioni ed evaporazioni successive queste sostanze poco mobili, ma molto persistenti, possono essere trasportate per lunghe distanze.

Per stimare il valore di fondo della contaminazione da PCB nel territorio provinciale è stato confrontato il valore medio della concentrazione di PCB nelle aree verdi dei Comuni che presentano bassa urbanizzazione e ridotta industrializzazione, cioè con scarse fonti di pressione locali, con il valore medio ottenuto nell'area più urbanizzata e industrializzata del Comune di Verona. In base a questo criterio sono stati individuati alcuni Comuni della Provincia che utilizzano una bassa percentuale di aree residenziali e industriali rispetto all'intero territorio. Per tutti questi Comuni le aree residenziali risultano inferiori al 5% e quelle industriali minori dell'1%.

I sette comuni della Provincia selezionati utilizzando i criteri indicati in precedenza sono i Comuni delle zone montane: Badia Calavena, Boscochiesa Nuova, Brentino Belluno, Erbezzo, Rovere Veronese, Ferrara di monte Baldo. Velo, Selva di Progno

Il Comune di Verona utilizza invece il 34 % circa del suo territorio come area urbana e il 7% circa come industriale.

Per il Comune di Verona sono stati effettuati sei campionamenti nelle aree residenziali o destinate a verde pubblico in zone omogeneamente suddivise della città,.

Di seguito si riporta la tabella con i dati medi  $\mu\text{g/kg}$  s.s. ottenuti per i due gruppi di Comuni:

**Tabella 3.20:** contenuto in PCB espressi in  $\mu\text{g/kg}$  s.s. nei suoli di due gruppi di Comuni della Provincia di Verona, dati ARPAV

	PCB media in $\mu\text{g/kg}$ s.s.	PCB mediana in $\mu\text{g/kg}$ s.s.	Deviazione standard
7 Comuni bassa industrializzazione e urbanizzazione	2.4	1.7	2.0
Comune di Verona (media 6 campioni)	5.1	2.4	5.2

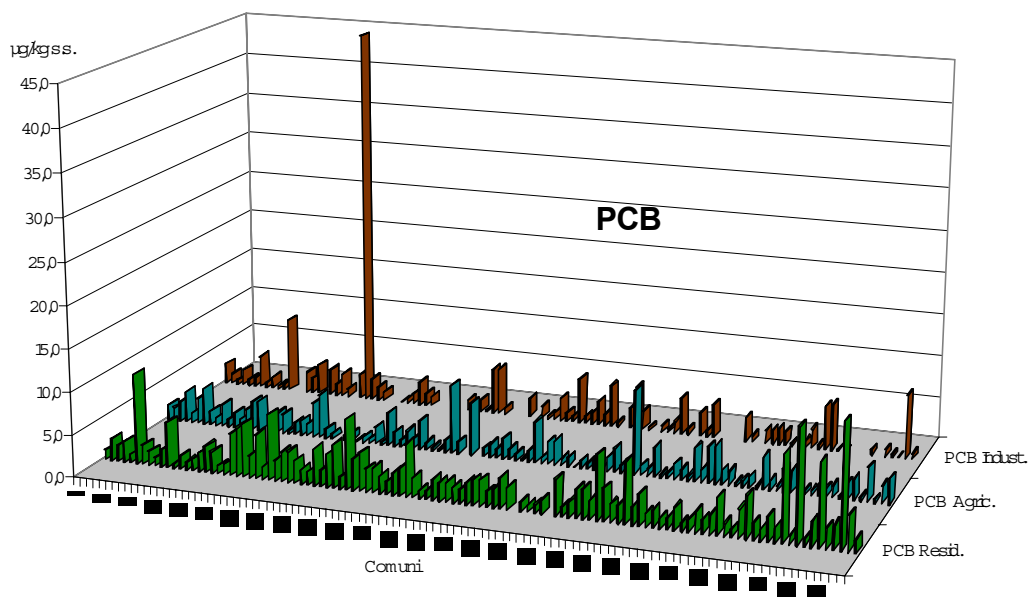
Da una prima valutazione dei dati in tabella si può osservare come la distribuzione dei PCB su tutto il territorio provinciale sia ubiquitaria e piuttosto omogenea a dimostrazione che la zona di indagine è un ambiente ben rimescolato. I dati suggeriscono che il livello di contaminazione di fondo sul suolo per questi composti possa essere stabilito a una concentrazione di circa  $3 \mu\text{g/kg}$ . Tuttavia il contenuto di PCB nel suolo delle aree più urbanizzate è più elevato rispetto a quello delle aree montane, ciò ad indicare che le aree urbane e industrializzate rappresentano una fonte di emissione di PCB.

Il gradiente di contaminazione evidenziato con andamento decrescente dalle aree montane a quelle urbanizzate/industrializzate è analogo a quello riscontrato in altri monitoraggi analoghi, sebbene nel nostro caso tale gradiente sia minore.

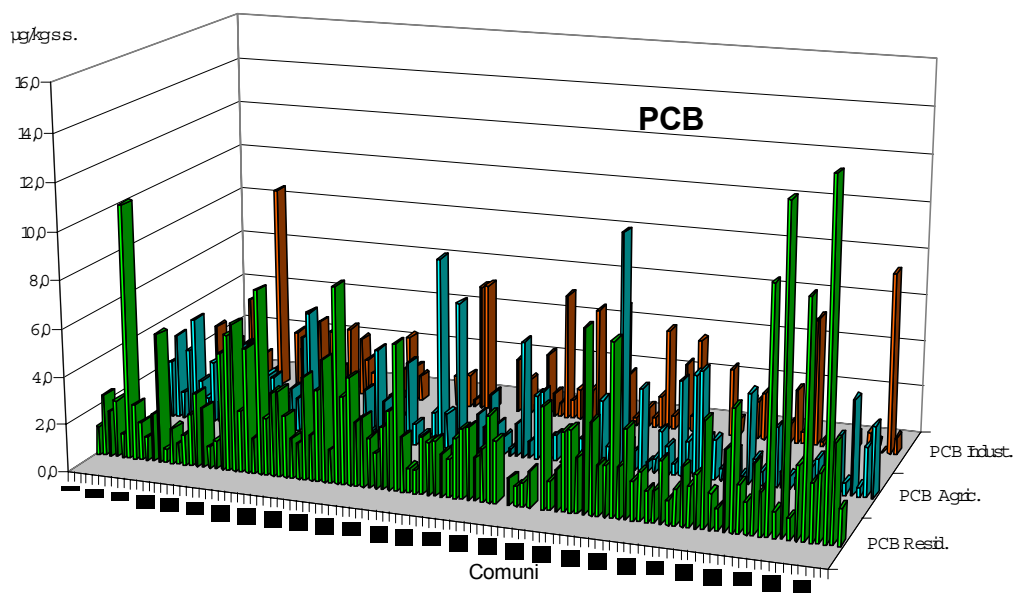
Soprattutto nell'area urbana i valori di deviazione standard denotano una certa dispersione dei valori dei PCB in funzione dei siti di campionamento, mentre tale dispersione è molto inferiore per le aree lontane dalla sorgente di emissione.

Il grafico che segue riporta il confronto tra le concentrazioni riscontrate nelle diverse aree. Il primo grafico contiene tutti i dati compreso un valore atipico riscontrato nel Comune di Castelnuovo, mentre la seconda elaborazione esclude tale punto. In questo secondo caso è più evidente il confronto tra le concentrazioni di PCB riscontrate nelle tre aree che risultano più elevate nelle aree residenziali a conferma che il traffico veicolare, come ampiamente documentato in appositi studi scientifici, è una delle vie principale di emissione, essendo dagli anni '70 stato eliminato il loro uso nell'industria.

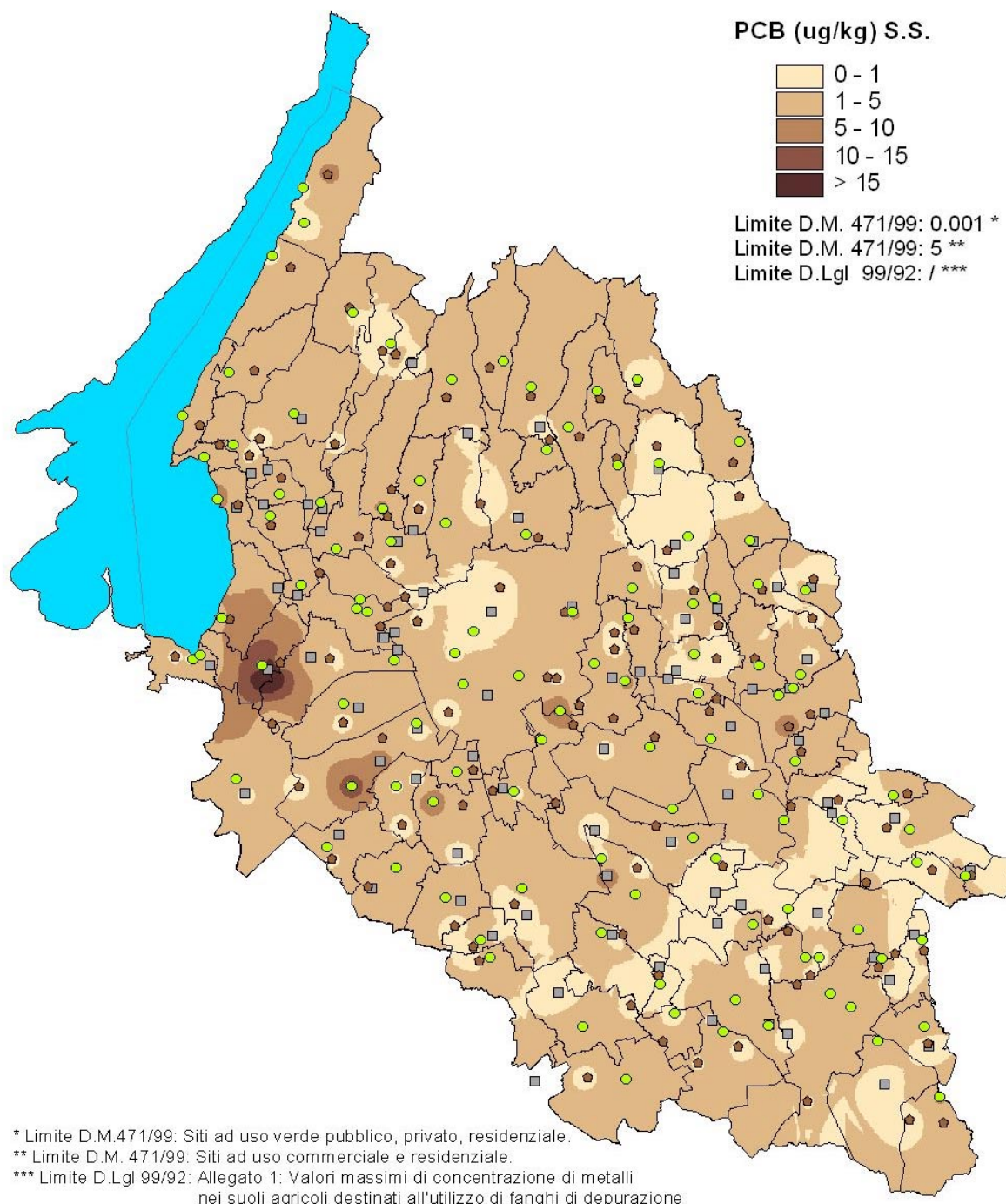
**Figura 3.21:** Confronto tra le concentrazioni di PCB rilevate, nello stesso comune, nelle aree agricole, industriali e verdi.



**Figura 3.22:** Confronto tra le concentrazioni di PCB rilevate, nello stesso comune, nelle aree agricole, industriali e verdi: si esclude il valore di PCB rilevato nel comune di Castelnovo del Garda.



**Figura 3.23:** Mappa con interpolazione spaziale delle concentrazioni di PCB misurate nei suoli della Provincia di Verona (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)





**Figura 3.24:** Mappa con interpolazione spaziale delle concentrazioni di PCB misurate nei suoli della Provincia di Verona (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)

