



**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**  
**ASSESSORATO DELLA DIFESA DELL'AMBIENTE**  
**SERVIZIO ANTINQUINAMENTO ATMOSFERICO E ACUSTICO**

**REALIZZAZIONE DELL'INVENTARIO REGIONALE DELLE SORGENTI DI EMISSIONE, DEL DOCUMENTO SULLA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA AMBIENTE IN SARDEGNA E INDIVIDUAZIONE DELLE POSSIBILI MISURE DA ATTUARE PER IL RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI DI CUI AL D.LGS N. 351/99.**

**VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA**  
**ZONIZZAZIONE PRELIMINARE**  
**RELAZIONE**

**SETTEMBRE 2005**

**Realizzazione del progetto a cura delle società**

**Progemisa S.p.A., Consorzio SAR s.r.l., Enviroware s.r.l., Orion s.r.l.**



## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>METODOLOGIA UTILIZZATA</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OROGRAFIA</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>VULNERABILITÀ AMBIENTALE</b>	<b>11</b>
3.1	POPOLAZIONE	11
3.2	AREE VERDI	12
3.3	COLTIVAZIONI E ALTRO	15
<b>4</b>	<b>PRESSIONE AMBIENTALE</b>	<b>17</b>
4.1	EMISSIONI DIFFUSE	17
4.1.1	L’influenza dei flussi turistici sulle emissioni	22
4.2	EMISSIONI PUNTUALI	27
4.3	DISTANZA DALLE SORGENTI PUNTUALI	32
<b>5</b>	<b>STATO DI QUALITÀ DELL’ARIA</b>	<b>34</b>
5.1	STAZIONI DI MONITORAGGIO FISSE	34
5.1.1	Superamenti della media oraria di 350 µg/m <sup>3</sup> di SO <sub>2</sub>	34
5.1.2	Superamenti della media giornaliera di 125 µg/m <sup>3</sup> di SO <sub>2</sub>	36
5.1.3	Media annuale di SO <sub>2</sub>	37
5.1.4	Superamenti della media oraria di 200 µg/m <sup>3</sup> di NO <sub>2</sub>	38
5.1.5	Media annuale di NO <sub>2</sub>	40
5.1.6	Media annuale di NO <sub>x</sub>	41
5.1.7	Media annuale di PM10	41
5.1.8	Massime medie di 8 ore di CO	42
5.1.9	AOT40 (Ozono)	44
5.2	MEZZO MOBILE	45
5.2.1	Biossido di zolfo	47
5.2.2	Biossido di azoto	48
5.3	CAMPIONATORI PASSIVI	49

5.3.1	Ozono _____	50
5.3.2	Biossido di zolfo _____	52
5.3.3	Biossido di azoto _____	53
5.3.4	Ossidi di azoto _____	54
<b>6</b>	<b>MAPPA DI VULNERABILITÀ DEL TERRITORIO _____</b>	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>PROPOSTA DI ZONIZZAZIONE _____</b>	<b>65</b>
7.1	SALUTE UMANA _____	65
7.2	VEGETAZIONE _____	67
<b>8</b>	<b>RIFERIMENTI _____</b>	<b>70</b>

## 1 METODOLOGIA UTILIZZATA

Negli ultimi anni la EU ha adottato importanti Direttive in merito alla qualità dell’aria, ad esempio la 1996/62/EC nota come direttiva madre e la 1999/30/EC nota come prima direttiva figlia. Queste direttive definiscono la base legislativa per la valutazione e la gestione della qualità dell’aria negli Stati Membri. La direttiva madre fornisce indicazioni di carattere generale, mentre le direttive figlie forniscono indicazioni in dettaglio sui vari inquinanti di interesse. La direttiva madre 1996/62/EC è stata recepita dall’Italia attraverso il D.Lgs. 351/1999; le direttive tecniche per l’elaborazione preliminare della qualità dell’aria indicata in alcuni articoli del D.Lgs. sono contenute nel DM 261/2002.

La direttiva madre, e quindi il D.Lgs. 351/1999 per l’Italia, obbliga gli Stati Membri a suddividere il loro territorio in zone relativamente ai livelli di qualità dell’aria; tale operazione è comunemente indicata con il termine zonizzazione. Una zona è una unità territoriale in cui viene definita una metodologia per la gestione della qualità dell’aria. La zonizzazione permette ad esempio di definire quante stazioni di monitoraggio devono essere presenti all’interno della zona, quali metodi di valutazione della qualità dell’aria sono accettabili, oppure se nella zona devono essere effettuati piani di azione o di mantenimento della qualità dell’aria.

Un agglomerato è una particolare zona, solitamente una grande città, in cui la popolazione supera i 250000 abitanti, oppure in cui la densità di popolazione, espressa in abitanti/km<sup>2</sup>, è particolarmente elevata a giudizio dell’autorità competente.

Il D.Lgs. 351 prevede (art. 5) una valutazione preliminare della qualità dell’aria e una individuazione preliminare delle zone nel caso in cui non siano disponibili misure rappresentative dei livelli degli inquinanti di riferimento. Oltre alle misure da stazioni fisse, possono essere utilizzate altre tecniche di misura (campionatori passivi, laboratori mobili, ...), modelli di simulazione e altre tecniche di stima dei livelli di concentrazione.

Come anticipato una zona è una unità territoriale in cui viene definita una metodologia per la gestione della qualità dell’aria. Per semplicità la legge stabilisce anche dei criteri di valutazione della qualità dell’aria a livello di zona. Esiste quindi la difficoltà di definire un sistema di zone che sia adatto sia per la gestione che per la valutazione della qualità dell’aria. Per questo motivo,

nell’effettuare la zonizzazione è importante non frazionare le unità amministrative (cioè la particella più piccola nella zonizzazione dovrebbe essere il comune).

L’analisi delle zonizzazioni effettuate in altri Stati Membri ha evidenziato le seguenti tendenze:

- le zone sono composte da unità amministrative;
- un’area estesa senza problemi di qualità dell’aria viene solitamente trattata come un’unica zona;
- la dimensione lineare delle zone varia da 10 km a 100 km e la popolazione in esse contenuta varia tra 300.000 e 3.000.000 di abitanti.

Le linee guida emesse dalla EU per l’applicazione delle direttive contengono alcune raccomandazioni per effettuare la zonizzazione. Le principali sono le seguenti:

- le zone devono essere composte da unità amministrative;
- unità amministrative adiacenti caratterizzate da livelli di qualità dell’aria simili devono essere raggruppate in un’unica zona;
- anche aree non adiacenti possono essere raggruppate per formare un’unica zona;
- non è raccomandato raggruppare agglomerati di più di 250000 abitanti con altre zone poiché le tecniche di valutazione della qualità dell’aria da utilizzare in agglomerati e zone sono diverse;
- negli agglomerati non andrebbero incluse porzioni estese di territorio prive di costruzioni;
- agglomerati di grandi dimensioni (ad esempio oltre un milione di abitanti) non andrebbero suddivisi in agglomerati più piccoli;
- definire le zone in funzione di un singolo inquinante non è consigliabile, è preferibile considerare diversi inquinanti contemporaneamente (al fine di semplificare le strategie di abbattimento).

Un zona contiene aree caratterizzate da livelli di qualità dell’aria simili. Tali aree vengono determinate a partire dalle misure delle centraline fisse e dalle loro statistiche, da eventuali altre campagne di misura, da inventari di emissione e dalla vulnerabilità del territorio e dei “bersagli” (uomini e vegetazione) che esso contiene.

Per ogni inquinante di interesse la legge definisce un valore limite (VL), una soglia di valutazione superiore (SVS) e una soglia di valutazione inferiore (SVI). Le soglie, inferiori al VL, sono definite come percentuali di questo. La zonizzazione viene effettuata andando a considerare le aree in cui esiste la probabilità di superamento del VL e le zone in cui tale probabilità è trascurabile. In merito alla gestione della qualità dell’aria, nelle prime dovranno essere applicati i piani di azione (art. 7), mentre nelle seconde andranno applicati i piani di mantenimento (art. 9).

Poiché le misure da stazioni fisse hanno natura puntuale e non coprono l’intero territorio, la qualità dell’aria nei comuni privi di stazioni di monitoraggio deve essere valutata con altri metodi. Laddove esistano stazioni di misura fisse è importante accertarsi della loro rappresentatività rispetto alla zona: spesso (e questo accade anche per la rete della regione Sardegna) le stazioni sono posizionate nei punti di massima ricaduta (“hot spots”) o comunque in punti non rappresentativi di un’area sufficientemente vasta.

Se si effettuano campagne di misura con campionatori passivi o mezzi mobili è necessario successivamente stimare i limiti di legge nelle posizioni di misura, ad esempio valutando le concentrazioni in siti simili (caratterizzati dagli stessi intervalli di emissione) e determinando opportuni rapporti. E’ inoltre necessario determinare i valori di concentrazione nelle unità territoriali prive di misure. A questo scopo si possono utilizzare i modelli di dispersione atmosferica, oppure altri metodi come semplici interpolazioni, oppure interpolazioni un po’ più complesse basate ad esempio anche sull’utilizzo delle emissioni.

Prima di descrivere la metodologia utilizzata per effettuare la zonizzazione della Regione Sardegna è opportuno sottolineare il fatto che non esiste una metodologia standard a questo scopo, esistono solo indicazioni di tipo qualitativo. Ad esempio, al paragrafo 4 dell’Allegato 1 al DM 261/2002 viene riportata la seguente indicazione:

*“Per arrivare ad un sistema di zone soddisfacente è utile seguire il seguente processo di designazione delle zone. Tutti i parametri rilevanti della qualità dell’aria (medie annuali, superamenti di valori orari o giornalieri, eccetera) devono essere presi in considerazione. Successivamente viene fatto un tentativo per identificare aree con caratteristiche simili di qualità dell’aria, in termini di superamenti, tipi di sorgenti emissive, caratteristiche climatologiche o topografiche. Il quadro della qualità dell’aria che ne deriva viene quindi proiettato su una mappa del territorio delle amministrazioni locali con competenze relative al*

*controllo delle sorgenti emissive. Prendendo i confini delle amministrazioni locali come possibili limiti delle zone, vengono ricercate le combinazioni dei territori amministrativi che hanno caratteristiche simili di qualità dell’aria.”*

Appare evidente come il paragrafo sopra riportato non faccia riferimento ad una precisa metodologia o ad un preciso strumento di lavoro, basti pensare ad esempio alla frase “*viene fatto un tentativo per identificare...*”.

Nell’ambito di questo progetto la zonizzazione è stata effettuata considerando le criticità ambientali del territorio; criticità determinate a partire dall’analisi di variabili inerenti la vulnerabilità ambientale (cioè la presenza di recettori), variabili che indicano la pressione sul territorio (ad esempio le emissioni), e lo stato di qualità dell’aria.

Le variabili utilizzate per determinare la vulnerabilità ambientale sono, alla luce del fatto che la normativa è volta alla protezione della salute umana e della vegetazione:

- la popolazione;
- la presenza di aree di pregio naturalistico;
- la vegetazione.

Le variabili utilizzate per determinare la pressione ambientale sono:

- le emissioni diffuse di ogni inquinante;
- le emissioni puntuali di ogni inquinante;
- le posizioni delle sorgenti industriali.

Le variabili utilizzate per determinare lo stato di qualità dell’aria sono:

- le misure effettuate dalle stazioni di monitoraggio fisse;
- le misure effettuate appositamente nel progetto tramite l’utilizzo di campionatori diffusivi, deposimetri e mezzo mobile;
- risultati di altri metodi di valutazione di qualità dell’aria.

Oltre ai parametri elencati è importante conoscere l’orografia del territorio al fine di valutare la presenza di eventuali bacini aerologici, cioè di zone in parte isolate rispetto ai bacini confinanti

per quanto riguarda il movimento delle masse d’aria e quindi delle sostanze inquinanti da queste trasportate.

Nella scelta delle variabili sopra elencate si è stati confortati dalle indicazioni contenute all’art. 4 del DM 261/2002. Tale articolo si riferisce agli elementi conoscitivi per l’elaborazione dei piani e dei programmi, piani e programmi che si applicano alle zone o agli agglomerati. Gli elementi giudicati importanti sono lo stato di qualità dell’aria, le sorgenti di emissione quali risultano dall’inventario, l’orografia, le condizioni meteo climatiche, l’uso del suolo, la distribuzione demografica, la presenza di aree particolarmente sensibili all’inquinamento atmosferico, specie animali e vegetali protette, beni culturali ed ambientali.

Le informazioni sopra elencate sono state analizzate al fine di produrre indicatori di criticità ambientale per ogni territorio comunale. Gli indicatori relativi ad ogni variabile analizzata sono stati quindi utilizzati per determinare un unico indice di vulnerabilità per ogni comune; gli indici così ottenuti sono stati utilizzati per la zonizzazione della Regione Sardegna.

Tutte le variabili elencate si riferiscono al territorio comunale, fatta eccezione per le misure di qualità dell’aria, siano esse effettuate da stazioni di monitoraggio fisse, dal mezzo mobile o da campionatori passivi, che hanno una natura puntuale. Un altro punto da tenere presente è che in molti comuni le misure non vengono nemmeno effettuate. Per attribuire ad ogni comune un punteggio relativamente alle variabili che indicano lo stato di qualità dell’aria è prima necessario estendere la misura puntuale all’intero territorio comunale, e stimare i valori di concentrazione anche all’interno dei comuni privi di misure.

È quindi necessaria una metodologia in grado di riportare i parametri, misurati o derivati, dal punto in cui viene effettuata la misura all’intero territorio comunale; tale metodologia permetterà anche di stimare il valore comunale di un parametro all’interno dei comuni dove non vengono effettuate misure. La metodologia rientra all’interno dei “metodi di valutazione obiettiva” citati dal D.Lgs. 351 del 4 agosto 1999; alcuni di tali metodi sono brevemente descritti anche all’interno del documento *Guidance on assessment under EU air quality directives* che fornisce direttive tecniche in merito alla valutazione della QA in accordo con le Direttive europee recepite dall’Italia. Un altro documento tecnico molto utile ai fini della zonizzazione è *Guidance on assessment under EU air quality directives*. Queste due importanti pubblicazioni tecniche della



Commissione Europea, sono entrambe disponibili su internet all’indirizzo <http://europa.eu.int/comm/environment/air/ambient.htm>:

La metodologia adottata per stimare i superamenti a livello comunale dei limiti di legge è la seguente:

1. I comuni vengono classificati in base al valore di emissione dell’inquinante in esame; viene inoltre determinato il peso percentuale delle emissioni industriali (puntuali) e delle emissioni diffuse.
2. Le stazioni di misura sono classificate in due grandi gruppi: tipo I, il cui scopo è misurare la concentrazione atmosferica degli inquinanti emessi dalle industrie, e di altro tipo, il cui scopo è misurare la concentrazione atmosferica degli inquinanti emessi dal traffico veicolare e dalle altre attività non industriali.
3. I parametri di interesse per ogni inquinante vengono classificati in base al tipo di stazione di monitoraggio (punto 2) e alla classe emissiva (punto 1) del comune in cui la stazione di monitoraggio è ubicata. Si osserva che il numero di classi emissive comunali e il numero di tipologie di stazioni di monitoraggio utilizzabili è vincolato dalla necessità di avere almeno un parametro all’interno di ogni cella della tabella seguente. L’utilizzo di più di due classi emissive o più di due tipologie di stazioni non sempre rispetta tale vincolo a causa delle tipologie di stazioni presenti in Sardegna, e del fatto che numerose stazioni di monitoraggio non hanno fornito dati validi per l’anno 2001 (anno di riferimento dell’inventario).

		<b>Classe Comune</b>	
		<b>E1</b>	<b>E2</b>
<b>Tipo Stazione</b>	<b>I</b>	Par(E1,I)	Par(E2,I)
	<b>D</b>	Par(E1,D)	Par(E2,D)

**Tabella 1 – Parametri di interesse**

4. Il valore a livello comunale del parametro di interesse viene determinato come combinazione lineare del parametro caratteristico per quella classe di comune pesata sui contributi emissivi di tipo industriale e non industriale. In formule, per il comune  $i$  di classe  $E_i$ :

$$Par(i) = 0.01 [Par(E_i, I)EMI\%_{IND} + Par(E_i, D)EMI\%_{DIF}]$$

La formula appena riportata si applica al calcolo dei superamenti. Le concentrazioni media e massima a livello comunale, parametri utili ai fini della valutazione dell’esposizione di vegetazione e popolazione, vengono stimate utilizzando un modello empirico sviluppato dalla EEA (European Environment Agency) noto come *cQ model*. Tale modello è descritto dalla seguente formula empirica:

$$C = C_b + k[Q_t + p(Q_i + Q_a)]$$

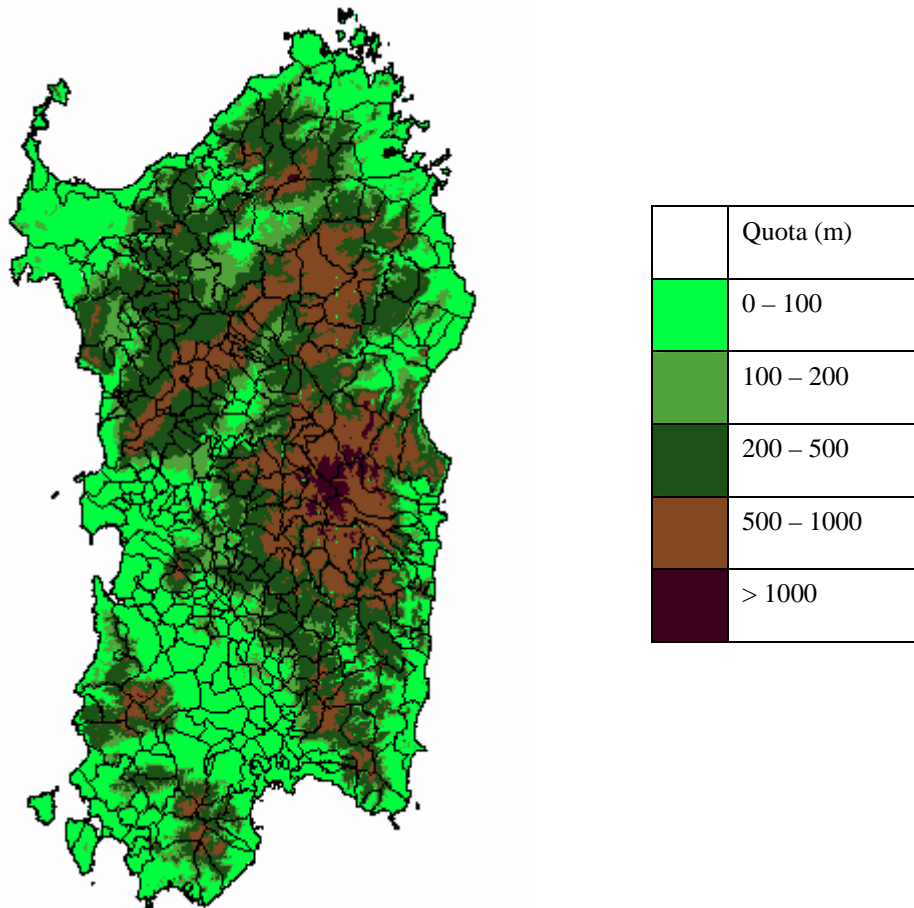
dove  $C$  è la concentrazione da calcolare,  $C_b$  è la concentrazione di fondo che si riferisce all’intero territorio di studio (l’intera regione),  $Q_t$  indica le emissioni annuali da traffico,  $Q_i$  indica le emissioni annuali di origine industriale e  $Q_a$  indica le emissioni di altra natura. Le emissioni totali sul territorio comunale sono indicate con  $Q (=Q_t + Q_i + Q_a)$ . Il coefficiente empirico  $k$  è la media dei rapporti  $(C-C_b)/Q$  per i comuni che appartengono ad una determinata classe emissiva, mentre il coefficiente  $p$  è un fattore di scala per le emissioni che non avvengono a livello del suolo ( $p=0.4$ ).

La metodologia descritta in questo paragrafo si applica esclusivamente agli inquinanti *primari*, in particolare CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e polveri. Essa non è applicabile ad inquinanti *secondari* come l’ozono. Tuttavia l’ozono, non essendo emesso, non è sensibile ai gradienti di emissione come lo sono gli altri inquinanti, fatta eccezione per alcuni inquinanti (NO) che abbattano i suoi valori. Per questo motivo, per i parametri ottenuti dalle misure di concentrazione dell’ozono, ad esempio l’AOT40, sono in prima approssimazione accettabili anche procedure di interpolazione (ad esempio con la tecnica di kriging). La possibilità di effettuare interpolazioni spaziali è prevista anche all’interno del documento *Guidance on assessment under EU air quality directives*.

La metodologia descritta sopra risulterà più chiara dopo avere letto l’esempio di applicazione per un singolo comune riportato nell’Appendice B.

## 2 OROGRAFIA

La conformazione orografica del territorio permette di individuare, in prima approssimazione, i bacini aerologici, dove per bacino aerologico si intende un’area *relativamente* isolata rispetto agli apporti inquinanti provenienti dai bacini limitrofi.



**Figura 1 – Orografia della Sardegna**

La suddivisione del territorio in bacini aerologici consente di isolare e, di conseguenza, di studiare in maniera indipendente le fonti emissive, semplificando anche la formulazione delle ipotesi di interventi di risanamento nelle zone compromesse.

I principali rilievi della Sardegna sono costituiti dal massiccio del Limbara, dalle catene del Marghine e del Goceano, dal massiccio del Gennargentu, dal massiccio del Linas e dai rilievi del Sulcis, dalla catena del Serpeddi e dei Sette Fratelli.

Si possono quindi distinguere, semplificando notevolmente, due grandi bacini aerologici, quello a Nord della catena del Margine e del Goceano, comprendente ad esempio Sassari, Alghero e Olbia, e quello a Sud contenente ad esempio il Campidano.

Una ulteriore suddivisione potrebbe ripartire il territorio regionale in questi bacini:

- bacino del Sulcis-Iglesiente;
- bacino del Campidano e del versante sud–occidentale del Gennargentu;
- bacino costiero sud-orientale;
- bacino del versante nord-occidentale del Gennargentu, fino alle catene del Marghine e del Goceano;
- bacino nord-occidentale, delimitato dal Limbara e dalle catene del Marghine e del Goceano;
- bacino nord-orientale, delimitato dal Limbara, dalla catena del Goceano e dal Monte Albo.

Per una corretta zonizzazione è necessario tenere in considerazione una simile ripartizione del territorio soprattutto nel caso in cui una zona (esclusa la zona di mantenimento) sia, in prima battuta, significativamente ripartita tra due o più bacini aerologici; in tal caso sarà indispensabile esaminare la possibilità di suddividere la zona stessa in più zone distinte.

Nel presente studio ogni zona individuata (si veda il cap. 7) è interamente ricadente all’interno di un unico bacino aerologico e, pertanto, questa ripartizione non ha comportato ulteriori variazioni alla zonizzazione proposta.

I bacini aerologici costituiscono inoltre zone di maggior dettaglio, rispetto all’intero territorio regionale, per l’applicazione dei modelli di dispersione degli inquinanti; nella prosecuzione dello studio potranno essere effettuate sia elaborazioni modellistiche a scala regionale, sia elaborazioni modellistiche a scala di bacino aerologico.

### 3 VULNERABILITÀ AMBIENTALE

La normativa stabilisce livelli per la protezione della popolazione e degli ecosistemi. E’ quindi necessario conoscere la distribuzione di questi elementi sul territorio.

#### 3.1 POPOLAZIONE

La distribuzione di popolazione in Sardegna è illustrata in Figura 2. La maggior parte dei comuni, 316 su 377, ha una popolazione inferiore a 5000 abitanti; solo 8 comuni, tra cui i 4 capoluoghi, hanno una popolazione superiore a 30000 abitanti. Nessun comune supera la soglia dei 250000 abitanti utilizzata dalla normativa per definire gli agglomerati (il comune più popoloso è Cagliari con quasi 170000 abitanti). Tuttavia gli agglomerati possono essere definiti anche in base alla densità di popolazione.

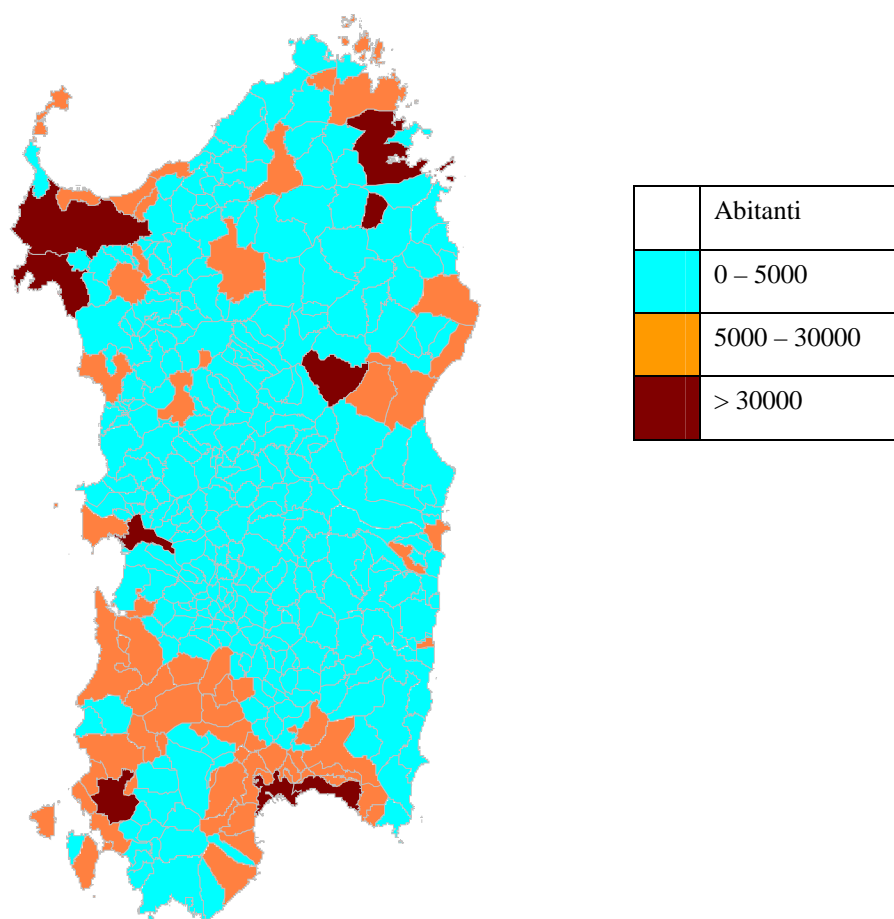


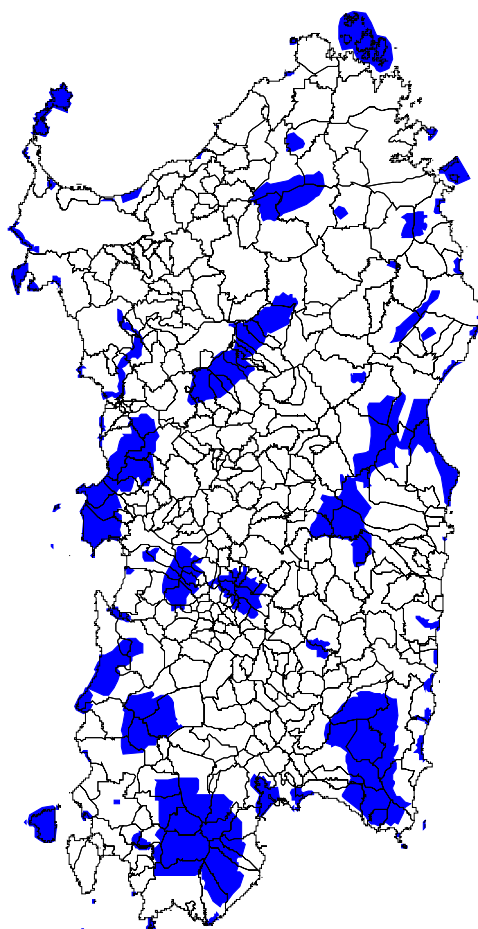
Figura 2 - Mappa della distribuzione di popolazione.

<b>Popolazione</b>	<b>Classe</b>	<b>Comuni</b>
0 – 5000	1	316
5000 – 30000	2	53
> 30000	3	8

**Tabella 2 - Classificazione dei comuni in funzione della loro popolazione.**

### **3.2 AREE VERDI**

Allo scopo di classificare il territorio dal punto di vista della presenza di aree verdi, è stata considerata in ogni comune la presenza di aree di particolare pregio naturalistico. Per aree di particolare pregio naturalistiche sono state assunte quelle individuate dalla Legge regionale 07/06/1989 n. 31, dal DPR 30/03/1998, dal DPR 22/07/1999 e dalla Direttiva 92/43 (“Habitat”) della Comunità Europea recepita con il DPR 357/1997 (siti di importanza comunitaria e zone a protezione speciale). Le aree di pregio naturalistico così ottenute sono mostrate nella figura seguente.



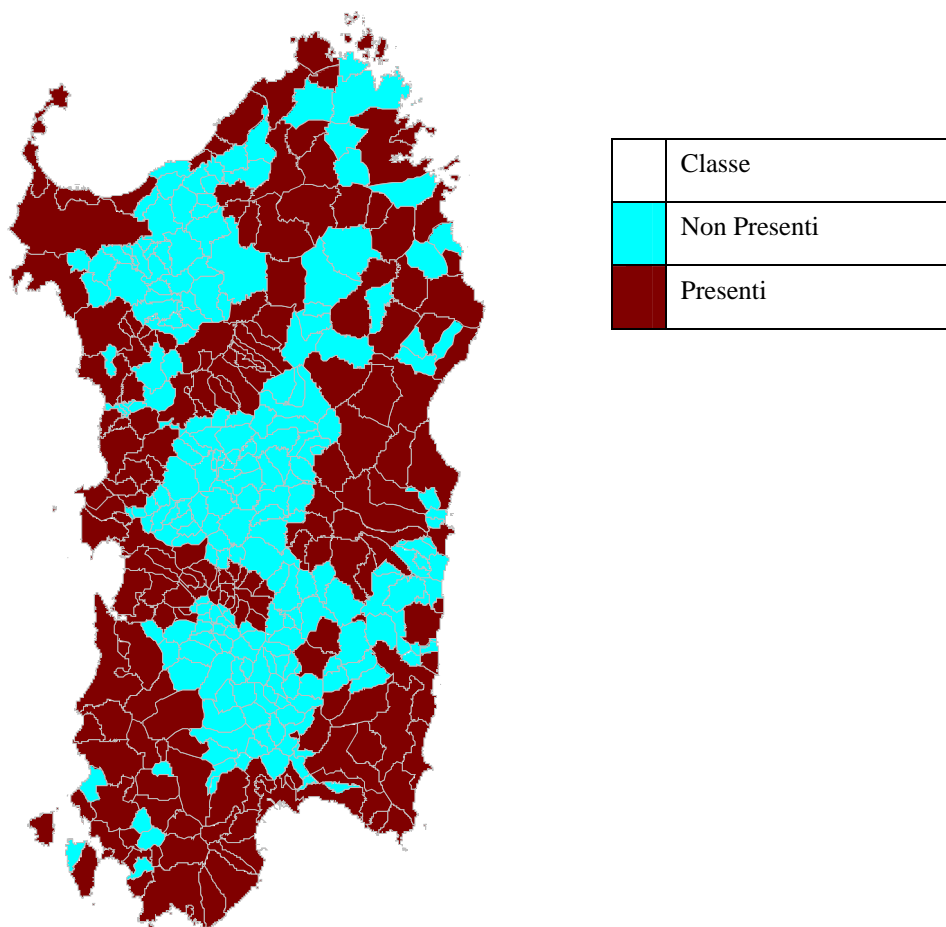
**Figura 3 - Aree di pregio naturalistico della Regione Sardegna.**

Al fine di identificare i comuni contenenti queste zone di pregio dal punto di vista ambientale, sono state eseguite operazioni di intersezione tra i poligoni che le rappresentano e quelli che rappresentano i comuni. La figura seguente mostra il risultato di tale operazione: vengono evidenziati con diversi colori i comuni privi di aree di pregio e quelli che le contengono. La distribuzione numerica delle aree protette nei comuni è indicata nella tabella seguente.

Aree di pregio naturalistico	Comuni
Non presenti	212
Presenti	165

**Tabella 3 - Comuni contenenti aree di pregio naturalistico**





**Figura 4 - Classificazione dei comuni relativamente alla presenza di aree di pregio naturalistico.**

Si è quindi attribuito un punteggio nullo ai comuni privi di aree di pregio naturalistico, e punteggio unitario ai comuni che le contengono.

Classi aree protette	Classe	Comuni
Non presenti	0	212
Presenti	1	165

**Tabella 4 - Classificazione dei comuni relativamente alla presenza di aree di pregio naturalistico.**

### 3.3 COLTIVAZIONI E ALTRO

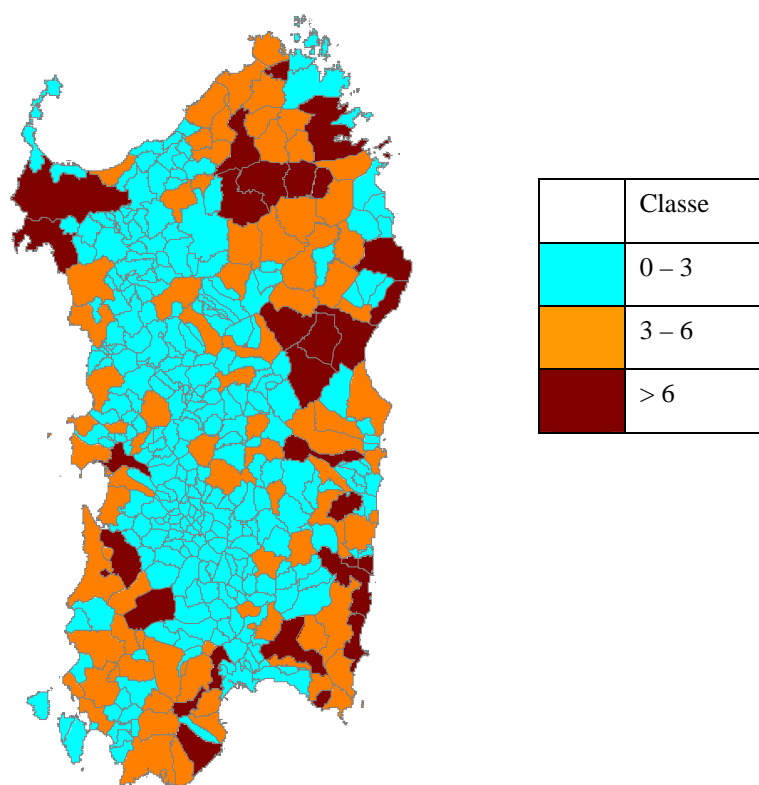
Ai fini della protezione della vegetazione i comuni sono stati classificati anche in base al numero di diversi tipi di coltivazioni effettuate al loro interno o di piante spontanee che vi crescono. Le informazioni necessarie per questa classificazione sono state prese dalla *Carta dell’uso del suolo della Regione Autonoma della Sardegna, Edizione 2002*, opportunamente corretta ed analizzata con l’utilizzo di strumenti di cartografia digitale. È stata considerata in ogni comune la presenza dei seguenti elementi:

- vigneti;
- frutteti;
- oliveti;
- risaie;
- vivai;
- boschi di conifere;
- boschi di latifoglie;
- boschi misti;
- macchia mediterranea;
- gariga;
- sugherete;
- castagneti;
- pioppeti;
- lagune e stagni.

L’ultima voce (lagune e stagni) è stata inserita allo scopo di considerare, in senso generale, gli ecosistemi.

Ogni coltivazione è stata considerata significativa all’interno di un comune solo quando il rapporto tra la superficie comunale dedicata alla coltivazione e la superficie totale regionale dedicata a quella coltivazione supera una determinata soglia. Il valore soglia utilizzato è pari a

0.265%, cioè il valore che si otterrebbe se ogni coltivazione si distribuisse omogeneamente all’interno di ognuno dei 377 comuni della Sardegna indipendentemente dalla superficie del comune. Per esempio, considerando i vigneti, il territorio regionale dedicato a questa coltivazione è all’incirca pari a 160 km<sup>2</sup>, di cui 4.70% nel comune di Alghero e lo 0.04% nel comune di Anela; quindi la coltivazione di vite è stata considerata significativa in Alghero ma non in Anela. Seguendo questo procedimento, la classe per le coltivazioni significative in ogni comune varia da 0 a 9; la classificazione è mostrata nella figura seguente e riepilogata nella tabella ad essa successiva.



**Figura 5 - Classificazione dei comuni relativamente alle coltivazioni**

Classi coltivazioni	Classe	Comuni
0 – 3	1	278
3 – 6	2	76
> 6	3	23

**Tabella 5 - Classificazione dei comuni relativamente alle coltivazioni**

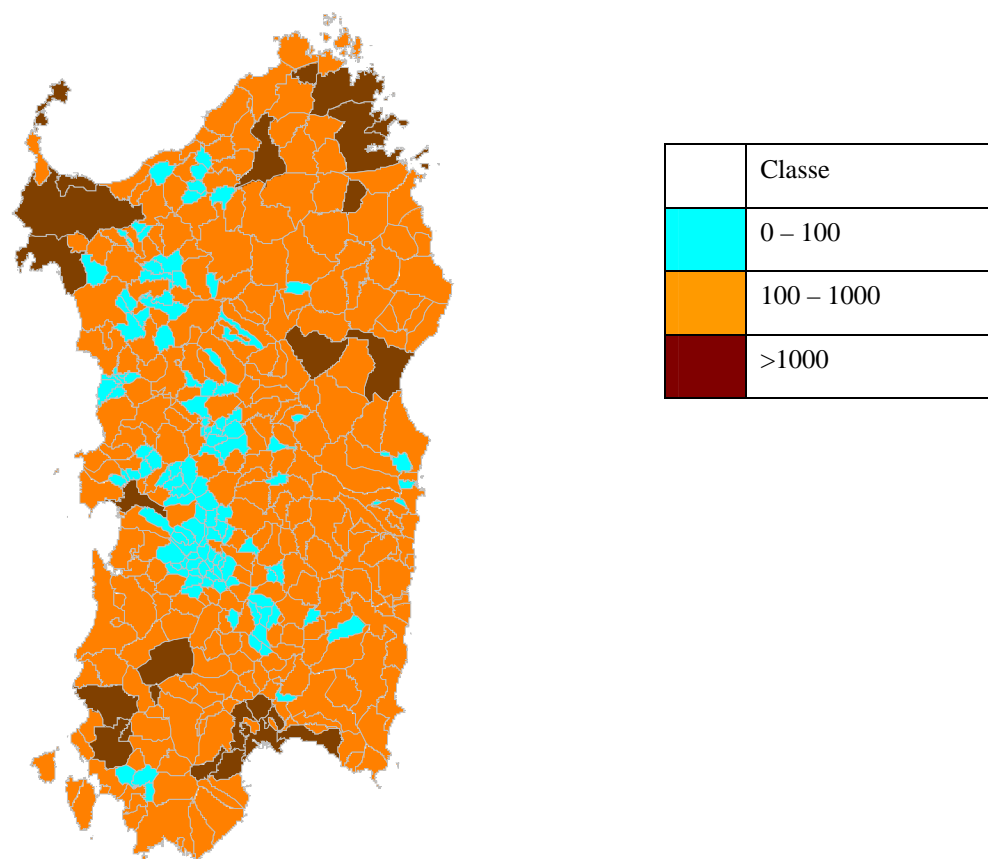
## **4 PRESSIONE AMBIENTALE**

### **4.1 EMISSIONI DIFFUSE**

Le mappe di criticità relative alle emissioni diffuse in atmosfera sono state ottenute a partire dai risultati dell’inventario delle emissioni per l’anno 2001, in base ai livelli di emissione di CO, NMVOC, NO<sub>x</sub>, Polveri e SO<sub>2</sub>. La relativa classificazione è riportata nelle seguenti figure e tabelle.

Va osservato anzitutto che, ai fini della zonizzazione, ad ogni comune vengono assegnate le emissioni di pertinenza in maniera omogenea, mentre esse sono in realtà distribuite in maniera non omogenea nel territorio.

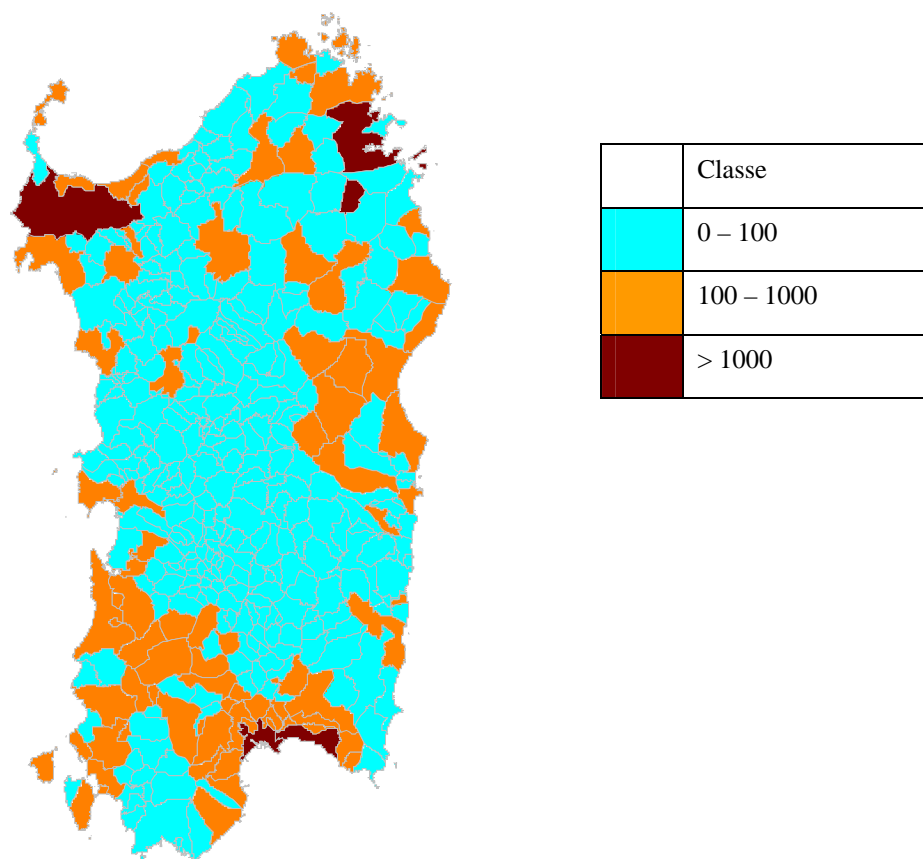
Va anche osservato che vengono prese in considerazione le emissioni annue totali dei vari inquinanti, anche se queste hanno, in molti casi, un andamento stagionale; alcuni specifici contributi alle emissioni sono poi anche limitati nel tempo, come ad esempio quelli derivanti dai flussi turistici o dagli incendi. Gli andamenti stagionali vengono tuttavia presi in considerazione in maniera implicita dalla metodologia adottata, perché l’inventario delle emissioni, da cui sono tratti i relativi dati di input, ne tiene pienamente conto; In un paragrafo successivo vengono effettuate, a titolo di esempio, alcune considerazioni aggiuntive sull’influenza dei flussi turistici sulle emissioni.



**Figura 6 - Classificazione dei comuni in base alle emissioni diffuse di CO (t/anno)**

<b>Classi Emissioni diffuse CO</b>	<b>Classe</b>	<b>Comuni</b>
0 – 100	1	117
100 – 1000	2	241
> 1000	3	19

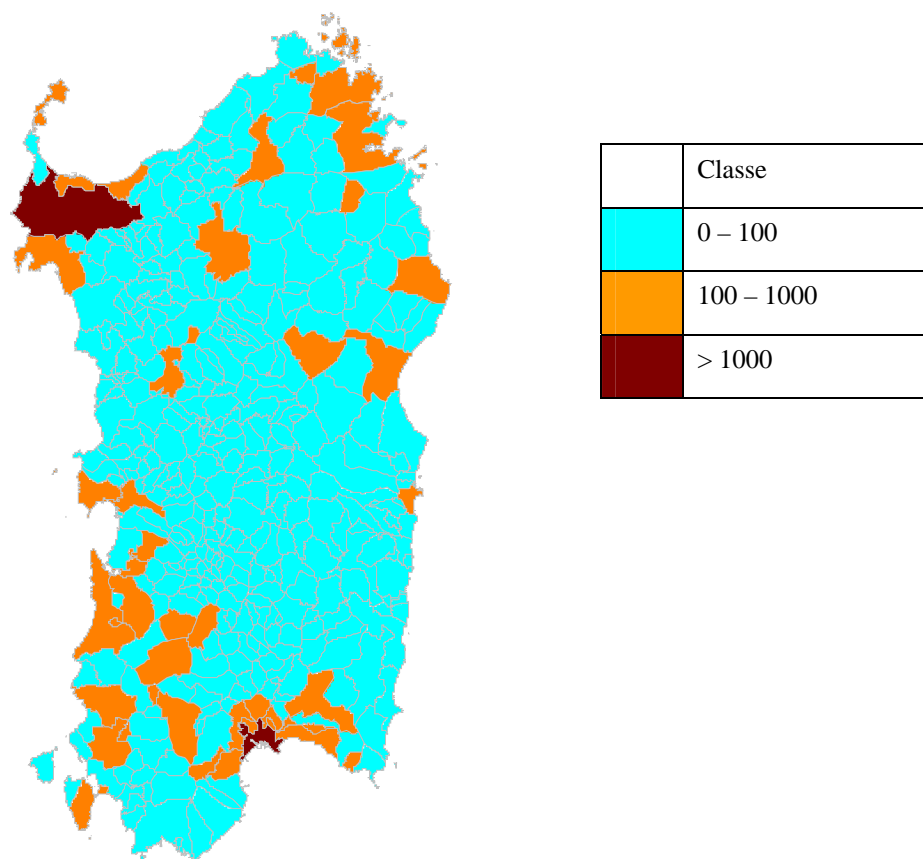
**Tabella 6 - Classificazione dei comuni relativamente alle emissioni diffuse di CO (t/anno)**



**Figura 7 - Classificazione in base alle emissioni diffuse di NMVOC (t/anno)**

<b>Classi Emissioni diffuse NMVOC</b>	<b>Classe</b>	<b>Comuni</b>
0 – 100	1	306
100 – 1000	2	67
> 2000	3	4

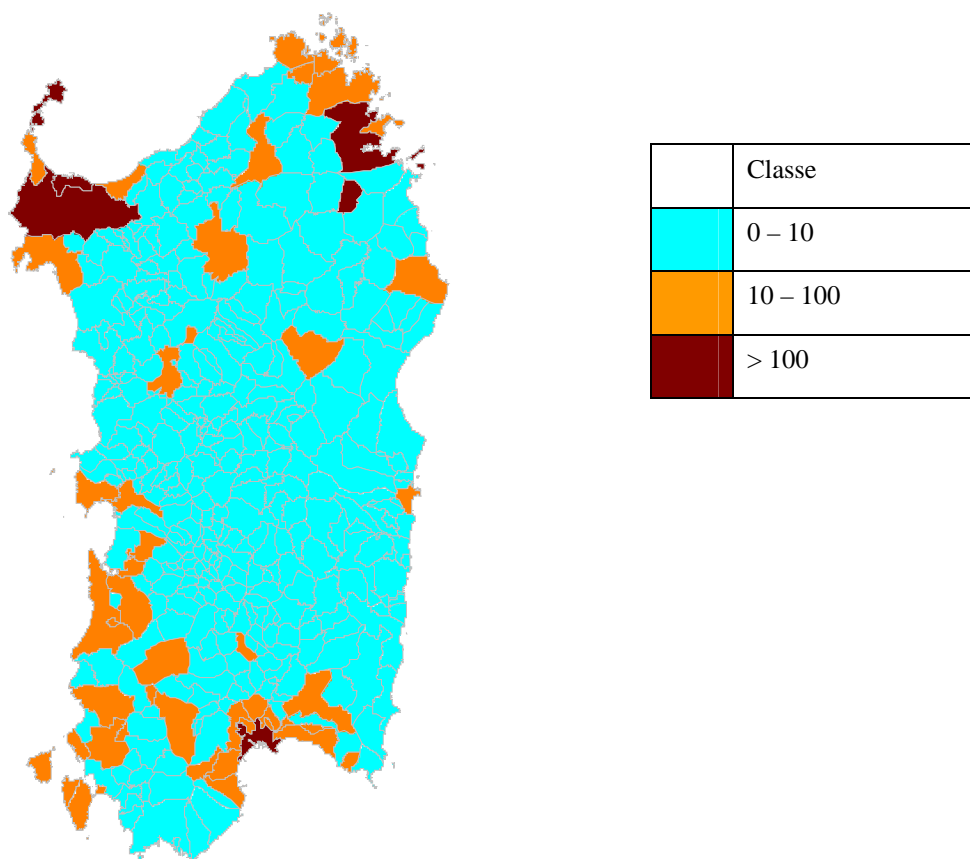
**Tabella 7 - Classificazione relativamente alle emissioni diffuse di NMVOC (t/anno)**



**Figura 8 - Classificazione dei comuni in base alle emissioni diffuse di NO<sub>x</sub> (t/anno)**

Classi Emissioni diffuse NO <sub>x</sub>	Classe	Comuni
0 – 100	1	340
100 – 1000	2	35
> 1000	3	2

**Tabella 8 - Classificazione dei comuni relativamente alle emissioni diffuse di NO<sub>x</sub> (t/anno)**

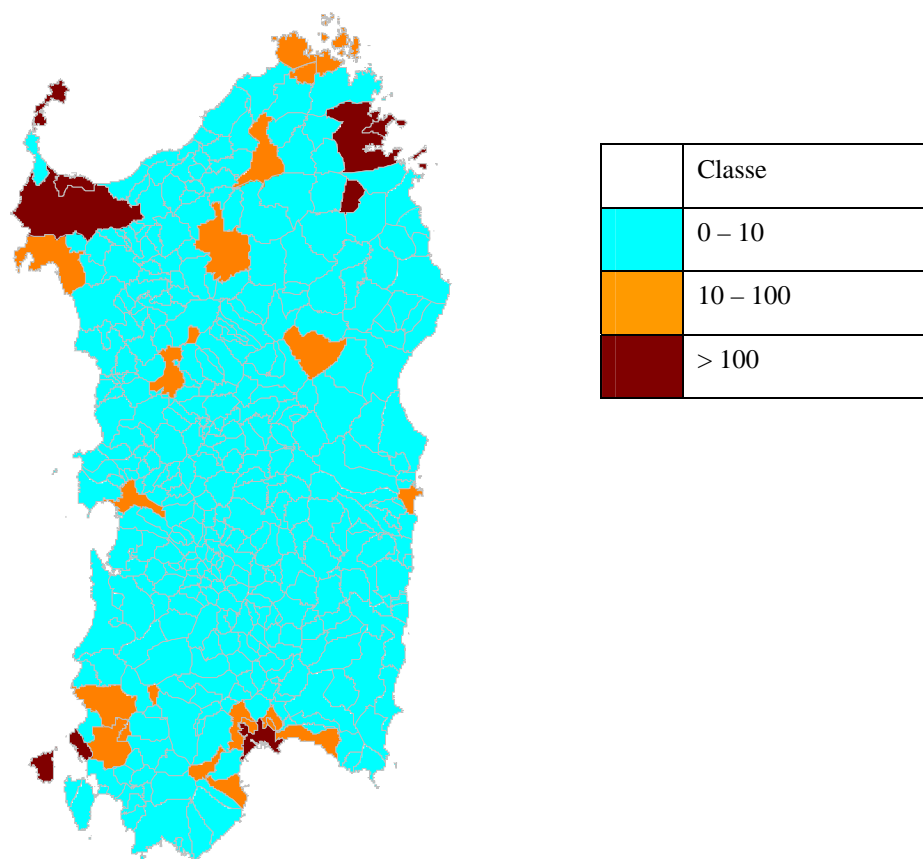


**Figura 9 - Classificazione dei comuni in base alle emissioni diffuse di Polveri (t/anno).**

<b>Classi Emissioni diffuse Polveri</b>	<b>Classe</b>	<b>Comuni</b>
0 – 10	1	334
10 – 100	2	39
> 100	3	4

**Tabella 9 - Classificazione dei comuni relativamente alle emissioni diffuse di Polveri (t/anno).**





**Figura 10 - Classificazione dei comuni in base alle emissioni diffuse di SO<sub>2</sub> (t/anno).**

Classi Emissioni diffuse SO <sub>2</sub>	Classe	Comuni
0 – 10	1	352
10 – 100	2	18
> 100	3	7

**Tabella 10 - Classificazione dei comuni relativamente alle emissioni diffuse di SO<sub>2</sub> (t/anno).**

#### 4.1.1 L’influenza dei flussi turistici sulle emissioni

Il presente paragrafo mostra, con un esempio sull’influenza dei flussi turistici, come le variazioni stagionali di alcune tipologie di emissioni siano tenute implicitamente in considerazione dalla metodologia adottata.

I flussi turistici provocano un aumento del traffico (aereo e navale) da e per la Sardegna, e un aumento della popolazione presente nel territorio regionale; la popolazione turistica fornisce un contributo alle emissioni perché provoca un aumento del traffico marittimo delle piccole imbarcazioni (motoscafi, moto d’acqua, gommoni, yacht, ecc.), del consumo di energia elettrica per usi vari (negli alberghi, nelle abitazioni, nei residence, nei campeggi), della quantità di acque reflue trattate nei depuratori, della quantità di rifiuti solidi urbani conferiti in discarica, ecc.. Tutte queste attività provocano, con processi anche molto diversi, delle emissioni inquinanti in atmosfera. Non sono significativi, invece, i contributi alle emissioni da riscaldamento degli edifici, dato che i flussi turistici si concentrano quasi esclusivamente nel periodo estivo.

Nell’inventario questi contributi sono stati pienamente considerati, assieme a quelli della popolazione residente, perché:

- L’indicatore utilizzato per stimare le emissioni annue da traffico aereo è il numero annuo di cicli di LTO (landing and take off, cioè atterraggi e partenza) per tipologia di aeromobile per aeroporto.
- L’indicatore primario utilizzato per stimare le emissioni annue da traffico marittimo (navi di linea per trasporto passeggeri e merci) è il numero annuo di attracchi per nave per porto; gli altri indicatori sono relativi a caratteristiche del traffico nel singolo porto (tempo medio di permanenza delle navi, ecc.).
- L’indicatore primario utilizzato per stimare le emissioni annue del traffico marittimo delle piccole imbarcazioni è il numero di posti barca per porto.
- I consumi di energia elettrica dovuti alla popolazione turistica non provocano direttamente emissioni, legate invece all’utilizzo di combustibili fossili nelle centrali termoelettriche; le relative emissioni sono concentrate nei siti in cui sono presenti le centrali stesse e sono considerate nell’inventario sulla base dei dati forniti dai gestori degli impianti di produzione.
- L’indicatore primario utilizzato per calcolare le emissioni da trattamento di acque reflue è il numero di abitanti equivalenti per depuratore; i depuratori dei comuni interessati ai flussi turistici sono in genere dimensionati per soddisfare le esigenze del periodo estivo e, quindi, le emissioni totali stimate tengono conto anche dell’apporto della popolazione turistica. Le emissioni totali sono state, proprio per questo motivo, probabilmente

sovrastimate, ma le emissioni dovute alle attività di depurazione forniscono un contributo piuttosto modesto alle emissioni globali.

- L’indicatore primario utilizzato per calcolare le emissioni delle discariche è il volume totale di materiale stoccato per discarica e la relativa età di esercizio; è chiaro, quindi, che anche i maggiori conferimenti dovuti alla popolazione turistica sono stati presi in considerazione. Anche in questo caso le emissioni forniscono un contributo piuttosto modesto alle emissioni globali.

In aggiunta a queste considerazioni bisogna anche sottolineare come tutte le emissioni sopra elencate siano state anche inquadrare geograficamente e attribuite ai relativi comuni, perché di ogni sorgente emissiva (porti, aeroporti, depuratori, discariche, centrali termoelettriche) sono note le coordinate e il territorio comunale di appartenenza; i relativi contributi dovuti al flusso turistico sono quindi stati stimati correttamente e correttamente attribuiti ai comuni interessati.

È anche opportuno segnalare che in un inventario regionale si considerano solamente le quantità di inquinanti emessi dal traffico aereo e navale nelle immediate vicinanze di porti e aeroporti, mentre si trascurano le emissioni di “crociera”, lontane dal suolo o dalla terraferma.

Rimane da considerare il contributo alle emissioni derivante dall’utilizzo di automobili da parte della popolazione turistica: anche in questo caso, poiché le emissioni sono state calcolate a partire dalle vendite annue di carburanti, disponibili per Provincia, queste sono certamente corrette (nei limiti della metodologia di calcolo, una applicazione del modello standard COPERT III) e comprensive delle emissioni delle auto dei turisti (che, quando sono in Sardegna, si servono ovviamente dei distributori di carburante della rete regionale). Le approssimazioni introdotte con l’assimilare la composizione media del parco auto dei turisti con quella del parco auto isolano sono sicuramente inferiori a tutte le approssimazioni insite nel modello COPERT, alle ipotesi sulle caratteristiche medie delle strade (pendenze, ecc.), agli stili di guida (velocità media in ambito urbano, extraurbano, ecc.), allo stato di manutenzione dei veicoli, alla composizione dei carburanti, al numero medio di km percorsi al giorno per autoveicolo, ecc..

Le emissioni annue stimate per provincia (sulla base del parco auto provinciale, delle vendite di carburanti per Provincia, delle ipotesi sopra ricordate) sono state disaggregate per territorio comunale sulla base del parco auto dei singoli comuni.

È però noto che i flussi turistici si concentrano maggiormente sui comuni costieri, comportando, di fatto, una alterazione del relativo parco auto (anche se per un periodo di tempo limitato) e, dunque, delle emissioni. Per analizzare in maniera corretta questo fenomeno bisognerebbe conoscere come si distribuisce la popolazione turistica, ma anche come variano nel periodo estivo i percorsi della popolazione residente; mentre il primo dato è stimabile, con una certa approssimazione, a partire dal numero di posti letto in strutture ricettive e di vani abitativi per comune, il secondo non è sicuramente disponibile per mancanza di apposite statistiche o almeno di dettagliate rilevazioni di traffico. Eppure è noto l’elevato traffico nei fine settimana tra i comuni interni (ma non solo) e certi comuni costieri: emblematico il caso degli spostamenti tra l’hinterland di Cagliari e le coste sud-orientali (Villasimius, Costa Rei), dove molti sardi possiedono la seconda casa. Al contrario, molti turisti potrebbero avere abitudini più “stanziali”, utilizzando l’automobile solo per raggiungere dal porto di arrivo il luogo di villeggiatura, per piccoli spostamenti albergo-mare o casa-mare e viceversa e, qualche volta, per escursioni verso l’interno.

Le figure seguenti riportano le vendite mensili di benzina e gasolio per autotrazione per provincia; per brevità e perché meno rilevanti non vengono riportate le vendite di GPL. Per le vendite di benzina si nota l’aumento nel periodo estivo soprattutto nelle province di Sassari e Nuoro. La situazione è simile per le vendite di gasolio, anche se presenta qualche differenza negli andamenti, soprattutto per la provincia di Cagliari.

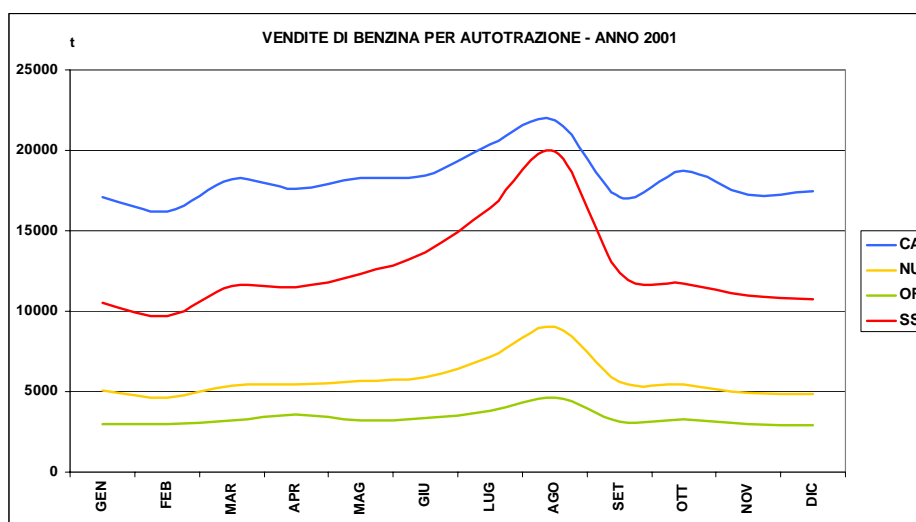
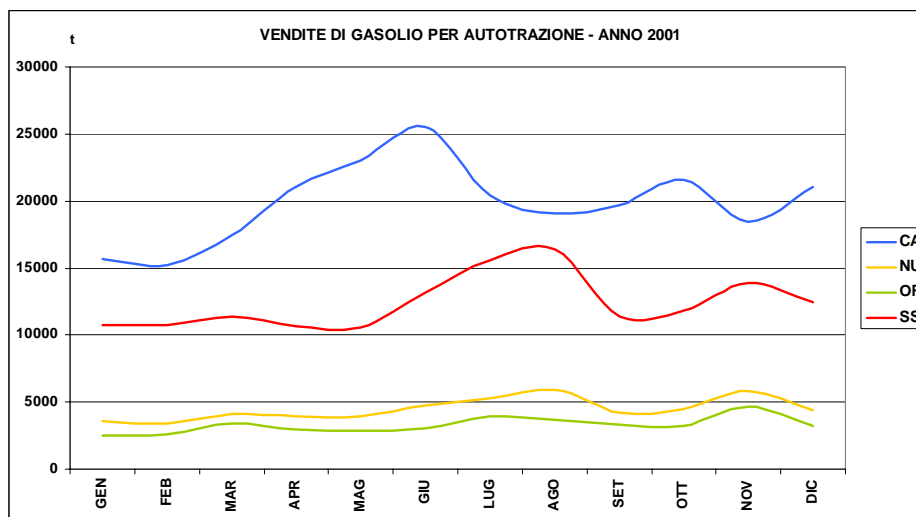


Figura 11 – Vendite di benzina per autotrazione per provincia



**Figura 12 – Vendite di gasolio per autotrazione per provincia**

Rispetto alla media annua questi aumenti sono in qualche caso notevoli, raggiungendo per la benzina quasi il 60% per le province di Nuoro e Sassari e per il gasolio il 30% per tutte le province.

Se però l’aumento dei consumi del periodo estivo viene riportato ai consumi annui, esso si riduce al massimo a circa il 9% per la benzina in Provincia di Sassari e a circa il 6% per il gasolio, sempre per la provincia di Sassari. In altre parole, se nei mesi di Luglio e Agosto le vendite di benzina fossero quelle medie del periodo rimanente (Gennaio-Giugno e Settembre-Dicembre), ci sarebbe un decremento solo del 9% (in provincia di Sassari) delle vendite stesse; analogamente per il gasolio. Su base regionale questi decrementi sarebbero di circa il 6% per la benzina e del 3% per il gasolio. La tabella seguente riporta queste differenze percentuali per entrambe le tipologie di carburante e per tutte le province.

	CA	NU	OR	SS	Totale
Benzina	3.2	8.2	5.2	8.8	5.8
Gasolio	-0.1	5.2	3.2	6.2	2.6

**Figura 13 – Raffronto tra le vendite di carburanti**

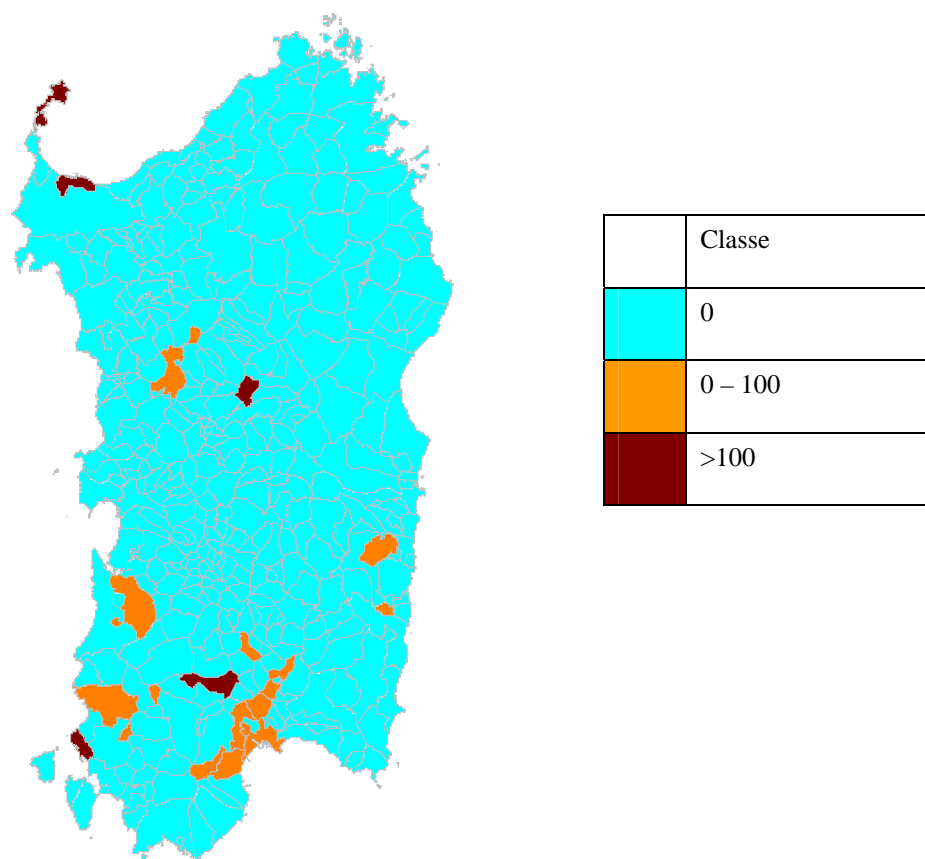
Se si considera inoltre che la popolazione turistica si distribuisce lungo un perimetro costiero notevolmente esteso (le coste della Sardegna hanno una lunghezza totale di oltre 1800 km), appartenente prevalentemente a comuni scarsamente popolosi (con l’eccezione di Alghero e

Olbia), spesso in frazioni abitate solo nel periodo estivo, si capisce come le emissioni siano distribuite in un territorio piuttosto vasto e non possano incidere significativamente sulla qualità dell’aria.

Questo è confermato dalla apposita campagna di misura svolta nell’estate del 2004 (si veda l’Appendice A) che ha toccato molti comuni costieri fortemente interessati dal fenomeno turistico, come Alghero, Stintino, Valledoria, Palau, San Teodoro, Villasimius, fornendo valori di inquinamento sempre nella norma. Paradossalmente le eventuali maggiori emissioni del traffico veicolare nei comuni costieri (soprattutto le emissioni di NO<sub>x</sub>) potrebbero contribuire a ridurre il fenomeno dell’inquinamento da Ozono, sicuramente il più significativo nelle zone non fortemente urbanizzate e industrializzate della Sardegna.

## **4.2 EMISSIONI PUNTUALI**

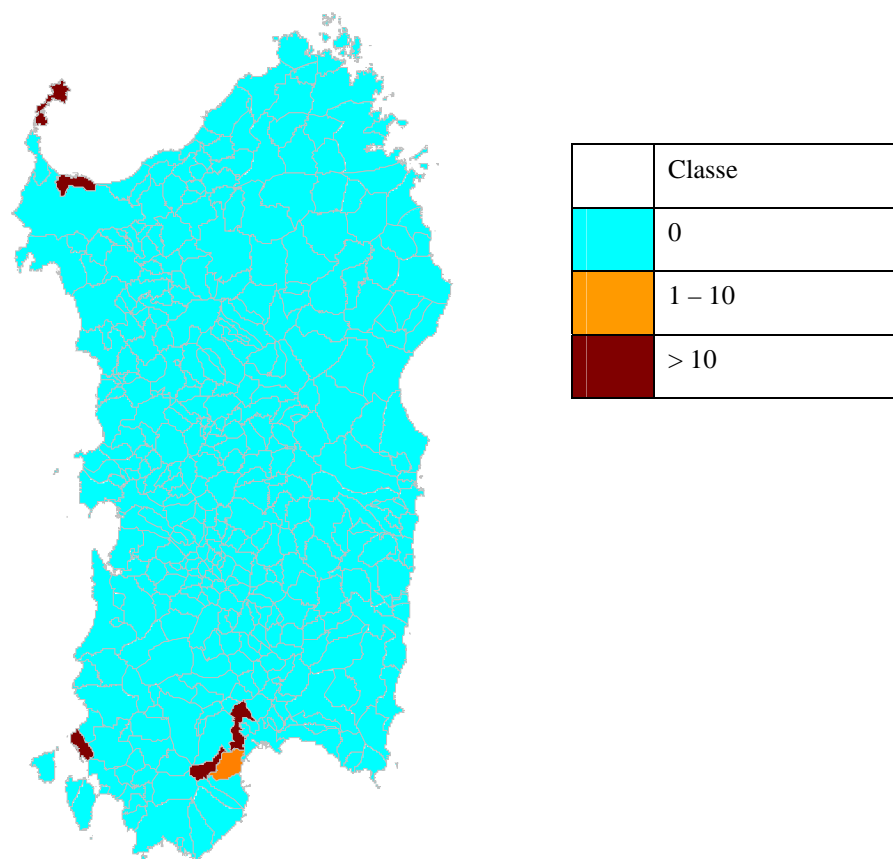
Le mappe di criticità relative alle emissioni puntuali in atmosfera sono state ottenute a partire dai risultati dell’inventario delle emissioni per l’anno 2001. I Comuni sono stati classificati in base al livello di emissione degli inquinanti CO, NMVOC, NO<sub>x</sub>, Polveri e SO<sub>2</sub>. Sono stati quindi ottenuti 5 tematismi che vengono riportati nelle figure seguenti. Nell’ambito dell’inventario delle emissioni sono state considerate come puntuali le emissioni caratterizzate da un rateo superiore a 10 t/anno almeno per un inquinante *convenzionale*, oppure superiore a 250 kg/anno per i metalli.



**Figura 14 - Classificazione dei comuni in base alle emissioni puntuali di CO (t/anno)**

Classi Emissioni puntuali CO	Classe	Comuni
0	0	363
0 – 100	1	10
> 100	2	4

**Tabella 11 - Classificazione dei comuni relativamente alle emissioni puntuali di CO (t/anno)**

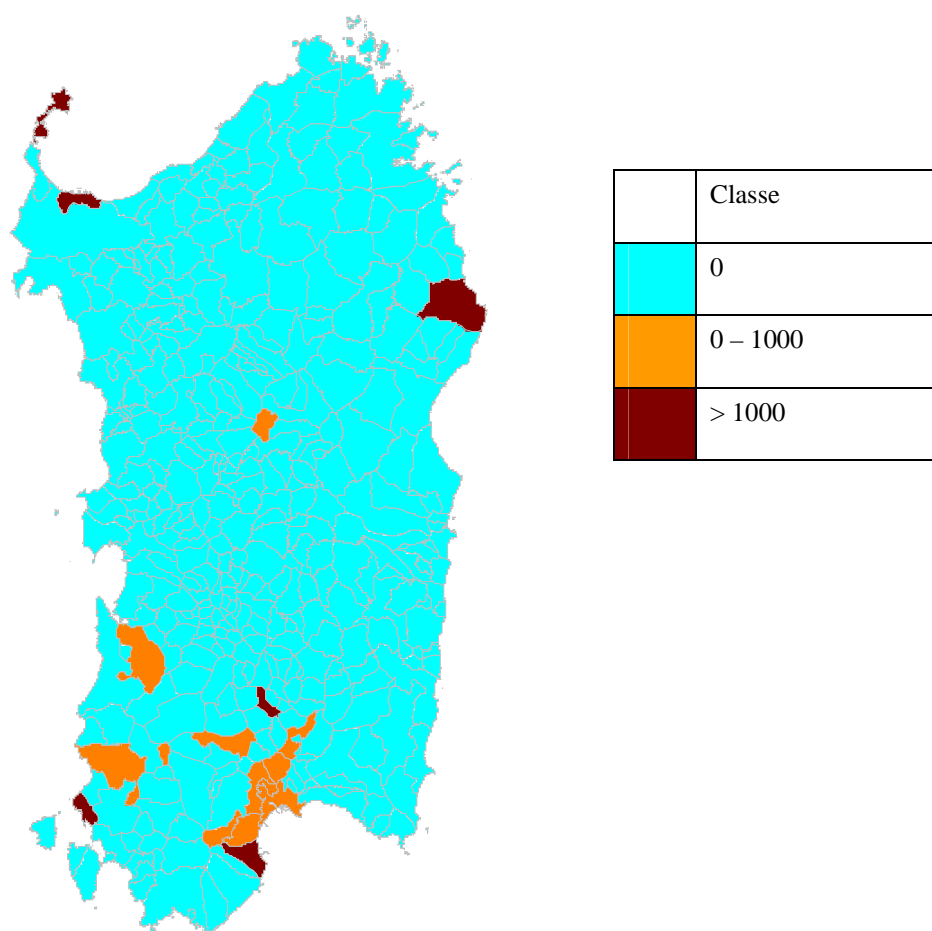


**Figura 15 - Classificazione dei comuni in base alle emissioni puntuali di NMVOC (t/anno)**

<b>Classi Emissioni puntuali NMVOC</b>	<b>Classe</b>	<b>Comuni</b>
0	0	373
0 – 10	1	1
> 10	2	3

**Tabella 12 - Classificazione relativamente alle emissioni puntuali di NMVOC (t/anno)**

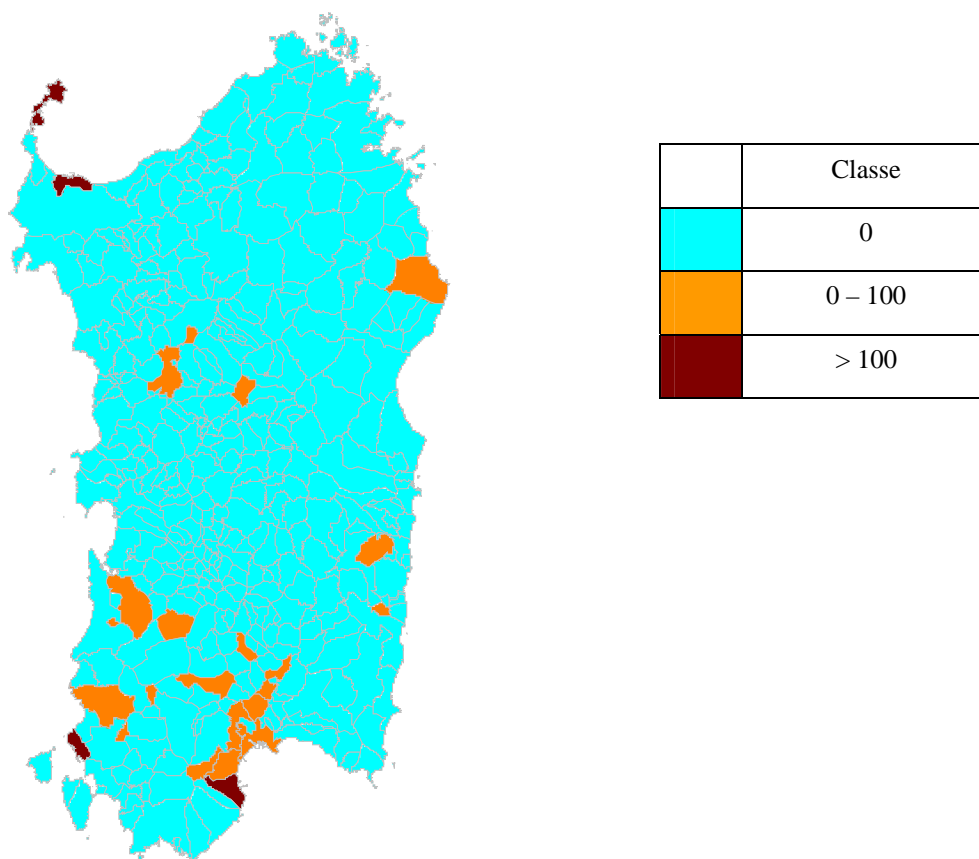




**Figura 16 - Classificazione dei comuni in base alle emissioni puntuali di NO<sub>x</sub> (t/anno).**

<b>Classi Emissioni puntuali NO<sub>x</sub></b>	<b>Classe</b>	<b>Comuni</b>
0	0	362
0 – 1000	1	10
> 1000	2	5

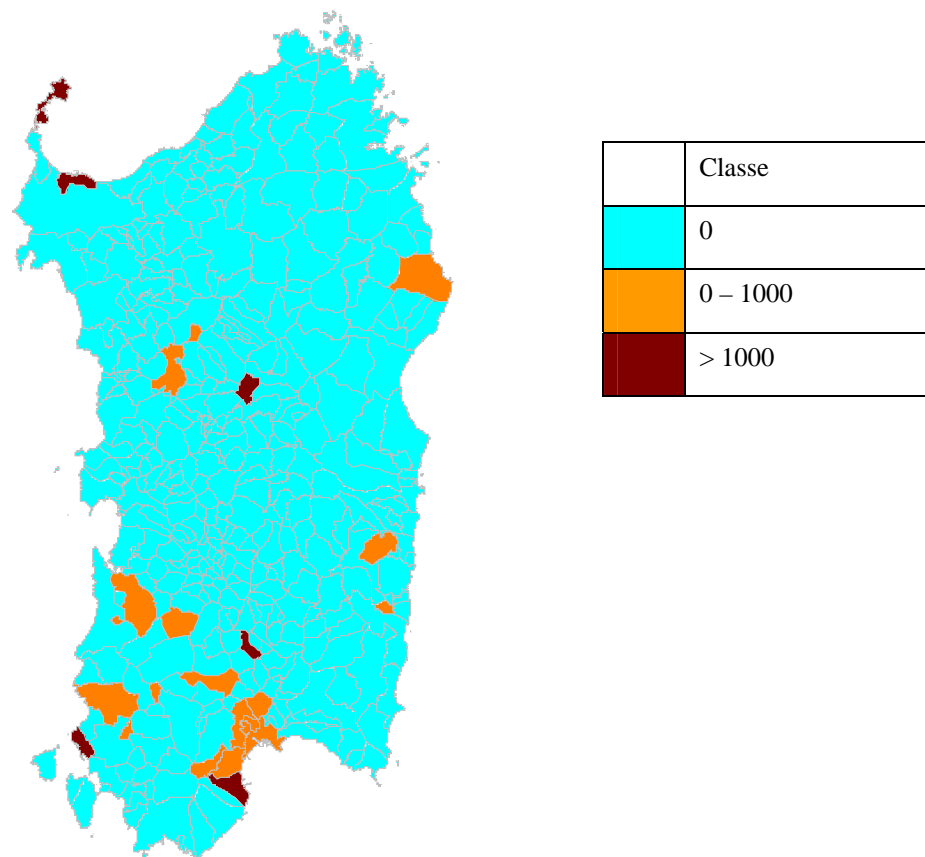
**Tabella 13 - Classificazione dei comuni relativamente alle emissioni puntuali di NO<sub>x</sub> (t/anno)**



**Figura 17 - Classificazione dei comuni in base alle emissioni puntuali di Polveri (t/anno)**

<b>Classi Emissioni puntuali Polveri</b>	<b>Classe</b>	<b>Comuni</b>
0	0	360
0 – 100	1	14
> 100	2	3

**Tabella 14 - Classificazione relativamente alle emissioni puntuali di Polveri (t/anno)**



**Figura 18 - Classificazione dei comuni in base alle emissioni puntuali di SO<sub>2</sub> (t/anno)**

<b>Classi Emissioni puntuali SO<sub>2</sub></b>	<b>Classe</b>	<b>Comuni</b>
0	0	360
0 – 1000	1	12
> 1000	2	5

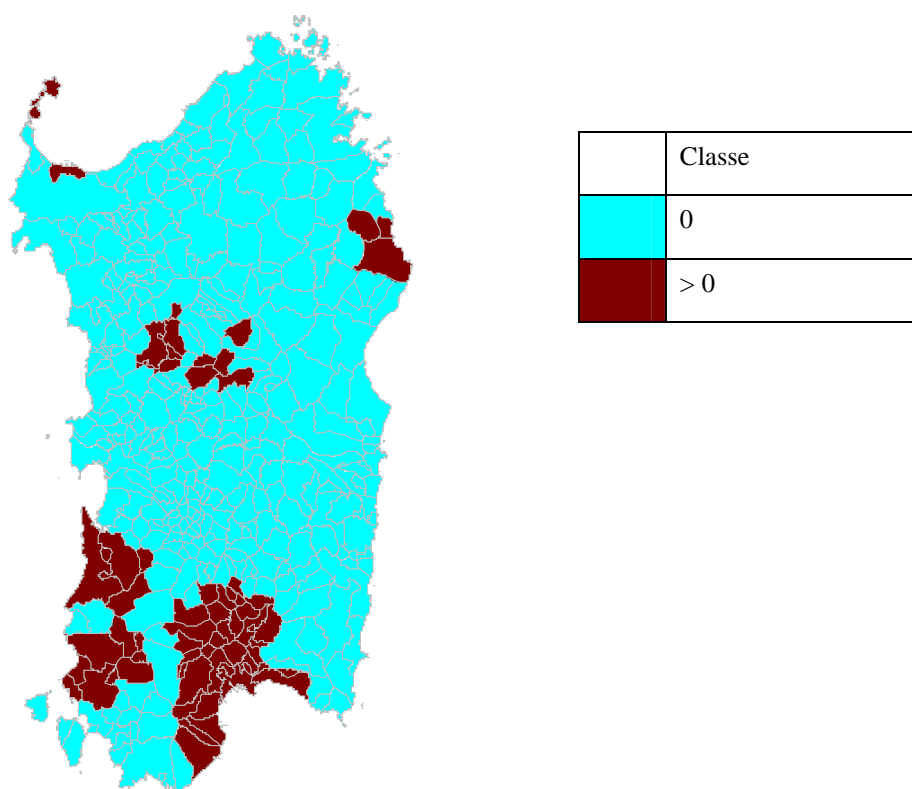
**Tabella 15 - Classificazione dei comuni relativamente alle emissioni puntuali di SO<sub>2</sub> (t/anno).**

### **4.3 DISTANZA DALLE SORGENTI PUNTUALI**

Le sorgenti puntuali incidono sulla qualità dell’aria non solo dei comuni in cui esse sono ubicate, ma anche dei comuni limitrofi fino a distanze di diversi chilometri. Tali distanze, fissato il rateo

di emissione, dipendono principalmente dalle condizioni meteorologiche, dall’altezza del camino e dalla velocità e temperatura di emissione.

Al fine di considerare questa criticità è stato prodotto il tematismo che rappresenta i comuni aventi almeno una sorgente puntuale a distanze inferiori di 10 km. La distanza è stata calcolata rispetto al centroide della poligonale che descrive il principale centro abitato del comune, in cui si assume che la maggior parte della popolazione risieda.



**Figura 19 - Classificazione dei comuni in base alla distanza dalle sorgenti puntuali**

Classi distanza da sorgenti puntuali	Classe	Comuni
0	0	320
> 0	1	57

**Tabella 16 - Classificazione dei comuni relativamente alla distanza dalle sorgenti puntuali**