

## **VOLUME I - Le risorse naturali**

**Parte prima - Aria**

**Parte seconda - Acqua**

**Parte terza - Suolo**

**Parte quarta - Ecosistemi**

*approvato con delibera di Consiglio Comunale n. 32 del 13 febbraio 2007  
pubblicato sul B.U.R.T. n. 14 del 4 aprile 2007*

*redatto in data: agosto 2005*

Ufficio di Piano del Comune di Siena

Coordinamento del Piano:

Andrea Filpa, Michele Talia, Fabrizio Valacchi, Rolando Valentini (Responsabile del Procedimento)

Ufficio di Piano: Lucia Buracchini, Gabriele Comacchio, Valeria Lingua, Paola Loglisci, Benedetta Mocenni, Raffaello Pin, Pietro Romano, Marco Signorelli, Adriano Tortorelli.

Collaboratori: Paolo Bubici, Enrica Burroni, Sonia Violetti

Responsabile Cartografia Informatizzata: Mauro Lusini, Valentina Fosi: Consulente SIT: Luca Gentili



## Indice (volume I)

<b>1. ARIA.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 INQUINAMENTO LUMINOSO.....</b>	<b>10</b>
1.1.1 Quadro normativo di riferimento .....	10
1.1.2 Stato di fatto del territorio comunale Senese .....	10
1.1.3 Conclusioni.....	10
<b>1.2 INQUINAMENTO DA AGENTI FISICI.....</b>	<b>11</b>
1.2.1 Inquinamento acustico.....	11
1.2.1.1 Attività produttive e di servizio.....	11
1.2.1.2 Infrastrutture di trasporto .....	13
1.2.2 Inquinamento Elettromagnetico .....	19
1.2.2.1 L'inquinamento elettromagnetico delle infrastrutture radiotelevisive e di telefonia cellulare (alte frequenze 100 khz e 300 ghz) .....	20
1.2.2.2 L'inquinamento elettromagnetico del trasporto di energia (basse frequenze 50 hz).....	21
<b>2. ACQUA.....</b>	<b>30</b>
<b>2.1 Introduzione.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2 Risorse idriche superficiali e sotterranee .....</b>	<b>31</b>
2.2.1 Bacini idrografici.....	31
Area .....	35
2.2.2 Complessi idrogeologici.....	39
<b>2.3 L'acquifero del m. Amiata .....</b>	<b>40</b>
2.3.1 Risorse idriche del M. Amiata (A.I. 1967 / 1996).....	41
2.3.2 Temperature .....	42
2.3.4 Evapotraspirazione reale .....	44
2.3.5 Eccedenza idrica.....	45
2.3.6 Risultati dei calcoli di bilancio .....	46
2.3.7 Metodologia di analisi per il calcolo del trend .....	47
<b>2.4 L'acquifero del luco .....</b>	<b>50</b>
2.4.1 Inquadramento geologico e idrogeologico .....	50
2.4.2 Caratteristiche Idrodinamiche dell'acquifero .....	51
2.4.3 Potenzialità idrica dell'acquifero .....	52
2.4.3.1 Risorse rinnovabili.....	52
2.4.3.2 Riserve permanenti .....	56
<b>2.5 Analisi qualitativa delle risorse idriche sotterranee.....</b>	<b>56</b>
2.5.1 Stato di inquinamento reale dei corpi idrici sotterranei.....	56
2.5.2 L'acquifero del Monte Amiata .....	57
2.5.3 L'Acquifero carbonatico del Luco .....	59
<b>2.6 Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento.....</b>	<b>59</b>
2.6.2 Fattori della vulnerabilità .....	61
2.6.3 Metodi per la definizione della vulnerabilità .....	61
2.6.4 La Carta della Vulnerabilità degli Acquiferi all'inquinamento del Comune di Siena .....	62
2.6.4.1 La Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento secondo PTCP di Siena .....	62
2.6.4.2 La Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento del Comune di Siena .....	62
2.6.4.3 Riclassificazione delle alluvioni .....	67
<b>2.7 Conclusioni e raccomandazioni (da relazione Aato 6, 1999).....</b>	<b>72</b>
<b>3. SUOLO.....</b>	<b>78</b>

<b>3.1</b>	<b>Introduzione.....</b>	<b>78</b>
<b>3.2</b>	<b>Uso del suolo.....</b>	<b>79</b>
3.2.1	Metodologia di analisi statistica dell'uso del suolo.....	79
<b>3.3</b>	<b>Risorse per l'agricoltura .....</b>	<b>85</b>
<b>3.4</b>	<b>Classificazione delle zone rurali .....</b>	<b>85</b>
3.4.1	La classificazione secondo la "Variante De Zordo" (2000).....	85
<b>4.</b>	<b>ECOSISTEMI .....</b>	<b>99</b>
<b>4.1</b>	<b>Ecosistemi della flora .....</b>	<b>99</b>
4.1.1	Classificazione gerarchica del territorio.....	99
4.1.1.1	Caratteristiche fisiografiche dell'area metropolitana di Siena: Clima.....	99
4.1.1.2	Caratteristiche fisiografiche dell'Area Metropolitana di Siena: Litologia .....	102
4.1.1.3	Fasce altitudinali .....	105
4.1.2	Schema di classificazione gerarchica del territorio dell'Area metropolitana di Siena .....	106
4.1.3	Copertura vegetale, uso del suolo e stato di conservazione .....	109
4.1.3.1	Carta delle coperture e dell'uso del suolo .....	109
4.1.3.2	L'indice di conservazione del paesaggio.....	110
4.1.4	Schede sintetiche sulla copertura ed uso del suolo dell'Area Metropolitana (SMaS) e del Comune di Siena e sul relativo stato di conservazione.....	112
4.1.4.1	Area Metropolitana (SMaS) .....	112
4.1.4.2	Comune di Siena .....	113
4.1.4.3	Indice di Conservazione del Paesaggio (ILC) e stato di conservazione .....	114
4.1.5	Schede sintetiche sulla copertura e uso del suolo dei sottosistemi dell'Area Metropolitana (SMaS) e del Comune di Siena e sul relativo stato di conservazione .....	115
4.1.5.1	Sistema delle alluvioni recenti, delle alluvioni terrazzate e dei depositi eluviali e colluviali ....	115
4.1.5.1.1	Sottosistema delle aree alto-collinari.....	115
4.1.5.1.2	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	116
4.1.5.1.3	Sottosistema delle aree di pianura.....	117
4.1.5.2	Sistema dei detriti misti e degli accumuli di frana.....	118
4.1.5.2.1	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	118
4.1.5.3	Sistema del Macigno.....	119
4.1.5.3.1	Sottosistema delle aree alto-collinari.....	119
4.1.5.3.2	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	120
4.1.5.4	Sistema delle formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste .....	121
4.1.5.4.1	Sottosistema delle aree alto-collinari.....	121
4.1.5.4.2	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	122
4.1.5.5	Sistema dei diaspri, delle quarziti e delle metamorfiti.....	123
4.1.5.5.1	Sottosistema delle aree alto-collinari.....	123
4.1.5.5.2	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	124
4.1.5.5.3	Sottosistema delle aree di pianura.....	125
4.1.5.6	Sistema delle argille marine e lacustri.....	126
4.1.5.6.1	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	126
4.1.5.6.2	Sottosistema delle aree di pianura.....	127
4.1.5.7	Sistema delle formazioni carbonatico-silicee .....	128
4.1.5.7.1	Sottosistema delle aree alto-collinari.....	128
4.1.5.7.2	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	129
4.1.5.8	Sistema dei conglomerati .....	130
4.1.5.8.1	Sottosistema delle aree alto-collinari.....	130
4.1.5.8.2	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	131
4.1.5.8.3	Sottosistema delle aree di pianura.....	132
4.1.5.9	Sistema delle sabbie e arenarie .....	133
4.1.5.9.1	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	133
4.1.5.9.2	Sottosistema delle aree di pianura.....	134
4.1.5.10	Sistema dei travertini.....	135
4.1.5.10.1	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	135
4.1.5.10.2	Sottosistema delle aree di pianura .....	136
4.1.6	Schede sintetiche dei sottosistemi del Comune di Siena .....	137
4.1.6.1	Sistema delle alluvioni recenti, delle alluvioni terrazzate e dei depositi eluviali e colluviali ....	137

4.1.6.1.1	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	137
4.1.6.1.2	Sottosistema delle aree di pianura .....	138
4.1.6.2	Sistema dei detriti misti e accumuli di frana .....	139
4.1.6.2.1	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	139
4.1.6.3	Sistema delle formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste .....	140
4.1.6.3.1	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	140
4.1.6.4	Sistema delle argille marine e lacustri .....	141
4.1.6.4.1	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	141
4.1.6.4.2	Sottosistema delle aree di pianura .....	142
4.1.6.5	Sistema dei conglomerati .....	143
4.1.6.5.1	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	143
4.1.6.6	Sistema delle sabbie e arenarie .....	144
4.1.6.6.1	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	144
4.1.6.6.2	Sottosistema delle aree di pianura .....	145
4.1.7	Indici strutturali del mosaico territoriale dell'Area Metropolitana (SMaS), del Comune di Siena e dei sottosistemi .....	147
4.1.7.1	Indici strutturali del mosaico territoriale: metodologia .....	147
4.1.7.2	Indici strutturali del territorio dell'Area Metropolitana di Siena (SMaS) .....	147
4.1.7.3	Indici strutturali del Comune di Siena .....	148
4.1.7.4	Indici strutturali dei territori del Sistema delle alluvioni recenti, alluvioni terrazzate, depositi eluviali e colluviali .....	149
4.1.7.5	Indici strutturali del territorio del Sistema dei detriti misti e accumuli di frana .....	150
4.1.7.6	Indici strutturali dei territori del Sistema del Macigno .....	151
4.1.7.7	Indici strutturali dei territori del Sistema delle formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste .....	151
4.1.7.8	Indici strutturali dei territori del Sistema dei diaspri, quarziti e metamorfici .....	152
4.1.7.9	Indici strutturali dei territori del Sistema delle argille marine e lacustri .....	153
4.1.7.10	Indici strutturali dei territori del Sistema delle formazioni carbonatico-silicee .....	154
4.1.7.11	Indici strutturali dei territori del Sistema dei conglomerati .....	154
4.1.7.12	Indici strutturali dei territori del Sistema delle sabbie e arenarie .....	155
4.1.7.13	Indici strutturali dei territori del Sistema dei travertini .....	156
4.1.8	Vegetazione naturale potenziale dei sottosistemi dell'Area Metropolitana .....	157
4.1.9	Criticità, stato di conservazione ed elementi utili per la funzionalità della rete ecologica territoriale .....	159
4.1.9.1	Comune di Siena .....	160
4.1.10	Contributo settoriale alla elaborazione del Piano Strutturale .....	160
4.1.10.1	Area Metropolitana (SMaS) .....	160
4.1.10.2	Indicazioni a scala comunale: Comune di Siena .....	161
<b>4.2</b>	<b>Inquadramento faunistico .....</b>	<b>162</b>
4.2.1	Introduzione .....	162
4.2.2	Gli ambienti presenti nel territorio del comune di Siena e la fauna ad essi associata .....	162
4.2.2.1	Gli ambienti acquatici .....	162
4.2.2.2	I coltivi e gli incolti .....	163
4.2.2.3	I boschi .....	163
4.2.2.4	Le aree urbane .....	164
<b>4.3</b>	<b>Le aree di particolare interesse faunistico .....</b>	<b>165</b>
<b>4.4</b>	<b>Priorità di conservazione .....</b>	<b>166</b>



## **Le risorse naturali**

### **Parte prima - Aria**

Gruppo di lavoro:

Coordinatore: Carlo Blasi, Vincenzo de Dominicis

Collaboratori: Leonardo Filasi, Chiara Centi, Leopoldo Michetti, Riccardo Copiz

*Agosto 2005*

#### **Ufficio di Piano del Comune di Siena**

Coordinamento del Piano:

Andrea Filpa, Michele Talia, Fabrizio Valacchi, Rolando Valentini (Responsabile del Procedimento)

Ufficio di Piano: Gabriele Comacchio, Valeria Lingua, Paola Loglisci, Benedetta Mocenni, Raffaello Pin, Pietro Romano, Marco Signorelli, Adriano Tortorelli.

Collaboratori: Paolo Bubici, Enrica Burroni, Sonia Violetti





## Indice (parte I)

<b>1. ARIA.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 INQUINAMENTO LUMINOSO.....</b>	<b>10</b>
1.1.1 Quadro normativo di riferimento .....	10
1.1.2 Stato di fatto del territorio comunale Senese .....	10
1.1.3 Conclusioni.....	10
<b>1.2 INQUINAMENTO DA AGENTI FISICI.....</b>	<b>11</b>
1.2.1 Inquinamento acustico .....	11
1.2.1.1 Attività produttive e di servizio .....	11
1.2.1.2 Infrastrutture di trasporto.....	13
1.2.2 Inquinamento Elettromagnetico.....	19
1.2.2.1 L'inquinamento elettromagnetico delle infrastrutture radiotelevisive e di telefonia cellulare (alte frequenze 100 khz e 300 ghz).....	20
1.2.2.2 L'inquinamento elettromagnetico del trasporto di energia (basse frequenze 50 hz) .....	21

## 1. ARIA

### 1.1 INQUINAMENTO LUMINOSO

#### 1.1.1 *Quadro normativo di riferimento*

La legge regionale della Toscana 21 marzo 2000, n. 37: “Norme per la prevenzione dell’inquinamento luminoso” definisce inquinamento luminoso “ogni forma di irradiazione di luce al di fuori delle aree a cui essa è funzionalmente dedicata e in particolare modo verso la volta celeste”. I disturbi arrecati dall’inquinamento luminoso compromettono la naturale visione del cielo stellato, sia ai cittadini, sia agli astronomi e astrofili per esigenze scientifiche, oltre ad arrecare disturbi al sistema della flora e della fauna. Inoltre, la dispersione della luce verso l’alto comporta un aumento del fabbisogno energetico.

La Regione Toscana, nel 2004, con delibera della Giunta regionale, sono state emanate le linee guida per la progettazione, l’esecuzione e l’adeguamento degli impianti di illuminazione esterna in cui vengono definite le linee guida per l’esecuzione degli impianti di illuminazione esterna pubblica e privata nell’ambito del Piano Regionale di Prevenzione dell’Inquinamento Luminoso (PRPIL).

Le linee guida affrontano il problema dell’inquinamento luminoso sotto due punti di vista: la tutela dell’oscurità del cielo notturno e la riduzione dei consumi energetici. Il primo obiettivo si può realizzare con l’utilizzo di apparecchi illuminanti dotati di armature con opportuni schermi che impediscano la dispersione di luce verso l’alto, definiti di tipo “cut-off”, e ponendo attenzione all’inclinazione con cui la lampada viene montata sul supporto, per evitare inclinazioni superiori al limite consentito, che provocano dispersioni di luce verso l’alto.

Relativamente al risparmio energetico le linee guida consigliano l’utilizzo di emittenti luminose ad alta efficienza, attraverso lampade a vapori di sodio (ad alta o bassa pressione – luce gialla) al posto delle vecchie lampade a vapori di mercurio (luce bianca), e mediante la riduzione in misura non inferiore al 30% della luce emessa dall’illuminazione stradale dopo le ore 22.00, tramite riduttori di flusso luminoso, cablaggi bi-potenza o lo spegnimento automatico ed alternato dei punti luce (riduzione del 50%).

#### 1.1.2 *Stato di fatto del territorio comunale Senese*

Sul territorio del Comune di Siena sono distribuiti circa 8200 punti luce, di cui 2028 (25 %) nel centro storico e 6169 (75 %) nella periferia. Nel quadro conoscitivo tale distinzione è stata effettuata in ragione del fatto che, sono stati analizzati separatamente, dal punto di vista illuminotecnico, il centro storico e la periferia presentano esigenze molto diverse.

Nel centro storico, fatta esclusione per le lampade a vapori di mercurio (64 %), possiamo considerare che quasi la metà dei corpi illuminanti utilizza lampade conformi alle linee guida sul risparmio energetico.

La situazione è molto peggiore relativamente alle emissioni di luce verso l’alto, poiché nessuna delle armature utilizzate è di tipo cut-off, mentre sono ampiamente diffuse le armature a lanterna e le armature di tipo “radius”, caratterizzate da un unico corpo illuminante contenente due lampade, una usata per l’illuminazione della strada ed una per l’illuminazione dell’edificio antistante. Questi due modelli sono considerati altamente inquinanti, tuttavia occorre considerare che nel centro storico l’esigenza di non disperdere luce verso l’alto si scontra con la necessità di illuminare, oltre al manto stradale, anche gli edifici di notevole pregio storico e architettonico. L’utilizzo di corpi illuminanti tipo cut-off creerebbe infatti un effetto tipo “galleria” tale da rendere difficile la vista delle facciate degli edifici.

In periferia i tipi di lampada utilizzati presentano una maggiore varietà, in quanto le sole lampade a vapori di mercurio, a minor efficienza, rappresentano solamente il 4 % della dotazione complessiva, mentre le lampade a vapori di sodio sono presenti in circa il 90 % dei corpi illuminanti. Anche in questo caso, tuttavia, le armature di tipo cut off sono presenti solamente sul 10 % dei corpi illuminanti.

#### 1.1.3 *Conclusioni*

In conclusione, l’illuminazione pubblica nel Comune di Siena, dal punto di vista dell’inquinamento luminoso, può essere considerata soddisfacente sul risparmio energetico, in quanto l’utilizzo di lampade ad alta efficienza è pari all’81% dei punti luce; su gran parte del territorio comunale è inoltre utilizzata la parzializzazione del flusso luminoso tramite lo spegnimento del 50% dei punti luce.

La situazione relativa alle emissioni di luce verso l'alto, che alterano la brillantezza del cielo, è invece insoddisfacente, in quanto solo il 7.7% degli apparecchi di illuminazione utilizza la tecnologia cut-off, che è l'unica ammessa dalle linee guida sull'inquinamento luminoso.

## 1.2 INQUINAMENTO DA AGENTI FISICI

### 1.2.1 Inquinamento acustico

Il controllo dell'impatto del rumore nel Comune di Siena è un'attività che è stata condotta da Arpat con continuità a partire dal 1998, attraverso circa 100 controlli su attività produttive e di servizio e più di 80 misure di monitoraggio di rumore da infrastrutture di trasporto (per un totale di più di 800 giorni di misura);

I controlli in generale evidenziano la presenza di un diffuso superamento dei limiti previsti dalla normativa, superamento comunque comune nelle città italiane e non peculiare di Siena.

#### 1.2.1.1 Attività produttive e di servizio

Le attuali normative di riferimento in materia di inquinamento acustico da sorgenti derivanti da attività produttive prevede che Queste sorgenti siano sottoposte a 3 limiti:

- Valore di immissione assoluto: rappresenta il valore che si confronta con i limiti stabiliti dal D.P.C.M. 14.11.97 tabella C, previsti per le zone individuati nella classificazione acustica del territorio. Tale valore è riferito alla sommatoria di tutte le sorgenti e all'intero tempo di riferimento (Notturmo 22.00 – 6.00, quindi 8 ore; Diurno 6.00 – 22.00 quindi 16 ore);
- Valore di emissione: rappresenta il valore di una specifica di sorgente che si confronta con i limiti stabiliti dal D.P.C.M. 14.11.97, tabella B;
- Valore di immissione differenziale: tale valore si applica esclusivamente alle misure interne e non è applicabile alle aree esclusivamente industriali. Rappresenta il valore che si ottiene sottraendo al rumore Ambientale (sorgente in funzione) il livello del rumore Residuo (sorgente spenta), con dei limiti di applicabilità inferiori (ovvero se il livello ambientale è comunque inferiore ad un determinato valore (differente a seconda del tempo di riferimento e delle condizioni di misura, ma che non dipende dalla classificazione acustica del territorio, se nelle classi da I a V) è assunto il rispetto del limite).

È da sottolineare che questi limiti non si applicano al rumore delle infrastrutture di trasporto, sottoposto ad una normativa specifica.

Il superamento dei limiti normativi prevede che l'autorità amministrativamente competente (il Comune), attivi un procedimento teso a ricondurre l'attività entro i valori previsti.

Nella seguente Tabella 2.1 sono sinteticamente riportati gli esiti dei rilevamenti effettuati dal 2000 al 2004. È da sottolineare che il superamento dei limiti riportato in tabella riguarda il limite di immissione differenziale. Raramente è stato riscontrato il superamento degli altri valori limite, e comunque sempre congiuntamente al limite differenziale. Tutti gli interventi sono stati svolti su richiesta dell'amministrazione comunale, a seguito di segnalazione da parte dei cittadini.

ANNO	Dati	Totale	Superamenti
2000	Interventi effettuati	7	57%
	Superamento limiti riscontrati	4	
2001	Interventi effettuati	12	92%
	Superamento limiti riscontrati	11	
2002	Interventi effettuati	14	79%
	Superamento limiti riscontrati	11	
2003	Interventi effettuati	28	68%
	Superamento limiti riscontrati	19	
2004	Interventi effettuati	18	67%
	Superamento limiti riscontrati	12	
Totale Interventi		79	72%
Totale superamento limiti		57	

Tabella 1.1

Sinteticamente è evidente come su 3 casi su 4 interventi viene evidenziata una violazione normativa. Nel conteggio totale sono considerati anche i successivi interventi su una stessa attività, necessari per la verifica dell'effettivo

risanamento acustico della sorgente. Considerando solo i primi interventi su una specifica attività, questa percentuale si innalza, arrivando a più di 4 casi su 5.

Relativamente al Comune, è molto interessante la successiva Tabella 2.2, dove sono riportate le “cause”, intese come settore di attività, suddivise a loro volta in alcune tipologie. Come prevedibile, data la realtà produttiva senese, i  $\frac{3}{4}$  delle richieste di intervento si originano da attività di servizio e commerciali, ed in particolare da pubblici esercizi, concentrati prevalentemente entro le mura.

Le sorgenti di rumore prevalenti sono collegate ai servizi tecnici (trattamento aria -riscaldamento e climatizzazione, ricambio e aspirazione- alla musica riprodotta nei locali (sia tramite impianti elettroacustiche che -più raramente- dal vivo), nonché dal rumore prodotto dagli stessi avventori (internamente al locale).

Le caratteristiche e le sorgenti dei pubblici esercizi presenti nel Comune non sono peculiari, ma abbastanza tipiche, anche considerando la natura universitaria della città. Più atipica è la tipologia edilizia, con le attività poste spesso in locali dove le caratteristiche architettoniche (mattoni a vista, soffitti a volta e/o archi) tendono a connotare le attività stesse.

Macrosettore	Tipologia	Totale	Percentuali di Interventi per Macrosettore	Percentuali di Interventi per Tipologia
Attività di servizio e/o Commerciali	Altro	23	75%	29%
	Discoteche	2		3%
	Pubblici esercizi e circoli privati	34		43%
Attività produttive	Altro	2	13%	3%
	Artigianato	6		8%
	Industria	2		3%
Altro		10	13%	13%

Tabella 1.2

Purtroppo queste caratteristiche estetiche mal si conciliano con le prestazioni acustiche delle partizioni, risultando spesso inadeguate per garantire un sufficiente isolamento, soprattutto per l'indice di isolamento da calpestio. È inoltre estremamente difficile in questi casi intervenire per incrementare le prestazioni acustiche, senza “snaturare” le caratteristiche architettoniche, anche a causa di limiti sui volumi degli ambienti, nonché per le caratteristiche costruttive degli edifici.

Rispetto agli impianti di trattamento aria, più che la loro tipologia, è la loro collocazione, che nel centro cittadino avviene in corti interne chiuse e spesso piuttosto piccole, a causare le lamentele dei cittadini. Queste corti infatti sono spesso estremamente silenziose, non risentendo, anche di giorno, del rumore di fondo della città. L'inserimento in queste “oasi” acustiche di impianti tecnici (e spesso più di uno) altera in maniera consistente lo stato precedente, creando una prevedibile reazione dei cittadini.

Nella Tabella seguente vengono riportati in funzione dei Settori e tipologie di attività, la percentuale dei superamenti riscontrati nei controlli:

Macrosettore	Tipologia	Dati	Totale	Superamenti
Attività di servizio E/o commerciali	Altro	Interventi effettuati	23	65%
		Superamento limiti riscontrati	15	
	Discoteche	Interventi effettuati	2	100%
		Superamento limiti riscontrati	2	
	Pubblici esercizi e circoli privati	Interventi effettuati	34	82%
		Superamento limiti riscontrati	28	
Attività produttive	Altro	Interventi effettuati	2	50%
		Superamento limiti riscontrati	1	
	Artigianato	Interventi effettuati	6	50%
		Superamento limiti riscontrati	3	
	Industria	Interventi effettuati	2	100%
		Superamento limiti riscontrati	2	
Altro		Interventi effettuati	10	60%
		Superamento limiti riscontrati	6	
Totale interventi effettuati			79	72%
Totale superamento limiti riscontrati			57	

Tabella 1.3

Mentre il dato relativo alle discoteche e alle industrie deve essere valutato con attenzione data la bassa numerosità del campione, il dato che riguarda i pubblici esercizi è particolarmente significativo, e indica un problema di tipo “strutturale” sul quale intervenire con azioni di programmazione e indirizzo, altrimenti il solo meccanismo del controllo potrebbe di fatto portare a una desertificazione del centro cittadino.

Da sottolineare in ultimo il fenomeno emergente delle lamentele dei cittadini, nel periodo estivo, verso alcune attività, sia di tipo spontaneo che organizzato, relativo alle Contrade.

Le principali problematiche che emergono dalle indagini acustiche relative al rumore delle attività produttive riguardano le attività commerciali e i pubblici esercizi, con l'emergente coinvolgimento delle contrade tra i soggetti inquinatori.

La portata e la diffusione del problema, non occasionale ma generalizzato, evidenzia la necessità di interventi di tipo gestionale sui settori interessati, in particolare con azioni di pianificazione e preventive.

A riguardo si possono ricordare gli adempimenti collegati direttamente e/o indirettamente all'atto principale (la classificazione acustica del territorio), già approvato dal Comune, ma che nel tempo non è stato corredato dai necessari regolamenti specifici, o dall'inserimento di specifiche sezioni nei regolamenti vigenti.

Ci riferiamo in particolare alla regolamentazione organiche delle attività in deroga ai limiti, al regolamento edilizio, al regolamento di polizia urbana, nonché alla definizione dei contenuti e delle attività soggette alla presentazione della Valutazione di Impatto Acustico in occasione di interventi edilizi, nuove autorizzazioni e nulla osta.

#### 1.2.1.2 Infrastrutture di trasporto

Le attuali normative di riferimento in materia di inquinamento acustico delle infrastrutture di trasporto sono la L. 447/95 “Legge quadro sull'inquinamento acustico”, il D.M. 16 Marzo 1998 “Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico”, il D.P.R. 459/98 “Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario”, il D.P.R. 142/04 “Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447” e il D.M. 29/11/00 “Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore”.

La logica dei DPR è quella di prevedere delle fasce di pertinenza acustiche delle infrastrutture, differenziate a seconda delle caratteristiche e della preesistenza. All'interno di queste fasce si applicano dei limiti specifici individuati nei DPR, mentre all'esterno le infrastrutture concorrono ai limiti previste dalla classificazione acustica.

Nella Tabella successiva riportiamo ad esempio i valori previsti dal D.P.R. 142/04 per le infrastrutture stradali esistenti:

Classificazione (secondo codice della strada)	Sottotipo a fini acustici (secondo DM 5.11.01)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (ml)	Recettori Sensibil		Altri ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturno dB(A)	Diurno dB(A)	Notturno dB(A)
<b>A – autostrada</b>	/	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
<b>B – extraurbana principale</b>	/	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
<b>C – extraurbana secondaria</b>	<b>Ca</b> (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	<b>Cb</b> (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
<b>D – urbana di scorrimento</b>	<b>Da</b> (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	<b>Db</b> (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100	50	40	65	55
<b>E – urbana di quartiere</b>	/	30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al DPCM in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista all'art. 6, comma 1, lettera a), della Legge 447 del 1995			
<b>F – locale</b>	/	30				

Tabella 1.4

Della specificità, della complessità e dell'estensione nell'affrontare il problema dell'inquinamento acustico delle infrastrutture di trasporto il legislatore ne ha tenuto conto in maniera particolare nell'art.10 della L.447/95, prevedendo che il superamento dei limiti fosse trattato in maniera differente rispetto alle altre sorgenti.

Il superamento dei limiti infatti non comporta sanzioni immediate, ma bensì l'obbligo (da parte dell'ente gestore della strada) di predisporre e presentare piani di contenimento e abbattimento del rumore, secondo le direttive emanate dal Ministro dell'ambiente con il DM 29/11/00 (emanato però ben 5 anni dopo la Legge Quadro, e 4 anni prima del DPR sulle strade).

Che questo impegno dovesse essere anche finanziato e che comunque fosse notevole il legislatore ne ha tenuto conto prevedendo che gli enti gestori fossero "obbligati ad impegnare, in via ordinaria, una quota fissa non inferiore al 7 per cento dei fondi di bilancio previsti per le attività di manutenzione e di potenziamento delle infrastrutture stesse per l'adozione di interventi di contenimento e abbattimento del rumore" (Per l'ANAS il 2.5).

Il DM 29/11/00 (in corso di revisione in quanto molte scadenze sono di fatto saltate per i ritardi nell'emanazione del DPR sulle strade) prevede che i gestori delle infrastrutture hanno l'obbligo di individuare le aree in cui per effetto delle immissioni delle infrastrutture stesse si abbia superamento dei limiti previsti e di presentare il piano di contenimento ed abbattimento del rumore prodotto nell'esercizio delle infrastrutture di cui sopra. La tempistica prevista per le strade di interesse regionale e locale era la seguente:

- entro diciotto mesi dalla data di entrata in vigore del decreto, la società o l'ente gestore individua le aree dove sia stimato o rilevato il superamento dei limiti;
- entro i successivi diciotto mesi la società o l'ente gestore presenta il piano di contenimento e abbattimento del rumore. Tale termine si applica anche nel caso in cui si accerti il superamento dei valori limite successivamente all'individuazione di cui al punto precedente;
- gli obiettivi di risanamento previsti dal piano devono essere conseguiti entro quindici anni:
  - dalla data di espressione della regione o dell'autorità da essa indicata, con proprio provvedimento se previsto;
  - dalla data di presentazione del piano qualora la regione, entro tre anni dalla data di entrata in vigore del presente decreto, non abbia emanato provvedimenti in materia.

Nella successiva Tabella 2.5 sono sinteticamente riportate le misure effettuate a partire dal 1997 nel Comune di Siena, mentre nella Tabella 2.6, suddivisa per classe e sottoclasse di strada, sono riportate solo le misure effettuate su infrastrutture stradali, riportando solo l'ultima misura effettuata nei siti oggetto di più interventi (per dare maggiore significatività ai dati, sono considerati solo i superamenti maggiori di 1 dB).

Come si osserva dalle tabelle, nelle tratte indagate, i superamenti dei limiti applicabili alle strade sono osservati nell'84 % dei casi per i limiti diurni e nell'94% per quelli notturni. Questi dati non devono essere assolutamente essere considerati sorprendenti, ma sono tipici delle città italiane.

Della portata dei risanamenti necessari era d'altronde consapevole il legislatore nazionale, che ha previsto tempi lunghi per i risanamenti e le modalità di reperimento dei fondi necessari.

Il risanamento delle infrastrutture di trasporto è inoltre particolarmente complesso e articolato in ambito urbano, non essendoci ricette o azioni che singolarmente possono ottenere i risultati necessari in termini di riduzione dei livelli (senza intervenire pesantemente su aspetti anche di tipo sociale). Le strategie di intervento sulla sorgente (in particolare sul numero, sulla tipologia e sulla velocità dei veicoli), sulle vie di propagazione (asfalti fonoassorbenti e, quando possibile, barriere) e sugli aspetti sociali (uso dei mezzi, politica dei parcheggi e comportamenti alla guida) sono tutti elementi da utilizzare in sinergia per ottenere un soddisfacente risultato complessivo.

In questo senso il piano di risanamento comunale per queste sorgenti deve intendersi come un processo di avvicinamento all'obiettivo, considerando una molteplicità di azioni scadenze nel tempo, piuttosto che una collezione di progetti pensati singolarmente.

Per giungere a questo piano - processo sarà necessario nei prossimi anni approfondire con studi mirati il clima acustico senese, approfondendo ad esempio l'effettiva esposizione della popolazione rispetto ai valori rilevati, il contributo delle pavimentazioni stradali e dei mezzi pubblici ai livelli complessivi.

In questa ottica si deve porre il primo stralcio del piano comunale di risanamento acustico che ha interessato le scuole.

Posizione	Sorgente	Anno	Leq diurno	Leq notturno	Class. strada	Limiti diurni	Limiti notturni	Superamento diurno	superamento nott.
Acquacalda - Via Gabrielli, 66	TANGENZIALE	1997	53.2	47.3	B (fascia B)	65	55	no	no
Acquacalda - Via Gabrielli, 96	TANGENZIALE	1997	62.6	55.7	B (fascia A)	70	60	no	no
Via Beccafumi, 22	TRAFFICO	1997	71.4	61.9	Db	65	55	si	si
Via Cesare Battisti - c/o civico 26	TRAFFICO	1997	66.8	60.5	E	65	55	si	si
Via S. Bandini - c/o civico 30	TRAFFICO	1997	67.9	61.4	E	65	55	si	si
Piazza del Campo - c/o Palazzo Berlinghieri	TRAFFICO	1998	62.7	58.1	E	65	55	no	si
Via D. Boninsegna, 76 - Ravacciano	TRAFFICO	1998	74.3	78.4	E	60	50	si	si
Via L. de Bosis, 26	TRAFFICO	1998	67.7	61.5	E	60	50	si	si
Viale XXIV Maggio, 29	TRAFFICO	1998	64.5	57.1	E	65	55	no	si
Loc. Coroncina - Strada Cassia Sud, 64 (Distrib. AGIP)	TRAFFICO	1999	72.0	66.8	Db	65	55	si	si
P.zza Chigi/P.ta Camollia	TRAFFICO	1999	66.8	59.1	E	65	55	si	si
P.zza dell'Abbadia	TRAFFICO	1999	65.0	59.7	E	65	55	no	si
Piazza del Sale - c/o civico 19	TRAFFICO	1999	62.5	54.7	E	65	55	no	no
Piazza Tolomei	TRAFFICO	1999	68.2	61.9	E	65	55	si	si
S.Miniato - parcheggio via A. Moro	TRAFFICO	1999	57.8	47.4	E	60	50	no	no
Strada dei Cappuccini, 134	TRAFFICO	1999	56.0	45.1	E	60	50	no	no
Strada di Malizia, 4	TRAFFICO	1999	64.3	56.7	E	60	50	si	si
Strada di Marciano, 17	TRAFFICO	1999	64.7	59.0	E	60	50	si	si
Strada di Montalbuccio, 23	TRAFFICO	1999	56.6	49.8	E	70	60	no	no
Strada di Pescaia - c/o civico 60	TRAFFICO	1999	73.4	67.2	Da	70	60	si	si
Strada Massetana Romana, 72	TANGENZIALE	1999	71.8	66.4	B (fascia A)	70	60	si	si
Via Avignone - area parcheggio c/o V.le Mameli, 7	TRAFFICO	1999	58.4	52.0	E	60	50	no	si
Via di Città, 87	TRAFFICO	1999	66.7	58.2	E	65	55	si	si
Via E. Bastianini - piazzale fronte scuola Saffi	TRAFFICO	1999	62.8	58.7	E	65	55	no	si
Via Gabrielli, 100	TANGENZIALE	1999	63.8	56.6	B (fascia A)	70	60	no	no
Via Vallerozzi - c/o civico 130	TRAFFICO	1999	63.7	56.1	E	65	55	no	si
Viale Cavour, 129	TRAFFICO	1999	71.5	68.1	Db	65	55	si	si
Viale Mazzini, 58-60	TRAFFICO	1999	70.5	67.7	Db	65	55	si	si
Viale Mazzini, 58-60	TRAFFICO	1999	67.8	61.7	Db	65	55	si	si
Viale Mazzini, 66	TRAFFICO	1999	72.4	65.1	Db	65	55	si	si

Posizione	Sorgente	Anno	Leq diurno	Leq notturno	Class. strada	Limiti diurni	Limiti notturni	Superament o diurno	superament o nott.
Vico Alto - Via Liguria, 2	TRAFFICO	1999	62.7	54.3	E	60	60	si	no
Colonna di San Marco	TRAFFICO	2000	69.7	61.7	Db	65	55	si	si
Loc. Coroncina - Strada Cassia Sud, c/o civico 44	TRAFFICO	2000	63.6	56.3	Db	65	55	no	si
Loc. Ruffolo - c/o Arpat	RACCORDO SI-BETTOLLE	2000	65.3	60.5	B (fascia A)	70	60	no	no
Loc. Ruffolo (Raccordo SI-BE)	RACCORDO SI-BETTOLLE	2000	71.2	66.0	Db	65	55	si	si
P.zza Chigi/P.ta Camollia	TRAFFICO	2000	67.5	59.2	E	65	55	si	si
Piazza del Sale - c/o civico 19	TRAFFICO	2000	62.6	56.2	E	65	55	no	si
Strada di Malizia, 5	TRAFFICO	2000	60.3	52.1	E	60	50	no	si
Via Aretina, 178	TRAFFICO	2000	68.7	61.9	Db	65	55	si	si
Via B. da Montluc, 25	TRAFFICO	2000	69.3	63.5	Db	65	55	si	si
Via D. Beccafumi, 2 - c/o ex area Peugeot	TRAFFICO	2000	67.5	58.8	Db	65	55	si	si
Via D. Beccafumi, 31 - c/o parcheggio condomin.	TRAFFICO	2000	69.5	60.8	Db	65	55	si	si
Via E. Bastianini - c/o civico 14	TRAFFICO	2000	60.2	52.5	E	60	50	no	si
Via Massetana Romana, 58	TRAFFICO	2000	70.8	64.2	Db	65	55	si	si
Via S. Martini 56	TRAFFICO	2000	69.8	64.5	Db	65	55	si	si
Viale Diaz, 15	TRAFFICO	2000	71.4	65.1	Db	65	55	si	si
Viale Diaz, 15	TRAFFICO	2000	70.7	64.9	Db	65	55	si	si
Viale Don Minzoni - c/o Porta Camollia	TRAFFICO	2000	68.5	62.0	Db	65	55	si	si
Viale Toselli, 10 - Mercato Ortofrutt.	TRAFFICO	2000	71.0	65.6	Db	65	55	si	si
Loc. Costalpino - S.S. 73 Ponente, 112	TRAFFICO	2001	67.2	61.3	Db	65	55	si	si
Loc. Due Ponti - c/o uscita automezzi TRAIN	TRAFFICO	2001	69.9	63.7	Db	65	55	si	si
Piazza IV Novembre	TRAFFICO	2001	56.8	48.9	E	60	50	no	no
Piazza San Domenico	TRAFFICO	2001	65.4	57.0	Db	65	55	no	si
Strada di Pieve al Bozzone, 33 - c/o Deposito TRAIN	TRAFFICO	2001	62.0	56.4	E	70	60	no	no
Strada di Vico Alto, 23	TRAFFICO	2001	65.4	58.3	E	60	50	si	si
Via di Fontanella, 1	TRAFFICO	2001	63.9	54.4	E	65	55	no	no
Via E. S. Piccolomini, 2/A	TRAFFICO	2001	67.5	61.6	Db	65	55	si	si
Via Massetana (rotonda Siena- Sud)	TRAFFICO	2001	66.2	59.3	Db	65	55	si	si
Loc. Fontebecci - c/o Strada Cassia Nord, 1	TRAFFICO	2002	62.9	56.7	Db	65	55	no	si
Loc. Ruffolo - c/o ARPAT	RACCORDO SI-BETTOLLE	2002	62.9	57.8	B (fascia A)	70	60	no	no
S.S. 73 Levante, 72	RACCORDO SI-BETTOLLE	2002	67.1	61.0	B (fascia A)	70	60	no	si
Via Massetana Romana, 72	TANGENZIALE	2002	70.0	63.9	B (fascia A)	70	60	no	si
Viale Bracci - c/o Osp. Le Scotte	TRAFFICO	2002	65.8	58.0	Db	65	55	no	si
Isola d'Arbia - Strada Cassia Sud, 302/C	TRAFFICO	2003	66.5	62.4	Db	65	55	si	si
Loc. Il Chiostro - S.S. 73 Levante, 73	RACCORDO SI-BETTOLLE	2003	66.8	60.6	B (fascia A)	70	60	no	no
Via di Fontebranda, 47	TRAFFICO	2003	64.1	55.6	E	65	55	no	no
Viale Toselli, 11	TRAFFICO	2003	69.1	63.0	Db	65	55	si	si
Colonna San Marco - c/o ristorante "Da Michele"	TRAFFICO	2004	70.3	62.5	Db	65	55	si	si
Isola d'Arbia - Strada Cassia Sud, c/o scuola materna	TRAFFICO	2004	68.4	61.7	Db	65	55	si	si
Isola d'Arbia - Strada Cassia Sud, c/o scuola materna	LINEA FERROVIARIA	2004	59.1	47.7	FERRO VIA	50	40	si	si
Loc. La Pergola - S.P. 73 Ponente, 149	TRAFFICO	2004	68.4	62.9	Ca (fascia A)	70	60	no	si
Strada Massetana Romana, 70/72	TRAFFICO	2004	66.1	59.5	Db	65	55	si	si
Via Banchi, 4 - c/o asilo nido	TRAFFICO	2004	65.8	58.5	Db	65	55	no	si
Via Campansi, 24 - c/o Ist. Sacro Cuore	TRAFFICO	2004	65.2	59.0	E	65	55	no	si
Via L. Banchi, 2 - c/o scuola materna Acquacalda	TRAFFICO	2004	65.9	58.2	Db	65	55	no	si
Via Mattioli - c/o civico 2	TRAFFICO	2004	65.8	55.6	E	65	55	no	no
Via Montluc, 18	TRAFFICO	2004	68.3	62.9	Db	65	55	si	si



Posizione	Sorgente	Anno	Leq diurno	Leq notturno	Class. strada	Limiti diurni	Limiti notturni	Superament o diurno	superament o nott.
Via P. Mascagni - retro scuola Saffi	TRAFFICO	2004	60.2	50.7	E	65	55	no	no
Via Sallustio Bandini, c/o civico 20	TRAFFICO	2004	67.5	65.0	E	65	55	si	si
Viale Diaz, 15	TRAFFICO	2004	69.8	63.7	Db	65	55	si	si
Viale N. Sauro - c/o civico 4	TRAFFICO	2004	68.4	61.7	Db	65	55	si	si
Viale N. Sauro - fronte Scuola Pascoli	TRAFFICO	2004	68.0	61.0	Db	65	55	si	si
Viale Vittorio Emanuele II, 4 - c/o asili	TRAFFICO	2004	65.2	59.9	Db	65	55	no	si

Tabella 1.5

Classe strada (1 livello)	Classe Strada (2 livello)		Totale	Percentuale Superamenti /postazioni
B	a	Postazioni di misura	6	
		Superamenti periodo diurno	5	83%
		Superamenti periodo notturno	4	67%
	b	Postazioni di misura	1	
		Superamenti periodo diurno	1	100%
		Superamenti periodo notturno	1	100%
Postazioni di misura B			7	
Superamenti periodo diurno B			6	86%
Superamenti periodo notturno B			5	71%
C	aA	Postazioni di misura	1	
		Superamenti periodo diurno	1	100%
		Superamenti periodo notturno	1	100%
Postazioni di misura C			1	
Superamenti periodo diurno C			1	100%
Superamenti periodo notturno C			1	100%
D	a	Postazioni di misura	1	
		Superamenti periodo diurno	1	100%
		Superamenti periodo notturno	1	100%
	b	Postazioni di misura	31	
		Superamenti periodo diurno	26	84%
		Superamenti periodo notturno	31	100%
Postazioni di misura D			32	
Superamenti periodo diurno D			27	84%
Superamenti periodo notturno D			32	100%
E		Postazioni di misura	30	
		Superamenti periodo diurno	25	83%
		Superamenti periodo notturno	28	93%
Postazioni di misura E			30	
Superamenti periodo diurno E			25	83%
Superamenti periodo notturno E			28	93%
Postazioni di misura totale			70	
Superamenti periodo diurno totale			59	84%
Superamenti periodo notturno totale			66	94%

Tabella 1.6

### 1.2.2 Inquinamento Elettromagnetico

Con l'emanazione della legge 36 del 22 febbraio 2001 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici e elettromagnetici" la normativa italiana ambientale si è dotata di un quadro legislativo di riferimento organico per tutte le sorgenti.

Nella L.36/01 i limiti sono definiti come:

- limite di esposizione: e' il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione;

- valore di attenzione: e' il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate (....). Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge.

Gli obiettivi di qualità sono:

- i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali (...);

- i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, (...), ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

Con il DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti" (in GU n. 200 del 29-8-2003) sono stati stabiliti nuovi limiti normativi, riportati nella seguente tabella:

Limite	Campo Elettrico E (V/m)	Induzione magnetica B ( $\mu$ T)
Di esposizione	5 kV/m	100
Di attenzione	--	10
Di qualità	--	3

Tabella 1.7

Mentre per le altre frequenze "A tutela delle esposizioni a campi a frequenze comprese tra 0 Hz e 100 kHz, generati da sorgenti non riconducibili agli elettrodotti, si applica l'insieme completo delle restrizioni stabilite nella raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999".

Con il DPCM 08/07/03 (GU n.199 del 28/08/03) sono fissati i limiti per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz, riportati nella seguente Tabella:

	Intensità di Campo Elettrico E (V/m)	Intensità di Campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m <sup>2</sup> )
<b>Limiti di esposizione</b>			
0.1 < f ≤ 3 MHz	60	0.2	--
3 < f ≤ 3000 MHz	20	0.05	1
3 < f ≤ 300 GHz	40	0.01	4
<b>Valori di Attenzione</b>			
0.1 MHz < f ≤ 300 GHz	6	0.016	0.10 (3MHz - 300GHz)
<b>Obiettivi di qualità</b>			
0.1 MHz < f ≤ 300 GHz	6	0.016	0.10 (3MHz - 300GHz)

Tabella 1.8

Contrariamente all'inquinamento acustico, gli interventi di controllo eseguiti per l'inquinamento elettromagnetico mostrano un ampio rispetto dei limiti, e le strategie messe in atto dall'amministrazione comunale tendono a un continuo miglioramento della situazione esistente.

1.2.2.1 L'inquinamento elettromagnetico delle infrastrutture radiotelevisive e di telefonia cellulare (alte frequenze 100 khz e 300 ghz)

Nel 2004 è stata svolta una massiva attività di monitoraggio dei campi elettromagnetici, che ha portato al controllo di tutte le stazioni di telefonia cellulare esistenti nel Comune di Siena. Sinteticamente:

- Sono stati svolti 96 controlli, identificando 40 SRB attive, 10 impianti non esistenti e 3 impianti esistenti ma non attivi;
- Delle 40 SRB attive, 30 sono state controllate 2 volte e 10 una volta;
- Sono state svolte 231 misure a Banda Larga;
- Sono state eseguite 134 misure a Banda Stretta;
- Sono stati svolti 6 controlli su impianti radiotelevisivi;
- Sono stati controllati in continuo per 45 settimane 4 siti (3 SRB e 1 RTV).

Da questa consistente attività emerge sinteticamente che:

- Le SRB installate sul territorio comunale rispettano ampiamente i limiti di legge vigenti;
- Tutte le misure effettuate sono inferiori a 6 V/m (come valore massimo);
- Il 95 % delle misure effettuate sono inferiori a 3 V/m (come valore massimo);
- Il 60 % delle misure effettuate sono inferiori a 1 V/m (come valore massimo);

A supporto dell'attività di controllo, non meno importante è stata l'attività preventiva che si esplica tramite l'emissione di pareri sul rispetto dei limiti di legge, a supporto dell'amministrazione comunale per le richieste di nuove installazioni o modifiche di quelle già esistenti.

Nel corso del 2005 dovrebbe essere varato il secondo stralcio del piano di razionalizzazione delle emissioni, onde programmare in base a criteri trasparenti le nuove localizzazioni degli impianti.

Oltre alla telefonia cellulare, il controllo ha riguardato anche gli impianti radiotelevisivi maggiormente impattanti, rimandando a fasi successive il controllo di quelli rimanenti. Anche in questi casi i limiti normativi sono rispettati. Il Comune sta' comunque valutando la possibilità di un loro spostamento, almeno per i siti più importanti, allontanandoli dalle zone abitate.

Su un sito specifico (Montalbuccio) Arpat ha presentato delle ipotesi, attualmente in fase di approfondimento.

#### 1.2.2.2 L'inquinamento elettromagnetico del trasporto di energia (basse frequenze 50 hz)

Nel corso degli ultimi anni (periodo di riferimento 1998-2004) Arpat ha eseguito nel Comune di Siena circa 50 interventi di controllo dei campi elettromagnetici dovuti al trasporto di energia elettrica. La maggior parte degli interventi (per un totale di 350 misure spot e circa 50 misure con durata di 3 o più giorni) ha riguardato gli elettrodotti ad alta tensione maggiormente impattanti sul territorio (che attraversano i quartieri di San Miniato, Vico Alto e Acquacalda), mentre gli altri hanno coinvolto il controllo di cabine elettriche o elettrodotti di media tensione.

Tutti i controlli hanno mostrato il rispetto dei limiti di qualità previsti dalla normativa vigente.

In merito alle ipotesi di rischio d'effetti sulla salute umana, da molti anni sono stati avanzati sospetti di un'associazione tra leucemie infantili ed esposizioni prolungate a livelli di campo magnetico inferiori ai limiti fissati dalla normativa.

Riportiamo in proposito estratti dal Promemoria n. 263 (Ottobre 2001) "campi elettromagnetici e salute pubblica - campi a frequenza estremamente bassa e cancro", redatto dall'OMS

*(omissis)*... "L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) – un'istituzione specialistica dell'OMS – ha recentemente completato il primo stadio del processo di valutazione dei rischi sanitari classificando i campi ELF in base al grado di evidenza scientifica di una loro possibile cancerogenicità per l'uomo" *(omissis)*

Nel giugno 2001, un gruppo di lavoro della IARC, formato da scienziati esperti nel settore, ha esaminato gli studi relativi alla cancerogenicità dei campi elettrici e magnetici statici ed ELF. Usando la classificazione standardizzata della IARC, che soppesa i dati di studi sull'uomo, sull'animale e di laboratorio, i campi magnetici ELF sono stati classificati come possibilmente cancerogeni per l'uomo, sulla base degli studi epidemiologici relativi alla leucemia infantile. Le evidenze scientifiche relative a tutti gli altri tipi di tumori nei bambini e negli adulti, nonché quelle relative ad altri tipi di esposizione (cioè a campi statici ed a campi elettrici ELF) sono stati considerati non classificabili, perché le informazioni scientifiche erano insufficienti o incoerenti.

"Possibilmente cancerogeno per l'uomo" è una classificazione usata per connotare un agente per il quale vi sia una limitata evidenza di cancerogenicità nell'uomo ed un'evidenza meno che sufficiente negli animali da laboratorio.

I campi ELF provocano il cancro?

*(omissis)* ... "A partire dal 1979, quando gli studi epidemiologici sollevarono per la prima volta il problema della relazione tra campi magnetici a frequenza industriale e tumori infantili, sono stati condotti un gran numero di studi per stabilire se l'esposizione ai campi ELF potesse influenzare lo sviluppo del cancro, ed in particolare della leucemia infantile.

Non c'è nessuna evidenza convincente che l'esposizione ai campi ELF che sperimentiamo nei nostri ambienti di vita provochi un danno diretto alle molecole biologiche, compreso il DNA. Poiché non sembra verosimile che l'esposizione a campi ELF possa iniziare un processo cancerogeno, sono state condotte numerose ricerche per stabilire se non possa invece influenzare la promozione o la co-promozione del cancro. I risultati degli studi su animali condotti fino ad oggi suggeriscono che i campi ELF non siano né iniziatori né promotori del cancro.

Tuttavia, due recenti analisi dei dati aggregati di diversi studi epidemiologici hanno fornito indicazioni che sono state cruciali nella valutazione della IARC. Questi studi suggeriscono che, in una popolazione esposta a campi magnetici mediamente superiori a 0,3-0,4  $\mu\text{T}$ , si possa sviluppare un numero doppio di casi di leucemia infantile rispetto ad una popolazione con esposizione inferiore. Nonostante la gran mole di dati, rimane ancora incerto se l'aumento dell'incidenza di leucemie sia dovuto all'esposizione ai campi magnetici o a qualche altro fattore.

In sostanza gli studi epidemiologici conducono a considerare possibile l'associazione tra leucemia infantile e esposizioni a campi magnetici a bassa frequenza sopra una soglia dell'ordine di 0,4  $\mu\text{T}$ . È da sottolineare che questi valori di induzione magnetica rivestono ancora un valore di attenzione epidemiologica e non devono essere intesi come valori oltre i quali esiste un effetto certo sulla salute umana".

Questa soglia di attenzione epidemiologica è risultata superata nel corso di indagini svolte in abitazioni poste in prossimità dei maggiori elettrodotti cittadini ad alta tensione. Anche per questa ragione il Comune si è fatto promotore di una razionalizzazione della rete ad alta tensione, prevedendo la dismissione delle vecchie linee, ricollocandole in sedi ritenute più opportune.

Arpat a tal fine ha sviluppato uno studio mirato ad evidenziare gli effetti di un tale spostamento, in termini di riduzione dell'esposizione della popolazione. Tramite modelli numerici di simulazione, utilizzando ipotesi cautelative (ovvero simulando gli scenari maggiormente impattanti) è stato valutato il numero dei cittadini esposti a diversi valori di induzione magnetica, sia nella situazione storica che modificata. Esempi di simulazione sono riportati nei grafici seguenti, dalle quali è evidente il miglioramento relativamente alla situazione esistente.

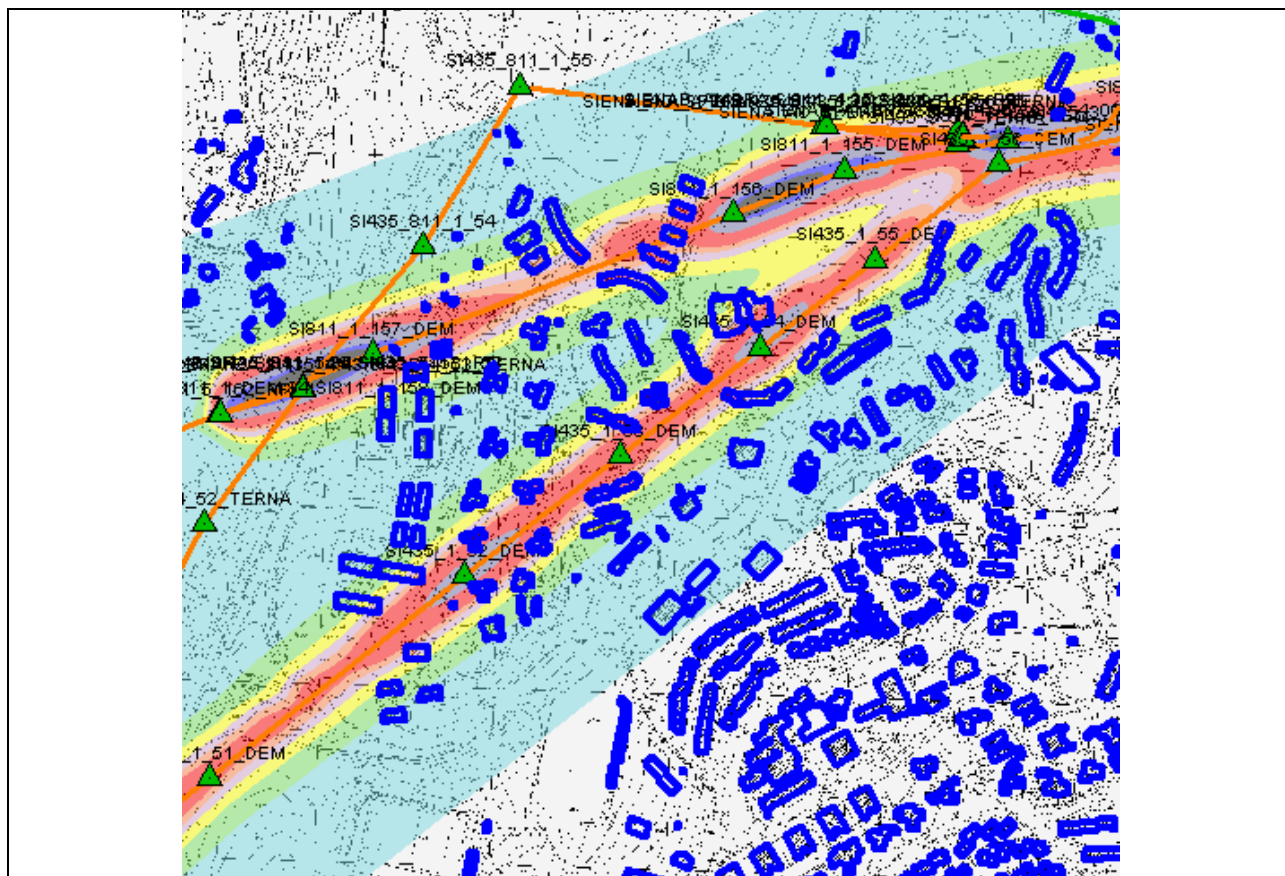


Figura 1.1 – La Situazione esistente

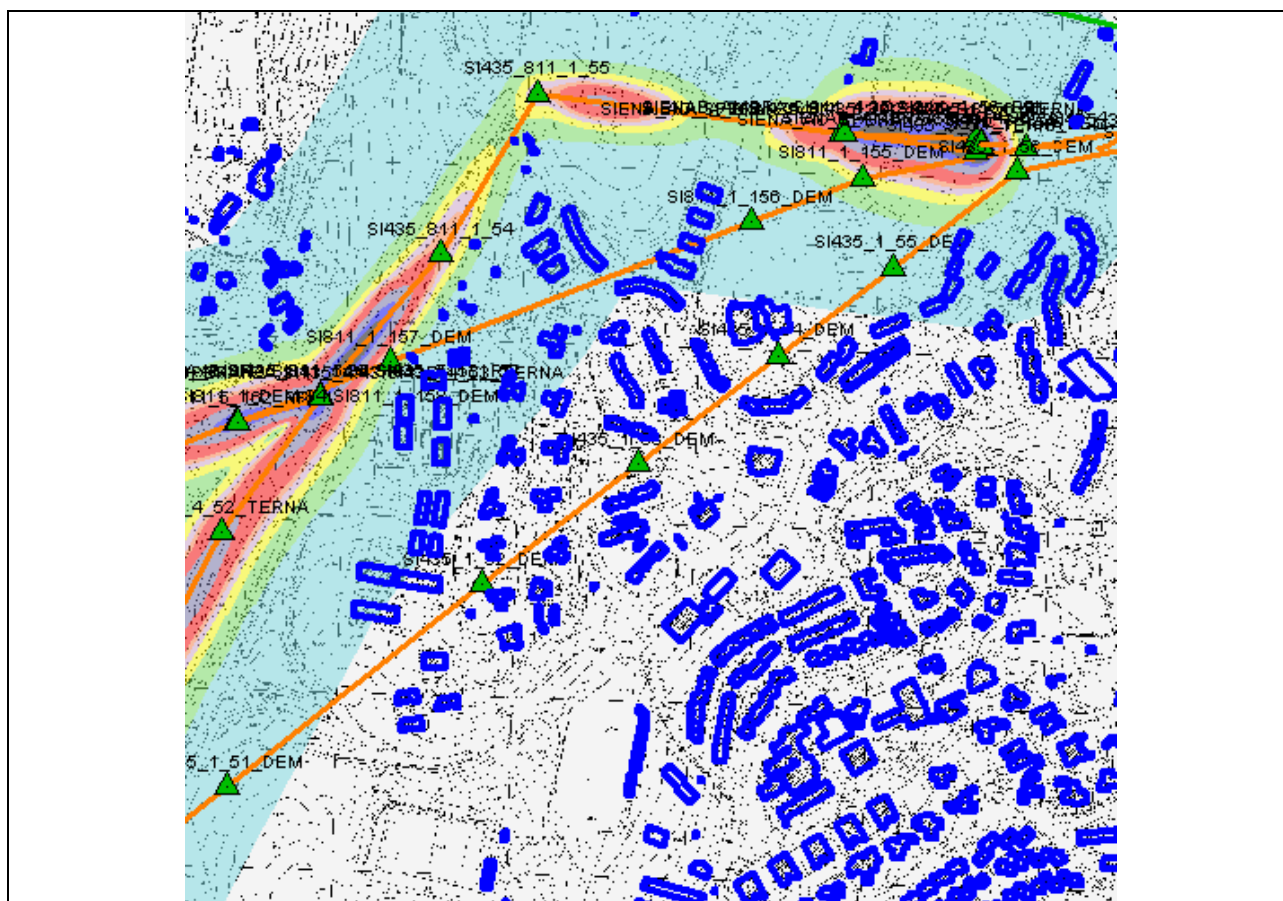


Figura 1.2 - Situazione modificata

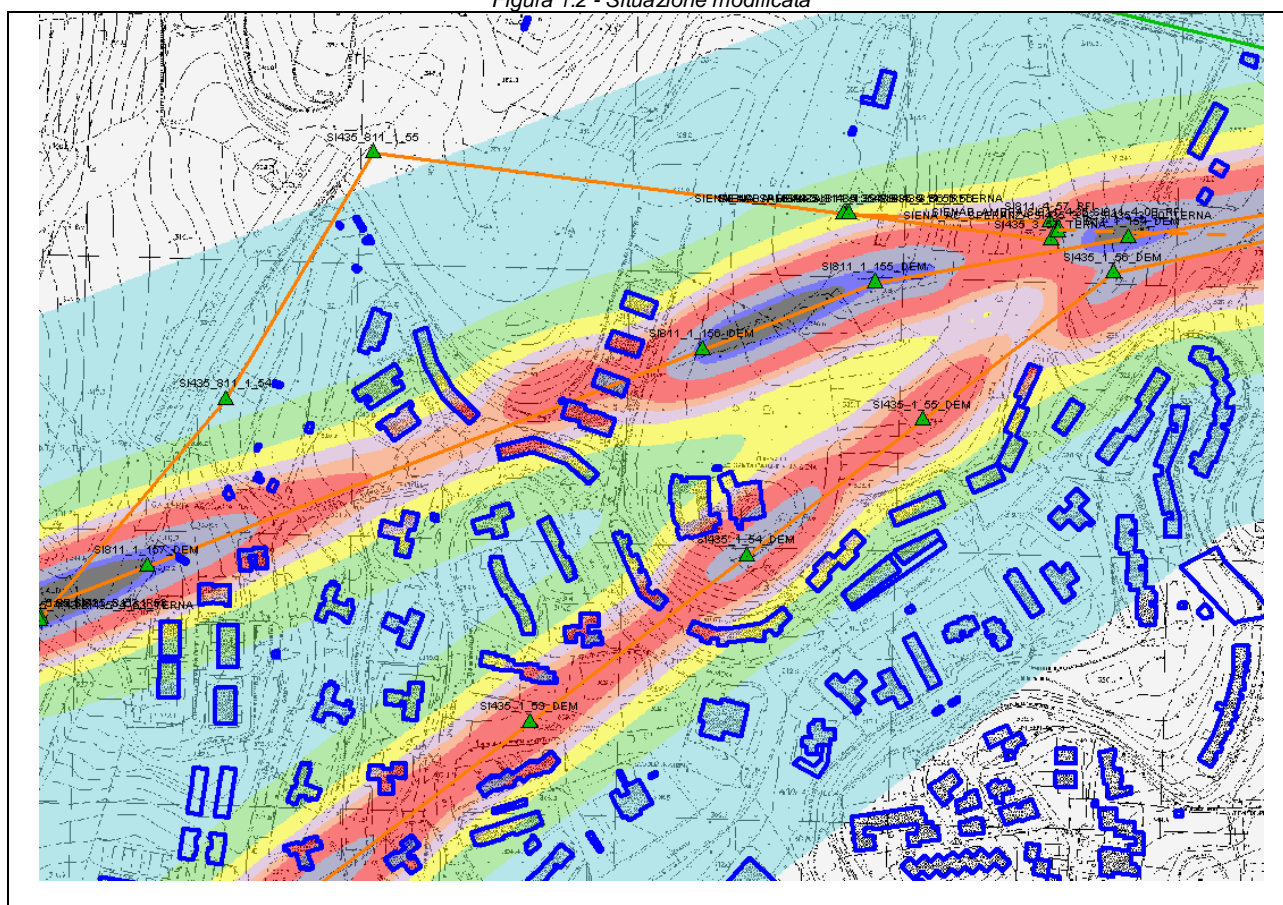


Figura 1.3 - Situazione esistente



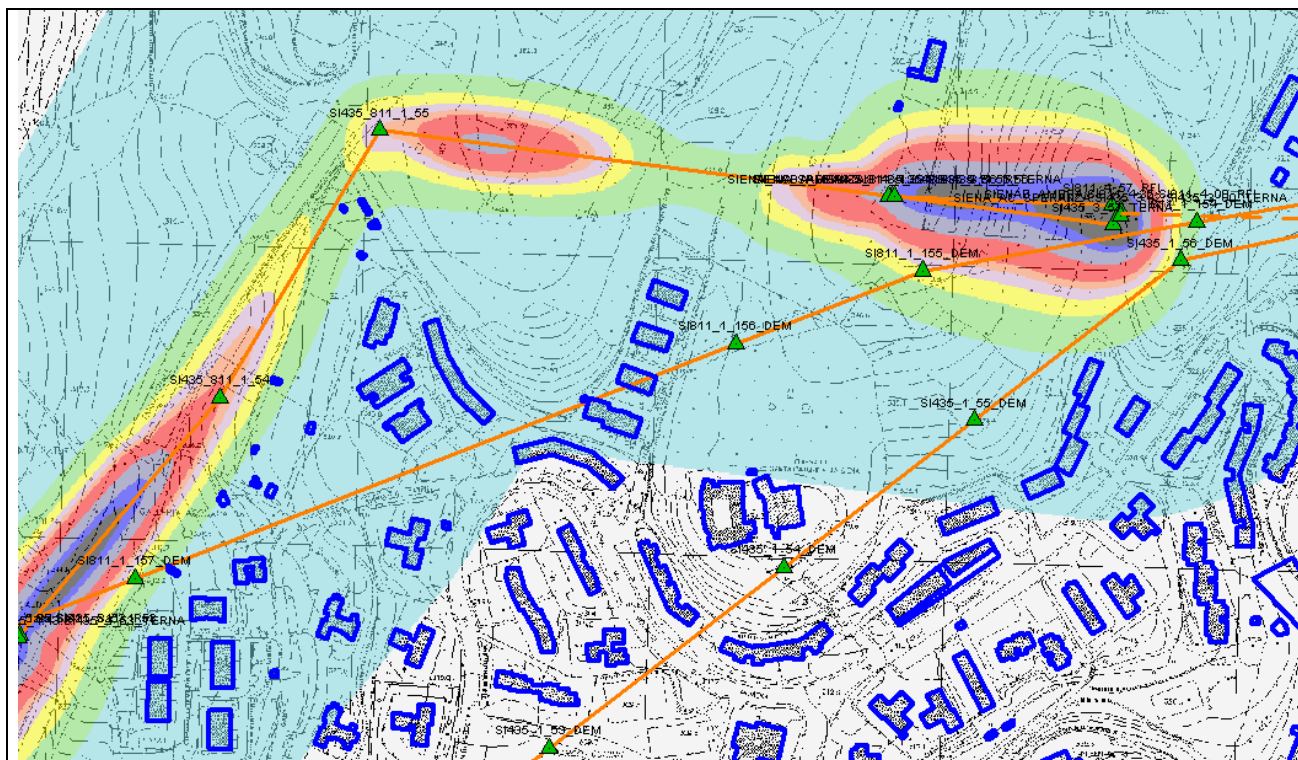


Figura 1.4 - Situazione modificata

Nelle ipotesi cautelative adottate, i benefici ottenuti sono evidenziati nella seguente Tabella 2.9, dove sono riportati, per tutte le linee elettriche di alta tensione (AT) presenti nel comune, il numero di esposti in funzione dei valori di induzione magnetica (B), nella situazione esistente, nell'assetto futuro, evidenziando anche (ultima colonna) come il nuovo assetto non introduca nuovi esposti, ma quelli rimanenti siano dovuti a linee elettriche non interessate dagli interventi.

Esposizione della popolazione a tutte le linee AT presenti nel Comune di Siena			
B(μT)	Situazione esistente	Situazione futura	Esposizione residua Dovuta a linee AT Non modificate
<b>0.1 - 0.2</b>	1475	90	31
<b>0.2 - 0.3</b>	378	28	28
<b>0.3 - 0.4</b>	438	6	6
<b>0.4 - 0.5</b>	207	22	22
<b>0.5 - 1</b>	700	15	15
<b>1 - 2</b>	266	0	0
<b>2 - 3</b>	48	0	0

Tabella 1.9

I benefici dell'intervento sono più evidenti nella successiva Tabella, che limita l'indagine solo ai quartieri interessati dalle nuove linee, mostrando come il nuovo assetto non produca nessuna esposizione residua sopra il valore di 0.4 uT.



Esposizione della popolazione alle linee AT oggetto dell'intervento di modifica		
B( $\mu$ T)	Situazione esistente	Situazione futura
<b>0.1 - 0.2</b>	1444	59
<b>0.2 - 0.3</b>	350	0
<b>0.3 - 0.4</b>	432	0
<b>0.4 - 0.5</b>	185	0
<b>0.5 – 1</b>	685	0
<b>1 – 2</b>	266	0
<b>2 - 3</b>	48	0

Tabella 1.10

Nel corso dei prossimi anni, i benefici ottenuti saranno validati anche tramite verifica sperimentale dei risultati delle simulazioni eseguite.



## **Le risorse naturali**

### **Parte seconda - Acqua**

Gruppo di lavoro:

Dipartimento di Scienze della Terra – Centro di Ricerca sull'Acqua  
Università degli Studi di Siena

Coordinatore: Piero Barazzuoli

Collaboratori: Marco Bertinelli, Fausto Capacci, Benedetta Mocenni, Roberto Rigati, Massimo Salleolini, Fabio Sandrelli

*Agosto 2005*

### **Ufficio di Piano del Comune di Siena**

Coordinamento del Piano:

Andrea Filpa, Michele Talia, Fabrizio Valacchi, Rolando Valentini (Responsabile del Procedimento)

Ufficio di Piano: Gabriele Comacchio, Valeria Lingua, Paola Loglisci, Benedetta Mocenni, Raffaello Pin, Pietro Romano, Marco Signorelli, Adriano Tortorelli.

Collaboratori: Paolo Bubici, Enrica Burroni, Sonia Violetti







## Indice (parte II)

### 2. ACQUA

<b>2.1</b>	<b>Introduzione.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2</b>	<b>Risorse idriche superficiali e sotterranee .....</b>	<b>31</b>
2.2.1	Bacini idrografici.....	31
2.2.2	Complessi idrogeologici.....	39
<b>2.3</b>	<b>L'acquifero del m. Amiata .....</b>	<b>40</b>
2.3.1	Risorse idriche del M. Amiata (A.I. 1967 / 1996).....	41
2.3.2	Temperature .....	42
2.3.4	Evapotraspirazione reale .....	44
2.3.5	Eccedenza idrica.....	45
2.3.6	Risultati dei calcoli di bilancio .....	46
2.3.7	Metodologia di analisi per il calcolo del trend.....	47
<b>2.4</b>	<b>L'acquifero del luco .....</b>	<b>50</b>
2.4.1	Inquadramento geologico e idrogeologico .....	50
2.4.2	Caratteristiche Idrodinamiche dell'acquifero .....	51
2.4.3	Potenzialità idrica dell'acquifero .....	52
2.4.3.1	Risorse rinnovabili.....	52
2.4.3.2	Riserve permanenti .....	56
<b>2.5</b>	<b>Analisi qualitativa delle risorse idriche sotterranee.....</b>	<b>56</b>
2.5.1	Stato di inquinamento reale dei corpi idrici sotterranei.....	56
2.5.2	L'acquifero del Monte Amiata .....	57
2.5.3	L'Acquifero carbonatico del Luco.....	59
<b>2.6</b>	<b>Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento.....</b>	<b>59</b>
2.6.2	Fattori della vulnerabilità .....	61
2.6.3	Metodi per la definizione della vulnerabilità .....	61
2.6.4	La Carta della Vulnerabilità degli Acquiferi all'inquinamento del Comune di Siena .....	62
2.6.4.1	La Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento secondo PTCP di Siena.....	62
2.6.4.2	La Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento del Comune di Siena .....	62
2.6.4.3	Riclassificazione delle alluvioni .....	67
<b>2.7</b>	<b>Conclusioni e raccomandazioni (da relazione Aato 6, 1999).....</b>	<b>72</b>

## 2. ACQUA

### 2.1 Introduzione

La gestione delle risorse idriche, soprattutto a fini idropotabili, non è più demandato ai singoli Comuni o a consorzi tra essi, dato che la legislazione nazionale e regionale (L. 183/89, L. 36/94, L. 152/99 e L.R. 81/95) ha individuato Autorità ed Enti locali che, a vario titolo, perseguono lo stesso obiettivo di gestione delle risorse idriche.

Questo non significa che le Amministrazioni Comunali non abbiano più voce in capitolo in relazione all'argomento; significa che l'azione non può essere più diretta ma mediata in ambito Provinciale, di AATO e di Bacino Idrografico.

Significa anche che l'azione, in tal senso, dovrà essere politico-tecnica volta cioè a verificare che tali Autorità agiscano attraverso i loro piani nell'interesse collettivo e quindi anche in quello dei propri amministratori.

Davanti ad un problema così strategico come è quello dell'acqua i Comuni non devono solo lasciar fare, ma essere i primi e più severi controllori delle scelte e delle strategie previste da tali piani che essi stessi, direttamente o tramite loro consulenti, devono necessariamente contribuire a definire così come è nello spirito della L.R. 5/1995 e della nuova L.R. 1/2005.

Il valore fondamentale dell'acqua per la vita e lo sviluppo umano e la limitata disponibilità di questo bene hanno indotto ad affrontare ovunque, su valide basi scientifiche, il problema della valutazione delle risorse idriche locali e generali, insieme a quello di una loro corretta gestione, partendo da una accurata indagine di bilancio, che costituisce notoriamente il fondamento di ogni ricerca di carattere idrogeologico; la dimensione geografica entro cui tale analisi deve essere svolta è principalmente il bacino idrografico, del quale dovranno pure verificarsi concordanze o discordanze con quello idrogeologico. Le risorse così valutate hanno valore medio statistico e possono quindi essere efficacemente utilizzate a livello previsionale, in particolare mediante l'analisi del trend al fine di rendere estrapolabile a breve-medio termine l'attendibilità di tali stime.

Data la complessità e la stretta correlazione degli aspetti trattati, l'area presa in esame, come già accaduto per l'analogo studio elaborato per lo SMaS) dal presente studio non è limitata al solo Comune di Siena ma è costituita dall'intero territorio di competenza dell'Autorità di Ambito Territoriale Ottimale n. 6 "Ombrone" (nel seguito indicata semplicemente come A.T.O. 6), istituita ai sensi della L.R n. 81 del 21 luglio 1995. Tale territorio si estende per oltre 7.000 km<sup>2</sup> nelle province di Grosseto e Siena e comprende i comuni di Abbadia S. Salvatore, Arcidosso, Asciano, Buonconvento, Campagnatico, Capalbio, Casteldelpiano, Castell'Azzara, Castelnuovo Berardenga, Castellina in Chianti, Castiglione della Pescaia, Castiglione d'Orcia, Cetona, Chiusdino, Cinigiano, Civitella Paganico, Casole d'Elsa, Colle di Val D'Elsa, Follonica, Gaiole in Chianti, Gavorrano, Grosseto, Isola del Giglio, Magliano in Toscana, Manciano, Massa Marittima, Montalcino, Monte Argentario, Monteriggioni, Monteroni d'Arbia, Monterotondo Marittimo, Monticiano, Montieri, Murlo, Orbetello, Piancastagnaio, Pienza, Pitigliano, Radda in Chianti, Radicofani, Rapolano Terme, Roccalbegna, Roccastrada, S. Casciano dei Bagni, S. Giovanni d'Asso, S. Quirico d'Orcia, S. Fiora, Sarteano, Scansano, Scarlino, Seggiano, Semproniano, Siena, Sorano, Sovicille, Trequanda (fig.1); dal punto di vista idrografico, esso è occupato in prevalenza dal Bacino del F. Ombrone (e dai suoi principali sottobacini Arbia, Merse, Orcia) e poi dai bacini dei fiumi Albegna, Bruna e Pecora.



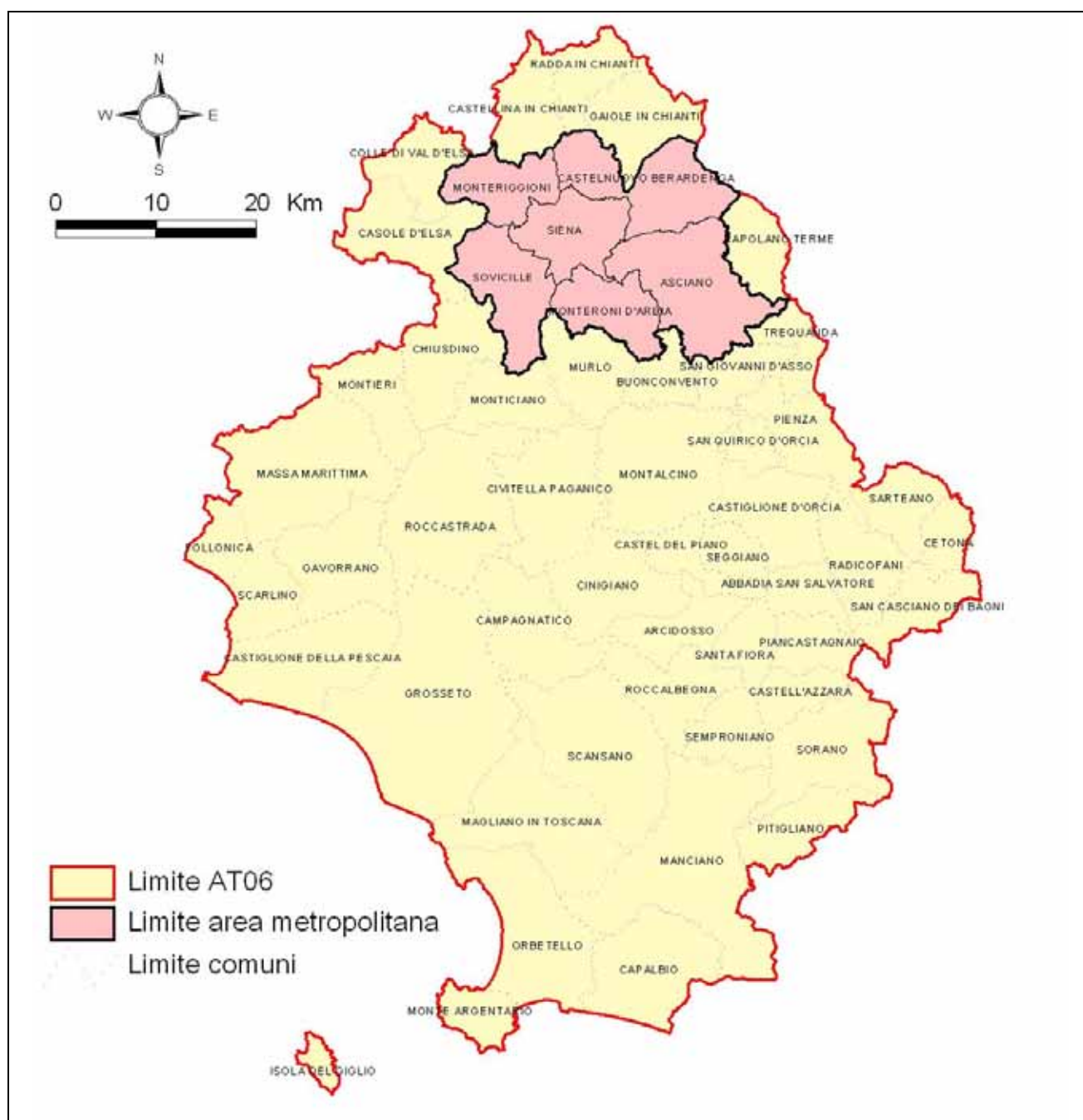


Figura 2.1 – Limite dell'Ambito Territoriale Ottimale 6 (ATO 6)

## 2.2 Risorse idriche superficiali e sotterranee

### 2.2.1 Bacini idrografici

Sulla base dei dati raccolti e delle loro integrazioni ed elaborazioni, si sono acquisiti tutti gli elementi utili per una prima valutazione delle risorse idriche superficiali e sotterranee dei principali bacini e sottobacini presenti nell'A.T.O. 6 (per l'A.I. 1967-1996), che è stata quindi ottenuta con l'utilizzo del  $D_s$ ,  $D_f$ ,  $D_{cip}$  (vedi figg. 2.2b, 2.3, 2.4). Di seguito è illustrato un esempio di calcolo del Bilancio Idrogeologico:

(a)		Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
P	mm	70,6	75,7	65,4	68,8	61,6	44,0	27,5	48,9	76,5	97,9	102,5	79,7	819
T	°C	6,5	7,2	9,5	12,0	16,2	19,7	23,4	23,4	20,2	15,9	10,9	7,0	14,3
i		1,50	1,75	2,66	3,8	5,95	8,00	10,31	10,33	8,26	5,78	3,24	1,68	63,23
Ep	mm	17	20	30	42	65	87	112	112	90	63	36	19	693
K		0,81	0,82	1,02	1,1	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77	
Epc	mm	14	16	31	47	82	111	144	134	94	60	29	15	777
P-Epc	mm	57	59	35	22	-20	-67	-117	-86	-17	38	73	65	42
D.id.C	mm	0	0	0	0	-20	-87	-204	-290	-307	0	0	0	
r	mm	100	100	100	100	81	41	13	5	4	43	100	100	
Er	mm	14	16	31	47	80	84	56	56	77	60	29	15	565
Ws	mm	57	59	35	22	0	0	0	0	0	0	16	65	254
da	mm	0	0	0	0	2	27	88	78	16	0	0	0	212
Di	mm	30	34	28	24	18	9	4	3	6	15	29	29	228
le	mm	27	25	6	-2	-18	-9	-4	-3	-6	-15	-13	36	26

(b) VALUTAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE		mm	Mmc	mc/s
Infiltrazione totale	Iti	94,4	661,4	20,974
Infiltrazione efficace	le	25,9	181,2	5,746
Contributo sorgenti interne	Isi	68,5	480,2	15,228
Ruscellamento	R	159,3	1116,2	35,394
Deflusso da contributi interni	Di	227,8	1596,4	50,622
Contributo sorgenti esterne	Ise	0,0	0,0	0,000
Contributo sorgenti totale	Is	68,5	480,2	15,228
Deflusso naturale	Dn	227,8	1596,4	50,622
Apporti idrici esterni antropici	Aa	0,0	0,0	0,000
Deflusso totale	Dt	227,8	1596,4	50,622
Consumi idrici antropici	Ca	0,0	0,0	0,000
Deflusso strumentale	Ds	227,8	1596,4	50,622

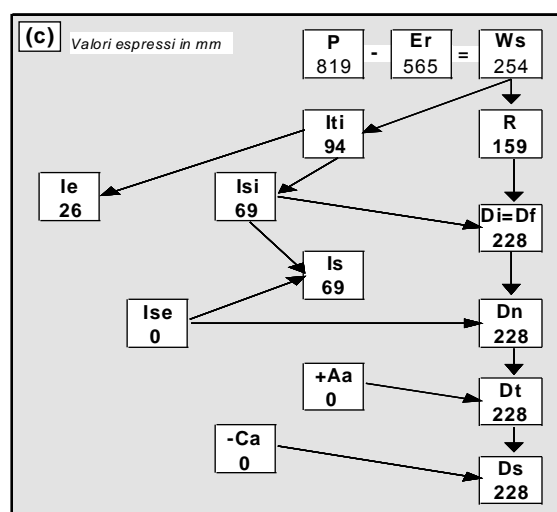


Figura 2.2a – (a) Esempio di tabella di bilancio (secondo Thornthwaite & Mather, 1957) e (b, c) di schemi esplicativi dei criteri di calcolo utilizzati per la stima delle risorse idriche superficiali e sotterranee a livello di bacino idrografico (secondo Barazzuoli & Salledini, 1992; Barazzuoli et alii, 1994, 1995) per l'A.I. 1967-1996: P = afflussi; T = temperatura media dell'aria; i = indice calorico; Ep = evapotraspirazione potenziale; K = coefficiente di correzione astronomica; Epc = evapotraspirazione potenziale corretta; D.id.C = deficit idrico potenziale cumulato; r = riserva idrica del suolo; Er = evapotraspirazione reale; Ws = eccedenza idrica (o precipitazione efficace Pe), rappresenta la risorsa totale potenziale interna al bacino (P-Er oppure R + Iti); da = deficit agrario; Di = deflusso interno in uscita dal bacino attraverso la rete idrografica. In prima approssimazione, questa grandezza può essere valutata direttamente con le misure rilevate nella stazione idrometrografica (Di = Ds). In realtà, esso rappresenta il quantitativo idrico di deflusso, dovuto sia al ruscellamento superficiale che al contributo di acqua sotterranea, direttamente riconducibile alle precipitazioni interne al bacino (del quale costituisce quindi la risorsa totale interna, R + Isi). Esso può essere valutato per mezzo della stima del coefficiente di deflusso effettuata in funzione ad alcune caratteristiche fisiografiche e climatiche dell'area esaminata (Df); le = infiltrazione efficace, calcolata con la differenza Ws-Di, rappresenta la porzione di Iti che alimenta falde emergenti all'esterno del bacino (nel caso di coincidenza tra spartiacque morfologico ed idrogeologico e in assenza di intervento antropico sul ciclo dell'acqua, le è uguale a zero e quindi Ws = Di); Iti = infiltrazione totale interna, valutata con la somma dei valori mensili positivi d'infiltrazione ricavati dal bilancio o con l'ausilio dei coefficienti di infiltrazione potenziale (le+Isi), è la risorsa totale potenziale sotterranea interna; Isi = infiltrazione delle emergenze interne, valutata con la somma dei valori mensili negativi d'infiltrazione ricavati dal bilancio o con l'ausilio dei coefficienti di infiltrazione potenziale, rappresenta il contributo delle acque sotterranee interne (sorgenti, falde che emergono direttamente verso corsi d'acqua, ruscellamento ipodermico) al deflusso del bacino, assumendo così le caratteristiche di reale risorsa sotterranea interna; R = ruscellamento superficiale, stimato con la differenza Ws-Iti, corrisponde alla porzione di Ws che alimenta direttamente la rete idrografica (costituisce cioè la risorsa totale superficiale interna); Ise = emergenze da infiltrazione esterna, calcolato con la differenza Dn-Di, corrisponde all'eventuale contributo di acque sotterranee al deflusso provenienti da falde alimentate in bacini adiacenti; Is = contributo totale di acqua sotterranea al deflusso, valutato con la somma Isi+Ise; Dn = deflusso naturale in uscita dal bacino attraverso la rete idrografica, determinato direttamente con le misure rilevate nella stazione idrometrografica, è la risorsa totale del bacino (Di+Ise oppure R+Isi+Ise); Aa = apporto idrico esterno di origine antropica al deflusso del bacino, rappresenta un quantitativo d'acqua da sottrarre al deflusso strumentale (Ds, cioè misurato) per ricavare quello naturale (Dt-Dn); Dt = deflusso totale, che è costituito dai contributi naturali (sia interni Di che esterni Ise, cioè Dn) con l'aggiunta dell'apporto esterno antropico Aa e che coincide con il deflusso strumentale (Ds) in assenza di consumo interno antropico Ca (Dn+Aa oppure Di+Ise+Aa oppure R+Isi+Ise+Aa); Ca = consumo idrico interno di origine antropica, rappresenta un quantitativo idrico da sommare al deflusso strumentale (Ds, cioè misurato) per ricavare quello naturale (Dt-Ds); Ds = deflusso strumentale, misurato alla stazione idrometrografica posta alla sezione di chiusura del bacino, il cui valore deriva dal saldo di tutte le interferenze naturali ed antropiche al bacino (sia interne che esterne) e che corrisponde al deflusso naturale residuo (cioè, Dn al netto dei consumi Ca) sommato agli apporti Aa (Dt-Ca oppure Dn-Ca+Aa oppure Di+Ise-Ca+Aa oppure R+Isi+Ise-Ca+Aa).

Bilancio idrologico con l'utilizzo del deflusso strumentale (Ds)														
BACINO DEL FIUME OMBRONE A SASSO D'OMBRONE														
Anno Idrologico: 1967-1996											Sup. (km <sup>2</sup> ): 2686			
		Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
P	mm	62,3	71,1	65,4	72,1	67,7	53,1	30,5	49,7	75,4	93,3	100,7	75,7	817
T	°C	6,1	6,9	9,2	10,2	16,0	19,6	23,2	23,1	19,9	15,4	10,3	6,9	13,9
i		1,33	1,61	2,53	2,94	5,83	7,89	10,24	10,17	8,07	5,50	2,99	1,64	60,74
Ep	mm	16	19	29	34	65	87	112	111	89	62	34	19	677
K		0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77	
Epc	mm	13	16	30	38	82	111	144	133	93	59	28	15	761
P-Epc	mm	49	56	36	34	-14	-58	-114	-84	-17	34	73	61	56
D.Id.C	mm	0	0	0	0	-14	-72	-186	-270	-287	0	0	0	
r	mm	100	100	100	100	86	48	15	7	5	40	100	100	
Er	mm	13	16	30	38	81	91	63	58	76	59	28	15	568
Ws	mm	49	56	36	34	0	0	0	0	0	0	13	61	249
da	mm	0	0	0	0	1	20	81	75	16	0	0	0	193
Ds	mm	31	35	29	25	19	9	4	3	6	15	30	30	234
le	mm	19	20	7	9	-18	-9	-4	-3	-6	-15	-16	31	15

VALUTAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE		mm	Mmc	mc/s
Infiltrazione totale	<b>Iti</b>	86,1	231,2	7,330
Infiltrazione efficace	<b>le</b>	14,5	39,0	1,237
Contributo sorgenti interne	<b>Isi</b>	71,5	192,2	6,094
Ruscellamento	<b>R</b>	162,6	436,9	13,853
Deflusso da contributi interni	<b>Di</b>	234,2	629,0	19,947
Contributo sorgenti esterne	<b>Ise</b>	0,0	0,0	0,000
Contributo sorgenti totale	<b>Is</b>	71,5	192,2	6,094
Deflusso naturale	<b>Dn</b>	234,2	629,0	19,947
Apporti idrici esterni antropici	<b>Aa</b>	0,0	0,0	0,000
Deflusso totale	<b>Dt</b>	234,2	629,0	19,947
Consumi idrici antropici	<b>Ca</b>	0,0	0,0	0,000
Deflusso strumentale	<b>Ds</b>	234,2	629,0	19,947

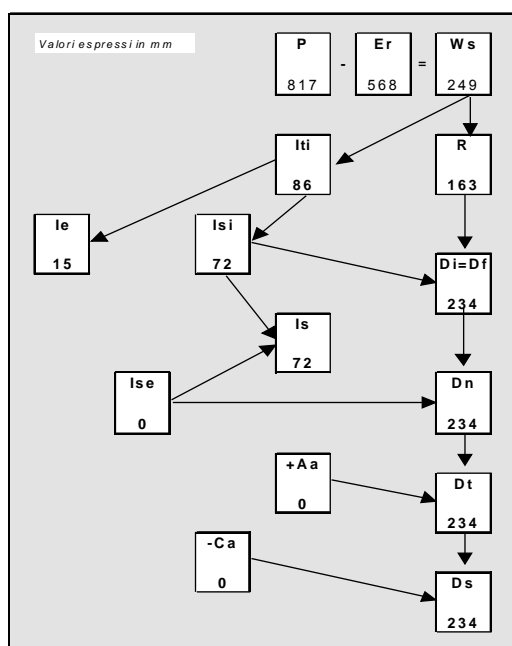
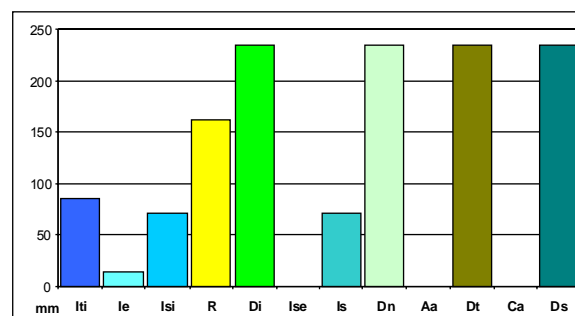
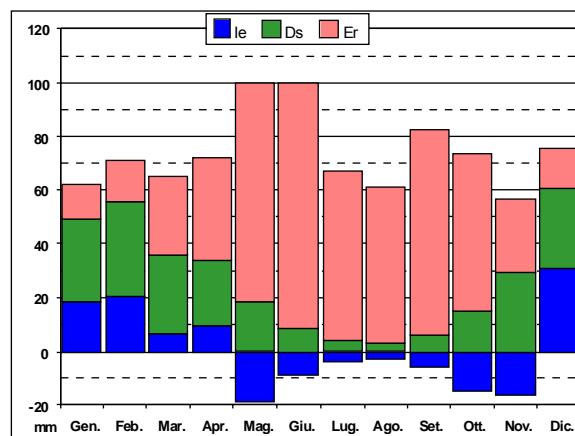


Figura 2.2b – Risorse idriche da Bilancio con l'uso del deflusso strumentale (valori in mm)



Bilancio idrologico con l'utilizzo del deflusso fisiografico (base Dk=Df=Di)														
BACINO DEL FIUME OMBRONE A SASSO D'OMBRONE														
Anno Idrologico: 1967-1996														
Sup. (km <sup>2</sup> ): 2686														
		Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
P	mm	62,3	71,1	65,4	72,1	67,7	53,1	30,5	49,7	75,4	93,3	100,7	75,7	817
T	°C	6,1	6,9	9,2	10,2	16,0	19,6	23,2	23,1	19,9	15,4	10,3	6,9	13,9
i		1,33	1,61	2,53	2,94	5,83	7,89	10,24	10,17	8,07	5,50	2,99	1,64	60,74
Ep	mm	16	19	29	34	65	87	112	111	89	62	34	19	677
K		0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77	
Epc	mm	13	16	30	38	82	111	144	133	93	59	28	15	761
P-Epc	mm	49	56	36	34	-14	-58	-114	-84	-17	34	73	61	56
D.Id.C	mm	0	0	0	0	-14	-72	-186	-270	-287	0	0	0	
r	mm	100	100	100	100	86	48	15	7	5	40	100	100	
Er	mm	13	16	30	38	81	91	63	58	76	59	28	15	568
Ws	mm	49	56	36	34	0	0	0	0	0	0	13	61	249
da	mm	0	0	0	0	1	20	81	75	16	0	0	0	193
Dk	mm	35	40	33	28	21	10	4	3	7	17	34	34	266
le	mm	14	16	3	6	-21	-10	-4	-3	-7	-17	-21	27	-18

VALUTAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE		mm	Mmc	mc/s
Infiltrazione totale	<b>Iti</b>	65,5	176,0	5,582
Infiltrazione efficace	<b>le</b>	0,0	0,0	0,000
Contributo sorgenti interne	<b>Isi</b>	65,5	176,0	5,582
Ruscellamento	<b>R</b>	183,2	492,0	15,601
Deflusso da contributi interni	<b>Di</b>	248,7	668,0	21,183
Contributo sorgenti esterne	<b>lse</b>	17,6	47,3	1,500
Contributo sorgenti totale	<b>Is</b>	83,1	223,3	7,082
Deflusso naturale	<b>Dn</b>	266,3	715,3	22,683
Apporti idrici esterni antropici	<b>Aa</b>	0,0	0,0	0,000
Deflusso totale	<b>Dt</b>	266,3	715,3	22,683
Consumi idrici antropici	<b>Ca</b>	0,0	0,0	0,000
Deflusso strumentale	<b>Ds</b>	266,3	715,3	22,683

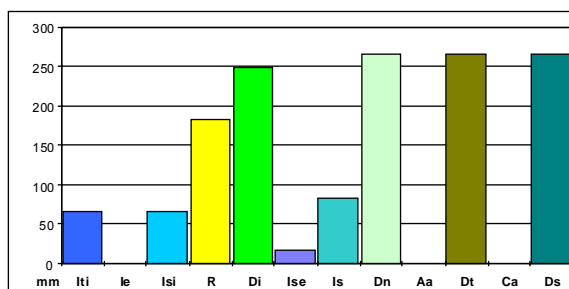
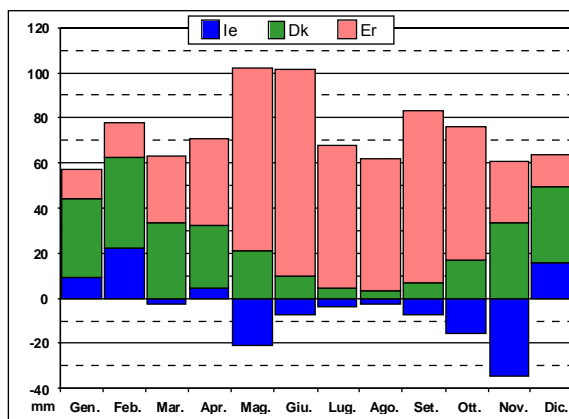
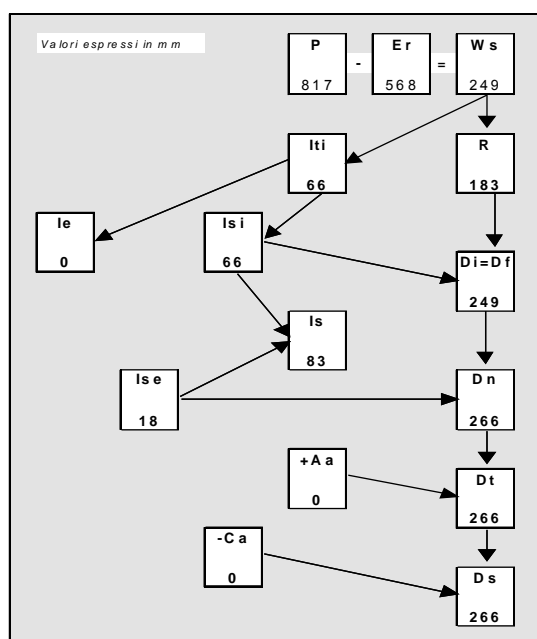


Figura 2.3a – Risorse idriche da Bilancio con l'uso del deflusso Fisiografico (valori in mm)

BACINO E SOTTOBACINO	Grado di permeabilità	c.i.p.	W <sub>s</sub>	Area	Infiltrazione totale interna (I <sub>ti</sub> )	
IDROGRAFICO	relativa	(-)	(mm/anno)	(km <sup>2</sup> )	(mm/anno)	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /anno)
ARBIA A CONFLUENZA OMBRONE	Elevata	0,90	210,0	0,0	189,0	0,00
	Buona	0,75	211,2	176,6	158,4	27,97
	Mediocre	0,25	231,9	132,1	58,0	7,66
OMBRONE A BUONCONVENTO	Elevata	0,90	207,6	9,5	186,8	1,77
	Buona	0,75	209,2	193,5	156,9	30,36
	Mediocre	0,25	219,3	219,7	54,8	12,04
FARMA A PONTE DI TORNIELLA	Elevata	0,90	400,5	6,9	360,5	2,49
	Buona	0,75	442,5	0,1	331,9	0,03
	Mediocre	0,25	408,1	6,7	102,0	0,68
MERSE A CASA MALLECCHI	Elevata	0,90	411,7	27,3	370,5	10,11
	Buona	0,75	368,9	50,4	276,7	13,95
	Mediocre	0,25	363,3	75,6	90,8	6,86
MERSE A ORNATE	Elevata	0,90	319,9	110,1	287,9	31,70
	Buona	0,75	325,5	101,5	244,1	24,78
	Mediocre	0,25	332,4	145,6	83,1	12,10
MERSE A CONFLUENZA OMBRONE	Elevata	0,90	327,2	122,7	294,5	36,14
	Buona	0,75	319,1	120,1	239,3	28,74
	Mediocre	0,25	343,1	218,2	85,8	18,72
ORCIA A MONTE AMIATA SCALO	Elevata	0,90	265,2	19,0	238,7	4,54
	Buona	0,75	157,1	46,4	117,8	5,47
	Mediocre	0,25	155,6	122,1	38,9	4,75
ORCIA A CONFLUENZA OMBRONE	Elevata	0,90	423,2	54,6	380,9	20,80
	Buona	0,75	180,0	83,7	135,0	11,30
	Mediocre	0,25	202,1	164,9	50,5	8,33
OMBRONE A SASSO D'OMBRONE	Elevata	0,90	349,2	186,8	314,3	58,71
	Buona	0,75	235,4	512,3	176,6	90,47
	Mediocre	0,25	252,4	670,9	63,1	42,33
OMBRONE ALLA FOCE	Elevata	0,90	325,5	224,5	293,0	65,78
	Buona	0,75	216,6	901,1	162,5	146,43
	Mediocre	0,25	239,1	974,9	59,8	58,30
BRUNA A LEPRI	Elevata	0,90	361,6	29,0	325,4	9,44
	Buona	0,75	283,3	92,5	212,5	19,66
	Mediocre	0,25	305,3	5,3	76,3	0,40
BRUNA ALLA FOCE	Elevata	0,90	326,8	43,8	294,1	12,88
	Buona	0,75	239,2	278,1	179,4	49,89
	Mediocre	0,25	214,1	123,7	53,5	6,62
ALBEGNA A MONTEMERANO	Elevata	0,90	322,4	21,3	290,2	6,18
	Buona	0,75	333,4	36,9	250,1	9,23
	Mediocre	0,25	353,8	30,0	88,5	2,66
ALBEGNA ALLA FOCE	Elevata	0,90	228,2	88,3	205,4	18,14
	Buona	0,75	209,0	307,2	156,8	48,17
	Mediocre	0,25	267,7	105,0	66,9	7,02
PECORA E MINORI TOTALE	Elevata	0,90	262,7	21,8	236,4	5,15
	Buona	0,75	210,5	109,6	157,9	17,31
	Mediocre	0,25	171,1	21,5	42,8	0,92

Figura 2.3b - Quadro riassuntivo delle zone considerate e dei parametri necessari alla valutazione dell'infiltrazione con l'ausilio dei c.i.p.: risultati validi per l'A.I. 1967-1996

Bilancio idrologico con l'utilizzo del deflusso da calcolo lti con c.i.p. BACINO DEL FIUME OMBRONE A SASSO D'OMBRONE Anno Idrologico: 1967-1996Sup. (km <sup>2</sup> ): 2686														
		Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
P	mm	62,3	71,1	65,4	72,1	67,7	53,1	30,5	49,7	75,4	93,3	100,7	75,7	817
T	°C	6,1	6,9	9,2	10,2	16,0	19,6	23,2	23,1	19,9	15,4	10,3	6,9	13,9
i		1,33	1,61	2,53	2,94	5,83	7,89	10,24	10,17	8,07	5,50	2,99	1,64	60,74
Ep	mm	16	19	29	34	65	87	112	111	89	62	34	19	677
K		0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77	
Epc	mm	13	16	30	38	82	111	144	133	93	59	28	15	761
P-Epc	mm	49	56	36	34	-14	-58	-114	-84	-17	34	73	61	56
D.Id.C	mm	0	0	0	0	-14	-72	-186	-270	-287	0	0	0	
r	mm	100	100	100	100	86	48	15	7	5	40	100	100	
Er	mm	13	16	30	38	81	91	63	58	76	59	28	15	568
Ws	mm	49	56	36	34	0	0	0	0	0	0	13	61	249
da	mm	0	0	0	0	1	20	81	75	16	0	0	0	193
Dcip	mm	34	39	32	27	20	10	4	3	7	16	32	33	257
le	mm	16	17	4	7	-20	-10	-4	-3	-7	-16	-19	28	-9

VALUTAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE		mm	Mmc	mc/s
Infiltrazione totale	Iti	71,3	191,4	6,069
Infiltrazione efficace	le	0,0	0,0	0,000
Contributo sorgenti interne	Isi	71,3	191,4	6,069
Ruscellamento	R	177,5	476,7	15,114
Deflusso da contributi interni	Di	248,7	668,0	21,183
Contributo sorgenti esterne	lse	8,7	23,3	0,738
Contributo sorgenti totale	Is	79,9	214,7	6,807
Deflusso naturale	Dn	257,4	691,3	21,921
Apporti idrici esterni antropici	Aa	0,0	0,0	0,000
Deflusso totale	Dt	257,4	691,3	21,921
Consumi idrici antropici	Ca	0,0	0,0	0,000
Deflusso strumentale	Ds	257,4	691,3	21,921

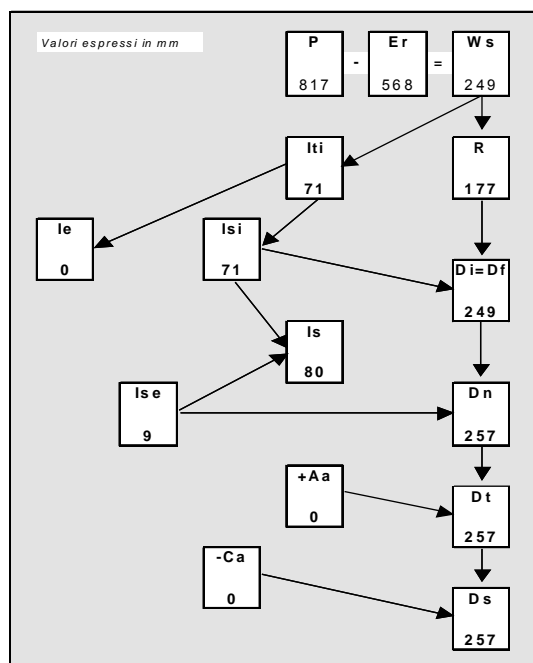
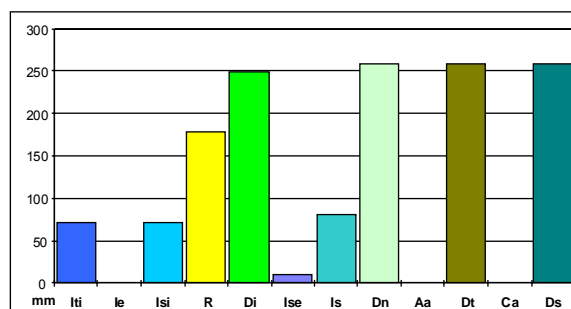
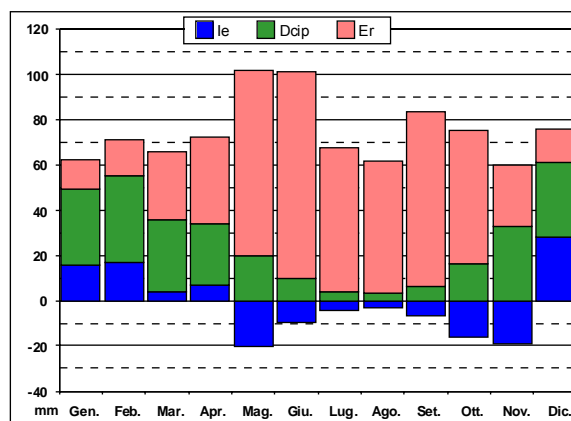


Figura 2.4 – Risorse idriche da Bilancio sulla base dell'utilizzo dei c.i.p. (Dcip=Di)



L'esame complessivo dei risultati così ottenuti (tab. 2.1) consente di rilevare che, all'interno del bacino del F. Ombrone, gli afflussi più elevati si riscontrano nel T. Farma a Torniella (989 mm, pari a circa 67·106 m3/anno), il quale presenta anche i valori più alti di eccedenza idrica (407 mm, 27·106 m3/anno): questi valori sono anche i più alti in assoluto dell'intero territorio considerato. I valori maggiori di evapotraspirazione reale nell'Ombrone si rilevano invece nel bacino del Merse a confluenza Ombrone (591 mm, 396·106 m3/anno), mentre quelli più alti in assoluto sono nel bacino del F. Albegna a Montemerano (598 mm, 134·106 m3/anno) Il bacino del F. Orcia a Monte Amiata Scalo presenta invece i valori minori di afflussi ed eccedenza idrica (rispettivamente: 733 mm, 427·106 m3/anno; 177 mm, 103·106 m3/anno, pari al 24 % degli afflussi), mentre l'evapotraspirazione più bassa si ritrova nel F. Pecora (539 mm, 124·106 m3/anno).

BACINO	P	E <sub>r</sub>	W <sub>s</sub>	I <sub>ti</sub>	I <sub>e</sub>	I <sub>si</sub>	R	D <sub>i</sub>	I <sub>se</sub>	I <sub>s</sub>	D <sub>n</sub>	A <sub>a</sub>	D <sub>t</sub>	C <sub>a</sub>	D <sub>s</sub>
ARBIA A CONFLUENZA OMBRONE	422,0	308,7	<b>113,2</b>	39,5	0,0	39,5	73,7	113,1	0,0	39,5	113,1	0,0	113,1	0,0	113,1
OMBRONE A BUONCONVENTO	596,7	440,4	<b>156,3</b>	57,6	0,0	57,6	98,6	156,3	0,0	57,6	156,3	0,0	156,3	0,0	156,3
FARMA A PONTE DI TORNIELLA	66,5	39,1	<b>27,4</b>	5,2	0,6	4,6	22,2	26,7	0,0	4,6	26,7	0,0	26,7	0,0	26,7
MERSE A CASA MALLECCHI	254,5	154,7	<b>99,7</b>	33,1	13,6	19,5	66,5	86,0	0,0	19,5	86,0	0,0	86,0	0,0	86,0
MERSE A ORNATE	464,4	296,6	<b>167,8</b>	65,6	26,1	39,4	102,2	141,6	0,0	39,4	141,6	0,0	141,6	0,0	141,6
MERSE A CONFLUENZA OMBRONE	625,0	396,1	<b>228,8</b>	85,4	30,1	55,3	143,4	198,7	0,0	55,3	198,7	0,0	198,7	0,0	198,7
ORCIA A MONTE AMIATA SCALO	427,2	324,3	<b>102,9</b>	34,5	0,0	34,5	68,4	103,0	0,0	34,5	103,0	0,0	103,0	0,0	103,0
ORCIA A CONFLUENZA OMBRONE	686,7	499,6	<b>187,1</b>	59,4	0,0	59,4	127,7	187,1	0,0	59,4	187,1	0,0	187,1	0,0	187,1
OMBRONE A SASSO D'OMBRONE	2194,3	1526,2	<b>668,0</b>	235,9	46,4	189,5	432,1	621,6	0,0	189,5	621,6	0,0	621,6	0,0	621,6
OMBRONE ALLA FOCE	2903,7	2041,3	<b>862,4</b>	313,0	52,0	261,0	549,4	810,4	0,0	261,0	810,4	0,0	810,4	0,0	810,4
BRUNA A LEPRI	204,2	131,7	<b>72,5</b>	30,7	15,6	15,1	41,8	57,0	0,0	15,1	57,0	0,0	57,0	0,0	57,0
BRUNA ALLA FOCE	453,2	308,6	<b>144,6</b>	66,6	37,6	29,0	78,0	107,0	0,0	29,0	107,0	0,0	107,0	0,0	107,0
ALBEGNA A MONTEMERANO	215,5	133,9	<b>81,6</b>	15,2	0,0	15,2	66,4	81,7	0,0	15,3	81,7	0,0	81,7	0,0	81,7
ALBEGNA ALLA FOCE	603,3	413,7	<b>189,6</b>	72,5	29,8	42,7	117,1	159,8	0,0	42,7	159,8	0,0	159,8	0,0	159,8
PECORA E MINORI TOTALE	176,2	123,5	<b>52,7</b>	24,6	11,6	13,0	28,1	41,1	0,0	13,0	41,1	0,0	41,1	0,0	41,1
<b>TERRITORIO A.T.O. 6 "Ombrone"</b>	<b>5740,4</b>	<b>3962,8</b>	<b>1777,6</b>	<b>661,4</b>	<b>181,2</b>	<b>480,2</b>	<b>1116,2</b>	<b>1596,4</b>	<b>0,0</b>	<b>480,2</b>	<b>1596,4</b>	<b>0,0</b>	<b>1596,4</b>	<b>0,0</b>	<b>1596,4</b>

Tabella 2.1 - Risultati finali ottenuti nella stima delle risorse idriche superficiali e sotterranee dei principali bacini e sottobacini idrografici del territorio dell'A.T.O. 6 (A.I. 1967-1996) con l'utilizzo del deflusso fisiografico corretto; valori espressi in 106 m3/anno.

Rimane infine da ricordare che i suddetti risultati di bilancio sono stati ottenuti considerando nullo l'intervento antropico sul ciclo dell'acqua (cioè, A<sub>a</sub> e C<sub>a</sub> sono stati posti uguali a zero) che è invece capace di variare anche sensibilmente la ripartizione delle effettive risorse idriche superficiali e sotterranee dei bacini esaminati; l'A.T.O. 6 non deve assolutamente sottovalutare questo aspetto, pena il rischio di attuare inefficaci gestioni del territorio, e dovrà quindi mettere a punto un sistema di rilevamento di informazioni attendibili su usi e spostamenti di quantitativi d'acqua all'interno del proprio territorio (anche in collaborazione con gli A.T.O. limitrofi e le Autorità di Bacino coinvolte).

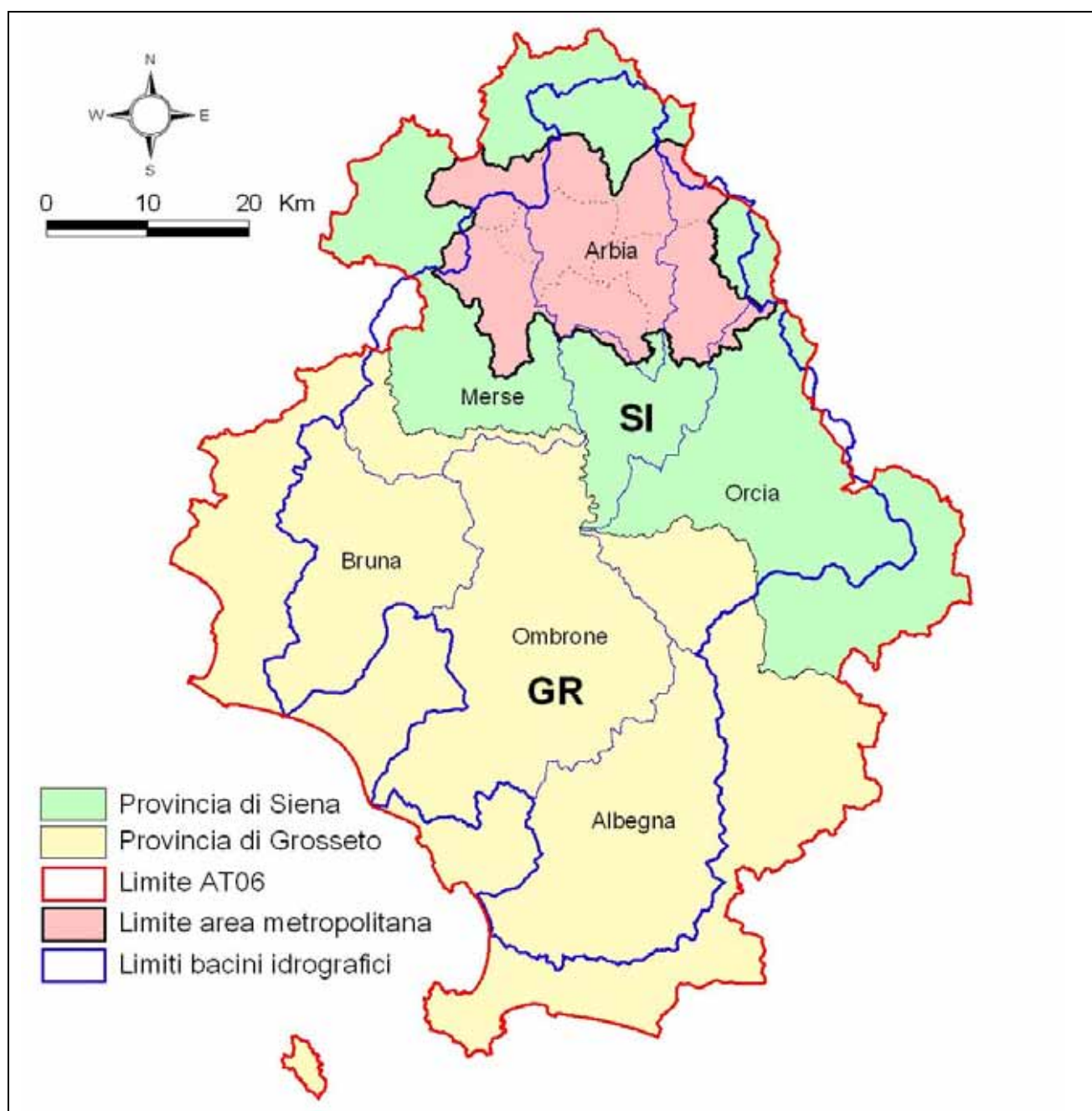


Fig.2.5 – Ubicazione dei principali bacini nel territorio dell'ATO 6

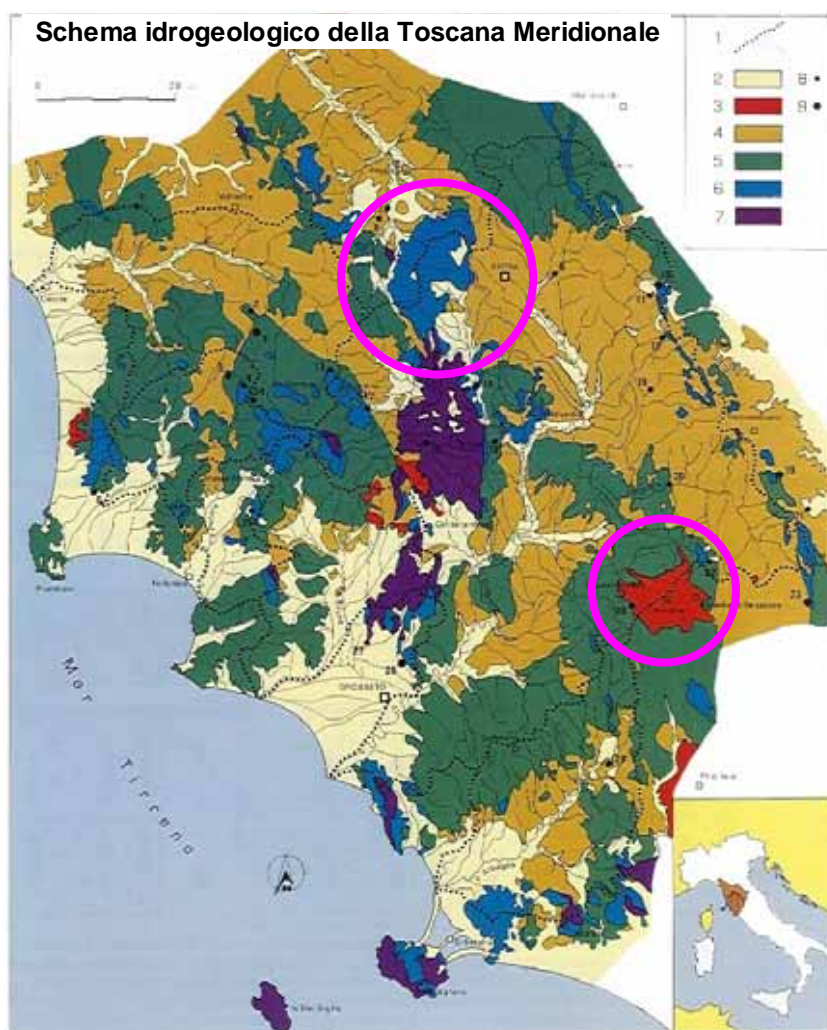


### 2.2.2 Complessi idrogeologici

Il procedimento di calcolo basato sui c.i.p. è stato anche utilizzato per la valutazione globale della risorsa idrica rinnovabile nei complessi idrogeologici presenti nel territorio dell'A.T.O. 6 e per quella specifica di alcune situazioni di particolare interesse economico-ambientale (vulcaniti del M. Amiata e di Pitigliano, rocce carbonatiche della Dorsale Rapolano Terme - M. Cetona, della zona M. Maggio-Montagnola Senese e del settore Orbetello-Capalbio); i risultati ottenuti sono riportati nella tab. 11.

La tab. 11 mostra che l'infiltrazione totale nell'A.T.O. 6 risulta pari a circa  $671 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno (associata per oltre il 50% a terreni di buona permeabilità) e che le vulcaniti del Monte Amiata godono dei più alti valori di  $I_{ti}$  (576 mm/anno, pari a  $48 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno); le rocce carbonatiche del settore Orbetello-Capalbio presentano invece un' $I_{ti}$  pari a 129 mm/anno ( $11 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno). Sulla validità di questi risultati gravano ovviamente tutte le perplessità scaturite dallo scarso dettaglio dei dati di base utilizzati per la stesura della carta della permeabilità, soprattutto per stime su territori di ridotta estensione; il confronto tra le valutazioni ricavate

per l'infiltrazione totale dell'A.T.O. 6 ( $I_{ti}$  da c.i.p. =  $671,4 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno;  $I_{ti}$  da  $C_{df(corr.)}$  =  $661,4 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno) indica infatti che le due metodologie di calcolo risultano praticamente equivalenti su ampi territori.



COMPLESSO	Grado di permeabilità	c.i.p.	$W_s$	Area	Infiltrazione totale interna ( $I_{ti}$ )	
IDROGEOLOGICO	relativa	(-)	(mm/anno)	(km <sup>2</sup> )	(mm/anno)	( $10^6$ m <sup>3</sup> /anno)
ROCCE A PERMEABILITA' ELEVATA	Elevata	0,90	333,9	796,0	300,5	239,2
ROCCE A PERMEABILITA' BUONA	Buona	0,75	208,7	2175,5	156,5	340,5
ROCCE A PERMEABILITA' MEDIOCRE	Mediocre	0,25	233,9	1567,1	58,5	91,7
ROCCE A PERMEABILITA' MOLTO SCARSA	Molto scarsa	0,00	298,1	2469,4	0,0	0,0
<b>VULCANITI M. AMIATA</b>	<b>Elevata</b>	<b>0,90</b>	<b>640,1</b>	<b>83,3</b>	<b>576,1</b>	<b>48,0</b>
VULCANITI PITIGLIANO	Elevata	0,90	393,6	182,0	354,2	64,5
ROCCE CARBONATICHE DELLA DORSALE RAPOLANO – M. CETONA	Elevata	0,90	265,2	44,3	238,7	10,6
<b>ROCCE CARBONATICHE DELLA ZONA M. MAGGIO – MONTAGNOLA SENESE</b>	<b>Elevata</b>	<b>0,90</b>	<b>276,7</b>	<b>100,2</b>	<b>249,0</b>	<b>24,9</b>
ROCCE CARBONATICHE DEL SETTORE ORBETELLO – CAPALPIO	Elevata	0,90	142,9	85,8	128,6	11,0

Tabella 2.2 - Quadro riassuntivo dei complessi idrogeologici considerati e dei parametri necessari alla valutazione dell'infiltrazione con l'ausilio dei c.i.p.; risultati validi per l'A.I. 1967-1996.

### 2.3 L'acquifero del Monte Amiata

Il M. Amiata ha un'altitudine di 1738 m s.l.m. ed è costituito da rocce vulcaniche che coprono una superficie di circa 80 km<sup>2</sup>; la quota media dei relativi affioramenti è di circa 1100 m s.l.m. Dal punto di vista climatico, nella parte alta del rilievo la precipitazione è di 1400 mm, la temperatura è di 10 °C e la neve persiste per circa 100 giorni (valori medio annui su base pluriennale). In quest'area affiorano le seguenti unità geologico-strutturali, dall'alto verso il basso (figg. 2.6 e 2.7):

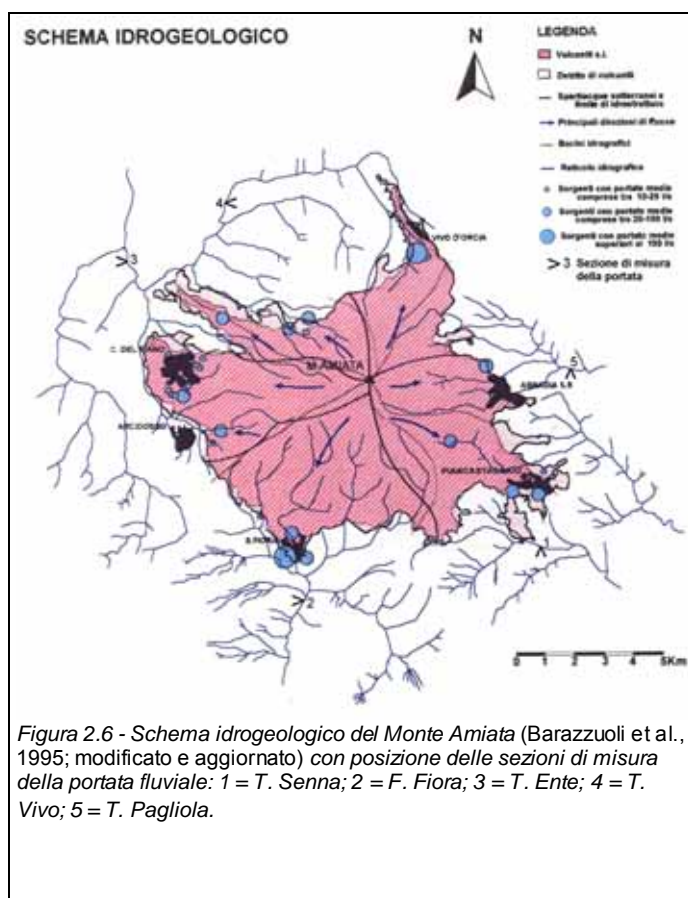
complesso vulcanico del M. Amiata, composto prevalentemente da lave e domi riodacitici e, in misura minore, da lave latitiche (Quaternario);

argille, sabbie e conglomerati delle sequenze neoautoctone (Pliocene);

sequenze flyschoidi alloctone «liguridi», rappresentate dalle Argille con calcari «palombini» (Cretaceo inf.), dalle argilliti della Formazione di S. Fiora e dalle arenarie calcaree della Formazione della Pietraforte (Cretaceo sup.) e dalle argilliti e calcari della Formazione di Canetolo (Paleocene-Eocene);

formazioni carbonatico-silicee della «Falda toscana» (Giurassico inf.-Cretaceo inf.).

Le rocce vulcaniche sono altamente permeabili per fessurazione (e, subordinatamente, per porosità) e contengono un acquifero freatico alimentato esclusivamente dall'infiltrazione meteorica, frazione delle piogge e delle nevi cadute sul rilievo; tali rocce sovrastano un complesso flyschoidi di bassa permeabilità, che le separano dal sottostante serbatoio geotermico prevalentemente costituito dalle formazioni fratturate di facies toscana. Nell'acquifero la circolazione idrica è quella tipica delle «falde in rete», cioè è caratterizzata da una diffusa microfratturazione della roccia e da deflussi concentrati preferenzialmente nelle fratture beanti.



Tale acquifero può essere considerato, per quantità e qualità, il più importante serbatoio idrico naturale della Toscana meridionale (ad esso infatti attingono buona parte delle province di Siena e Grosseto e dell'alto Lazio); in quest'area sono state infatti censite più di 150 sorgenti (captate e non, escludendo tutte le scaturigini non misurabili), normalmente ubicate in prossimità del contatto tra le vulcaniti ed il sottostante complesso flyschoidi, la cui erogazione idrica complessiva è stimata in circa  $54 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno (come valore medio nell'anno idrologico 1939-1996). Secondo la classica schematizzazione di Civita (1972), la maggior parte di esse è classificabile come *sorgente per soglia di permeabilità sottoposta*; la diffusa coltre detritica presente ai piedi del rilievo maschera spesso tale contatto, con il conseguente manifestarsi di numerose emergenze *reali* al posto di quelle *geologiche*. Alcune sorgenti scaturiscono, poco più a monte, in corrispondenza di variazioni del grado di permeabilità delle vulcaniti (*sorgenti per limite di permeabilità indefinito*) o di forti depressioni morfologiche (*sorgenti per affioramento della piezometrica*).

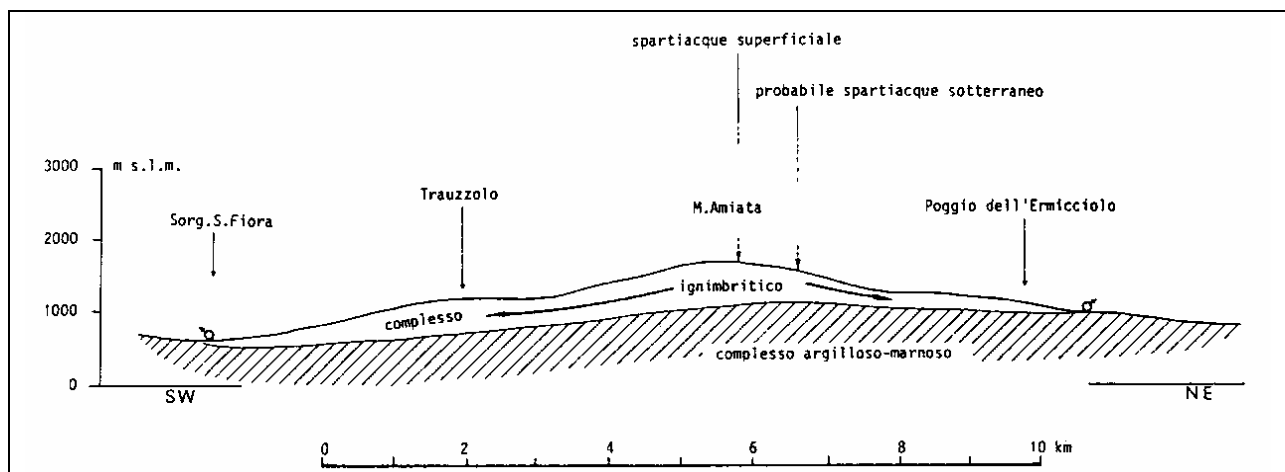


Figura 2.7 - Sezione idrogeologica schematica del Monte Amiata

### 2.3.1 Risorse idriche del Monte Amiata (A.I. 1967 / 1996)

La valutazione degli afflussi medi mensili ed annui relativi al territorio studiato si è basata sulle misure effettuate in 6 stazioni pluviometriche del Servizio Idrografico di Stato; nella tab. 12 è riportato l'elenco delle stazioni pluviometriche considerate.

COD-UNI	STAZIONE PLUVIOMETRICA	QUOTA	GAUSS-BOAGA		BACINO	PERIODO	N°	s	%
194	CASTEL DEL PIANO	639	1706868	4751876	OMBRONE	1967-	30	0	0,0
195	VIVO D'ORCIA	800	1715579	4756816	OMBRONE	1967-	30	0	0,0
196	CASELLO DEL GUARDIANO	1380	1712699	4751966	OMBRONE	1967-	30	30	100,0
308	ABBADIA S. SALVATORE	829	1718449	4751316	TEVERE	1967-	30	18	60,0
315	PIANCASTAGNAIO	772	1719949	4747316	TEVERE	1967-	30	14	46,7
316	S. FIORA	687	1711449	4745316	FIORA	1967-	30	2	6,7

COD-UNI = numero di codice assegnato alla stazione; STAZIONE PLUVIOMETRICA = denominazione della stazione negli Annali del Servizio Idrografico, Parte I; QUOTA = elevazione, in metri, rispetto al livello medio del mare; GAUSS-BOAGA = coordinate planimetriche relative alla proiezione cilindrica inversa di Gauss-Boaga; BACINO = bacino idrografico di appartenenza; PERIODO = arco temporale osservato; N° = numero di anni osservati; s = numero di anni ricostruiti; % = rapporto percentuale tra s ed N°

Tabella 2.3 - Stazioni pluviometriche considerate

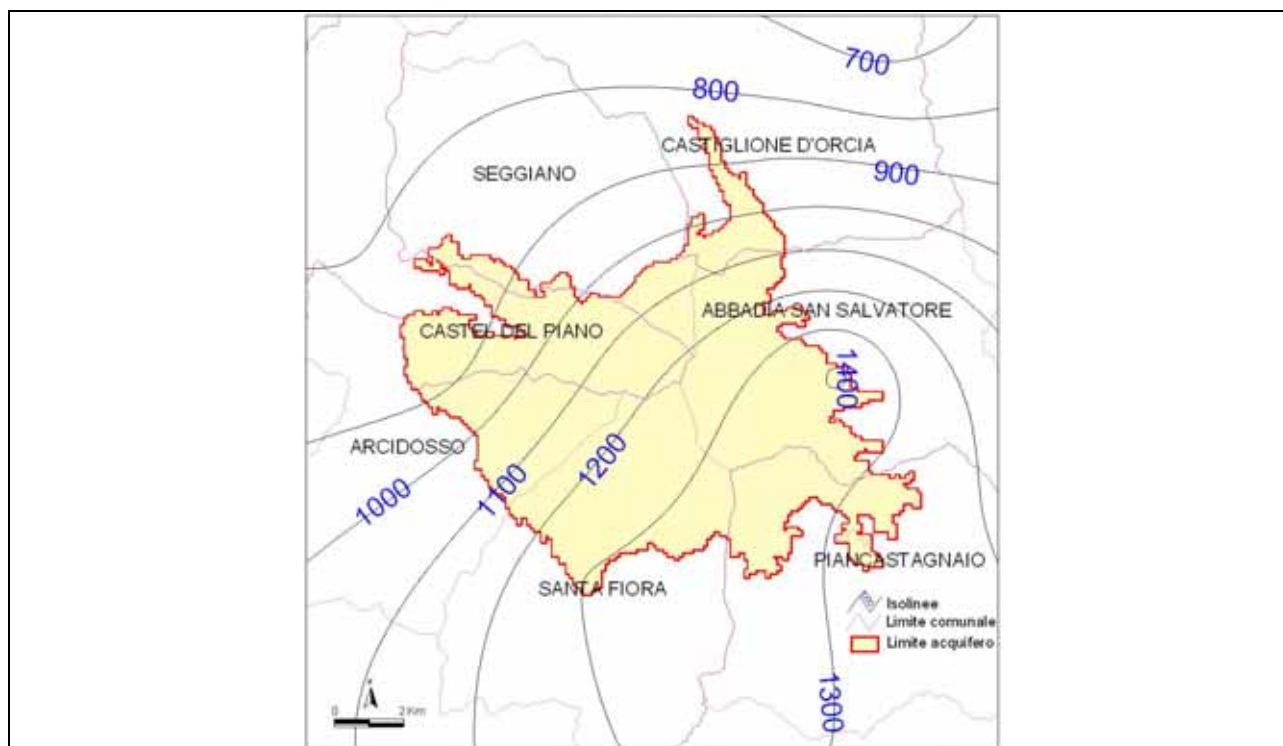


Figura 2.8 - Carta delle isoiete medie annue relative all'A.I. medio 1967-1996

Con i valori disponibili si è così proceduto alla costruzione, tramite tecniche di *gridding* e di *contouring*, della carta delle precipitazioni medie annue (fig. 2.8); il massimo valore di pioggia per tutto il territorio esaminato si registra ad Abbadia S. Salvatore (1416 mm/anno), mentre il valore medio è stimabile in 1171 mm/anno (pari a circa  $97 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ ).

### 2.3.2 Temperature

La valutazione delle temperature medie mensili ed annue relative alla zona considerata si è basata sui dati registrati in 4 stazioni termometriche del Servizio Idrografico di Stato; nella tab.2.4 è riportato l'elenco delle stazioni termometriche considerate.

COD-UNI	STAZIONE TERMOMETRICA	QUOTA	GAUSS-BOAGA		BACINO	PERIODO	N°	s	%
194	CASTEL DEL PIANO	639	1706868	4751876	OMBRONE	1967-1996	30	0	0,0
308	ABBADIA S. SALVATORE	829	1718449	4751316	TEVERE	1967-1996	30	17	56,7
315	PIANCASTAGNAIO	772	1719949	4747316	TEVERE	1967-1996	30	17	56,7
316	S. FIORA	687	1711449	4745316	FIORA	1967-1996	30	2	6,7

COD-UNI = numero di codice assegnato alla stazione; STAZIONE TERMOMETRICA = denominazione della stazione negli Annali del Servizio Idrografico, Parte I; QUOTA = elevazione, in metri, rispetto al livello medio del mare; GAUSS-BOAGA = coordinate planimetriche relative alla proiezione cilindrica inversa di Gauss-Boaga; BACINO = bacino idrografico di appartenenza; PERIODO = arco temporale osservato; N° = numero di anni osservati; s = numero di anni ricostruiti; % = rapporto percentuale tra s ed N°

Tabella 2.4 - Stazioni termometriche considerate

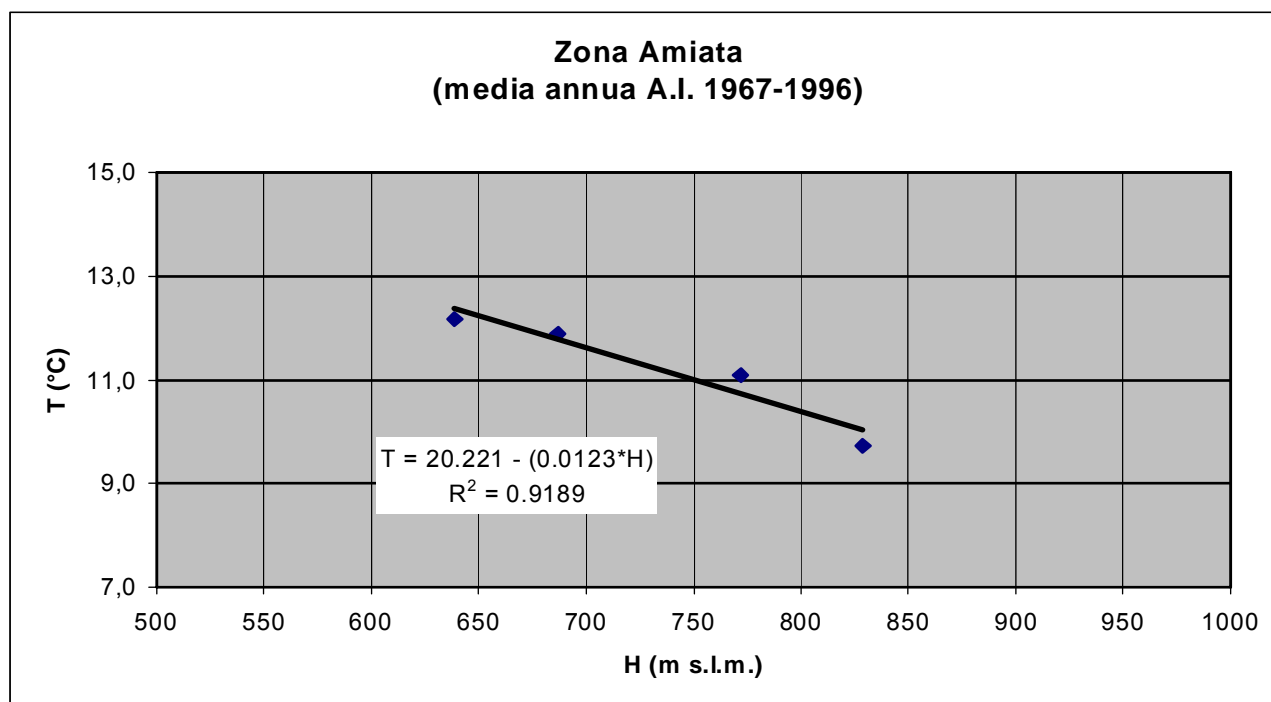


Figura 2.9 - Retta di regressione relativa ai rapporti tra temperatura media annua e quota sul livello medio del mare, nella zona del M. Amiata (A.I. 1967-1996).

Sulla base di questi dati è stata effettuata la ricostruzione dei valori medi di temperatura in corrispondenza delle stazioni pluviometriche mancanti di termometro, attraverso l'adozione di un modello termometrico basato sulla variazione lineare della temperatura (T) in funzione della quota (H) del tipo:

$$T = a - (b \cdot H) \quad (3)$$

dove il parametro a (ordinata all'origine) rappresenta la temperatura media dell'aria nella pianura antistante il rilievo, e che è quindi indipendente dal rilievo stesso, ed il parametro b (coefficiente angolare) esprime il decremento unitario di temperatura in °C/m, ossia è il gradiente termometrico.

Il territorio in esame è stato quindi caratterizzato da un'unica e ad elevato grado di correlazione legge di dipendenza della temperatura dalla quota (fig. 2.9); grazie a questa procedura, sono stati stimati i valori medi mensili ed annui della temperatura in corrispondenza delle stazioni pluviometriche prive di rilevamenti termometrici; tale omogeneizzazione della serie dei dati termometrici con quella dei dati pluviometrici ha consentito di effettuare il calcolo dell'evapotraspirazione reale in ogni stazione.

L'esame della carta di fig.2.10 mostra che le isoterme si infittiscono ricalcando sostanzialmente l'andamento della morfologia; i valori medi più bassi, minori di 10 °C, si trovano in corrispondenza del rilievo amiatino. La temperatura media annua per l'intero territorio studiato è stimabile in 9,2 °C.



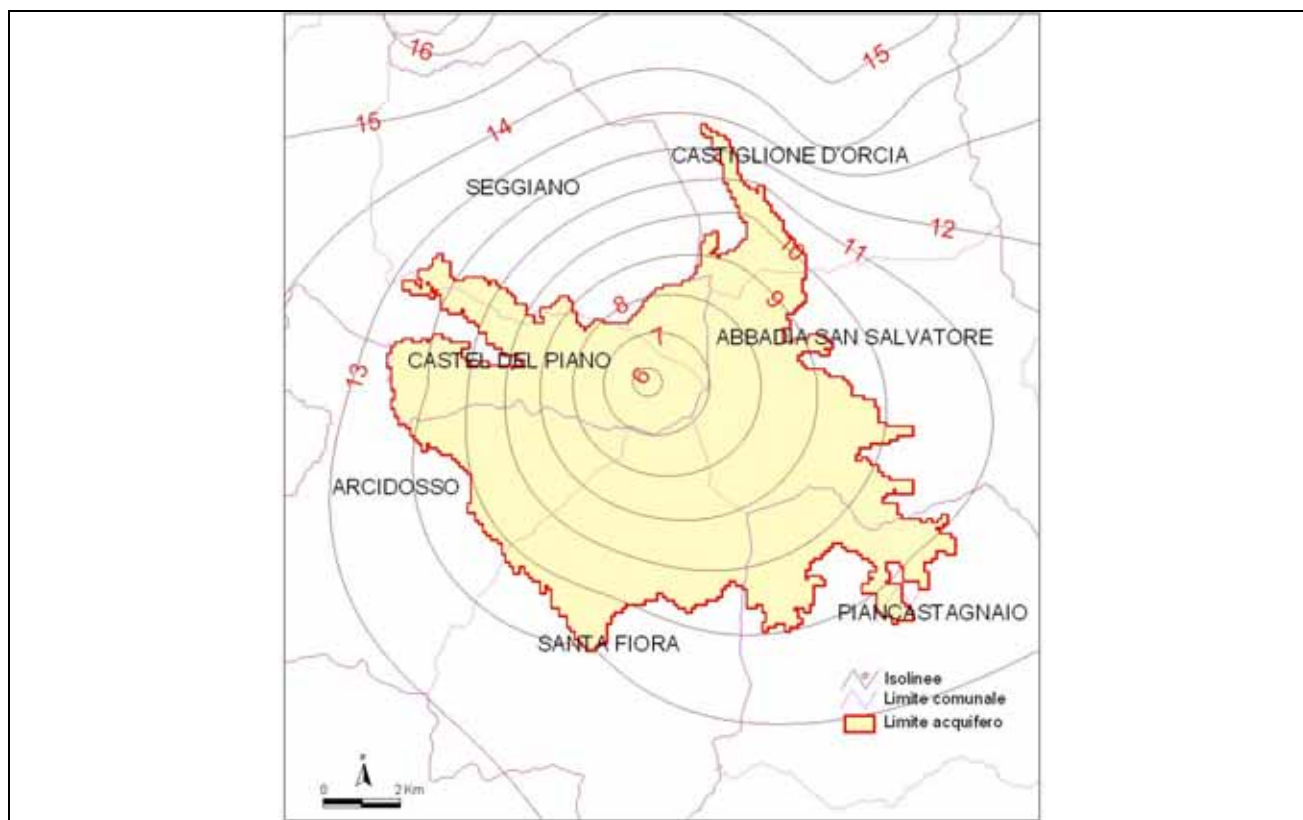


Figura 2.10 - Carta delle temperature medie annue relative all'A.I. medio 1967-1996

#### 2.3.4 Evapotraspirazione reale

Con il termine *evapotraspirazione reale* ( $E_r$ ) si intende la quantità d'acqua effettivamente restituita all'atmosfera sotto forma di vapore, sia per evaporazione diretta che per traspirazione delle piante, all'interno della zona considerata; la valutazione è stata effettuata per mezzo di formule parzialmente empiriche che si basano soprattutto sull'uso dei dati di temperatura dell'aria al suolo. Si è quindi fatto ricorso alla metodologia proposta da Thornthwaite & Mather (1957). Tale metodo si basa sul calcolo dell'*evapotraspirazione potenziale* media mensile ( $E_{pm}$ ), intendendo con questo termine la quantità d'acqua che evaporerebbe nel caso in cui, superficialmente, ve ne fosse sempre una disponibilità sufficiente; detto calcolo è fondato sulla relazione sperimentale esistente tra  $E_{pm}$  e la corrispondente temperatura ( $T_m$ ). L'equazione proposta, che fornisce  $E_{pm}$  in mm, è la seguente:

$$E_{pm} = K \cdot 16 \cdot (10 \cdot T_m / I)^\beta \quad (4)$$

dove:

$K$  = coefficiente che tiene conto delle ore di insolazione media mensile ed è funzione esclusiva della latitudine e del mese (in pratica, è il rapporto tra le ore diurne e la metà delle ore giornaliere);

$I$  = indice termico annuale, pari alla sommatoria degli indici mensili ( $i$ ) dei dodici mesi dell'anno ciascuno espresso da:

$$i = (T_m / 5)^{1,514} \quad (5)$$

$\beta$  = funzione cubica dell'indice termico annuale data da:

$$\beta = 0,49239 + (1,792 \cdot 10^{-5} \cdot I) - (771 \cdot 10^{-7} \cdot I^2) + (675 \cdot 10^{-9} \cdot I^3) \quad (6)$$

L'evapotraspirazione potenziale media annua ( $E_p$ ) si ottiene come somma dei singoli valori mensili.

Successivamente, la determinazione dell' $E_r$  avviene attraverso una procedura indiretta, per la quale ad essa si arriva in funzione delle caratteristiche di umidità che, caso per caso, presentano il terreno ed il suo manto vegetale. Operando in maniera analoga a quanto visto in precedenza (calcolo stazione per stazione dell'evapotraspirazione reale seguito dall'elaborazione della relativa distribuzione territoriale), è stata ottenuta la carta riportata in figura:



Figura 2.11 - Carta dell'evapotraspirazione media annua relativa all'A.I. medio 1967-1996.

L'esame di questa carta evidenzia che sul M. Amiata si riscontrano valori minori di 500 mm/anno (pari però a quasi il 40% delle precipitazioni); il valore medio è stimabile in 531 mm/anno (45 %), pari a circa  $44 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno.

### 2.3.5 Eccedenza idrica

L'equazione generale del bilancio (5) può essere scritta anche nella forma seguente:

$$P - E_r = D + I_e \quad \text{oppure} \quad P - E_r = R + I_{ti} \quad (7)$$

dove il termine di sinistra costituisce il totale delle precipitazioni efficaci ( $P_e$ ) e quello di destra rappresenta l'eccedenza idrica ( $W_s$ ), detta anche deflusso idrico totale o risorsa idrica totale rinnovabile. Quest'ultimo parametro risulta pertanto dalla somma di tutti quei volumi d'acqua che, direttamente e/o indirettamente, confluiscono nel deflusso superficiale ( $D$ ) con quelli che costituiscono il deflusso sotterraneo  $D_{sott}$  ( $D_{sott} = I_e$ ) in uscita dal bacino considerato, oppure dalla somma di tutti quei volumi d'acqua che alimentano direttamente la rete idrografica ( $R$ ) con quelli che si infiltrano nel sottosuolo della zona considerata ( $I_{ti}$ ): esso rappresenta cioè la potenzialità idrica totale del territorio esaminato, quindi il massimo volume d'acqua (superficiale e sotterranea) teoricamente utilizzabile. La sua suddivisione in due componenti può risultare puramente teorica perché si tratta comunque di risorse interdipendenti: infatti, nella maggior parte dei casi, la captazione di acque sotterranee comporta una diminuzione del deflusso superficiale e viceversa.

Quindi, operando in modo simile a quanto visto in precedenza (calcolo stazione per stazione dell'eccedenza idrica seguito dall'elaborazione della relativa distribuzione territoriale), è stata ottenuta la carta di fig. 2.12.



Figura 2.12 - Carta dell'eccedenza idrica relativa all'A.I. medio 1967-1996.

L'esame di questo elaborato evidenzia che sul M. Amiata si riscontrano valori di  $W_s$  superiori a 800 mm/anno (dove rappresentano oltre il 60% delle precipitazioni); il valore medio per l'intero territorio indagato è stimabile in 640 mm/anno (55 %), pari a circa  $53 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ .

### 2.3.6 Risultati dei calcoli di bilancio

Sulla base dei dati raccolti e delle loro integrazioni ed elaborazioni, si sono così acquisiti tutti gli elementi utili per procedere alla stesura del bilancio idrologico ed idrogeologico dell'acquifero del M. Amiata (per l'A.I. 1967-1996). Esso è basato sulla stima dell'infiltrazione totale potenziale interna ( $I_{ti}$ ), che è stata valutata per mezzo di un procedimento fondato sulla conoscenza della distribuzione areale del  $W_s$  in rapporto all'affioramento delle rocce vulcaniche e sull'utilizzo dei cosiddetti *coefficienti di infiltrazione potenziale* (Celico, 1988); detti coefficienti consistono in percentuali di  $I_e$  rispetto a  $W_s$  basate sul grado di permeabilità dei litotipi affioranti all'interno dell'area considerata, in questo caso pari al 90 % del relativo  $W_s$  (corrispondente ad una permeabilità elevata; Barazzuoli & Salleolini, 1994a; Barazzuoli et alii, 1995b). I risultati ottenuti sono:

$$W_s = 640 \text{ mm/anno}; I_{ti} = 576 \text{ mm/anno} \approx 48 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}.$$

Un idoneo controllo sulla validità di queste determinazioni può essere eseguito attraverso la stima del valore medio annuo della portata complessiva ( $Q_{med}$ ) erogata dall'acquifero del M. Amiata nello stesso A.I.; infatti, la sua particolare struttura idrogeologica consente di affermare che detta portata deve risultare della stessa entità dell' $I_{ti}$ . Tale stima è stata effettuata sulla base della metodologia proposta da Barazzuoli & Salleolini (1994a) e Barazzuoli et alii (1995b) ed i relativi risultati sono riportati in Dipartimento di Scienze della Terra (1998b); si è così ricavato che  $Q_{med}$  è pari a 1617 l/s, corrispondente a circa  $51 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ , con uno scarto di appena il 6% dal valore dell' $I_{ti}$  che è ampiamente soddisfacente in questo tipo di valutazioni.

In definitiva, le grandezze indagate possono essere così espresse (in  $10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ ):

$$P - E_r = D + I_e = R + I_{ti}$$

$$97 - 44 = 5 + 48 = 5 + 48$$



È utile ricordare che l'analisi storica delle portate sorgive e delle precipitazioni (Dipartimento di Scienze della Terra, 1998b, 1998c), ha evidenziato un'evoluzione climatica caratterizzata da un trend verso la diminuzione delle risorse idriche rinnovabili (con un tasso di decremento delle portate medie complessive pari a circa 45.7 l/s-anno, nell'A.I. 1967-1996) e da variazioni cicliche di varia durata che non sembrano sempre associabili a variazioni di portata; appare pertanto probabile un'influenza della variazione della distribuzione stagionale delle precipitazioni e della loro tipologia (neve – pioggia) sull'erogazione idrica.

### 2.3.7 Metodologia di analisi per il calcolo del trend

Il procedimento qui adottato per la determinazione del trend è iniziato con l'applicazione di tecniche di "lisciamento" dei dati (meglio note con il nome di smoothing), effettuato con una funzione polinomiale di ordine otto. Com'è noto, una funzione polinomiale è un'equazione del tipo:

$$Y = a_0 + (a_1 \cdot X) + (a_2 \cdot X^2) + \dots + (a_n \cdot X^n) \quad (8)$$

dove n è, in questo caso, pari a 8.

In sintesi, i valori osservati vengono sostituiti, mediante operazioni di regressione, da una serie di dati definiti da una funzione polinomiale di tale ordine; si riducono così l'influenza delle variazioni accidentali e l'effetto delle fluttuazioni di brevissimo periodo, fino a far comparire i caratteri di periodicità (cioè i cosiddetti movimenti o variazioni cicliche) con la sequenza dei dati "lisciati".

A questa fase è seguita la valutazione analitica vera e propria del trend, che è stata eseguita tramite comparazioni con funzioni lineari del tipo:

$$y = a \pm (b \cdot t) \quad (9)$$

dove y indica il valore medio della variabile (PTOT, ecc.) dopo un dato numero di anni, t il tempo trascorso in anni, a l'importo medio annuo della variabile all'inizio del periodo di osservazione e b la variazione annua dell'importo stesso.

Tutto ciò è stato eseguito (per l'elaborazione ad esempio dei dati riguardanti l'ATO 6) per ogni stazione (20), per ogni variabile (4) e per ogni intervallo temporale (2) preso in considerazione, per un totale di 160 elaborazioni relative all'evoluzione temporale delle variabili mediante la sequenza dei valori lisciati e la retta del trend.

Nella figura che segue sono riportate le elaborazioni grafiche del trend della stazione di Siena (PTOT, ER, PE).

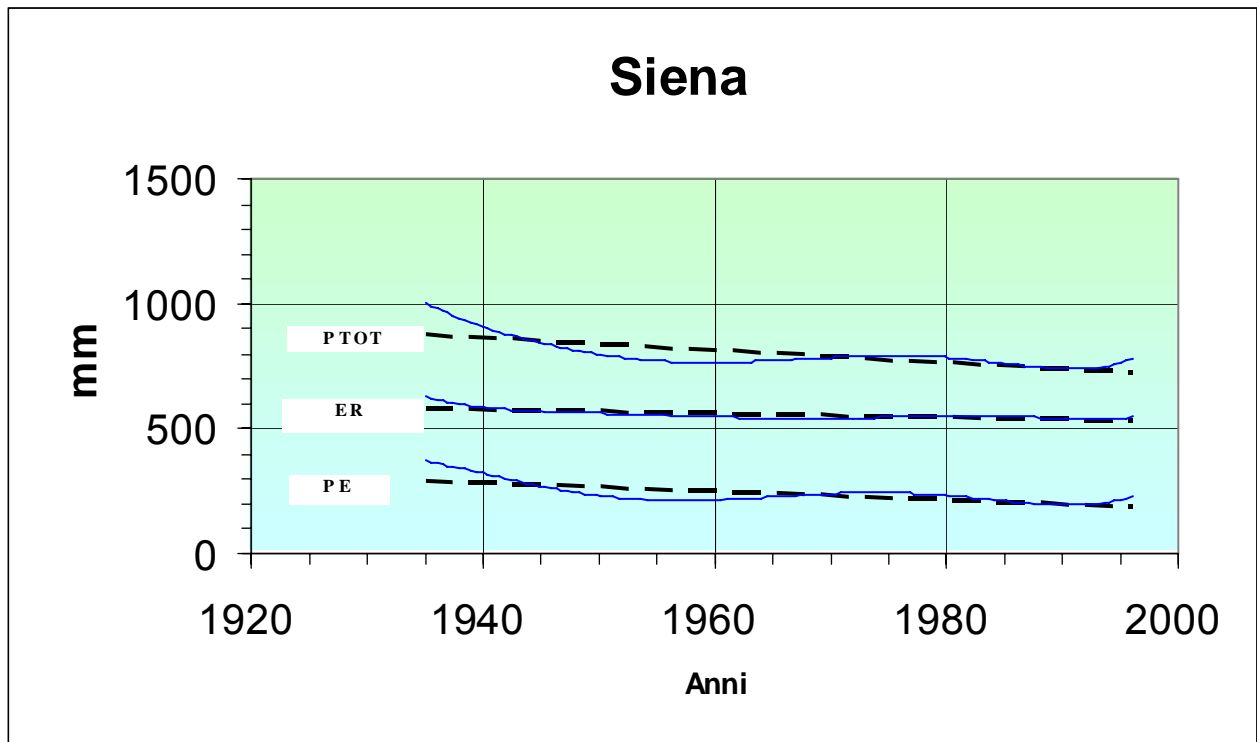


Figura 2.13 - Trend della stazione di Siena (PTOT, ER, PE)

Utilizzando la solita metodologia di analisi per le stazioni dell'acquifero amiatino si ottengono i grafici previsionali del trend (PTOT, ER, PE e TMED) illustrati nelle figure seguenti:

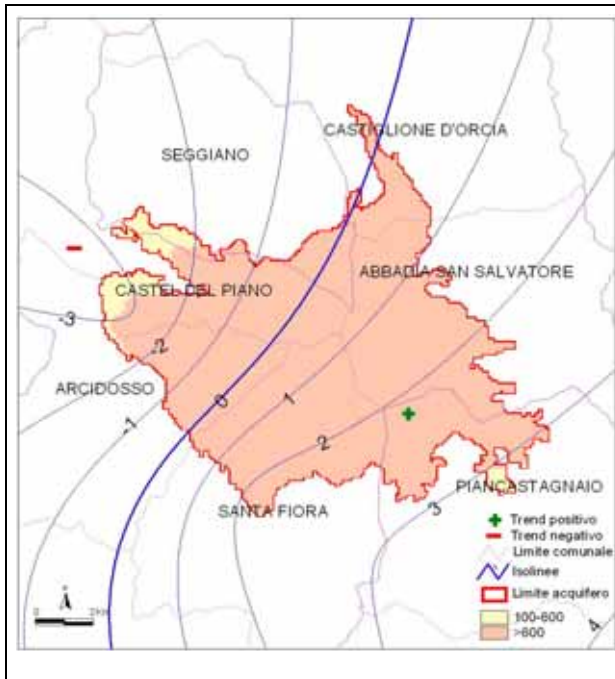


Figura 2.14 - Carta del trend delle precipitazioni totali annue (PTOT), in rapporto alla distribuzione territoriale delle principali fasce altimetriche: valori espressi in mm/anno (periodo 1967-1996)



Figura 2.15 - Carta del trend delle temperature medie annue (TMED), in rapporto alla distribuzione territoriale delle principali fasce altimetriche: valori espressi in °C/anno (periodo 1967-1996)



Figura 2.16 - Carta del trend dell' evapotraspirazione reale annua, in rapporto alla distribuzione territoriale delle principali fasce altimetriche: valori espressi in mm/anno (periodo 1967-1996)

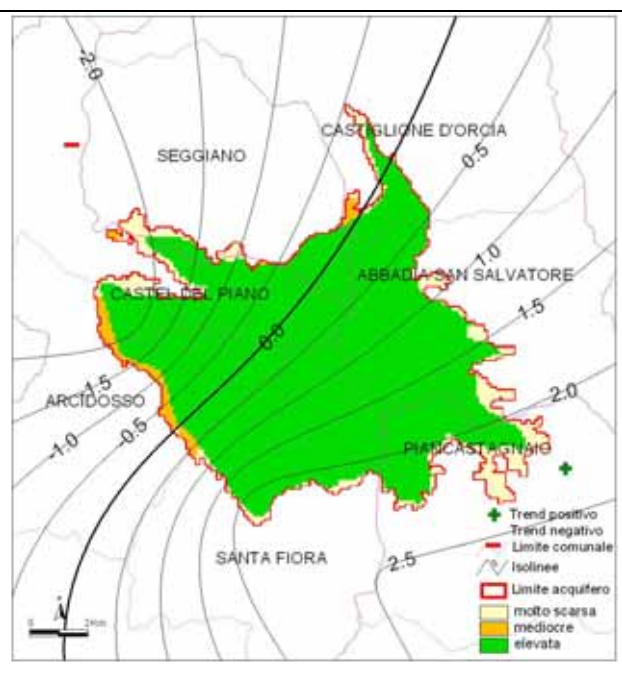


Figura 2.17 - Carta del trend delle precipitazioni efficaci annue (PE), in rapporto alla distribuzione territoriale delle formazioni idrogeologiche: valori espressi in mm/anno (periodo 1967-1996)

## 2.4 L'acquifero del luco

L'area oggetto di indagine è il territorio compreso tra la Montagnola Senese e Pian del Lago e l'abitato di Monteriggioni (vedi fig. 2.18); dal punto di vista idrografico, esso può essere suddiviso in una parte nord – occidentale, ricadente nel Bacino del F. Elsa (affluente di sinistra dell'Arno), e in una parte sud – orientale, compresa nel Bacino del F. Merse (affluente di destra dell'Ombrone). Gli studi si sono inizialmente spinti ben oltre tali limiti (fino ad interessare una superficie superiore ai 350 km<sup>2</sup> nella Provincia di Siena) dato che attraverso l'acquisizione di adeguate conoscenze a livello «regionale» sull'assetto geologico ed idrogeologico e sulle caratteristiche idroclimatiche, ci permettono un miglior inquadramento all'interno del suddetto territorio.

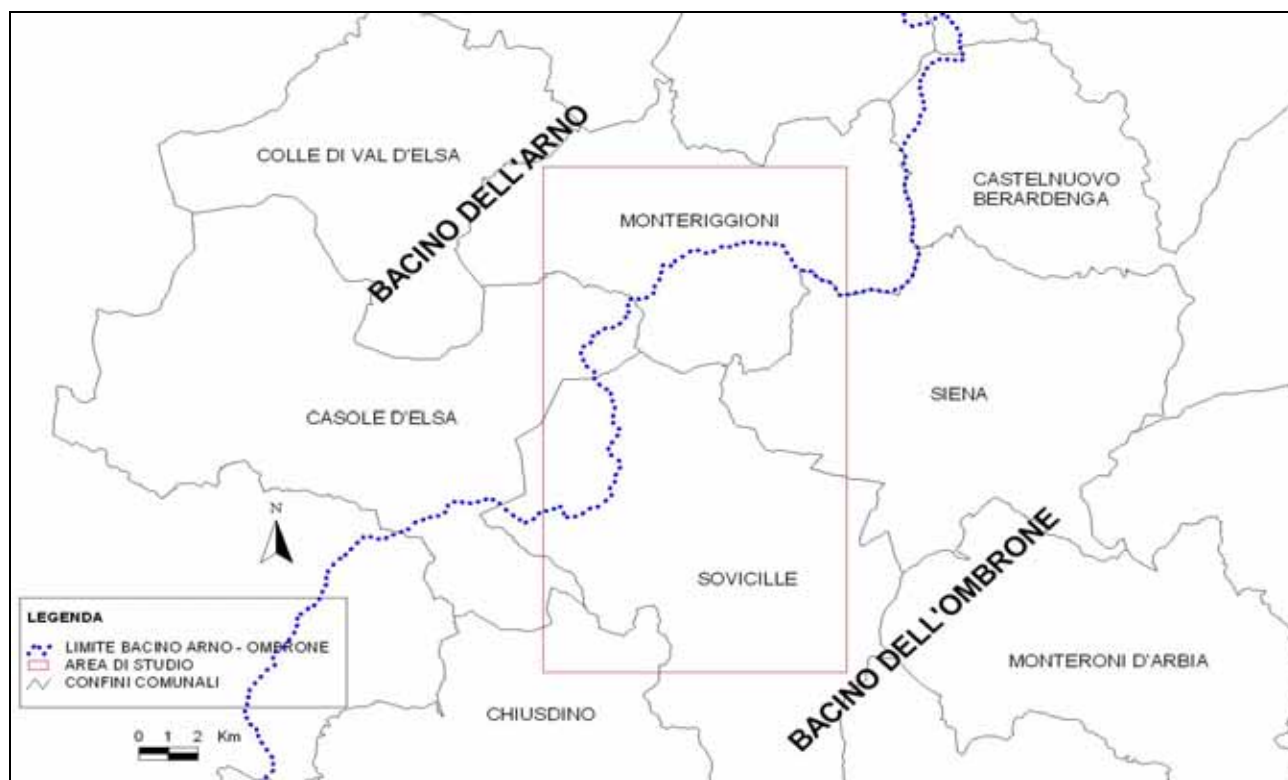


Figura 2.18 - Inquadramento geografico dell'area di studio

### 2.4.1 Inquadramento geologico e idrogeologico

L'area di studio corrisponde ad un settore del Bacino dell'Elsa e del Merse dove affiorano, al di sopra di formazioni del Dominio toscano e del Dominio ligure, unità neogeniche di ambiente marino e continentale. L'insieme dei dati raccolti consente di affermare che la zona in esame è caratterizzata dalla presenza di un acquifero principale, costituito dalla Formazione della Breccia di Grotti (Miocene sup.). Questa fa parte del Complesso Neautoctono e presenta un aspetto monotono essendo composta quasi in prevalenza da porzioni risedimentate di «Calcare cavernoso». I clasti della breccia consistono in blocchi (e in subordinate ciottoli), di varie dimensioni, costituiti da calcare spesso vacuolare e brecciato; è proprio quest'ultimo aspetto che favorisce processi di dissoluzione tali da portare localmente allo sviluppo di fenomeni carsici. La Breccia di Grotti affiora diffusamente in gran parte dell'area esaminata (vedi fig. 2.19) e rappresenta l'oggetto principale della ricerca a causa delle sue peculiari caratteristiche idrogeologiche.

L'acquifero in esame è limitato verso il basso da un substrato di minore permeabilità relativa composto dai depositi argillosi miocenici (verso N) e soprattutto dalle rocce metamorfiche del Dominio toscano (Gruppo calcareo – siliceo della Montagnola Senese). Lateralmente, esso è confinato dalle formazioni di bassa permeabilità relativa rappresentate dalle rocce del gruppo del Verrucano e di facies ligure e dai depositi sabbioso – argillosi miocenici e pliocenici; solamente lungo il margine N dell'affioramento della Breccia di Grotti, esiste un probabile limite idraulicamente aperto verso i calcari lacustri della piana del Casone (Monteriggioni).

#### 2.4.2 Caratteristiche Idrodinamiche dell'acquifero

L'insieme dei dati raccolti consente di affermare che la zona in esame è caratterizzata dalla presenza di un acquifero principale, costituito dalla Formazione della Breccia di Grotti (di età miocenica) che contiene una rilevante falda di base che satura il complesso carbonatico almeno fino alla quota di 185÷190 m s.l.m. e che è caratterizzata da una notevole stabilità della relativa superficie piezometrica nel corso del periodo indagato, pur in presenza di periodi con forti differenze di apporto meteorico e di prelievo dell'acqua sotterranea per i vari usi, denotandone così l'importante potenzialità idrica.

La falda presenta un zona di alto piezometrico, con valori sui 188÷193 m s.l.m., nel settore nord – est tra le località di Caggio, S. Colomba e Ferratore che contrassegna la zona nelle vicinanze di M. Maggio come la principale area di ricarica idrica dell'acquifero. A partire da questa zona, le acque sotterranee defluiscono quasi radialmente nelle varie direzioni (ad esclusione di quella SW che è limitata dalla faglia a cui è dovuta la brusca risalita di quota del substrato calcareo – siliceo di bassa permeabilità), in particolare verso il bacino dell'Elsa a nord e verso quello del Merse a sud. L'alto piezometrico appare legato (almeno in parte) alla particolare struttura morfologica delle formazioni del substrato. Nel settore sud dell'area di studio si notano in corrispondenza degli abitati di Rosia e di Stigliano rispettivamente un basso (circa 181 m s.l.m.) e un alto piezometrico (circa 199 m s.l.m.).

Gli unici dati reperibili riguardo la trasmissività dell'acquifero sono contraddittori solo in apparenza (pari a circa  $5 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s nella zona dell'ex – aeroporto di Pian del Lago ed a  $2 \div 3 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s nella zona del Luco); infatti, in questo tipo di acquiferi la distribuzione spaziale della porosità e della permeabilità varia normalmente in modo forte da un settore all'altro, pur rimanendo quasi sempre assai favorevoli allo sfruttamento idrico tramite pozzi. Comunque sia, una valutazione attendibile dei principali parametri idrodinamici in una zona qualsiasi dell'acquifero non può prescindere dalla locale perforazione di pozzi pilota ed esecuzione di adeguate prove di pompaggio e/o con traccianti (ed anche in tal modo permarrà un certo grado di incertezza causata dalla presenza di un mezzo talvolta discontinuo).

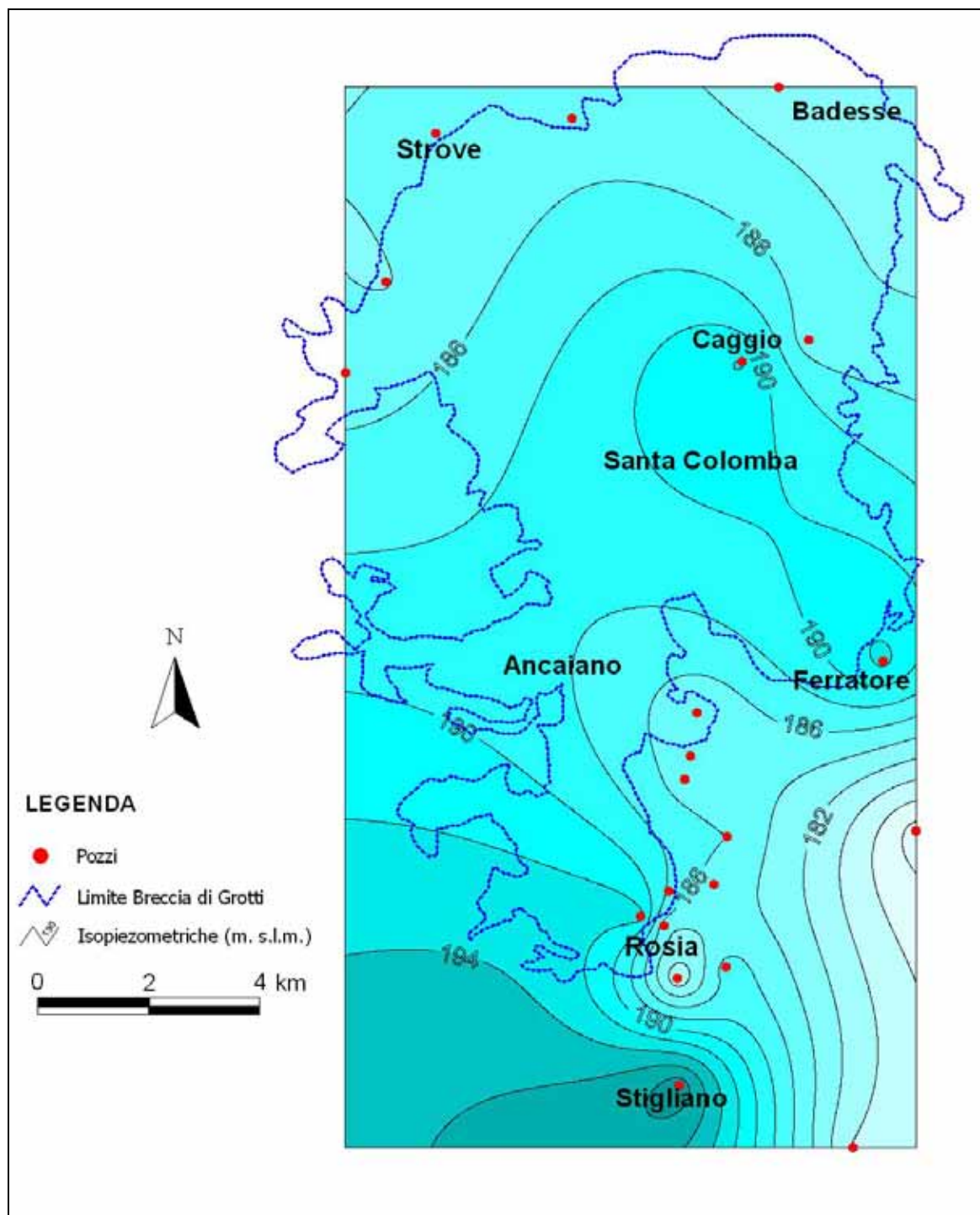


Figura 2.19 - Carta delle Isopieze dell'acquifero del Luco

### 2.4.3 Potenzialità idrica dell'acquifero

#### 2.4.3.1 Risorse rinnovabili

Nonostante la grande importanza che assume la conoscenza dei quantitativi d'acqua disponibili in un determinato ambito territoriale al fine di una corretta utilizzazione del patrimonio idrico, si deve purtroppo rilevare il notevole grado di incertezza che ancora sussiste riguardo la risorsa razionalmente estraibile dall'acquifero ospitato nella Breccia di Grotti della zona Monteriggioni –Rosia, il quale per quantità e qualità è uno dei più importanti serbatoi naturali della Toscana meridionale. A tale scopo, sono certamente da preferirsi le valutazioni basate su misure periodiche e di lungo periodo della portata del deflusso sotterraneo in uscita dall'acquifero; infatti dato che l'entità della risorsa disponibile è variabile nel tempo (in funzione

soprattutto dell'andamento climatico), misure saltuarie o riferite a non lunghi intervalli temporali possono condurre a stime che hanno validità solo in relazione al periodo cui si riferiscono, ma che non sono utilizzabili per previsioni a breve – medio periodo.

In relazione all'acquifero indagato, che non presenta emergenze sorgentizie evidenti e misurabili, non sono purtroppo disponibili misure storiche dei livelli piezometrici (oltre a quelle effettuate nell'anno di indagine); risulta così impossibile stimare, attraverso l'analisi dell'escursione di tali livelli, valori attendibili sull'entità media della risorsa idrica. Si è perciò dovuti ricorrere a valutazioni indirette le quali, seppur generalmente meno precise delle precedenti, forniscono risultati comunque affidabili e di buona validità statistica, che possono essere utilizzati per definire le leggi della variabilità temporale della risorsa e per previsioni circa l'entità disponibile a breve – medio termine; ben si capisce che quest'ultimi aspetti sono estremamente importanti per un corretto e pianificato sfruttamento delle risorse (*infatti, si pianifica per l'uso futuro della risorsa ed i dati storici sono utili solo se permettono di valutare la risorsa di domani*).

Quindi, l'assenza di misure storiche dirette ha consigliato l'adozione di stime indirette basate sul fatto che l'acquifero in oggetto, per la sua particolare struttura idrogeologica, risulta alimentato pressoché esclusivamente dall'infiltrazione meteorica, frazione delle precipitazioni efficaci (o *eccedenza idrica*), relativamente all'area di affioramento della Breccia di Grotti: esiste pertanto una stretta dipendenza tra il regime dei locali parametri climatici e quello dell'acquifero. Con questi presupposti la risorsa idrica rinnovabile dell'acquifero risulta bilanciata (in regime naturale e su lungo periodo) dall'infiltrazione totale ( $I_t$ ) relativa all'affioramento della roccia serbatoio; per valutare tale parametro si è fatto ricorso a calcoli di bilancio. Il primo passo è stato quello di valutare i valori medi annui dei principali parametri del bilancio idrico, relativamente al periodo 1967 – 1996 (precipitazioni  $P$ , evapotraspirazione reale  $E_r$  ed eccedenza idrica  $W_s$ ); a questo punto, l'entità dell'infiltrazione media annua  $I_t$  (e, di conseguenza, quella della risorsa rinnovabile) è stata ricavata attraverso l'uso dei cosiddetti *coefficienti di infiltrazione potenziale* (c.i.p.). Tale procedura consiste nel valutare l'infiltrazione media annua come porzione, variabile soprattutto in funzione del tipo litologico costituente l'area di alimentazione dell'acquifero (e quindi del suo grado di permeabilità relativa), della corrispondente eccedenza idrica. Per l'area di alimentazione dell'acquifero in oggetto, costituita da roccia carbonatica dotata di un elevato grado di permeabilità, si è ipotizzato che la quota di infiltrazione corrispondesse mediamente a circa il 90 % del  $W_s$ . E quindi:

$$I_t = W_s \cdot \text{c.i.p.}$$

vale a dire:

$$I_t = W_s \cdot 0,90$$

A questo scopo è stato effettuato il calcolo del  $W_s$  ( $W_s = P - E_r$ ) in tutte le stazioni pluviometriche della zona in esame, arrivando poi a definire l'andamento spaziale di questo parametro attraverso la costruzione delle tre carte tematiche (figg. 2.20-22); dalle quali si è potuto ricavare il valore del  $W_s$  relativo all'intera area di alimentazione dell'acquifero in esame (circa 100,2 km<sup>2</sup>) che è risultato pari a 277 mm/anno. Sulla base di questo valore medio, e tramite la metodologia suddetta, è stato definito il valore medio annuo dell'infiltrazione ( $I_t$ ) e quindi della ricarica:

$$I_t = 277 \cdot 0,90 = 249 \text{ mm/anno}$$

il quale, in funzione dell'estensione dell'area di alimentazione, definisce un volume idrico di ricarica ( $I_t$ ) pari a:

$$I_t = 0,249 \text{ m/anno} \cdot 100,2 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \approx 25 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$$

che corrispondono ad una portata di circa 790 l/s (tab. 17).

Ciò significa che, in termini di sfruttamento razionale, dall'acquifero in oggetto può essere mediamente emunta una portata complessiva di circa 0,8 m<sup>3</sup>/s senza che il sistema idrogeologico ne risulti sensibilmente alterato; questo, appunto, in termini di situazione media, ma lo sfruttamento della risorsa è ovviamente legato a valori medi solo a livello pianificatorio e deve sempre confrontarsi con la sua naturale variabilità temporale. Il che significa, tradotto in termini di previsionalità statistica, che nel prossimo futuro i valori annui della ricarica ricadranno, con la probabilità del 66 %, nel range media  $\pm$  SQM (scarto quadratico medio) e, con la probabilità del 99 %, nel range media  $\pm$  3 volte SQM; quest'ultimo parametro, insieme al coefficiente



di variazione (CV) che ne esprime il rapporto percentuale rispetto alla media, è l'indice della maggiore o minore variabilità temporale del parametro.

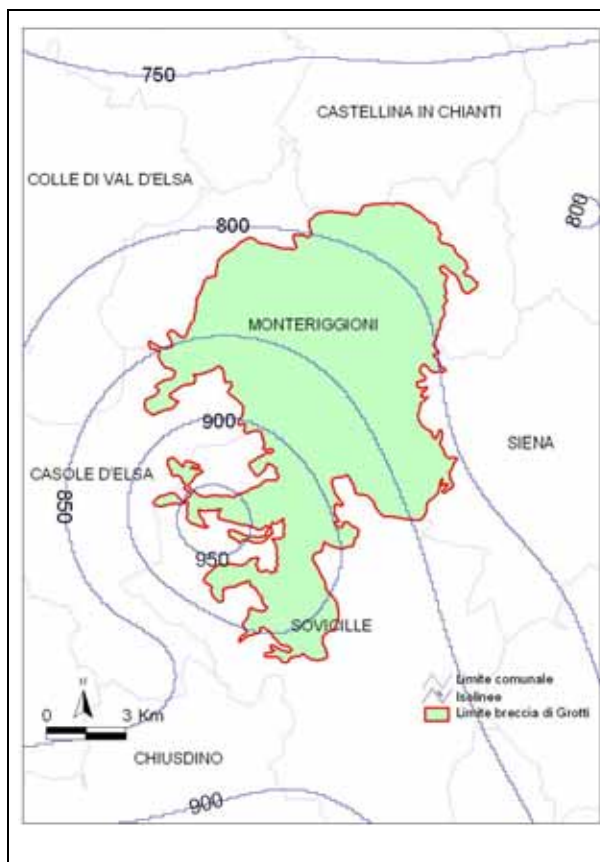


Figura 2.20 - Carta degli Afflussi (mm)

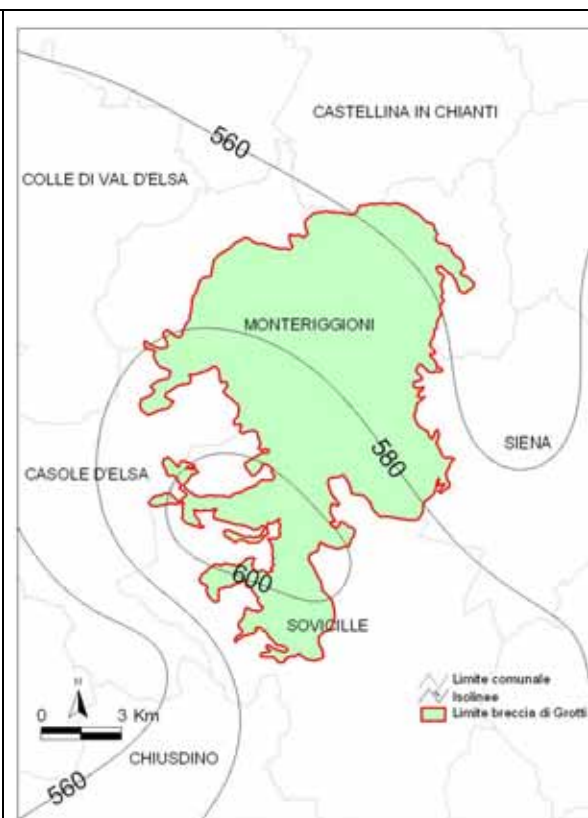


Figura 2.21 - Carta dell'evapotraspirazione (mm)



Figura 2.22 - Carta dell'Eccedenza Idrica (WS) in mm



Nel caso in esame (vedi tab. 2.6), il CV ed lo SQM assumono, come del resto fanno tutti i parametri statistici idroclimatici, valori piuttosto elevati; ciò indica, appunto, la scarsa possibilità previsionale offerta, per tali fenomeni, dall'analisi statistica dei soli valori medi in quanto, per essere certi del range in cui cadranno i prossimi valori di ricarica, bisogna fare riferimento all'intervallo 269 – 1316 l/s.

		$W_s$ (mm/anno)	c.i.p.	$I_t$ (mm/anno)	Sup.alim. (km <sup>2</sup> )	$I_t$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /anno)	$I_t$ (l/s)
Valore medio	Media CV SQM	277 0.22 61	0,9	249	100,2	25,0	792
Range del valore atteso con la probabilità del 66 %	max	338	0,9	304	100,2	30,5	967
	min	216	0,9	194	100,2	19,5	618
Range del valore atteso con la probabilità del 99 %	max	460	0,9	414	100,2	41,5	1316
	min	94	0,9	85	100,2	8,5	269

Tabella 2.6 – Variabilità statistica dei valori della risorsa idrica rinnovabile ( $I_t$ ), in relazione all'intera area di alimentazione dell'acquifero contenuto nella Breccia di Grotti

Risulta evidente che i range (soprattutto quello corrispondente alla probabilità del 99 %) risultano troppo ampi per consentire corrette azioni pianificatorie nello sfruttamento futuro della risorsa; per questo occorre allora far riferimento ad analisi statistiche più sofisticate come, ad esempio, la *trend analysis* con la quale, sulla base delle serie storiche di un determinato parametro, è possibile ricavare indicazioni circa il valore medio tendenziale che esso probabilmente assumerà nel breve-medio termine. Una prima elaborazione effettuata in quest'area fornisce un trend negativo per la risorsa futura valutabile in circa -2,2 mm/anno; ciò significa, pur con la prudenza necessaria nella lettura di questo tipo di risultati, che nel prossimo futuro è lecito attendersi valori medi della risorsa inferiori di un 10÷15 % rispetto a quanto precedentemente calcolato (e quindi pari  $22 \div 21 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno, corrispondenti a circa 710÷670 l/s di ricarica meteorica).

È anche da ricordare che l'acquifero è attualmente sfruttato con un prelievo di circa  $8 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno, soprattutto con i prelievi del Luco per l'approvvigionamento idrico della città di Siena (circa  $6 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno). Inoltre, nel settore settentrionale dell'affioramento esiste il passaggio di discrete quantità d'acqua verso i calcari lacustri, dove alimentano tra l'altro i pozzi per uso potabile della zona di S. Luigi, attualmente non quantificabili in modo attendibile a causa della carenza dei dati necessari alla corretta definizione della velocità effettiva dell'acqua di falda e dei rapporti geometrici tra i due terreni nella zona di contatto.

Comunque, tali quantitativi non sono certamente trascurabili visto che mantengono abbastanza costante il livello piezometrico all'interno dei calcari lacustri.

Nella tabella sottostante sono invece riportati i risultati delle elaborazioni relative alla valutazione della risorsa idrica rinnovabile per il solo settore settentrionale dell'acquifero (all'incirca, a N di S. Colomba); si può così notare che tale quantitativo corrisponde a circa il 60 % della risorsa totale rinnovabile dell'acquifero.

$W_s$ (mm/anno)	c.i.p	$I_t$ (mm/anno)	Sup. alim. (km <sup>2</sup> )	$I_t$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /anno)
277	0,9	249	61,2	15

Tabella 2.7 – Valutazione della risorsa idrica rinnovabile ( $I_t$ ), in relazione al solo settore settentrionale dell'acquifero

Ovviamente, per quest'ultimi valori valgono le stesse considerazioni viste in precedenza sulla variabilità statistica della risorsa e sui suoi quantitativi tendenziali; considerando sempre un trend negativo di circa -2,2 mm/anno, nel prossimo futuro è lecito attendersi valori medi della risorsa pari a circa  $13.5 \div 13 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno (circa 420 l/s).

### 2.3.4.2 Riserve permanenti

La ricostruzione della carta a isobate della base dell'acquifero, insieme a quella dell'andamento della superficie piezometrica media, ha consentito la valutazione del relativo spessore saturo medio (*anche se a titolo soprattutto indicativo*) in relazione al solo settore settentrionale dell'acquifero (all'incirca, a N di S. Colomba); si è preferito operare in tal modo, rispetto alla costruzione di una vera e propria carta delle isopache, a causa dell'incertezza esistente sui dati di base utilizzati per costruire le suddette carte.

Tale spessore è stato valutato in circa 95 m il quale, moltiplicato per l'estensione della zona considerata (pari a circa 61 km<sup>2</sup>), porta a ricavare un volume di acquifero saturo di circa  $5,8 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>; il quantitativo d'acqua immagazzinato è adesso ricavabile dal prodotto tra detto volume e la porosità efficace dell'acquifero stesso. Riguardo quest'ultimo parametro, non erano disponibili adeguate conoscenze raccolte attraverso misure dirette (né si sono potute effettuare); è comunque probabile che esso presenti valori simili ad altri acquiferi dello stesso tipo per i quali si ritrovano in letteratura porosità efficaci dell'ordine del 5÷10 %. Di conseguenza, si può così stimare che nell'acquifero in esame si trova mediamente immagazzinato un volume d'acqua pari a circa  $290 \div 580 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>, che comunque sia è notevolmente maggiore (circa 20÷40 volte) di quanto stimato per le risorse rinnovabili; esso consentirebbe, se confermato dagli studi successivi, uno sfruttamento continuativo dell'acquifero sia in periodi secchi che umidi (*tuttavia, sempre entro i limiti dei valori medi delle risorse rinnovabili prevedibili per il prossimo futuro*).

## 2.5 Analisi qualitativa delle risorse idriche sotterranee

### 2.5.1 Stato di inquinamento reale dei corpi idrici sotterranei

La rappresentazione dello stato di inquinamento o, in assenza di inquinamento, della qualità delle acque sotterranee della zona esaminata è fondamentale per una valutazione di piano. I dati necessari, di non facile acquisizione, possono essere reperiti in parte presso gli Enti locali (ARPAT, Aziende acquedottistiche, ecc.), in parte devono essere frutto di campionamento su punti d'acqua opportunamente selezionati e relative analisi idrogeochimiche complete e mirate. Tali analisi servono essenzialmente per avere una situazione di riferimento molto utile ai pianificatori ed ai tutori del patrimonio idrico sotterraneo per decisioni relative all'ubicazione di attività diverse, per associare attività esistenti a inquinamenti rilevati; per i singoli operatori sul territorio, la rappresentazione di uno stato di fatto serve anche ad evitare di essere ritenuti responsabili di fatti pregressi e non legati alla loro attività (Civita, 1994).

In quest'ambito, devono essere gettati i fondamenti metodologici per la realizzazione di una mappatura (o, meglio, di una banca-dati implementabile con un SIT) della qualità di base delle acque sotterranee. La realizzazione di una cartografia di questo tipo non è facile soprattutto per la mancanza e/o disomogeneità dei dati necessari; un possibile schema operativo per la classificazione sintetica e la mappatura della qualità di base delle acque sotterranee (e sul relativo giudizio d'uso) è stato proposto da Civita et al. (1993) ed è riportato nella tabella:

		Gruppo parametri							
		1 (chimico-fisici)					2 (sostanze indesiderabili)		
GIUDIZIO	CLASSE	Durez. Tot (°F)	Cond. Elett. (μS/cm)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)
ottimale	A	15°-30*	< 1000*	< 50**	< 50	< 10*	< 0,05	< 0,02	< 0,05
medio	B	30*-50	1000*-2000	50**-250	50-200	10*-50	0,05-0,2	0,02-0,05	0,05-0,5
Scadente	C	> 50	> 2000	> 250	> 200	> 50	> 0,2	> 0,05	> 0,5

Tabella 2.8 - Schema operativo per la classificazione sintetica e la mappatura della qualità di base delle acque sotterranee (Civita et al., 1993): ° = valore minimo consigliato; \* = valore indicativo intermedio tra C.M.A. e V.G. (DPR 236/88); \*\* = valore doppio rispetto al V.G.

Questa classificazione si basa su otto parametri, quasi sempre rilevati dalle autorità sanitarie (UU.SS.LL., ARPAT) e comunque di facile rilevazione, riuniti in due gruppi per differenziare le acque da sottoporre a trattamenti specifici per i singoli parametri (*gruppo 1*) da quelle per le quali è normalmente previsto un trattamento ossidativo semplice o spinto (*gruppo 2*). La classificazione viene effettuata utilizzando tutti i parametri dello schema (in via eccezionale può essere tollerata la mancanza di dati per solfati e manganese), individuando così sei classi possibili di qualità delle acque sotterranee. Per convenzione, nella definizione della qualità si indica prima la classe dei parametri del gruppo 1. Ad esempio, qualora tutti i valori

dei gruppi 1 e 2 rientrano nella Classe A, si avrà un'acqua di tipo A1A2; se solo uno dei parametri del gruppo 1 rientra negli intervalli della Classe B, si avrà un'acqua di tipo B1A2.

Una volta identificata la classe, si può esprimere un *giudizio d'uso* codificato in:

- classe A = acqua potabile senza alcun trattamento, idonea a quasi tutti gli usi industriali ed irrigui;

- classe B = acqua potabile senza alcun trattamento, ma con alcune limitazioni per usi irrigui ed industriali;

- classe C = acqua non idonea ad essere utilizzata tal quale per il consumo umano e con limitazioni per altri usi (*sottoclasse C1* = da sottoporre a trattamenti specifici; *sottoclasse C2* = da sottoporre a trattamento di ossidazione semplice o spinta).

Ovviamente, la classificazione proposta non può tener conto di stati di inquinamento generati da particolari sostanze di origine esclusivamente antropica (solventi, pesticidi, ecc.); inoltre, è opportuno sottolineare che le classi di qualità così definite non hanno alcuna corrispondenza o correlazione con quelle individuate dal D.P.R. 515/82 ("Attuazione della Direttiva CEE n. 75/440 concernente la qualità delle acque superficiali destinate alla potabilizzazione").

### 2.5.2 L'acquifero del Monte Amiata

Alcuni risultati circa lo stato di inquinamento reale dell'acquifero del M. Amiata sono stati elaborati in Barazzuoli et al. (2004, in stampa) e riportati di seguito.

È stato effettuato un censimento dei dati fisico-chimici e microbiologici delle acque di falda (DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, 1999, 2000). I dati raccolti, coprono, seppure in modo discontinuo, un intervallo temporale che va dal 1903 al 1999; a tutt'oggi, la banca dati comprende 588 analisi (210 fisico-chimiche e 378 microbiologiche) e risulta conosciuto il 39 % dei 163 punti d'acqua censiti (sono infatti disponibili le analisi fisico-chimiche di 60 sorgenti e 4 pozzi e quelle microbiologiche di 56 sorgenti e 4 pozzi). Sulla base della distribuzione topografica e della portata dei punti d'acqua monitorati, queste conoscenze dovrebbero consentire di pervenire quanto prima ad una rappresentazione sufficientemente vasta e soddisfacente della qualità dell'acqua di falda; tuttavia, lo stato attuale delle conoscenze idrogeologiche ed idrogeochimiche sull'acquifero del M. Amiata non permette ancora la stesura di una cartografia dettagliata di tutte le zone ad alto pericolo di inquinamento, maggiore densità abitativa o di quelle dove si formano risorse idriche importanti condottate a distanza più o meno grande.

Maggiori dettagli su questa metodologia sono riportati in DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA (1999); è importante ricordare che tale classificazione non può tener conto di stati di inquinamento generati da particolari sostanze di origine esclusivamente antropica (solventi, pesticidi, ecc.) e che le classi di qualità così definite non hanno alcuna corrispondenza o correlazione con quelle individuate dal D.Lgs. 152/99 riguardo alla qualità delle acque superficiali destinate alla potabilizzazione.

Le 210 analisi fisico-chimiche acquisite hanno quindi consentito l'applicazione completa di tale metodologia a 37 punti d'acqua (33 sorgenti e 4 pozzi), mentre per altri 19 è stato possibile solo pervenire ad una classificazione relativa ai soli parametri del gruppo 1; i restanti 8 punti d'acqua non sono dotati di informazioni idonee ad essere trattate anche solo parzialmente con il metodo suddetto. Le tabb. 28 e 29 riportano alcuni risultati statistici di tale classificazione.

Tipo d'acqua	Estremamente elevato		Elevato		Inferiore all'elevato		Totali parziali	
	N	%	N	%	N	%	N	%
A1A2	18 (2 pz)	62,1	1	33,3	4	80,0	23 (2 pz)	62,2
A1B2	3	10,2	1	33,3	0	0,0	4	10,8
A1C2	3 (1 pz)	10,2	1 (1 pz)	33,3	0	0,0	4 (2 pz)	10,8
B1A2	2	7,0	0	0,0	0	0,0	2	5,4
B1B2	1	3,5	0	0,0	0	0,0	1	2,7
B1C2	1	3,5	0	0,0	0	0,0	1	2,7
C1A2	0	0,0	0	0,0	1	20,0	1	2,7
C1C2	1	3,5	0	0,0	0	0,0	1	2,7
<b>Totale</b>	<b>29 (3 pz)</b>	<b>100,0</b>	<b>3 (1 pz)</b>	<b>100,0</b>	<b>5</b>	<b>100,0</b>	<b>37 (4 pz)</b>	<b>100,0</b>

Tabella 2.9 – Risultati statistici dell'applicazione del metodo di CIVITA et al. (1993) a punti d'acqua dell'acquifero del M. Amiata, in relazione a vari gradi di vulnerabilità intrinseca: N = numero dei punti d'acqua; % = percentuale di N rispetto al Totale; (X pz) = numero dei pozzi compresi in N.

Classe (Giudizio)		Estremamente elevato		Elevato		Inferiore all'elevato		Totali parziali	
		N	%	N	%	N	%	N	%
A (ottimale)		18 (2 pz)	62,1	1	33,3	4	80,0	23 (2 pz)	62,2
B (media)		6	20,7	1	33,3	0	0,0	7	18,9
C (scadente)	C1	0	0,0	0	0,0	1	20,0	1	2,7
	C2	4 (1 pz)	13,7	1 (1 pz)	33,3	0	0,0	5 (2 pz)	10,8
	C1C2	1	3,5	0	0,0	0	0,0	1	2,7
	<b>Totale</b>	<b>5 (1 pz)</b>	<b>17,2</b>	<b>1 (1 pz)</b>	<b>33,3</b>	<b>1</b>	<b>20,0</b>	<b>7 (2 pz)</b>	<b>18,9</b>
<b>Totale</b>		<b>29 (3 pz)</b>	<b>100,0</b>	<b>3 (1 pz)</b>	<b>100,0</b>	<b>5</b>	<b>100,0</b>	<b>37 (4 pz)</b>	<b>100,0</b>

Tabella 2.10 – Giudizio d'uso sui punti d'acqua dell'acquifero del M. Amiata classificati secondo il metodo di CIVITA et al. (1993), in relazione a vari gradi di vulnerabilità intrinseca: N = numero dei punti d'acqua; % = percentuale di N rispetto al Totale; (X pz) = numero dei pozzi compresi in N.

Questa prima applicazione del metodo proposto da CIVITA et al. (1993) consente di evidenziare che la qualità di base delle acque contenute nell'acquifero vulcanico amiatino è complessivamente eccellente (oltre l'80 % risulta potabile senza alcun trattamento); si deve però sottolineare che la maggior parte delle acque non utilizzabili per il consumo umano senza trattamenti ricade nel settore avente un grado di vulnerabilità intrinseca estremamente elevato (rocce vulcaniche con soggiacenza della falda minore di 50 m e detrito di vulcaniti).

Ai sensi della DGRT n.225 del 10 marzo 2003 e del D. Lgs. n. 152 del 11 Maggio 1999, l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT) ha realizzato il Piano di Tutela della Acque. Nella sezione relativa ai corpi idrici sotterranei (Stato qualitativo) si fa riferimento agli obiettivi del Piano.

Relativamente all'Acquifero dell'Amiata (Vol.3 – Piano di Bacino Ombrone – Anno 2004-07-06) lo stato di qualità ambientale, definito per gli acquiferi significativi ai sensi del sopra citato DGRT, ottenuto incrociando i dati stimati riportati nella relazione sullo Stato dell'Ambiente della Regione Toscana (1997), è BUONO. Tale

giudizio corrisponde alla classe di qualità che tutti i corpi idrici significativi monitorati dovrebbero raggiungere, in caso che non l'abbiano già raggiunto, entro l'anno 2016, ai sensi del D.Lgs. 152/99.

La Regione Toscana, ai sensi della normativa citata, sta provvedendo a creare una rete di monitoraggio sia quantitativo che qualitativo dei corpi idrici significativi individuati che nell'area senese sono l'Acquifero carbonatico del Luco e l'Acquifero dell'Amiata.

### 2.5.3 L'Acquifero carbonatico del Luco

I risultati relativi allo stato di inquinamento dell'acquifero del Luco sono stati desunti da studi pregressi. Analisi di dettaglio, anche se non esaustive, della situazione idrogeochimica delle acque sotterranee sono state effettuate dal Dipartimento di Scienze della Terra nel periodo 1996-1998, i cui risultati sono di seguito sintetizzati.

L'analisi dei principali parametri fisico-chimici dell'acqua di falda indica che l'alimentazione dell'acquifero è dovuta alle sole precipitazioni e confermano che le principali linee di flusso si originano nel settore centrale e si allontanano all'incirca in senso radiale dal massiccio carbonatico di M. Maggio arricchendosi via via di sali; la conducibilità elettrica si presenta con valori dell'ordine di 450÷550 microS/cm (e quindi con una salinità pari a circa 300÷400 mg/l) nel settore centrale dell'affioramento della Breccia di Grotti e tende ad aumentare in modo radiale raggiungendo i 700 microS/cm (circa 500 mg/l) nella zona di Pian del Lago ed i 1100 microS/cm (circa 750 mg/l) nelle estremità NE e N. La durezza varia dai 28÷35 °F nella zona centrale ed aumenta radialmente fino ai 45 °F del Luco ed ai 45÷55 °F ai confini settentrionali dell'affioramento.

Per quanto riguarda i composti azotati ed i parametri microbiologici, è stato rilevato che l'acqua dei pozzi situati sullo stesso tipo di terreno e grosso modo alla stessa profondità presentano caratteristiche simili di contaminazione; in particolare, in diversi campioni di acqua di falda sono state riscontrate concentrazioni di nitrati assai maggiori di quelle aspettate per un dato inquinamento fecale, soprattutto nelle zone sottoposte a colture varie forse dovute all'uso di fertilizzanti e caratterizzate dall'affioramento di rocce aventi un alto grado di infiltrazione delle acque meteoriche.

È anche da sottolineare che la zona considerata si presenta con le consuete caratteristiche di antropizzazione dei territori del circondario senese, dove l'impatto delle varie attività umane si concentra intorno ai maggiori centri abitati e nelle aree pianeggianti di fondovalle. La maggiore concentrazione dei centri di pericolo si rileva nel settore nord-orientale del Comune di Monteriggioni, a cavallo delle più importanti vie di comunicazione; il settore opposto, ed in particolare le aree a monte di Abbazia a Isola e Monteriggioni (M. Maggio), appare scarsamente antropizzato e quindi potenzialmente a basso rischio di inquinamento delle locali acque sotterranee, ad esclusione di diverse abitazioni sparse all'interno delle zone boschive alle pendici del rilievo, per le quali è logico prevedere un insufficiente smaltimento dei liquami ai fini della prevenzione dall'inquinamento della falda.

Anche per l'Acquifero carbonatico del Luco (Vol.3 – Piano di Bacino Ombrone – Anno 2004-07-06) lo stato di qualità ambientale, definito per gli acquiferi significativi ai sensi del sopra citato DGRT, ottenuto incrociando i dati stimati riportati nella relazione sullo Stato dell'Ambiente della Regione Toscana (1997), è BUONO. Tale giudizio corrisponde alla classe di qualità che tutti i corpi idrici significativi monitorati dovrebbero raggiungere, in caso che non l'abbiano già raggiunto, entro l'anno 2016, ai sensi del D.Lgs. 152/99.

## 2.6 Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento

L'accresciuta coscienza dell'importanza dei problemi ambientali in senso generale ha spinto la pianificazione territoriale, regionale e locale, a considerare come aspetti di primaria importanza la disponibilità e la protezione delle risorse idriche; nel settore idrogeologico, la pianificazione deve essere indirizzata soprattutto verso la prevenzione del degrado qualitativo delle acque dovuto alle sorgenti «puntuali» e «non puntuali» di inquinamento. Il mantenimento della qualità delle acque sotterranee è, dunque, una delle principali finalità da perseguire poiché essa rappresenta uno dei fattori primi della salute delle popolazioni che ne fruiscono nonché un loro diritto inalienabile.

In questo senso già all'inizio degli anni '70 sono state compilate le prime carte idrogeologiche e con esse quelle della «vulnerabilità» degli acquiferi; soffermando l'attenzione soprattutto su quest'ultime si può constatare che, rappresentando le aree in cui si ha una maggiore esposizione al rischio di contaminazione delle acque sotterranee in presenza del carico antropico, nell'attuale situazione esse non sono esaustive ai fini della prevenzione degli inquinamenti (Beretta, 1992).

Le opere di captazione delle acque destinate al consumo umano rappresentano aree di particolare sensibilità dal punto di vista idrogeologico, in quanto un eventuale inquinamento determina un effetto immediato di decremento del valore d'uso della risorsa idrica, comportando notevoli problemi tecnici, economici e sociali; è per tale ragione che gli stati maggiormente industrializzati, nei quali è maggiore il rischio di contaminazione delle acque sotterranee, adottano vincoli territoriali (generalmente denominati «aree di salvaguardia») nelle zone limitrofe a pozzi, sorgenti e prese d'acqua superficiale (AA.VV. 1988).

Allo scopo di fornire una zonizzazione delle aree maggiormente esposte alla contaminazione, utilizzabile a medio-lungo termine per la programmazione dell'uso dell'acqua, si compilano le Carte della Vulnerabilità degli Acquiferi all'Inquinamento che rappresentano "la possibilità di penetrazione e propagazione, in condizioni naturali, nei serbatoi naturali ospitanti la prima falda generalmente libera, di inquinanti provenienti dalla superficie". Questa definizione è stata successivamente modificata ed integrata da vari studiosi italiani e stranieri; secondo quella proposta da Civita nel 1987, tale vulnerabilità rappresenta la "susceptibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido o idroveicolato tale da produrre, nello spazio e nel tempo, un impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea" (Beretta, 1992).

Comunque sia, gli studiosi concordano nel ritenere che la vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento dipenda da diversi fattori tra i quali prevalgono la litologia e la struttura del sistema idrogeologico, la natura del suolo e la geometria della copertura, il processo ricarica→flusso sotterraneo→emergenza delle acque e l'interazione chimico-fisico-biologica.

La vulnerabilità è l'unico parametro «naturale» (o intrinseco) del sistema; la redazione di una carta della vulnerabilità intrinseca è solo uno degli obiettivi di base degli studi idrogeologici su di un dato territorio. Infatti, il concetto, e quindi, la valutazione e la zonizzazione della vulnerabilità intrinseca non ha mai un contenuto applicativo e pianificatorio; esso l'acquista quando alla vulnerabilità intrinseca di una zona viene associata la presenza, la posizione topografica ed idrogeologica e la tipologia (dunque la pericolosità) dei cosiddetti «centri di pericolo» ivi esistenti o dei quali si pianifica la realizzazione. In tal modo si esprime cartograficamente il concetto di vulnerabilità s.s. (o vulnerabilità integrata) che sottintende l'interazione tra la vulnerabilità intrinseca di un sistema idrogeologico caratterizzato ed i centri di pericolo effettivamente connessi al sistema stesso, offrendo al pianificatore una prima valutazione del rischio potenziale di situazioni specifiche (Civita, 1994).

La predisposizione di una cartografia tematica di questo tipo costituisce quindi parte integrante della documentazione, che deve essere allestita ai fini di una corretta ed adeguata programmazione territoriale, finalizzata alla rappresentazione di «indicatori vocazionali» che evidenzino le caratteristiche intrinseche di ogni specifico ambito territoriale e le sue attendibili reazioni alle sollecitazioni indotte dai sistemi insediativi e produttivi; il supporto cartografico indispensabile per la stesura della vulnerabilità all'inquinamento necessita quindi della sovrapposizione di più carte tematiche (Beretta, 1992). La formulazione analitica della Vulnerabilità Integrata, su un piano puramente qualitativo, è la seguente:

<b>RISCHIO</b>	=	<b>PERICOLOSITA'</b>	·	<b>VULNERABILITA'</b>	·	<b>VALORE</b>
VULNERABILITA' INTEGRATA	=	CENTRI DI PERICOLO	·	VULNERABILITA' INTRINSECA	·	IMPORTANZA ACQUIFERO

Tale espressione mostra che il rischio di accadimento di un evento indesiderato per la collettività (in questo caso, la contaminazione di una falda da parte di un inquinante) è funzione della pericolosità dell'evento (tossicità, quantità sversata, mobilità nell'ambiente, probabilità di accadimento), della vulnerabilità dell'acquifero e del valore dei beni in pericolo (uso idropotabile dell'acqua sotterranea, popolazione servita, possibilità di reperire fonti alternative).

In definitiva, la cartografia tematica relativa alla vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi ha lo scopo di:

- fornire informazioni circa il diverso grado di idoneità dei vari settori ad accogliere insediamenti o attività;
- evidenziare natura ed entità del rischio in funzione delle diverse attività prefigurabili per uno stesso sito;
- localizzare e stabilire una gerarchia dei punti e delle situazioni di incompatibilità dello stato di fatto, così da consentire interventi per l'attenuazione del rischio;

- contribuire all'individuazione di vincoli e condizioni di gestione di determinate attività, nel proprio contesto ambientale, da attuare attraverso la disciplina urbanistica a livello locale e comprensoriale.

### 2.6.2 *Fattori della vulnerabilità*

La vulnerabilità intrinseca di un acquifero dipende, sostanzialmente, da almeno tre principali processi che si producono all'interno del sistema sottosuolo esistente al di sotto del punto o/e della zona d'impatto (Civita, 1994):

- il tempo di transito dell'acqua (o di un eventuale inquinante fluido o idroportato) nel mezzo non saturo, fino a raggiungere la superficie piezometrica dell'acquifero sottostante;
- la concentrazione residua di un inquinante fluido o idroportato al suo arrivo nel mezzo saturo rispetto a quella iniziale, che identifica la capacità di attenuazione del mezzo non saturo;
- la dinamica del flusso idrico sotterraneo, e di un eventuale inquinante fluido o idroportato, nel mezzo saturo.

Come infatti può essere agevolmente previsto, la possibilità che le acque sotterranee possano essere contaminate dipende dalla velocità con la quale si ha il trasferimento dalla superficie topografica a quella della falda, dall'entità dell'infiltrazione e dal percorso effettuato e dai meccanismi fisico-chimico-biologici che operano selettivamente in relazione al tipo di terreno e di sostanze; i tre processi descritti in precedenza sono retti a loro volta dalle diverse possibili sinergie di tutta una serie di parametri, propri della situazione idrogeologica ed antropica e quindi variabili da zona a zona.

### 2.6.3 *Metodi per la definizione della vulnerabilità*

Tenendo conto di quanto precedentemente esposto, lo sviluppo degli studi sulla vulnerabilità, passa attraverso le seguenti fasi:

- rappresentazione dei soli parametri di tipo fisico ed individuazione dei diversi livelli di vulnerabilità intrinseca attribuibili ai differenti settori;
- sovrapposizione dei fattori antropici alla vulnerabilità intrinseca;
- lettura incrociata dei dati rilevati ed elaborati nelle fasi a) e b).

Il principale problema dal punto di vista idrogeologico è dato dalla definizione dei criteri da adottare per la rappresentazione cartografica della vulnerabilità intrinseca. Ad essa si può giungere attraverso:

**Zonazione per aree omogenee:** Definisce la Vulnerabilità del sito in funzione della circolazione idrica sotterranea. Si basa sulle conoscenze idrogeologiche ed è applicabile ad ogni tipo di scenario fisiografico. E' utilizzato in territori vasti e complessi dal punto di vista idrostrutturale, idrogeologico e morfologico. La Vulnerabilità viene valutata per complessi e situazioni idrogeologiche utilizzando la tecnica di sovrapposizione cartografica (Metodo GNDCl – CNR).

**Valutazione per sistemi parametrici:** Questo metodo definisce un valore della Vulnerabilità "quantitativo"; è basato sulla determinazione del valore numerico di alcuni parametri selezionati, assegnando ad ognuno di essi un "peso" all'interno della valutazione complessiva della Vulnerabilità. La Vulnerabilità sarà definita da un indice numerico il quale può essere inserito in vari intervalli di grandezza in modo da facilitare la lettura dei risultati da parte di tutti (Metodo SINTACS).

**Valutazione per modelli numerici:** Sono basati sulla stima di un "indice di Vulnerabilità" mediante relazioni matematiche, più o meno complesse.

Appare quindi evidente che la valutazione della vulnerabilità di un acquifero dovrebbe essere effettuata caso per caso, tenendo conto delle caratteristiche fisico-chimiche di ogni singolo inquinante presente (o di famiglie di prodotti assimilabili), del tipo di fonte (puntuale, diffusa), dei quantitativi, dei modi e dei tempi di sversamento; un tale intento, sebbene risulti scientificamente ineccepibile e realizzabile su piccole zone delle quali si vuole valutare il potenziale di inquinamento di un centro di pericolo, non ha però alcuna praticità quando la valutazione della vulnerabilità viene effettuata per grandi aree con lo scopo di prevenire l'inquinamento e proteggere gli acquiferi e le fonti di approvvigionamento idropotabile (Civita, 1994).

## 2.6.4 La Carta della Vulnerabilità degli Acquiferi all'inquinamento del Comune di Siena

### 2.6.4.1 La Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento secondo PTCP di Siena

Il *Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Siena*, approvato con Deliberazione del Consiglio Provinciale n. 109 del 20 ottobre 2000, avendo definito tra i suoi obiettivi quello della salvaguardia delle risorse idriche, ha introdotto norme in relazione all'obbligatorietà per i P.S. di redigere la carta della Vulnerabilità, a tal fine ha individuato come idoneo il metodo C.N.R. – G.N.D.C.I. (AA.VV., 1988 - del tipo Zonazione per aree omogenee) ripreso da Civita (1990, 1994) a cui fa riferimento la "Legenda unificata per le carte della vulnerabilità all'inquinamento dei corpi idrici sotterranei". Questo tipo di metodologia utilizza un certo numero di indici litologici, strutturali, piezometrici e idrodinamici non rigorosamente quantizzati che identificano situazioni diverse; le informazioni riportate riguardano, oltre alle modalità di circolazione idrica all'interno dei litotipi, la presenza e il tipo di copertura superficiale, la soggiacenza della falda e la posizione della superficie piezometrica rispetto ai corsi d'acqua.

Per il confronto diretto sono state previste e catalogate, sotto la voce «*Caratteristiche degli Acquiferi*», circa venti situazioni idrogeologiche differenti che fanno diretto riferimento alla geometria degli acquiferi, al litotipo ed alle caratteristiche di porosità e di permeabilità primaria e/o secondaria dei litotipi interessati. Le situazioni idrogeologiche selezionate, sono immesse in uno schema di legenda a sei colonne, ciascuna relativa ad uno dei gradi di vulnerabilità (intrinseca) previsti (da estremamente elevato a bassissimo o nullo); ciò rende la legenda sinottica e direttamente interpretativa, utilizzabile, quindi, sia in fase di redazione della carta, sia per la sua interpretazione e lettura. La Carta della vulnerabilità integrata diventa, così, la base per la difesa degli acquiferi a tutto campo che viene ad integrare la difesa delle captazioni (*difesa di punto*), completando in tal modo una visione strategica generale.

### 2.6.4.2 La Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento del Comune di Siena

La Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento rappresenta un aspetto della pianificazione di un territorio, qualunque sia la sua estensione areale, di carattere strategico e per questo risulta fondamentale un suo studio approfondito e di dettagliato che ne preservi il più possibile il suo stato naturale.

Questa tematica è stata già ampiamente trattata nella relazione del quadro conoscitivo dello Schema Metropolitano dell'Area Senese, SMaS alla quale si rimanda per i caratteri teorici del metodo GNDCI – CNR e per le descrizioni della Legenda Civita e dei suoi elementi nel territorio del Comune di Siena che hanno permesso di realizzare la carta della vulnerabilità integrata.

A differenza del suddetto lavoro, le elaborazioni sulla permeabilità, sulla vulnerabilità intrinseca e sulla sensibilità degli acquiferi sono state integrate assegnando i valori per le aree definite precedentemente come non determinabili "ND" (corrispondenti al 5.32% della superficie del Comune di Siena); grazie all'utilizzo delle informazioni raccolte da indagini specifiche dirette (stratigrafie di sondaggi, prove di laboratorio) e/o indirette (prove penetrometriche statiche e dinamiche) è stato possibile riclassificare localmente i depositi alluvionali e i depositi alluvionali terrazzati secondo gradi di permeabilità connessi alle granulometrie che realmente li costituiscono (non solo nella classe 2a come era stato fatto in via cautelativa nello SMaS).

La valutazione dei vari gradi di vulnerabilità intrinseca e la relativa zonazione sul territorio è stata basata sul grado di permeabilità relativa dei terreni affioranti. In sintonia con lo schema proposto dal PTCP di Siena le sei classi di permeabilità relativa sono state raggruppate in quattro classi di vulnerabilità intrinseca come riportato nello schema sottostante:

Vulnerabilità Classe 1 => Alto	(classe di permeabilità 1)
Vulnerabilità Classe 2 => Alto – Medio	(classi di permeabilità 2a-2b)
Vulnerabilità Classe 3 => Medio – Basso	(classi di permeabilità 3a-3b)
Vulnerabilità Classe 4 => Basso	(classe di permeabilità 4)

La classe 1 copre circa 12,89 Km<sup>2</sup> e rappresenta il 10,86% dell'area comunale. Sono state comprese le rocce ad elevata permeabilità, sia per porosità che per fessurazione. In questa classe sono state inserite le Formazioni del Calcare cavernoso, appartenente alla Falda Toscana (18), e della Breccia di Grotti, facente parte dei depositi lacustri e lagunari del Turoliano Superiore (43).



Nella classe 2 sono state raggruppate le rocce nelle quali la circolazione idrica è nel complesso associabile ad un discreto grado di permeabilità di tipo primario, secondario o misto. Questa classe copre 16,84 Km<sup>2</sup> e rappresenta il 14,19% del territorio ed in essa sono stati collocati i Depositi marini pliocenici (49), i Depositi lacustri e lagunari del Turoliano Superiore (44) e i depositi quaternari (1, 2, 4, 12, 13, 15, 17, 21 e 35) escluso quelli dove erano disponibili indagini geognostiche (depositi alluvionali e depositi alluvionali terrazzati), che avendo evidenziato un diverso grado di permeabilità relativa, sono stati di conseguenza collocati in altre classi.

Nella classe 3, che copre circa 55,74 Km<sup>2</sup> pari al 46,98% della superficie comunale, sono state inoltre associate anche formazioni facenti parte dei Depositi marini pliocenici (51) e affioramenti appartenenti al Dominio Ligure (29) ed al ciclo medio del Triassico Superiore delle Unità toscane metamorfiche (68).

Infine nella classe 4, occupante 33,17 Km<sup>2</sup> pari al 27,97% del Comune, sono state raggruppate le formazioni caratterizzate da una composizione prevalentemente argillosa nelle quali risulta ragionevolmente minima la penetrazione e la circolazione di acqua; tali rocce si presentano quindi praticamente prive di circolazione idrica sotterranea e gli eventuali inquinanti raggiungono direttamente le acque superficiali. Appartengono a questo grado di vulnerabilità litotipi derivanti dai Depositi marini pliocenici (25, 26), dai Depositi lacustri e lagunari Messiniani (8); ne fanno parte anche le Discariche per inerti e rifiuti solidi urbani (33) in quanto si considera che una loro buona realizzazione le renda praticamente impermeabili al passaggio di materiale inquinante. Nella figura 2.23 è riportata la distribuzione areale e percentuale, all'interno del Comune di Siena, delle quattro classi di vulnerabilità.

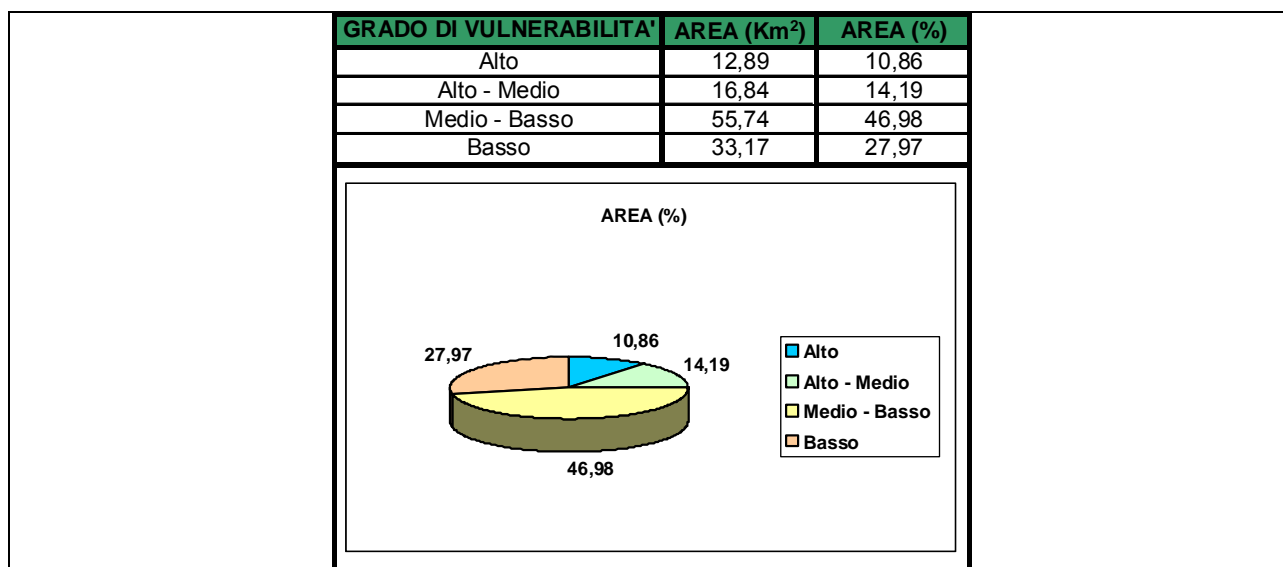


Figura 2.23 – Suddivisione del territorio comunale in base al grado di vulnerabilità

Il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Siena (PTCP), con lo scopo di tutelare attraverso delle norme gli acquiferi presenti nel proprio territorio, prevede anche il passaggio dai quattro gradi di vulnerabilità a tre classi di Sensibilità secondo quanto riportato nella tabella 12 di sintesi e secondo lo schema logico della tabella che segue:

Grado di Vulnerabilità	Classe di sensibilità
Elevata	1
Medio - alto	2
Medio – basso ⇒ Basso	3

Tabella 2.11 – Relazione fra il grado di vulnerabilità e le classi di sensibilità previste dal PTCP di Siena

dove ogni classe di sensibilità ha la seguente corrispondenza:

Classe di Sensibilità 1 => “Aree a vincolo elevato”

Classe di Sensibilità 2 => “Aree a vincolo medio”

Classe di Sensibilità 3 => “Aree non vincolate”

La tabella 2.12 riassume tutti i passaggi che hanno permesso la definizione delle aree di sensibilità ai fini della tutela degli acquiferi partendo dalle informazioni geologiche presenti nello strato informativo fornitoci dalla Regione Toscana (ST018) già utilizzato per lo Schema Metropolitano dell'area Senese; in particolare il “COD-UNI” della tabella fa riferimento ai codici progressivi adottati per il progetto sopra citato.

COD UNI	GEOLOGIA	PERMEABILITA'		VULNERABILITA'		SENSIBILITA'	
		CLASSE	GRADO	CLASSE	GRADO	CLASSE	GRADO
18	Calcare cavernoso	1	Molto elevato	1	Elevato	1	Vincolo elevato
43	Breccia di Grotti	1	Molto elevato	1	Elevato	1	Vincolo elevato
1	Frana	2a	Elevato	2	Medio-Alto	2	Vincolo medio
2	Depositi di frane senza indizi di evoluzione	2a	Elevato	2	Medio-Alto	2	Vincolo medio
4	Depositi di versante	2a	Elevato	2	Medio-Alto	2	Vincolo medio
12	Depositi alluvionali	2a	Elevato	2	Medio-Alto	2	Vincolo medio
13	Depositi eluvio-colluviali (Olocene)	2a	Elevato	2	Medio-Alto	2	Vincolo medio
15	Deposito colluviale (Olocene)	2a	Elevato	2	Medio-Alto	2	Vincolo medio
17	Depositi alluvionali terrazzati	2a	Elevato	2	Medio-Alto	2	Vincolo medio
21	Depositi lacustri	2a	Elevato	2	Medio-Alto	2	Vincolo medio
35	Terreni di riporto, bonifica per colmata	2a	Elevato	2	Medio-Alto	2	Vincolo medio
44	Conglomerati di Liliano	2b	Buono	2	Medio-Alto	2	Vincolo medio
49	Conglomerati marini poligenici	2b	Buono	2	Medio-Alto	2	Vincolo medio
51	Sabbie di S.Vivaldo	3a	Medio	3	Medio-Basso	3	Nessun vincolo
68	Formazione di Tocchi	3a	Medio	3	Medio-Basso	3	Nessun vincolo
29	Formazione di S.Fiora	3b	Basso	3	Medio-Basso	3	Nessun vincolo
8	Argille del Casino	4	Molto basso	4	Basso	3	Nessun vincolo
25	Argille azzurre	4	Molto basso	4	Basso	3	Nessun vincolo
26	Argille azzurre litofacies argilloso - sabbiosa	4	Molto basso	4	Basso	3	Nessun vincolo
33	Discariche per inerti e rifiuti solidi urbani	4	Molto basso	4	Basso	3	Nessun vincolo

Tabella 2.12 – Sintesi dei parametri permeabilità, vulnerabilità e sensibilità in relazione alle formazioni geologiche

Individuate le classi di sensibilità si è provveduto ad analizzare le aree sottoposte a vincolo del Comune.

Nella figura 2.24 è riportata la suddivisione del territorio comunale nelle tre classi di sensibilità. Come è possibile notare la maggior parte del territorio (74,95%) non è sottoposto a vincolo mentre la restante parte è suddivisa in un 14,19% a vincolo medio (sensibilità 2) e in un 10,86% a vincolo elevato (sensibilità 1).

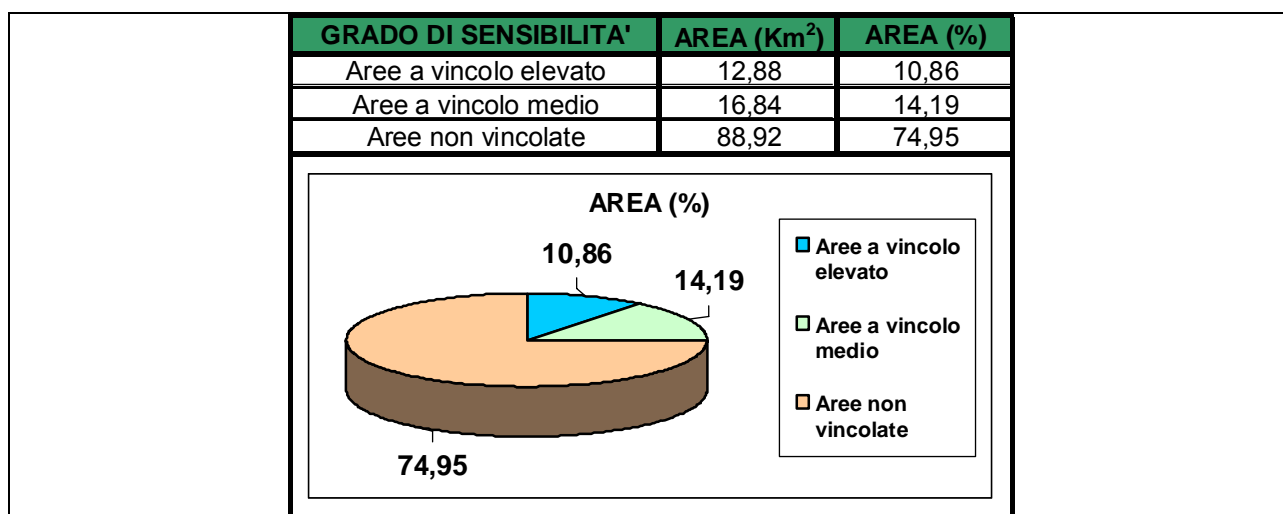


Figura 2.24 – Suddivisione del territorio comunale in base al grado di sensibilità

La carta della Vulnerabilità integrata è stata realizzata dopo aver sovrapposto alla Carta della Vulnerabilità intrinseca, secondo la legenda Civita, tutti i centri di pericolo (C.D.P.) ovvero tutte le attività, gli insediamenti, i manufatti, ecc..., in grado di costituire, direttamente o indirettamente, fattori certi o potenziali di degrado qualitativo e quantitativo delle acque (per le principali modalità, vedi quanto illustrato dalla figura seguente).

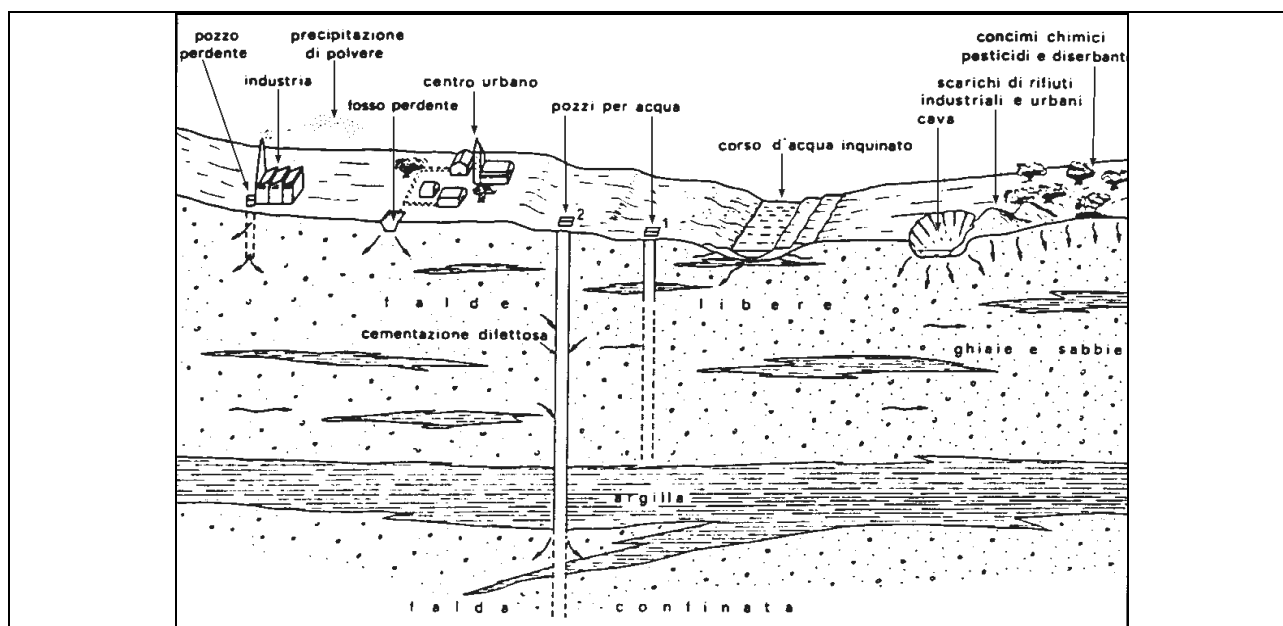


Figura 2.25 – Principali modalità di inquinamento delle acque sotterranee, dovute all'attività dell'uomo (ripresa da Celico, 1988)

Questi fattori sono già stati individuati ed analizzati per lo Schema Metropolitano dell'area Senese e per il Comune di Siena si è deciso di utilizzare queste informazioni apportando, però alcune variazioni.

Per ciò che riguarda i *produttori reali e potenziali di inquinamento dei corpi idrici sotterranei* sono stati utilizzati gli stessi tematismi ad esclusione della distribuzione dei trattamenti con fitofarmaci nell'area comunale; questa categoria è stata integrata grazie al nuovo tematismo dell'uso del suolo in scala 1:10000.

In base all'utilizzo del suolo e seguendo la legenda Civita (tabella 2.13) è stato possibile valutare secondo i codici semplificati dell'uso del suolo le modalità di utilizzo, nel territorio comunale, di fitofarmaci individuando tre possibili classi di trattamenti:

- Aree sterili, incolte o con colture spontanee o che non prevedono trattamenti con fitofarmaci, concimi chimici, ecc.
- Aree con colture che prevedono limitati trattamenti con fitofarmaci, concimi chimici, ecc.
- Aree con colture che prevedono frequenti e abbondanti trattamenti con fitofarmaci, concimi chimici, ecc.

Questa valutazione ci fornisce un'indicazione delle zone interessate dall'utilizzo di sostanze inquinanti.

Codici uso del suolo	Codici di riferimento	Legenda carta uso del suolo	Classi d'uso del suolo (secondo Civita, 1994)
111	111	Zone residenziali a tessuto continuo	Aree sterili, incolte o con colture spontanee o che non prevedono trattamenti con fitofarmaci, concimi chimici, etc.
1111			
1121	112	Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	
1123			
1124			
1125			
121	121	Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	
1221	122	Reti stradali, commerciali, opere d'arte e infrastrutture tecniche	
1222			
131	131	Aree estrattive	
133	133	Cantieri	
141	141	Aree verdi urbane	
142	142	Aree ricreative sportive	
3112	311	Boschi di latifoglie	
3113			
3114			
31129			
31171			
3116	3116	Boschi di specie igrofile	
31214	31214	Rimboschimento di pini mediterranei e cipresso	
321	321	Prati - pascoli naturali e praterie	
322	322	Brughiere e cespuglieti	
3333	3333	Calanchi	
511	511	Corsi d'acqua, canali, idrovie	
512	512	Bacini d'acqua	
2212	221	Vigneti	Aree con colture che prevedono limitati trattamenti con fitofarmaci, concimi chimici, etc.
2213			
222	222	Frutteti	
2232	223	Oliveti	
2233			
224	224	Altre colture permanenti	
3111	3111	Boschi di leccio	Aree con colture che prevedono frequenti e abbondanti trattamenti con fitofarmaci, concimi chimici, etc.
211	211	Seminativi in aree non irrigue	
212	212	Seminativi in aree irrigue	
242	242	Sistemi colturali e particellari complessi	

Tabella 2.13 – Relazione fra le classi di uso del suolo e l'intensità dei trattamenti

Per i *potenziali ingestori e viacoli di inquinamento dei corpi idrici sotterranei* la modifica apportata riguarda solo il tematismo “Doline” che da puntuale (vedi SMaS) è diventato poligonale per l'individuazione delle doline all'interno della nuova carta Geomorfologica della Provincia di Siena, dove queste sono rappresentate non come punto, ma come area. Nella sezione *preventori e/o riduttori dell'inquinamento* non è stato ritenuto necessario apportare alcun cambiamento, mentre per la sezione dei *principali soggetti ad inquinamento* è stata applicata una variazione al tematismo “pozzi” (160) nel quale sono evidenziate le opere di captazione dove sono state effettuate prove di emungimento.

## 2.6.4.3 Riclassificazione delle alluvioni

Come accennato in precedenza (par. 3.2), il grado di permeabilità dei *depositi alluvionali* (b, bn1 e bn2) è stato analizzato in dettaglio facendo, per questo, riferimento alle risultanze delle indagini geognostiche presenti all'interno delle aree di affioramento di questi terreni (vedi tabella 14); questa operazione ha permesso una riclassificazione basata sulla vera granulometria dei sedimenti e non su "ipotesi composizionali" ed è stata eseguita sfruttando la stretta correlazione esistente tra composizione granulometrica e grado di permeabilità relativa (vedi tabelle seguenti).

CODICE PRATICA	LOCALITA	TIPO DI INDAGINE
30920	Str. del Renaccio - Ruffolo	3 DPSH
32028	Pod. Sant'Elena - Strada Molin Nuovo	4 sondaggi
1015	Loc. Il Piano - Ruffolo	4 CPT
27628	Fattoria Renaccio	1 CPT
28110	Loc. Ruffolo	1 sondaggio, 2 SPT
21524	Loc. Renaccio - Strada di Ribucciano	7 CPT
18175	Str. di Pescaia	4 sondaggi, 9 campioni, 14 SPT, 4 DPM
14624	Isola d'Arbia - C. Bassa	3 CPT
15224	Loc. Ruffolo	9 CPT
15333	Loc. Renaccio	3 CPT
31117	Pian delle Fornaci	9 sondaggi, 9 SPT
29409	Loc. Madonnina Rossa - ex distillerie	5 sondaggi, 10 SPT
28778	Strada di Renaccio	2 sondaggi
2012	Il Ruffolo	3 DPSH
2017	Colonna S.Marco	2 CPT
19140	Casa Bassa	1 sondaggio (S5)
19142	Poggio Giovannelli	1 sondaggio (S4)
34741	Poderuccio	CPT
28680	Renaccio	3 CPT
2028	Fontebranda	6 DPM
2026	Strada di Pescaia	2 sondaggi, 5 SPT
2034	Fontebecchi	1 sondaggio
1110	Bucciano	1 sondaggio, 3 SPT

Tabella 2.14: Indagini geognostiche utilizzate per la riclassificazione delle alluvioni

Nella figura sottostante è riportata la suddivisione del territorio secondo i diversi gradi di permeabilità prima di compiere, tramite un'analisi di dettaglio, una riclassificazione basata sulle granulometrie reali.

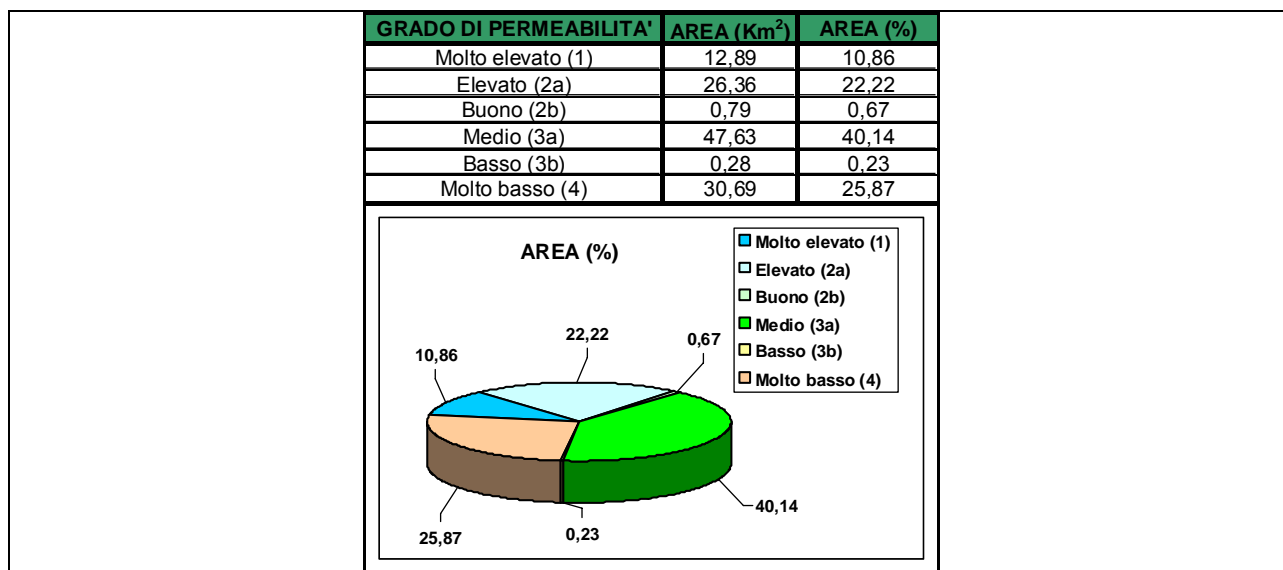


Figura 2.26: Suddivisione del Comune di Siena secondo le varie classi di permeabilità da valori di letteratura

Questa analisi è stata effettuata sulla quasi totalità dei terreni attribuibili, in origine, alla classe di permeabilità **2a** e cioè quella costituita dalle Alluvioni (vedi figura 2.27).

In base alla distribuzione delle indagini e dalle indicazioni da queste emerse, è stato possibile riclassificare circa il 51% dei depositi alluvionali (vedi figure 2.28 e 2.29).

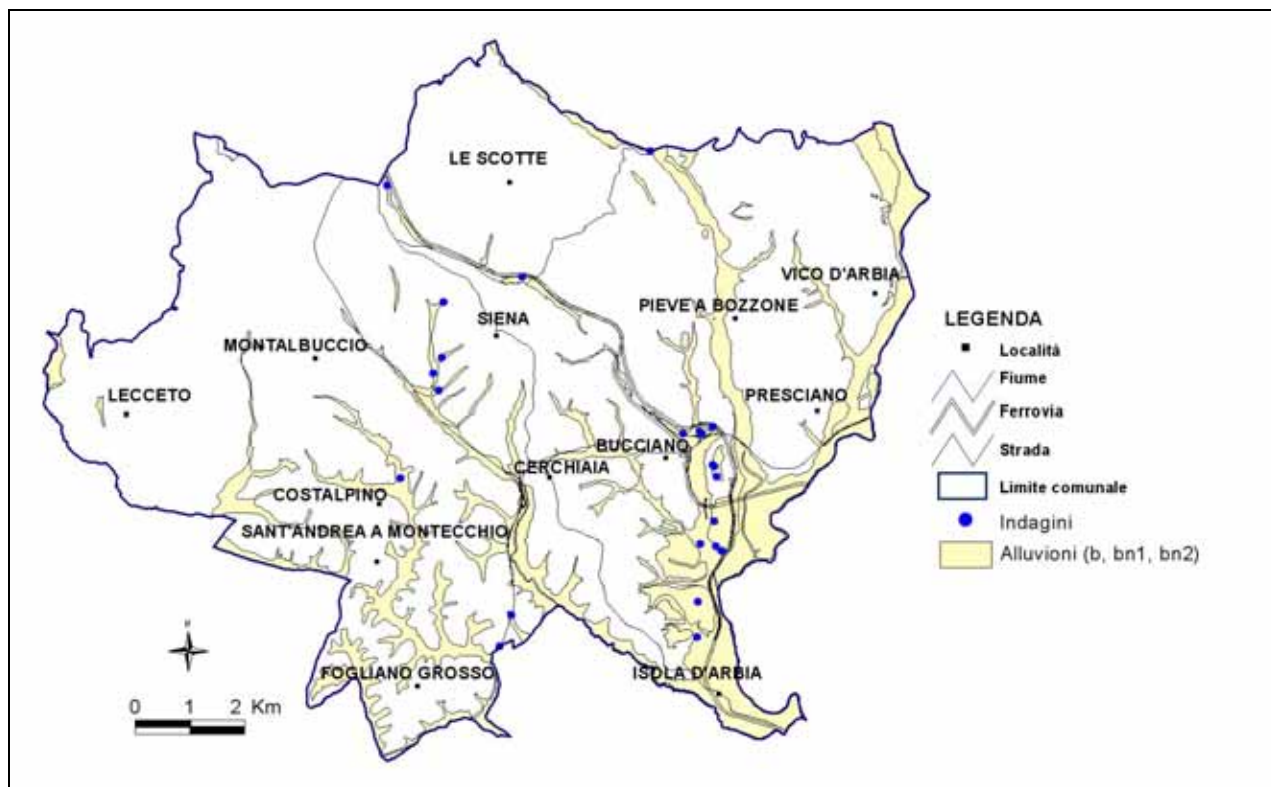


Figura 2.27: Distribuzione delle Alluvioni nel Comune di Siena

Tipi di rocce	Grado di permeabilità relativa	Coefficienti di permeabilità (m/s)
Ghiaie	Alto	$K > 10^{-2}$
Sabbie	Medio	$10^{-2} > K > 10^{-4}$
Sabbie fini - Silts	Basso	$10^{-4} > K > 10^{-9}$
Argille	Impermeabile	$K < 10^{-9}$

K (m/s)		101	10	10-1	10-2	10-3	10-4	10-5	10-6	10-7	10-8	10-9	10-10		
Granulometria	Omogenea	Ghiaia			Sabbia		Sabbia molto fine			Silt		Argilla			
	Varia	Ghiaia grossa media	Ghiaia e Sabbia			Sabbia e Argilla - Limi						Argilla			
Grado di permeabilità		ELEVATA						BASSA						NULLA	
Complesso idrogeologico		Permeabile						Semi-permeabile						Imper.	

Limiti convenzionali

Tabella 2.15: Correlazione tra Grado di permeabilità relativa e ordine di grandezza del coefficiente di permeabilità in alcune rocce

Attraverso le indicazioni di tabella sopra riportata è stato possibile assegnare alle varie litologie il grado di permeabilità più idoneo; questo ha portato un generale abbassamento della permeabilità relativa (in origine = Classe 2a - Elevata) di tutte le alluvioni oggetto di analisi; queste risultano, infatti, costituite da materiale a

granulometria variabile da *sabbie limose* ad *argille* e per ciò aventi, rispettivamente, un grado di permeabilità da buono (2b) a molto basso (4) (vedi figura).

Dal risultato di questa analisi di dettaglio ne consegue che, abbassandosi il grado di permeabilità, si abbassi anche il corrispondente grado di sensibilità e che quindi si riduca sensibilmente la superficie di territorio comunale soggetta alla vincolistica del PTCP in materia di salvaguardia qualitativa delle risorse idriche.

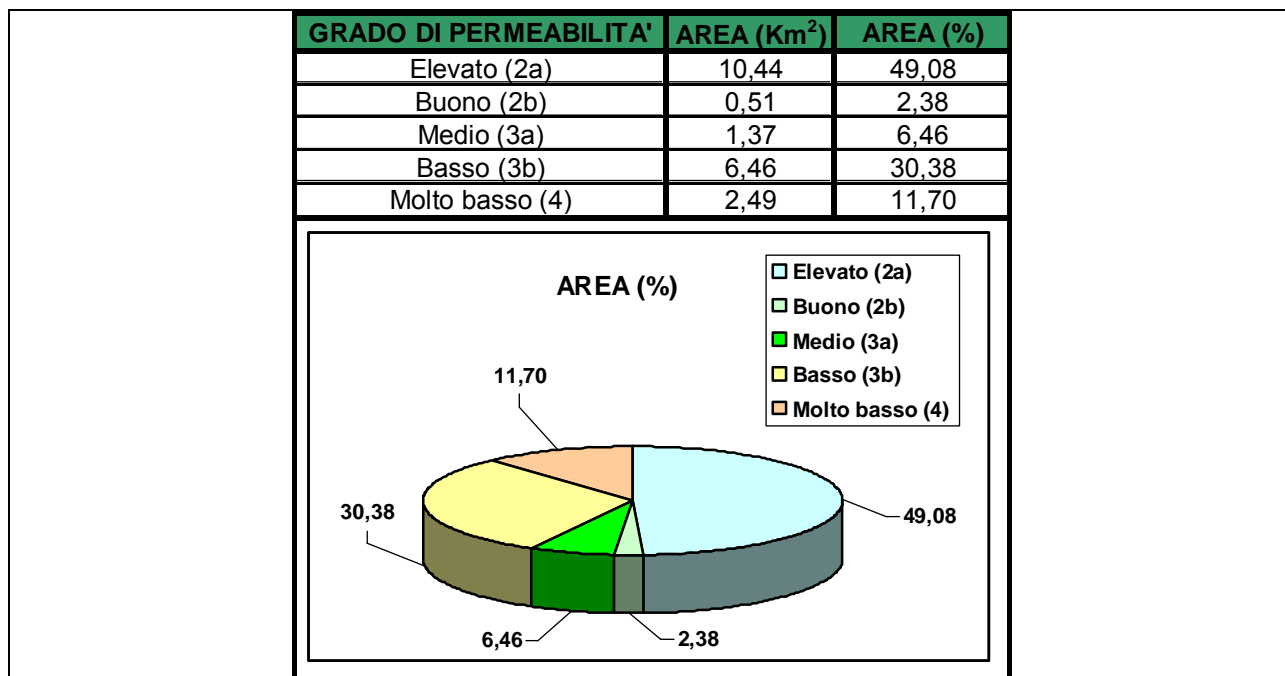


Figura 2.29: Riclassificazione delle alluvioni secondo la reale permeabilità

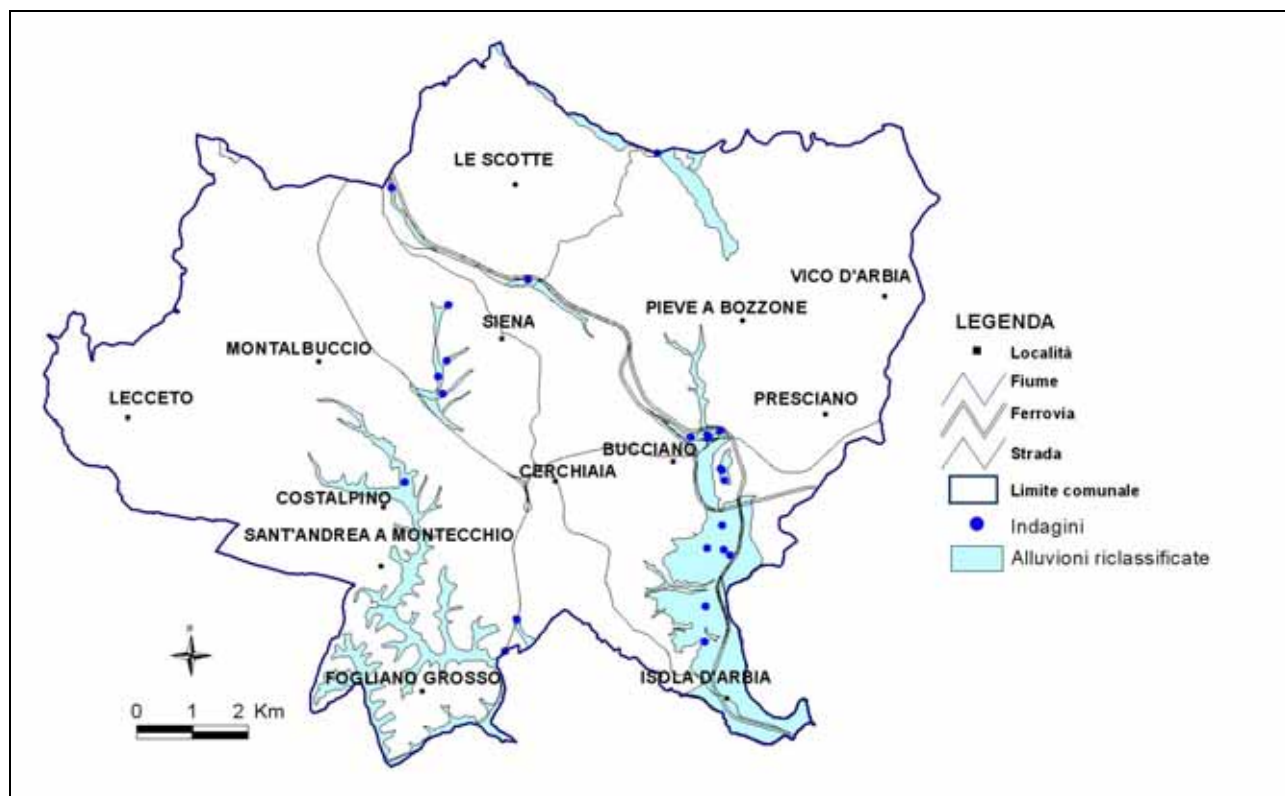


Figura 2.30a: Distribuzione delle Alluvioni oggetto di riclassificazione nel territorio in studio



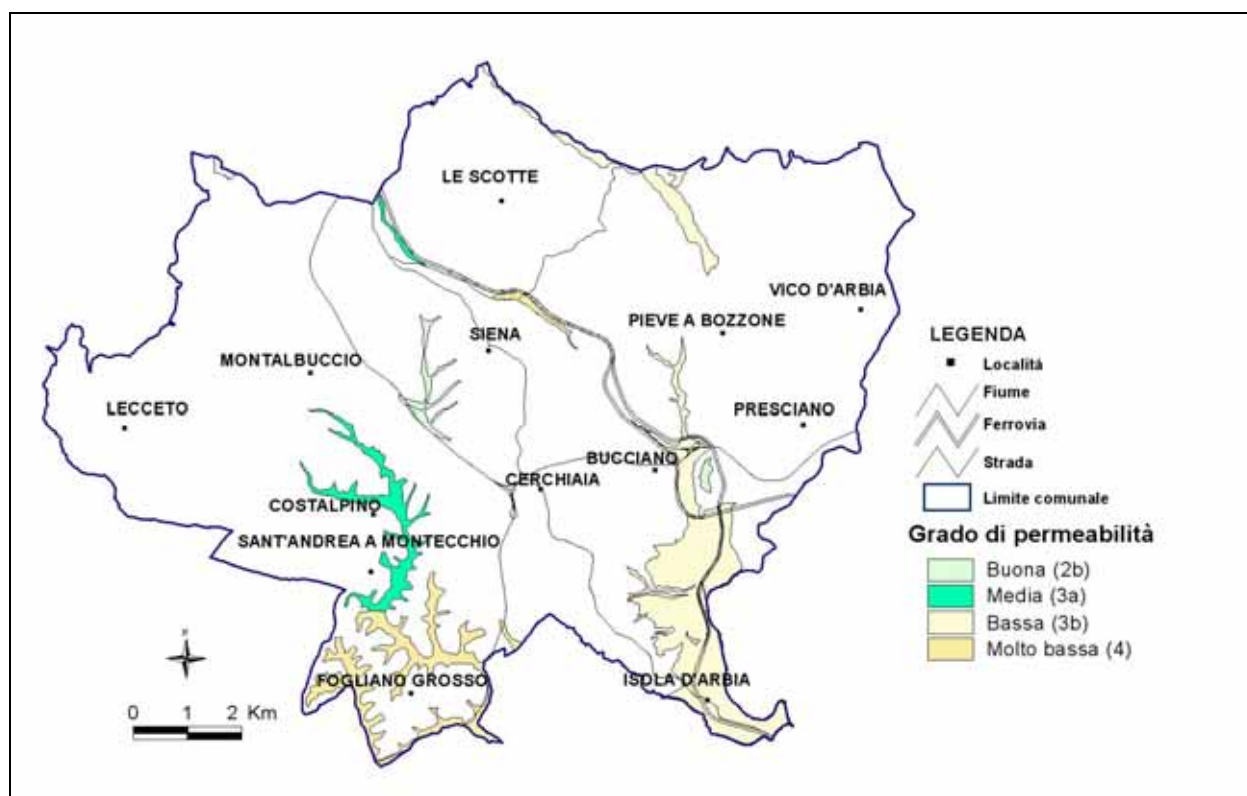


Figura 2.30b: Alluvioni riclassificate secondo i nuovi gradi di permeabilità



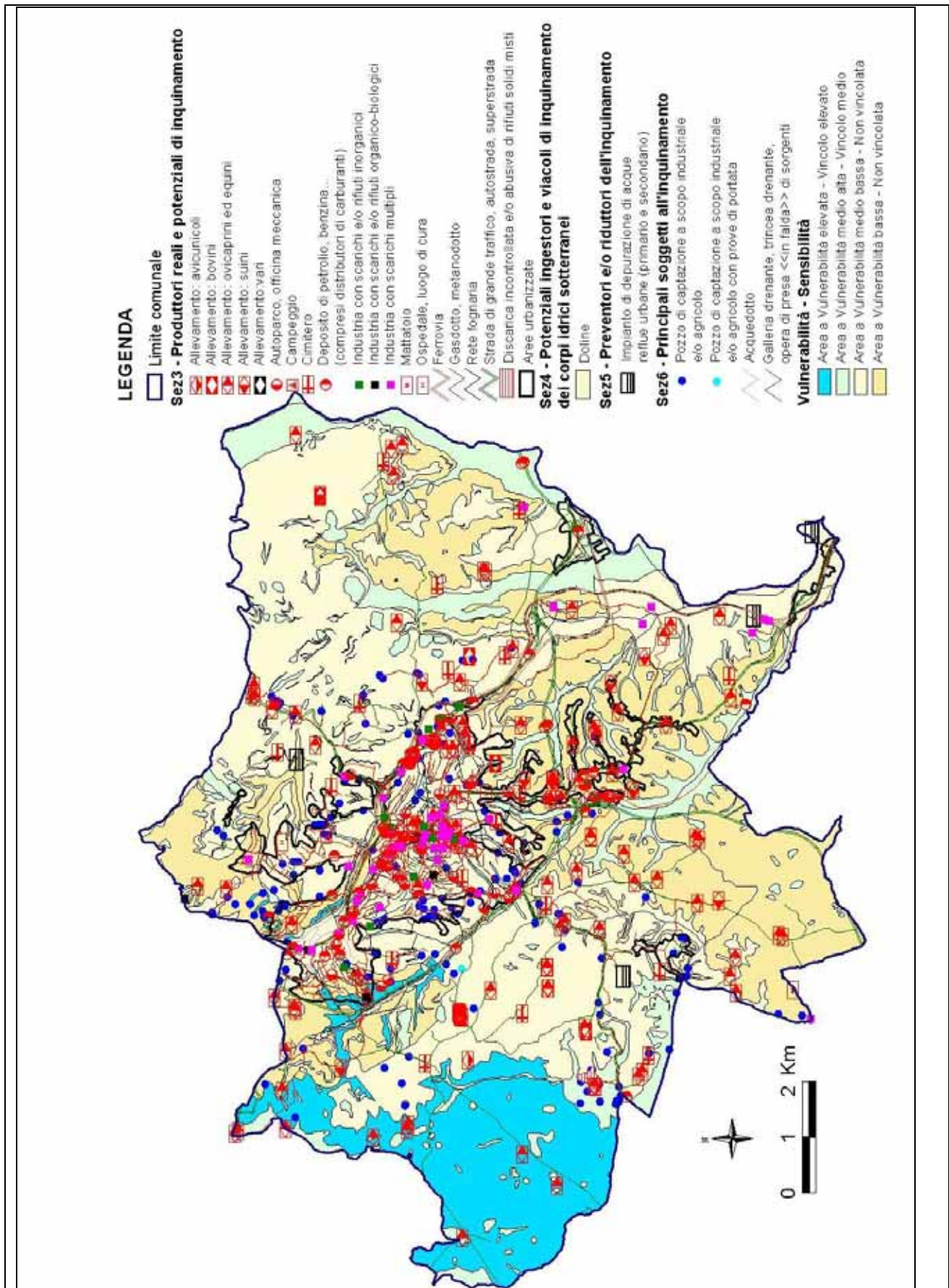


Figura 2.31 – Carta della Vulnerabilità integrata degli acquiferi all'inquinamento

## 2.7 Conclusioni e raccomandazioni (da relazione Aato 6, 1999)

Le elaborazioni effettuate a livello di bacino idrografico e di complesso idrogeologico hanno consentito di pervenire ad una valutazione attendibile della potenzialità idrica superficiale e sotterranea del territorio in esame; ciò risulta particolarmente importante in quanto permette di contenere i prelievi d'acqua entro i limiti propri di rinnovabilità delle risorse, evitando pericolosi sovrasfruttamenti, e di ripartire gli stessi prelievi in funzione delle effettive disponibilità idriche dei singoli domini.

Relativamente all'intero territorio dell'A.T.O. 6, l'eccedenza idrica risulta pari a circa  $1778 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno di risorsa rinnovabile e potenzialmente utilizzabile. Questa può essere ripartita in:

una risorsa totale superficiale (R), dovuta al ruscellamento diretto dell'acqua lungo la rete idrografica, pari a circa  $1116 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno;

una risorsa totale sotterranea potenziale interna ( $I_{ti}$ ), pari a circa  $661 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno, che è la quantità d'acqua di infiltrazione nel sottosuolo. Tale risorsa è a sua volta suddivisibile in  $I_e$  (pari a  $181 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno), che rappresenta la perdita apparente d'acqua sotterranea verso falde emergenti in territori limitrofi o defluenti direttamente nel mare, ed  $I_{si}$  (pari a  $480 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno), che costituisce invece quella parte di infiltrazione totale interna alimentanti falde emergenti dentro l'A.T.O. 6 e che è, quindi, la risorsa sotterranea interna.

Per quanto riguarda invece i bacini idrografici, si hanno i seguenti risultati principali:

- Ombrone alla foce:  $W_s = 862 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $R = 549 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $I_{ti} = 313 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $I_e = 52 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $I_{si} = 261 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $D_i = D_n = D_t = D_s = 810 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno;
- Pecora e minori totale:  $W_s = 53 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $R = 28 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $I_{ti} = 25 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $I_e = 12 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $I_{si} = 13 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $D_i = D_n = D_t = D_s = 41 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno;
- Bruna alla foce:  $W_s = 145 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $R = 78 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $I_{ti} = 67 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $I_e = 38 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $I_{si} = 29 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $D_i = D_n = D_t = D_s = 107 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno;
- Albegna alla foce:  $W_s = 190 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $R = 117 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $I_{ti} = 73 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $I_e = 30 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $I_{si} = 43 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno,  $D_i = D_n = D_t = D_s = 160 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno.

È importante ribadire che tali risultati sono stati ottenuti considerando nullo l'intervento antropico sul ciclo dell'acqua (cioè,  $A_a$  e  $C_a$  sono stati posti uguali a zero) che è invece capace di variare anche sensibilmente la ripartizione delle effettive risorse idriche superficiali e sotterranee dei bacini esaminati; l'A.T.O. 6 non deve assolutamente sottovalutare questo aspetto, pena il rischio di attuare inefficaci gestioni del territorio, e dovrà quindi mettere a punto un sistema di rilevamento di informazioni attendibili su usi e spostamenti di quantitativi d'acqua all'interno del proprio territorio (anche in collaborazione con gli A.T.O. limitrofi e le Autorità di Bacino coinvolte).

In relazione ai vari complessi idrogeologici presenti nell'A.T.O. 6, risulta che l'infiltrazione totale è associata per oltre il 50% a terreni di buona permeabilità (dove è pari a  $341 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno) e che le vulcaniti del Monte Amiata godono dei più alti valori di  $I_{ti}$  ( $576$  mm/anno, pari a  $48 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno); le rocce carbonatiche del settore Orbetello-Capalbio hanno invece un' $I_{ti}$  pari a  $129$  mm/anno ( $11 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno).

Sono state anche applicate tecniche di analisi previsionale per lo studio delle serie storiche delle principali grandezze idro-climatiche rilevate direttamente o calcolate nelle varie stazioni di misura dei dati di base presenti nel territorio esaminato, per i periodi di osservazione 1935-1996 e 1967-1996, finalizzato a definire le leggi che regolano la variabilità temporale della risorsa idrica ed a prevederne l'entità disponibile a breve termine.

Questo studio ha evidenziato un'evoluzione climatica caratterizzata da un prevalente trend verso la diminuzione delle risorse idriche potenziali rinnovabili con un tasso di decremento delle precipitazioni efficaci, nel periodo 1967-1996, complessivamente pari a  $-1,08$  mm/anno (e quindi ad una riduzione idrica cumulata di circa  $-32$  mm, pari a circa  $-227 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> ed a  $-240$  l/s/anno). Sono presenti locali differenziazioni associabili a fattori climatici, alla dimensione ed alla tipologia dei sistemi idrologici considerati; le maggiori riduzioni di risorsa idrica si manifestano nel bacino idrografico dell'Albegna ( $-2,55$  mm/anno), nelle rocce a permeabilità buona e mediocre (rispettivamente,  $-92 \cdot 10^6$  e  $-62 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>) e nelle rocce carbonatiche del settore Orbetello-Capalbio (pari a circa  $-4 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>). Le vulcaniti della zona di Pitigliano, invece, presentano probabilmente un incremento di risorsa pari a circa  $10 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>, sempre nel periodo 1967-1996. Questo fenomeno è sostanzialmente legato alla diminuzione delle precipitazioni totali annue (nell'A.T.O. 6, ad un tasso medio di  $-1,5$  mm/anno, pari a  $-322 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>), dato che le variazioni osservate di temperatura contribuiscono a provocare solo oscillazioni di minore entità dell'evapotraspirazione reale; è probabile che

ciò si sia variamente distribuito nelle stagioni, con trend diversi come segno e verso su ogni stazione, con il risultato di una variazione tendenziale che penalizza le stagioni di transizione (forte diminuzione delle piogge autunnali e delle temperature primaverili, accanto all'aumento delle temperature autunnali).

È da ricordare che la validità della stima della distribuzione del trend delle PE è inficiata dalla bassa densità complessiva delle stazioni termo-pluviometriche utilizzabili (solo 20 su un territorio esaminato di circa 10.000 km<sup>2</sup>); a questo proposito, è importante che l'A.T.O. 6 si impegni direttamente e/o indirettamente affinché aumenti nei prossimi anni tale densità mediante l'installazione di un'adeguata rete di monitoraggio ambientale (non solo sui parametri climatici, ma anche e soprattutto sulle portate fluviali).

Sulla validità di tutti questi risultati gravano ovviamente tutte le perplessità scaturite dallo scarso dettaglio dei dati di base utilizzati per la stesura della carta della permeabilità di fig.31. E' ovvio che la risorsa idrica disponibile nell'intero territorio dell'A.T.O. 6 dovrebbe essere sufficiente a soddisfare le richieste attuali e future dei vari utilizzatori. Anche se al momento non sono disponibili valutazioni aggiornate e complessive sulla domanda idrica, si può però ricordare che i fabbisogni previsti al 2010 nei bacini del fiume Ombrone e Bruna sono pari a  $90\div95\cdot10^6$  m<sup>3</sup>/anno per l'uso idropotabile, industriale ed i servizi ed a  $50\div55\cdot10^6$  m<sup>3</sup>/anno per l'uso agricolo, per un totale di  $140\div150\cdot10^6$  m<sup>3</sup>/anno (CLES, 1991); in questi bacini, i risultati delle elaborazioni sopra riportate indicano la disponibilità media attuale di  $926\cdot10^6$  m<sup>3</sup>/anno di risorsa totale potenziale rinnovabile, con previsioni al 2010 di circa  $851\cdot10^6$  m<sup>3</sup>/anno. Anche se le risorse idriche coincidono, in definitiva, con i volumi d'acqua utilizzabili senza che ciò possa provocare forti squilibri al ciclo idrologico naturale (esistono infatti volumi idrici disponibili, ma non sfruttabili in quanto necessari a mantenere determinate portate fluviali o alcuni equilibri idrogeologici indispensabili per la salvaguardia qualitativa delle risorse stesse o da non sfruttare perché comportano l'uso di captazioni eccessivamente costose dal punto di vista costruttivo e/o gestionale), è evidente che nell'A.T.O. 6 la disponibilità idrica naturale (attualmente pari in media a  $1664\cdot10^6$  m<sup>3</sup>/anno, con previsioni al 2010 di circa  $1558\cdot10^6$  m<sup>3</sup>/anno) è ampiamente superiore alla domanda e lo sarà anche nei prossimi anni; pertanto, i problemi ricorrenti di mancanza d'acqua, riduzione della qualità chimica, ecc.. sono unicamente la conseguenza di una non corretta gestione delle risorse che trova il suo fondamento su ampie lacune conoscitive di tipo idrogeologico e su uno sfruttamento "ingegneristico" degli acquiferi.

A questo riguardo, l'avvento dell'Autorità di Ambito Territoriale Ottimale (insieme a quello previsto dell'Autorità di Bacino dell'Ombrone) costituisce senz'altro un passo fondamentale nella direzione della tutela e conservazione delle risorse idriche superficiali sotterranee del territorio di competenza, direzione che va però mantenuta con impegno e coerenza anche nei prossimi anni. Va quindi definita quanto prima un'efficace programmazione delle attività future dell'A.T.O. 6 volta a:

diffondere ed approfondire le conoscenze idrogeologiche nell'intero territorio, almeno al fine di pervenire ad una maggiore attendibilità ed omogeneità delle valutazioni di permeabilità (a questo riguardo dovrebbe seguire quanto prima un ulteriore impegno sia tecnico-scientifico che finanziario dell'A.T.O. 6 per omogeneizzare il quadro conoscitivo idrogeologico, auspicabilmente in collegamento con altri Enti interessati in qualche modo alle stesse tematiche);

migliorare, ma soprattutto standardizzare, il flusso di informazioni relative all'attività antropica sul ciclo dell'acqua dai vari Enti depositari di dati territoriali all'A.T.O. 6.

Su queste basi non solo sarà possibile produrre valutazioni più attendibili, e quindi maggiormente utilizzabili nella pianificazione territoriale, ma anche di realizzarle mediante l'applicazione di idonei modelli di simulazione idrodinamica ed idrochimica al fine di pervenire ad una stima degli effetti sulle locali risorse idriche superficiali e sotterranee derivanti da diverse ipotesi di sfruttamento del territorio.



**Le risorse naturali**  
**Parte terza - Suolo**

Gruppo di lavoro:  
Ufficio di Piano

*Agosto 2005*

**Ufficio di Piano del Comune di Siena**

Coordinamento del Piano:

Andrea Filpa, Michele Talia, Fabrizio Valacchi, Rolando Valentini (Responsabile del Procedimento)

Ufficio di Piano: Gabriele Comacchio, Valeria Lingua, Paola Loglisci, Benedetta Mocenni, Raffaello Pin, Pietro Romano, Marco Signorelli, Adriano Tortorelli.

Collaboratori: Paolo Bubici, Enrica Burroni, Sonia Violetti



## Indice (parte III)

<b>3.</b>	<b>SUOLO .....</b>	<b>78</b>
<b>3.1</b>	<b>Introduzione.....</b>	<b>78</b>
<b>3.2</b>	<b>Uso del suolo .....</b>	<b>79</b>
<b>3.3</b>	<b>Risorse per l'agricoltura .....</b>	<b>85</b>
<b>3.4</b>	<b>Classificazione delle zone rurali .....</b>	<b>85</b>
3.4.1	La classificazione secondo la "Variante De Zordo" (2000).....	85

### 3. SUOLO

#### 3.1 Introduzione

Il territorio del Comune di Siena si può genericamente racchiudere in un perimetro di forma pentagonale, confinante a Nord-Est ed a Sud-Est con i Comuni di Castelnuovo Berardenga ed Asciano, a Sud con quello di Monteroni d'Arbia, a Sud-Ovest e Nord-Ovest con quelli di Sovicille e Monteriggioni.

La superficie complessiva è di circa 11.864 ettari, tutti collinari eccezion fatta per gli stretti piani lungo le linee di impluvio: la sola parte di territorio definibile come “pianura” per la sua relativa ampiezza e andamento, è la fascia lungo il fiume Arbia ai confini ad Est del Comune.

I principali corsi d'acqua presenti sul territorio sono: il fosso Rigo, il Riluogo (il quale riceve il Ribucciano), di Arnano, di Acquaviva e quello del Fogna, il torrente Bozzone, il Bolgione, la Tressa, la Sorra ed il fiume Arbia. Le pluviali (e quindi l'intero complesso dei singoli bacini idrici) di tutto il territorio convergono nel fiume Ombrone (posto più a Sud del limite amministrativo comunale) che risulta essere il più importante corso d'acqua della Provincia.

Il territorio comunale non presenta accidentalità notevoli ma solo limitati sistemi collinari e medie e basse quote, con predominante direzione da Nord-Ovest a Sud-Est e la cui altimetria è compresa tra quota 410,4 m.s.l. di Poggio Cannicci e 165,1 nei pressi della località Ponte a Tressa.

Per l'effetto prodotto durante i millenni dalle forze esogene, la massa collinare è venuta man mano trasformandosi e si è frazionata in tanti piccoli sistemi secondari che offrono condizioni molto diverse di giacitura ed esposizione creando così ambienti ed attitudini diverse.

La articolazione morfologica del territorio del Comune di Siena, non può che essere funzione dei litotipi presenti nelle varie aree.

La più o meno elevata permeabilità dei diversi terreni, ad esempio, condiziona quello che può essere il reticolo idrologico superficiale e, di conseguenza, la presenza di strutture vallive più o meno accentuate. Significativo anche il fatto che i vari terreni mostrano sensibili differenze in termini di permeabilità e che sovente, ad un basso valore di questa, corrisponde altresì un alto valore di potenziale erodibilità.

Questo fatto porta, ad esempio, ad avere nella parte Sud del territorio comunale, essenzialmente impermeabile, una morfologia relativamente dolce con un susseguirsi di alture mai troppo acclivi ed una relativa abbondanza di reticolo idraulico.

Diversa è l'ambientazione morfologica della sabbiosa parte Nord. La buona consistenza geomeccanica delle sabbie, porta la morfologia ad essere generalmente più acclive ed accidentata rispetto alle zone Sud. Non certo esteso è invece il reticolo dei corsi d'acqua. Ancora più movimentato è poi l'andamento morfologico nella calcarea zona occidentale.

La consistenza spesso lapidea dei terreni presenti si concretizza in alture con versanti quanto mai frastagliati ed acclivi. L'alto valore della permeabilità secondaria per fratturazione, porta come conseguenza una assai scarsa estensione dell'idrografia superficiale.

La non particolarmente sviluppata idrografia superficiale del Comune di Siena, permette di affermare che l'erosione “lineare” a seguito dell'attività dei vari corsi d'acqua, non costituisce certo il principale rischio di degrado superficiale. Per quanto attiene invece il rischio di erosione “areale”, deve essenzialmente essere individuato nelle zone in cui predominano, in affioramento, le argille e, comunque, quando questi terreni si presentano con un certo grado di acclività.

Simili, anche se non del tutto coincidenti, possono poi essere le conclusioni di un'analisi relativa ai vari gradi di instabilità morfologica. Considerando infatti praticamente stabili ed assai poco soggette a rischi di dissesti, le lapidee aree orientali, anche sotto l'aspetto dell'instabilità le porzioni di territorio senese più vulnerabili sono quelle in cui si sommano presenza di terreni ad alta componente argillosa ed accentuata acclività. Sono in pratica da escludere situazioni in cui esiste il rischio legato a fenomeni significativi di ristagno idrico a seguito di eventi meteorologici.



## 3.2 Uso del suolo

### 3.2.1 Metodologia di analisi statistica dell'uso del suolo

La carta della copertura e dell'uso del suolo è stata redatta in coerenza con gli standard *Corine Land Cover (CLC)*, sviluppato nell'ambito Europeo a partire dal 1985 come programma sperimentale per la raccolta e il coordinamento delle informazioni sullo stato dell'ambiente e delle risorse naturali; tra gli obiettivi la volontà di costruire informazioni territoriali in modo omogeneo e a scala Europea. Tale modello è organizzato per livelli successivi di approfondimento. Il progetto europeo ne prevede 3, sviluppabili attraverso un 4° alla scala regionale e un 5° a quella locale. Il primo livello di analisi classifica il territorio individuando 5 classi, che sono le *Superfici artificiali (1)*<sup>1</sup>, quelle *agricole utilizzate (2)*, i *territori boscati e ambienti seminaturali (3)*, le *Zone Umide (4)* e i *Bacini d'Acqua (5)*.

Applicando tale metodologia nello studio dell'uso del suolo del territorio di Siena, emerge la prevalenza delle *Superfici agricole utilizzate (2)*, il cui dato è pari al 62,78% dell'intera superficie comunale, i *Territori boscati e ambienti seminaturali (3)*, che occupano il 21,42% e le *Superfici artificiali (1)* il 15,58% (tab. livello\_1 e relative visualizzazioni grafiche).

L'indagine ha preso in esame anche i livelli successivi, approfondendo in modo particolare le prime 3 classi le *Superfici Artificiali (1)*, le *Superfici agricole utilizzate (2)* e i *Territori Boscati e Ambienti Seminaturali (3)*, spingendosi in quest'ultimo fino ad un'analisi del 5° livello. La definizione di quest'ultimo livello è strettamente legata alle particolarità presenti sul territorio e serve per evidenziare particolari fenomeni.

Categorie/classi	area	area in HA	area in %
1) Superfici artificiali	18.481.303,98	1.848,13	15,58%
2) Superfici agricole utilizzate	74.486.525,27	7.448,65	62,78%
3) Territori boscati e ambienti seminaturali	25.409.890,82	2.540,99	21,42%
4) Zone umide	0,00	0,00	0,00%
5) Bacini d'acqua	266.901,14	26,69	0,22%
	<b>118.644.621,21</b>	<b>11.864,46</b>	<b>100,00%</b>

Tabella 3.1 - Uso del suolo 1° livello

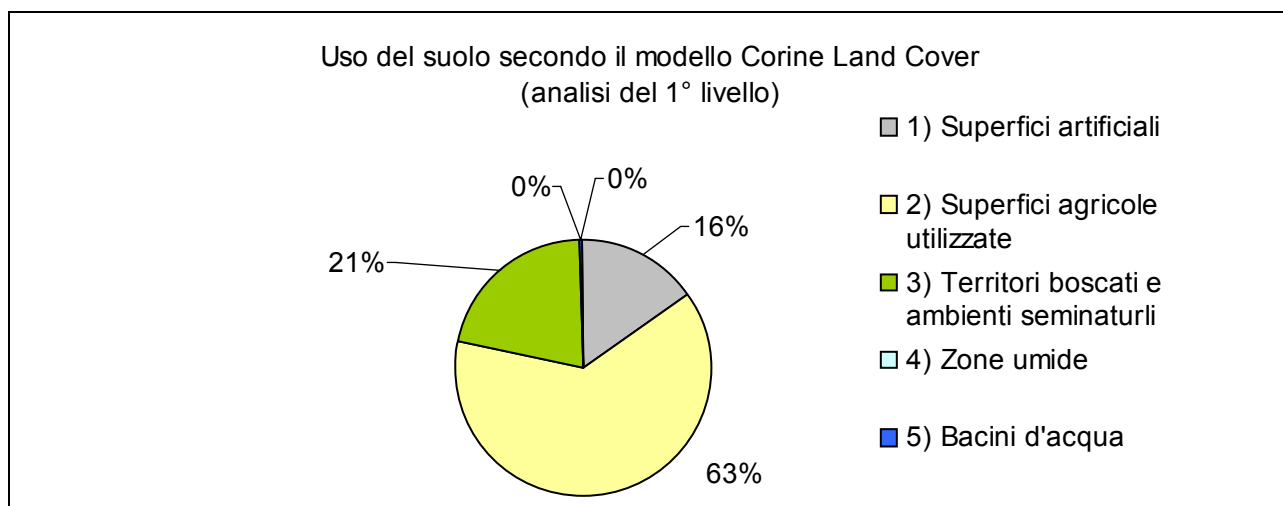


Figura 3.1 - Uso del suolo secondo il modello CLC - 1° livello

<sup>1</sup> I numeri tra parentesi si riferiscono alla numerazione data dalla classificazione Corine Land Cover

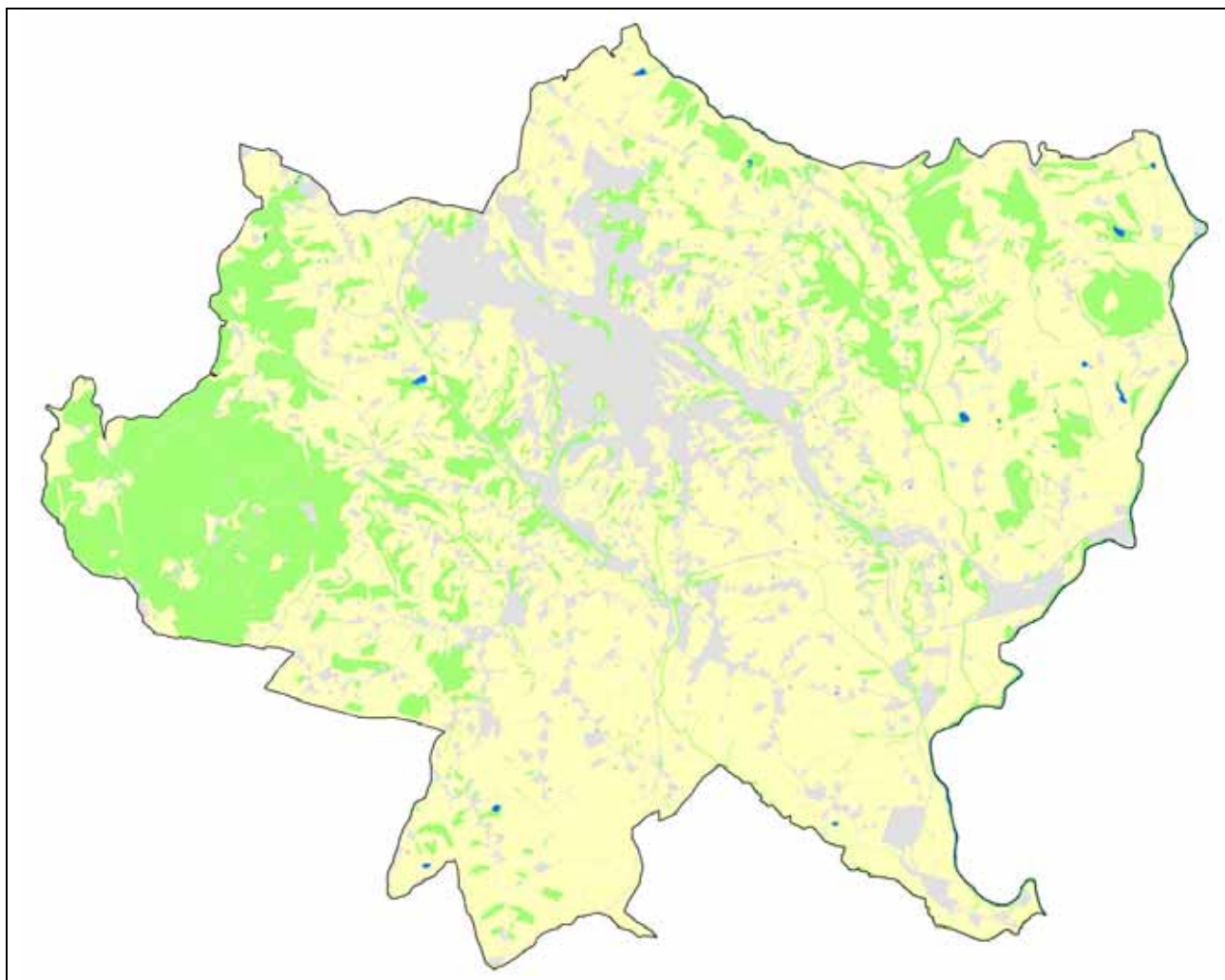


Figura 3.2 - Uso del suolo (analisi del 1° livello) - CLC

Per quanto riguarda il primo tema, le Superfici artificiali(1), l'indagine svolta è arrivata a definire il 4° livello; l'organizzazione della prima classe e i relativi livelli è sintetizzata nello schema\_tema1. Partendo dal 2° livello i tematismi più approfonditi sono state le Zone urbanizzate e residenziali(11) e quelle industriali a tessuto discontinuo(12), che risultano avere un maggior peso anche in termini percentuali (tab.tema1\_livello2); nel 3° livello le prime si dividono in Zone residenziali a tessuto continuo(111) e discontinuo e rado (112) con un rapporto di copertura di superficie di circa 2 ad 1, mentre le seconde si dividono in Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici privati(121) e in Reti stradali, ferroviarie opere d'arte e infrastrutture tecniche(122) con un rapporto di copertura di superficie di 1 a 3 ( tab.tema1\_livello3).

Categorie/classi	Area	Area in Ha	%
11) Zone urbanizzate e residenziali	8.935.480,26	893,5480256	48,35
12) Zone industriali a tessuto discontinuo	6.871.471,92	687,1471923	37,18
13) Zone estrattive	310.274,26	31,02742649	1,68
14) Zone verdi	2.364.077,53	236,4077531	12,79
	<b>18.481.303,98</b>	<b>1848,130398</b>	<b>100,00</b>

Tabella 3.2 - Uso del suolo tema 1 - 2° livello

Categorie/classi	Area	Area in Ha	%
111) Zone residenziali a tessuto continuo	5.667.565,12	566,76	30,65
112) Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	3.276.192,47	327,62	17,72
121) Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici privati	1.811.011,24	181,10	9,79
122) Reti stradali, ferroviarie, opere d'arte e infrastrutture tecniche	5.060.460,68	506,05	27,37
131) Aree estrattive	219.897,77	21,99	1,19
133) Cantieri	90.376,50	9,04	0,49
141) Aree verdi urbane	1.828.097,84	182,81	9,89
142) Aree ricreative sportive	535.979,69	53,60	2,90
	<b>18.489.581,31</b>	<b>1.848,96</b>	<b>100,00</b>

Tabella 3.3 - Uso del suolo tema 1 - 3° livello

	1° livello	2° livello	3° livello	4° livello
Categorie/ classi	1) Superfici artificiali	11) Zone urbanizzate e residenziali	111) Zone residenziali a tessuto continuo	1111) Fontane, vasche e piscine
			112) Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	1121) Case sparse 1123) Aziende agricole e annessi, casali, cascine e masserie 1124) pertinenze verdi delle abitazioni e giardini 1125) fontane, vasche e piscine e corpi idrici di pertinenza delle abitazioni
		12) Zone industriali a tessuto discontinuo	121) Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici privati	
			122) Reti stradali, ferroviarie, opere d'arte e infrastrutture tecniche	1221) Linee ferroviarie e spazi associati 1222) Viabilità stradale e sue pertinenze
		13) Zone estrattive	131) Aree estrattive 133) cantieri	
		14) Zone verdi	141) Aree verdi urbane	
			142) Aree ricreative sportive	

Tabella 3.4 – Classi e livelli

In riferimento al secondo tema, le Superfici agricole utilizzate(2), l'indagine si è spinta fino a definire il 4° livello; partendo dall'analisi del 2° livello emerge, che le classi prevalenti sono i Seminativi(21) e le Colture permanenti(22), con percentuali che arrivano rispettivamente al 69,38% e al 27,67% della superficie complessiva del tematismo in esame (tab.tema2\_livello2). Nel livello successivo, la voce prevalente sono i Seminativi in aree non irrigue(211), che rientrano all'interno dei Seminativi(21), con una percentuale che è pari al 59,62%; seguono in termini percentuali i Vigneti(221) e gli Oliveti(223), che fanno parte della classe Colture permanenti(22) e le cui percentuali sono rispettivamente pari a 8,52% e a 14,34%. Per le singole percentuali si veda la tab.tema2\_livello3.

Categorie/classi	Area	Area in Ha	%
	51.679.495,21		
21) Seminativi	51.679.495,21	5.167,95	69,38
22) Colture permanenti	20.612.261,53	2.061,23	27,67
24) Zone agricole eterogenee	2.194.768,54	219,48	2,95
	<b>74.486.525,27</b>	<b>7.448,65</b>	<b>100</b>

Tabella 3.5 - Uso del suolo tema 2 - 2° livello

Uso del suolo secondo il modello Corine Land Cover  
(2° tema - 2° livello)

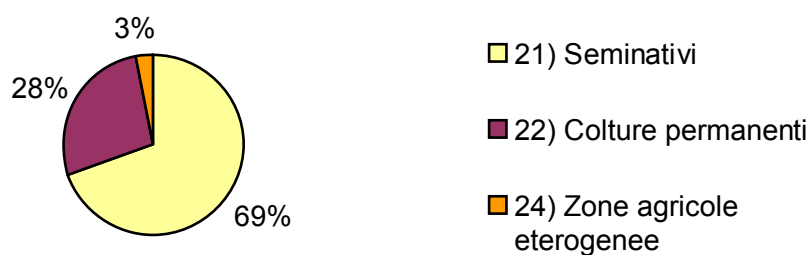


Figura 3.3 - Uso del suolo secondo il modello CLC – tema 2 - 2° livello

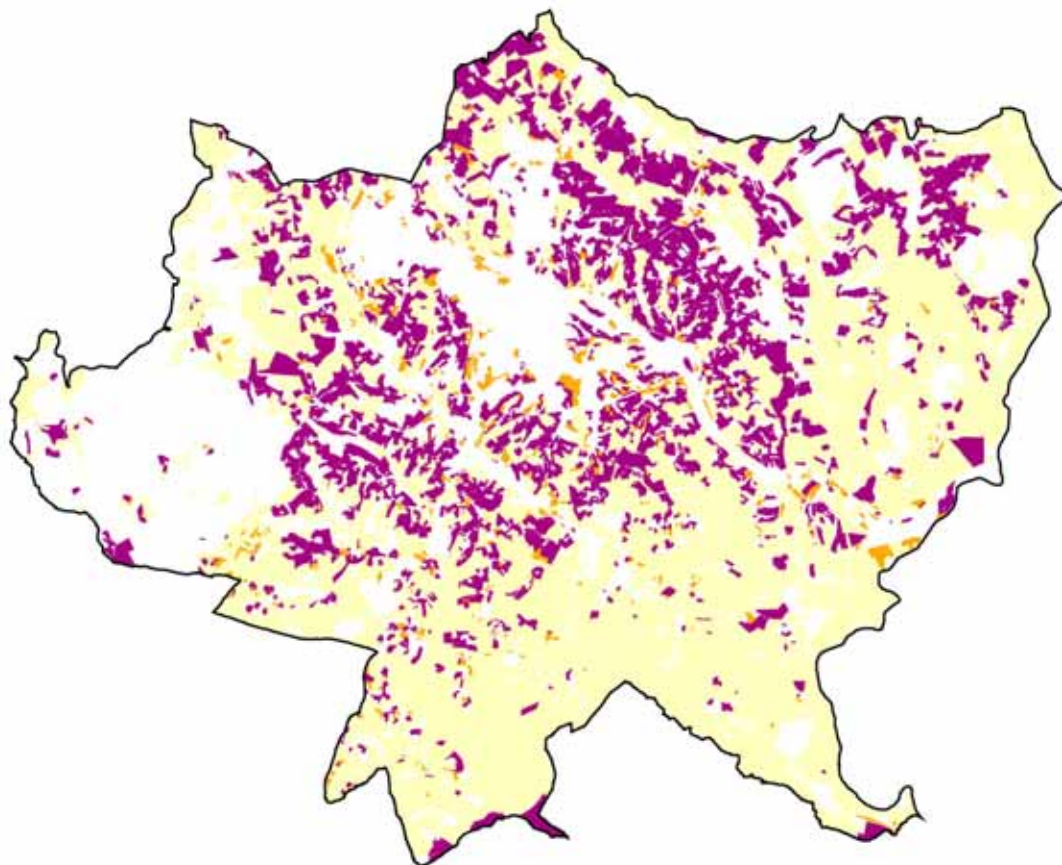


Figura 3.4 - Uso del suolo secondo il modello CLC – 2 tema 2° livello

Categorie/classi	Area	Area in Ha	%
211) Seminativi in aree non irrigue	44.409.727,11	4.440,97	59,62
212) Seminativi in aree irrigue	7.269.768,09	726,98	9,76
221) Vigneti	6.349.264,47	634,93	8,52
222) Frutteti	486.920,47	48,69	0,65
223) Oliveti	10.681.134,12	1.068,11	14,34
224) Altre Colture permanenti	3.094.942,47	309,49	4,16
242) Sistemi colturali e particellari complessi	2.194.768,54	219,48	2,95
	<b>74.486.525,27</b>	<b>7.448,65</b>	<b>100</b>

Tabella 3.6 - Uso del suolo tema 2- livello3

Riguardo al terzo tema, i territori boscati e ambienti seminaturali (3), l'indagine si è spinta fino a definire il 5° livello; partendo dall'analisi del 2° livello i tematismi più approfonditi sono state le Zone Boscate (31) e le Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e erbacea (32), che risultano avere il peso maggiore in termini di copertura di suolo; a tal proposito le prime ammontano in termini percentuali all'88,70% e le seconde all'11,29%, entrambi rispetto alla superficie complessiva del tematismo in esame (tab.tema3\_livello2); nel 3° livello all'interno della classe Zone Boscate(31) troviamo i Boschi di latifoglie(311), che è la voce preponderante con una percentuale pari a 87,34% e i Boschi di conifere(312); segue in termini percentuali la classe 322) Brughiere e cespuglieti la cui percentuale è pari a 9,95. Per le singole percentuali si veda la tab.tema3\_livello3.

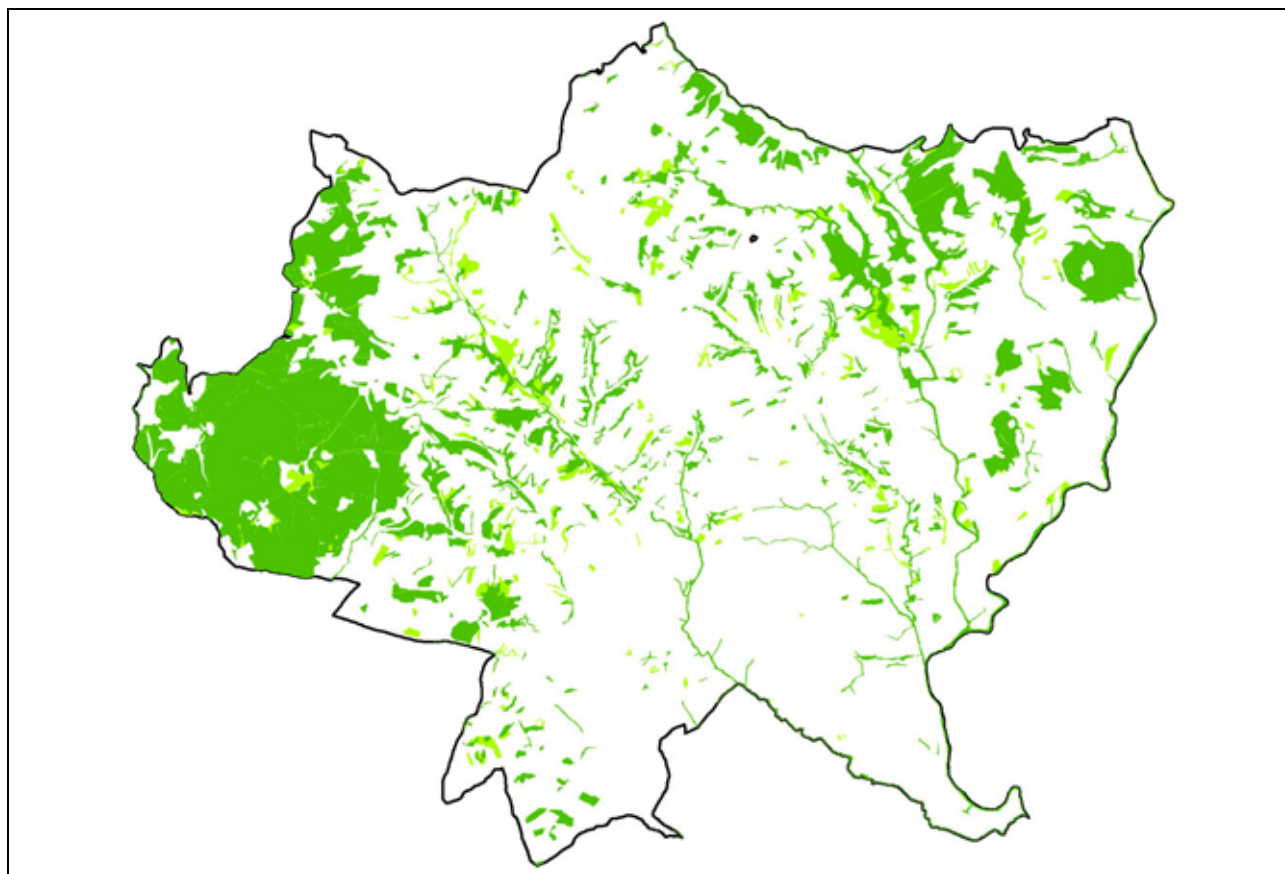


Figura 3.5 - Uso del suolo secondo il modello CLC – 3 tema 2° livello



Categorie/classi	Area	Area in Ha	%
31) Zone Boscate	22.540.015,80	2.254,00	88,70
32) Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e erbacea	2.869.875,03	286,99	11,29
33) Zone aperte con vegetazione rada o assente	268,08	0,03	0,00
	<b>25.410.158,91</b>	<b>2.541,02</b>	<b>100,00</b>

Tabella 3.7 - Uso del suolo tema 3 - livello2

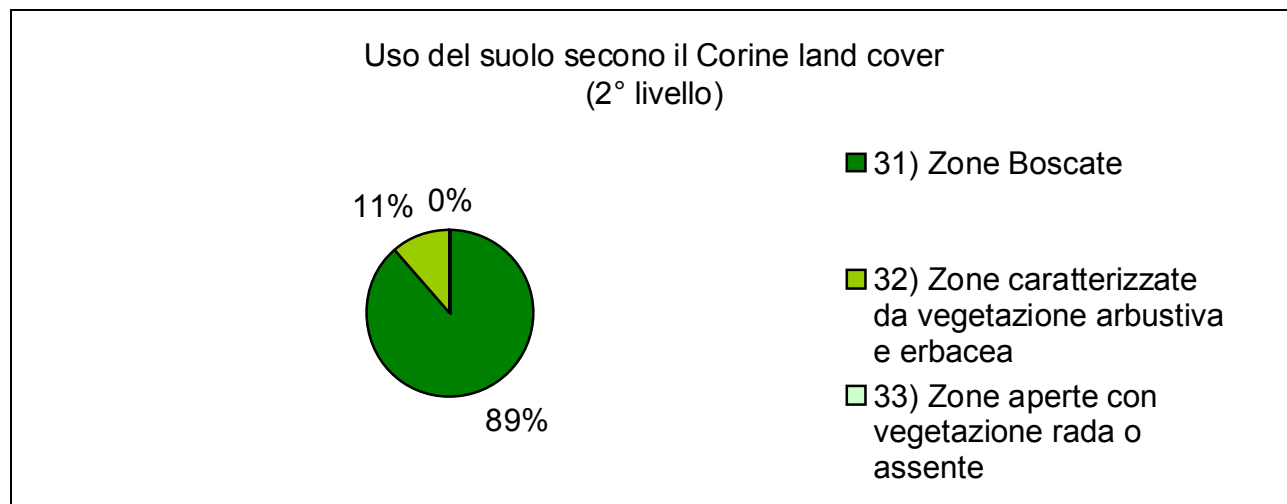


Figura 3.6 - Uso del suolo secondo il modello CLC - 2° livello

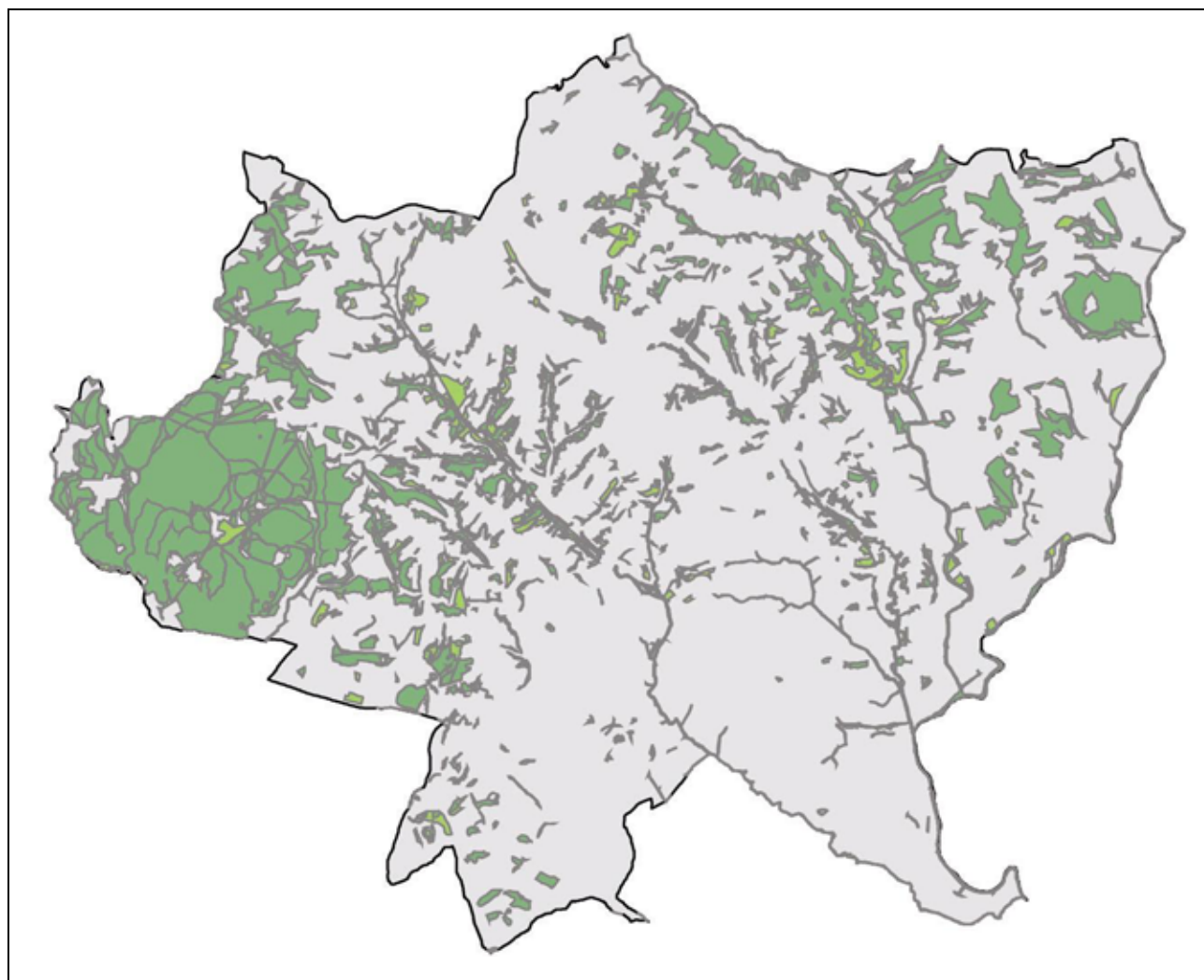


Figura 3.7 - Uso del suolo (analisi del 3° livello) - CLC

Categorie/classi	Area	Area in Ha	%
311) Boschi di latifoglie	22.194.062,95	2.219,41	87,34
312) Boschi di conifere	345.952,85	34,60	0,00
321) Prati-pascoli naturali e praterie	341.960,62	34,20	1,35
322) Brughiere e cespuglieti	2.527.914,41	252,79	9,95
333) Aree con vegetazione rada	268,08	0,03	0,00
	<b>25.410.158,91</b>	<b>2.541,02</b>	<b>98,64</b>

Tabella 3.8 - Uso del suolo tema 3 – livello3

### 3.3 Risorse per l'agricoltura

Il paesaggio agrario senese è fortemente condizionato dalla caratterizzazione geologica del suolo propria dei vari ambienti compresi in tale contesto; si passa infatti dal paesaggio monotono delle Crete -dove si denota una netta prevalenza dei seminativi e delle coltivazioni arboree dei crinali in prossimità delle abitazioni- al paesaggio molto più diversificato delle alluvioni terrazzate e delle sabbie, dove la morfologia risulta più articolata e la varietà ambientale più evidente per il continuo alternarsi di coltivi e boschi (con la presenza di un ordinamento culturale composito, dove vite ed olivo si alternano ai seminativi asciutti).

Alla diversa presenza ed estensione delle colture corrisponde una diversa dimensione di fondi e poderi; questa risulta maggiore nelle zone delle argille, minore e frammentata nei terreni collinari delle sabbie fertili e ulteriormente ridotta in prossimità della città o in vicinanza degli insediamenti, dove prevalgono vigneti, oliveti, frutteti, orti asciutti o irrigui. La variabilità ambientale risulta quindi più accentuata nelle vicinanze della città dove si alternano campi di piccole dimensioni e a diversa coltura rispetto alla monocultura delle crete.

Sotto l'aspetto economico-produttivo il territorio aperto o agrario del Comune non detiene uno specifico significato e costituisce un comparto a economia debole; il numero di aziende condotte in modo professionale non supera le 200 unità (20% circa), anche se interessano l'80% del territorio agricolo comunale. La quota restante (ossia l'80% delle aziende, per un'incidenza del 20% sulla superficie del territorio comunale) risulta a conduzione marginale e per autoconsumo.

Per quanto riguarda la capacità produttiva dei suoli, la superficie del territorio agricolo appartiene alle classi I e II (suoli adatti o molto adatti o con limitazioni che riducono la possibilità di scelta delle colture); solo ridotte superfici di classe III sono ubicate ad est ed a sud della città con limitazioni che le rendono più o meno adatte a colture tipiche della zona, seppure con pratiche piuttosto onerose per garantirne la fertilità. Infine, le aree boscate sono classificate IV; nel territorio non risultano presenti aree classe V o VI ossia inadatte a qualsiasi tipo di produzione.

Partendo dallo studio redatto dall'Arch. A.de Zordo (variante urbanistica per le aree agricole approvata dal Comune di Siena nel 2000) e dal documento elaborato di recente per lo SMaS dal gruppo coordinato dal Prof. C.Biasi (tale documento riguarda l'articolazione in sistemi e sottosistemi del territorio ed è riportato per esteso nel successivo capitolo) tali differenziazioni possono essere approfondite facendo riferimento sia alla distribuzione delle colture che alle diversità ambientali dei singoli ambiti territoriali individuati. Ai fini della descrizione della funzione agricola risulta inoltre di importanza basilare il quadro conoscitivo del territorio aperto nella sua articolazione e complessità naturale, storica ed ambientale con riferimento ai parametri forniti dal PIT inerenti il sistema aziendale, la capacità produttiva del suolo, le limitazioni di ordine fisico, la presenza di infrastrutture di particolare interesse e la caratterizzazione socio-economica.

### 3.4 Classificazione delle zone rurali

#### 3.4.1 La classificazione secondo la "Variante De Zordo" (2000)

Lo studio agronomico elaborato in occasione della Variante per le zone agricole del 2000 ("Variante De Zordo") suddivide il territorio senese in nove distinti ambiti territoriali, che costituiscono un approfondimento delle previsioni di PRG per le zone agricole (ossia le zone "A").

Gli ambiti territoriali individuati dalla Variante possono essere assimilati agli ambiti autonomi del territorio rurale (di cui all'art.1 della L.64/95) che trovano preciso riscontro negli indirizzi del PIT (art.23).

La variante ha aggiunto ulteriori componenti alla lettura storico-morfologico-ambientale ed alla disciplina di salvaguardia del paesaggio agrario del PRG, basandosi sulle indicazioni del PIT, del PTCP e dello studio agronomico appositamente predisposto.

Le risorse naturali primarie (suolo, acqua, boschi) e paesistico ambientali (uso del suolo, sistemazioni, emergenze) costituiscono sistemi con gradi di naturalità diversificati che, in virtù del loro essere, rappresentano delle “invarianti”, ossia elementi caratterizzanti del paesaggio agrario per le quali la Variante non ammette trasformazioni che le compromettano in modo irreversibile.

La classificazione del territorio agrario in ambiti territoriali è stata effettuata sulla base delle differenti realtà e delle singole specificità del territorio riferite a:

- Maggiore o minore pressione antropica (grado di naturalità)
- Maggiore o minore funzione agricola
- Maggiore o minore urbanizzazione

Gli ambiti individuati dalla Variante sono complessivamente nove (A, B, C1, C2, D, E1, E2, F, G) e sono stati descritti nello studio propedeutico tramite una distinta schedatura i cui contenuti si articolano in descrizione delle caratteristiche (fisiche, naturali, geo-morfologiche, ecc.) e delle previsioni (interventi sul patrimonio, disciplina dei PMAA, ecc.). In base alla classificazione attuata dalla variante, i nove ambiti territoriali in cui è stato articolato il territorio comunale senese presentano sinteticamente le seguenti caratteristiche:

- **AMBITO A**

UTILIZZAZIONI DEL SUOLO PREVALENTI: il seminativo ed il bosco sono concentrati in un'ampia estensione di terreno posta nella parte più a nord-ovest dell'ambito A.

GRADO DI DIVERSITA' AMBIENTALE: non elevato

VEGETAZIONE: la metà del territorio è occupata da colture cerealicole, una parte ridotta a vigneto; la restante parte a bosco (28,4%)

USO DEL SUOLO:

	Ripartizione percentuale sul totale della superficie
Bosco	24,8%
Olivo	8,5%
Vite	4,4%
Seminativo	54,4%
Occupazione di suolo per funzioni non agricole	4,2%
Totale	100%

CARATTERE: scarso valore paesistico-ambientale, ad eccezione della presenza boschiva a continuazione del parco di Lecceto e dell'ambiente attraversato dalla strada di Pian del Lago.

SISTEMA AZIENDALE: basso numero di aziende agricole con prevalenza di quelle con superfici inferiori a 5 ha (54% del totale circa); la restante percentuale (28% circa) ha una superficie compresa tra 10 e 100 ha. Le abitazioni rurali, la superficie degli annessi agricoli ed il numero locali per agriturismo risulta inferiore al dato medio comunale.



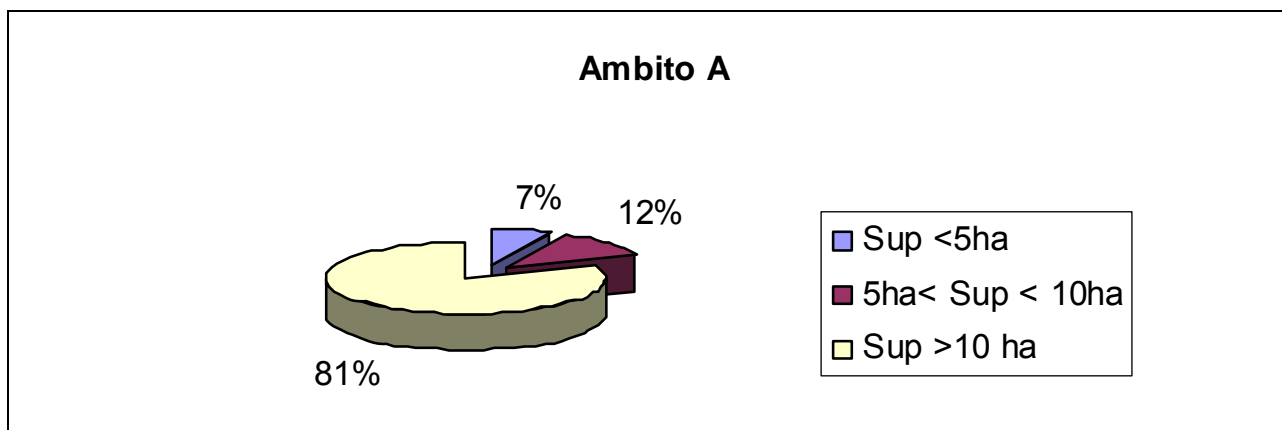


Figura 3.8- Superfici delle aziende per ambito territoriale

- AMBITO B**

**UTILIZZAZIONI DEL SUOLO PREVALENTI:** il seminativo è prevalente mentre il bosco è presente in percentuale inferiore al 20%

**GRADO DI DIVERSITA' AMBIENTALE:** elevato (per l'alternarsi di coltivazioni arboree e seminativi)

**VEGETAZIONE:** l'ambito può essere diviso in tre grandi aree:

dalla Rigo alla strada di Belcaro e Terransano, aree boscate, un tempo più estese, ora a coltura specializzata a vigneto, colture promiscue in parte abbandonate, ma ancora presenti sui crinali (prevalenza di olivi), seminativo nudo in pendio e fondo valle.

dalla strada di Belcaro varietà di colture soprattutto sui crinali (olivi e vigneti); aree abbandonate lungo la tangenziale e nei pressi Poggio al Vento, Pian delle Fornaci.

A sud colture cerealicole alternate a pascolo per foraggiare; presenza di oliveti, vigneti lungo le strade di crinale, presenza delle argille e argille sabbiose; boschi limitati (colture polloni di castagno presso Montecchio, la Senese-Aretina e il Serpenna); nelle stesse zone abbandono di aree a seminativo per forti pendenze.

**USO DEL SUOLO:**

	Ripartizione percentuale sul totale della superficie
Bosco	17,4%
Olivo	18,4%
Vite	4,0%
Seminativo	51,2%
Occupazione di suolo per funzioni non agricole	9,0%
Totale	100%

**CARATTERE:** alto valore paesistico-ambientale e storico legato alla conformazione lineare degli insediamenti di crinale (Montalbuccio, Agostoli, Belcaro e Fornicchiaia), alla presenza al loro interno di numerose emergenze architettoniche e al rapporto tra insediamenti e la trama delle coltivazioni delle aree di versante.

**SISTEMA AZIENDALE:** le aziende con superficie inferiore a 5 ha rappresentano il 57,9% del totale circa rappresentando solo il 10% della superficie; tale dato è particolarmente rappresentativo del frazionamento periurbano.

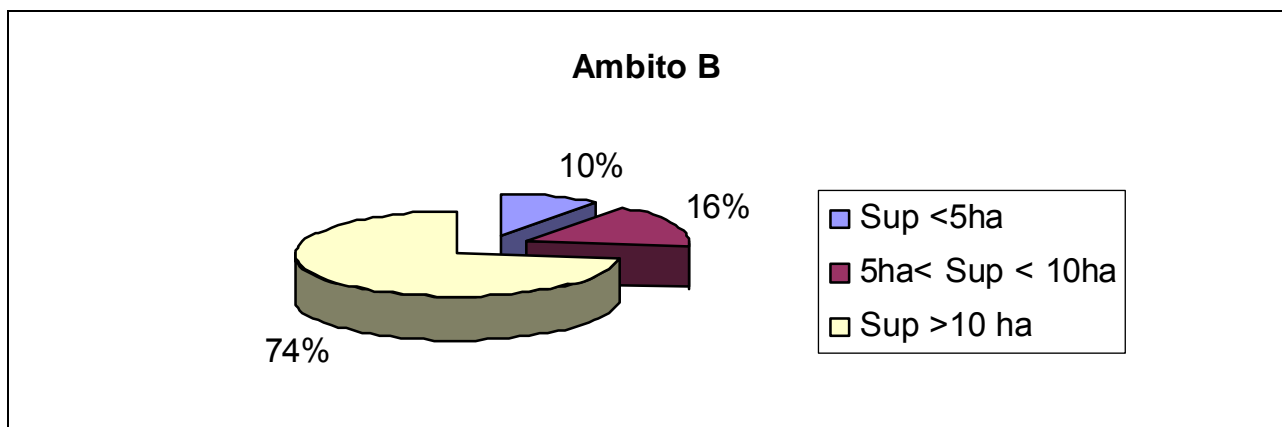


Figura 3.9 - Superfici delle aziende per ambito territoriale

- AMBITO C1**

UTILIZZAZIONI DEL SUOLO PREVALENTI: il seminativo è prevalente (80%)

GRADO DI DIVERSITA' AMBIENTALE: bassa (per la bassa presenza di coltivazioni arboree tipiche e boschi)

VEGETAZIONE: prevalgono le colture erbacee, cerealicole e foraggere; presenza limitata di limitate colture promiscue a nord (Monastero Basso, Coroncina e Podere Palazzo)

USO DEL SUOLO:

	Ripartizione percentuale sul totale della superficie
Bosco	3,3%
Olivo	2,5%
Vite	4,8%
Seminativo	80,4%
Occupazione di suolo per funzioni non agricole	8,9%
Totale	100%

CARATTERE: tipico paesaggio delle crete senesi; le argille e le sabbie argillose forniscono una fisionomia omogenea; la morfologia è caratterizzata da deboli ondulazioni collinari e ampie e pianeggianti fondovalle; paesaggio povero di presenze arboree

SISTEMA AZIENDALE: le aziende con superficie tra 1 e 5 ha rappresentano il 39,4% del totale mentre quelle con superficie compresa tra 5 e 10 ha rappresentano il 21% del totale; in termini di superficie l'80% del territorio è occupato da aziende con superficie maggiore di 10 ha (ed il restante 20% da aziende medio piccole). Le abitazioni rurali risultano leggermente inferiori al dato medio comunale mentre il numero degli annessi agricoli per ettaro di superficie è tra i più alti.

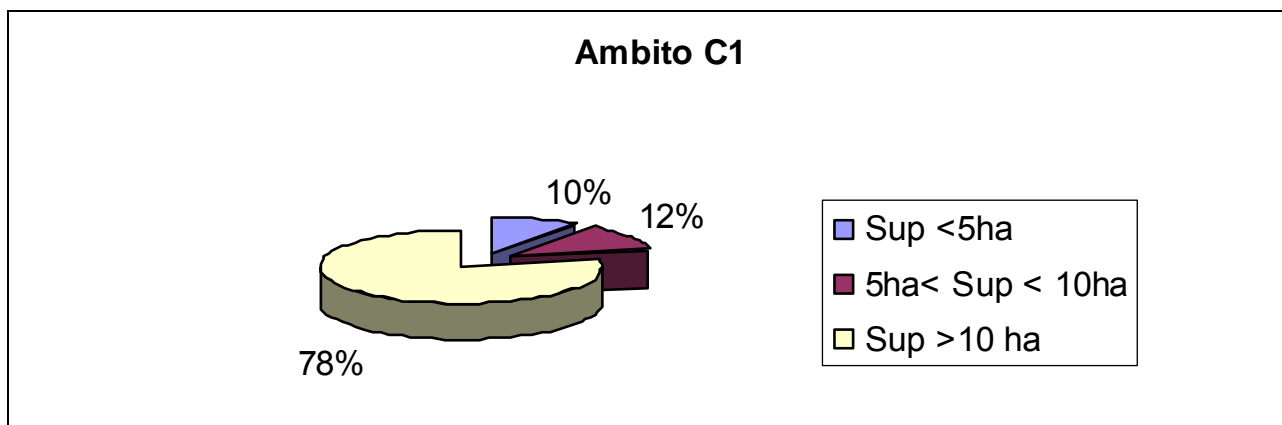


Figura 3.10 - Superfici delle aziende per ambito territoriale

- **AMBITO C2**

UTILIZZAZIONI DEL SUOLO PREVALENTI: il seminativo è prevalente (86%)

GRADO DI DIVERSITA' AMBIENTALE: bassa (per la bassa presenza di coltivazioni arboree tipiche e boschi)

VEGETAZIONE: prevalgono le colture erbacee, cerealicole e foraggere; presenza limitata di limitate colture promiscue a nord (Monastero Basso, Coroncina e Podere Palazzo)

USO DEL SUOLO:

	Ripartizione percentuale sul totale della superficie
Bosco	0,8%
Olivo	1,7%
Vite	1,8%
Seminativo	86%
Occupazione di suolo per funzioni non agricole	9,7%
Totale	100%

CARATTERE: tipico paesaggio delle crete senesi; le argille e le sabbie argillose forniscono una fisionomia omogenea; la morfologia è caratterizzata da deboli ondulazioni collinari e ampie e pianeggianti fondovalle; paesaggio povero di presenze arboree

SISTEMA AZIENDALE: le aziende sono per lo più di piccole dimensioni (60,3% del totale). Le abitazioni rurali risultano in numero leggermente superiore rispetto al dato medio comunale mentre il numero degli annessi agricoli per ettaro di superficie è tra i più bassi.

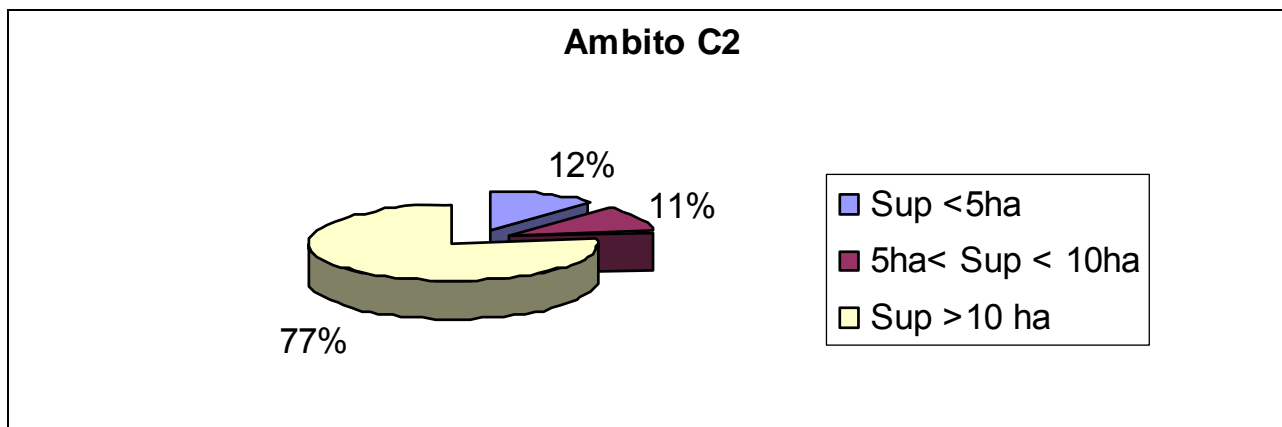


Figura 3.11 - Superfici delle aziende per ambito territoriale

- **AMBITO D**

UTILIZZAZIONI DEL SUOLO PREVALENTI: il seminativo e l'olivo sono le utilizzazioni prevalenti (86%)

GRADO DI DIVERSITA' AMBIENTALE: alta (per l'alternarsi di colture e per la presenza dei boschi che ricoprono declivi ed impluvi)

VEGETAZIONE: prevalente superficie olivata, che nell'insieme raggiunge il 20% dell'intera superficie comunale destinata a questa coltura; gli oliveti si spingono a ridosso delle mura, mentre i vigneti sono concentrati alle due estremità dell'ambito.

USO DEL SUOLO:

	Ripartizione percentuale sul totale della superficie
Bosco	6,4%
Olivo	32,4%
Vite	5,6%
Seminativo	48,8%
Occupazione di suolo per funzioni non agricole	6,8%
Totale	100%

**CARATTERE** : l'ambito circonda la città da ponente a levante ed è elemento di separazione –collegamento fra la città e la campagna; si caratterizza per la presenza di colture collinari a maglia fitta (olivo) e aree di forte frazionamento peri-urbano.

**SISTEMA AZIENDALE**: presenza del maggior numero di aziende di piccole dimensioni (85%) a cui corrisponde un elevato numero di imprenditori. Le abitazioni rurali risultano in numero leggermente superiore rispetto al dato medio comunale come anche il numero degli annessi agricoli.

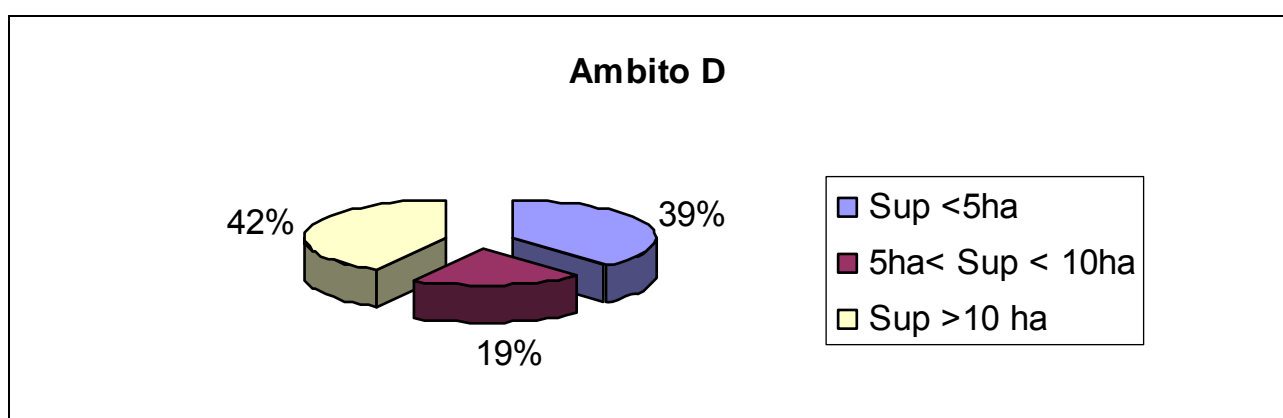


Figura 3.12 - Superfici delle aziende per ambito territoriale

#### • **AMBITO E1**

**UTILIZZAZIONI DEL SUOLO PREVALENTI**: il seminativo ed il bosco sono le utilizzazioni prevalenti

**GRADO DI DIVERSITA' AMBIENTALE**: elevata nella zona a nord (per l'alternarsi di seminativi, boschi e colture arboree) e bassa a sud (dove prevalgono i seminativi)

**VEGETAZIONE**: presenza elevata di aree boscate (latifoglie e querce); il seminativo è concentrato nell'area meridionale, mentre gli oliveti- vigneti sono localizzati a nord (strada di Monte Chiaro)

**USO DEL SUOLO**:

	Ripartizione percentuale sul totale della superficie
Bosco	28,3%
Olivo	8,2%
Vite	5,3%
Seminativo	52,3%
Occupazione di suolo per funzioni non agricole	5,8%
Totale	100%

**CARATTERE** : l'ambito circonda la città da ponente a levante ed è elemento di separazione –collegamento fra la città e la campagna; si caratterizza per la presenza di colture collinari a maglia fitta (olivo) e aree di forte frazionamento peri-urbano

**SISTEMA AZIENDALE:** è l'unico ambito ad avere oltre la metà delle aziende con superficie superiore a 10 ha, interessando il 97 % del territorio in termini di superficie. I fabbricati adibiti ad abitazione rurale sono in numero superiore alla media.

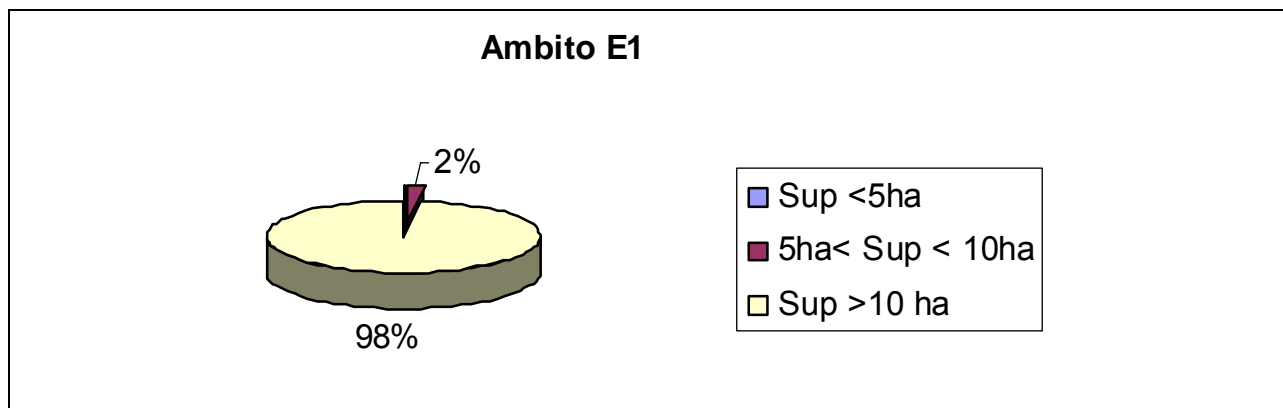


Figura 3.13 - Superfici delle aziende per ambito territoriale

#### • **AMBITO E2**

**UTILIZZAZIONI DEL SUOLO PREVALENTI:** il seminativo è l'utilizzazione prevalente (80%)

**GRADO DI DIVERSITA' AMBIENTALE:** medio-bassa (presenza di superfici boscate e campi di colture arboree)

**VEGETAZIONE:** elevata presenza di colture cerealicole, mentre il bosco è presente in misura minore ed è concentrato in 3 nuclei; vigneti ed oliveti sono raggruppati intorno ai centri aziendali

**USO DEL SUOLO:**

	Ripartizione percentuale sul totale della superficie
Bosco	8,9%
Olivo	4,6%
Vite	1,1%
Seminativo	81,1%
Occupazione di suolo per funzioni non agricole	4,3%
Totale	100%

**CARATTERE :** la tessitura è a maglia media nei seminativi collinari e fitta tradizionale in aree di crinale e attigue ai centri insediativi.

**SISTEMA AZIENDALE:** la maggior parte delle aziende ha dimensione medio-piccola, con il 38% delle aziende di superficie inferiore a 5 ha ed il 23% con superficie compresa tra 5 e 10 ha.

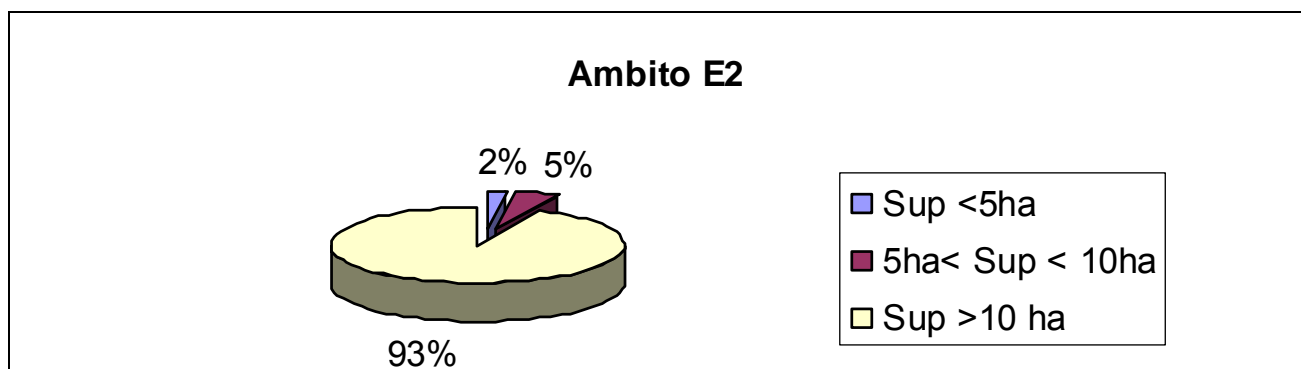


Figura 3.14 - Superfici delle aziende per ambito territoriale

- **AMBITO F**

**UTILIZZAZIONI DEL SUOLO PREVALENTI:** il seminativo è l'utilizzazione prevalente (47%) . Vigneti specializzati sono distribuiti sull'ambito in appezzamenti di piccole-medie dimensioni.

**GRADO DI DIVERSITA' AMBIENTALE:** elevata (per l'alternarsi di colture arboree tipiche, boschi e seminativi)

**VEGETAZIONE:** l'ambito ha ampie superfici coltivate ad olivo e vigneto che risultano tra le più elevate del comprensorio assieme all'ambito G; i seminativi sono concentrati nella parte a sud. Sono inoltre presenti colture arboree tradizionali ortensi.

**USO DEL SUOLO:**

	Ripartizione percentuale sul totale della superficie
Bosco	8,5%
Olivo	27,8%
Vite	11,8%
Seminativo	46,7%
Occupazione di suolo per funzioni non agricole	5,3%
Totale	100%

**CARATTERE :** la tessitura agraria è prevalentemente a maglia fitta; la parte meridionale a seminativo ha un frazionamento di carattere peri-urbano.

**SISTEMA AZIENDALE:** la maggior parte delle aziende ha dimensione piccola, oltre il 75% delle aziende è infatti di superficie inferiore a 5 ha e di queste buona parte risultano addirittura inferiori a 1 ha. I fabbricati adibiti ad abitazione risultano sotto la media comunale mentre risulta tra i più alti il numero di annessi agricoli per ettaro di superficie aziendale.

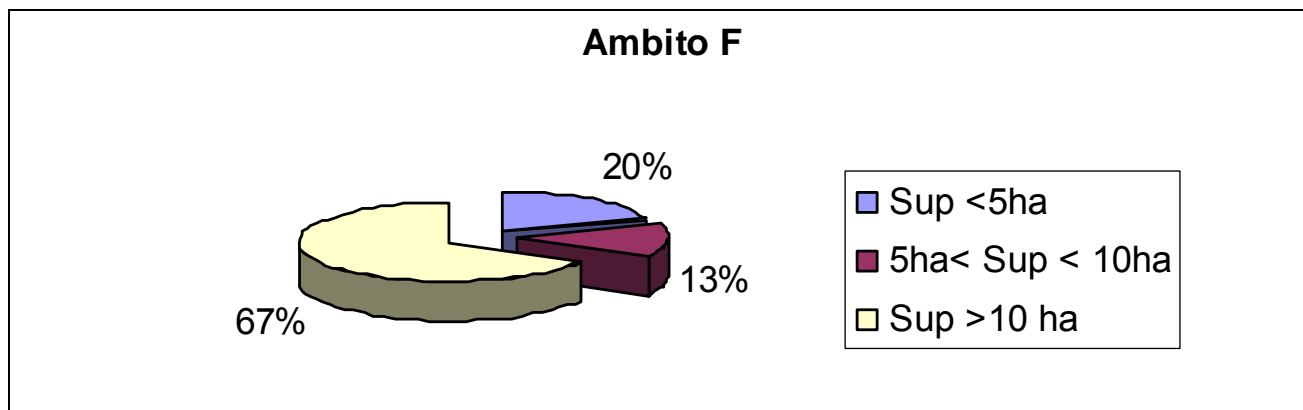


Figura 3.15 - Superfici delle aziende per ambito territoriale

- **AMBITO G**

**UTILIZZAZIONI DEL SUOLO PREVALENTI:** il seminativo è l'utilizzazione prevalente (59%).

**GRADO DI DIVERSITA' AMBIENTALE:** elevata (per l'alternarsi di colture arboree tipiche, boschi e seminativi)

**VEGETAZIONE:** l'ambito G assieme all'ambito F ha circa la metà dei vigneti del Comune; olivo, semianativo e cerealicolo sono a mezza-costa e a fondovalle; le aree boscate sono concentrate in nuclei nella parte centro-settentrionale (ceduo e misto)

**USO DEL SUOLO:**

	Ripartizione percentuale sul totale della superficie
Bosco	12,3%
Olivo	12,6%
Vite	9,1%
Seminativo	59,3%
Occupazione di suolo per funzioni non agricole	6,6%
Totale	100%

**CARATTERE** : presenza di tessiture tradizionali sia per i seminativi che per l'olivo e la vite.

**SISTEMA AZIENDALE**: la maggior parte delle aziende ha dimensione media ossia superiore a 10 ha; esse risultano il 27% del numero totale ed occupano l'88% della superficie dell'ambito. I fabbricati adibiti ad abitazione risultano sotto la media comunale mentre risulta tra i più alti il numero di annessi agricoli per ettaro di superficie aziendale.

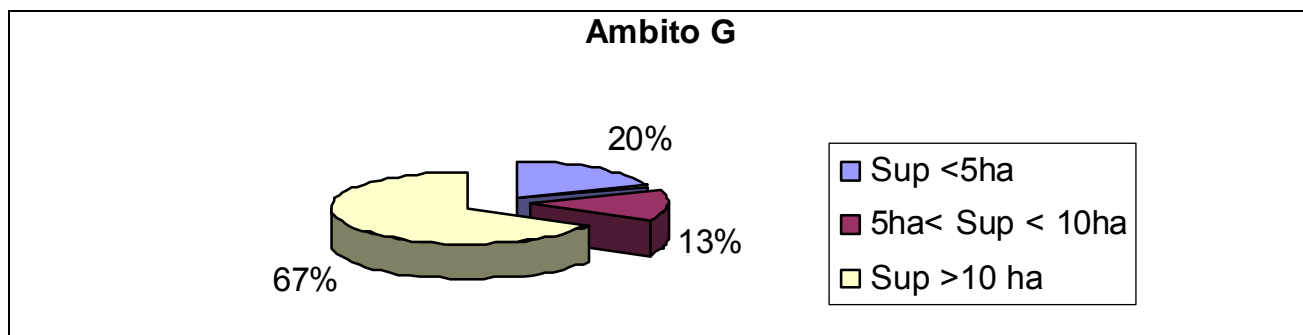


Figura 3.16 - Superfici delle aziende per ambito territoriale





## **Le risorse naturali**

### **Parte quarta - Ecosistemi**

Gruppo di lavoro (Ecosistemi della flora):

Coordinatore: Carlo Blasi, Vincenzo de Dominicis

Collaboratori: Leonardo Filasi, Chiara Centi, Leopoldo Michetti, Riccardo Copiz

Gruppo di lavoro (Inquadramento faunistico):

Dip. di Scienze Ambientali - Università degli Studi di Siena

Dr. Leonardo Favilli, Prof. G. Manganelli, Prof. F. Giusti

*Agosto 2005*

#### **Ufficio di Piano del Comune di Siena**

Coordinamento del Piano:

Andrea Filpa, Michele Talia, Fabrizio Valacchi, Rolando Valentini (Responsabile del Procedimento)

Ufficio di Piano: Gabriele Comacchio, Valeria Lingua, Paola Loglisci, Benedetta Mocenni, Raffaello Pin, Pietro Romano, Marco Signorelli, Adriano Tortorelli.

Collaboratori: Paolo Bubici, Enrica Burroni, Sonia Violetti



## Indice (parte IV)

## 4. ECOSISTEMI DELLA FLORA

<b>4.1 Ecosistemi della flora</b>	<b>99</b>
4.1.1 Classificazione gerarchica del territorio	99
4.1.1.1 Caratteristiche fisiografiche dell'area metropolitana di Siena: Clima	99
4.1.1.2 Caratteristiche fisiografiche dell'Area Metropolitana di Siena: Litologia	102
4.1.1.3 Fasce altitudinali	105
4.1.2 Schema di classificazione gerarchica del territorio dell'Area metropolitana di Siena	106
4.1.3 Copertura vegetale, uso del suolo e stato di conservazione	109
4.1.3.1 Carta delle coperture e dell'uso del suolo	109
4.1.3.2 L'indice di conservazione del paesaggio	110
4.1.4 Schede sintetiche sulla copertura ed uso del suolo dell'Area Metropolitana (SMaS) e del Comune di Siena e sul relativo stato di conservazione	112
4.1.4.1 Area Metropolitana (SMaS)	112
4.1.4.2 Comune di Siena	113
4.1.4.3 Indice di Conservazione del Paesaggio (ILC) e stato di conservazione	114
4.1.5 Schede sintetiche sulla copertura e uso del suolo dei sottosistemi dell'Area Metropolitana (SMaS) e del Comune di Siena e sul relativo stato di conservazione	115
4.1.5.1 Sistema delle alluvioni recenti, delle alluvioni terrazzate e dei depositi eluviali e colluviali	115
4.1.5.1.1 Sottosistema delle aree alto-collinari	115
4.1.5.1.2 Sottosistema delle aree basso-collinari	116
4.1.5.1.3 Sottosistema delle aree di pianura	117
4.1.5.2 Sistema dei detriti misti e degli accumuli di frana	118
4.1.5.2.1 Sottosistema delle aree basso-collinari	118
4.1.5.3 Sistema del Macigno	119
4.1.5.3.1 Sottosistema delle aree alto-collinari	119
4.1.5.3.2 Sottosistema delle aree basso-collinari	120
4.1.5.4 Sistema delle formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste	121
4.1.5.4.1 Sottosistema delle aree alto-collinari	121
4.1.5.4.2 Sottosistema delle aree basso-collinari	122
4.1.5.5 Sistema dei diaspri, delle quarziti e delle metamorfiti	123
4.1.5.5.1 Sottosistema delle aree alto-collinari	123
4.1.5.5.2 Sottosistema delle aree basso-collinari	124
4.1.5.5.3 Sottosistema delle aree di pianura	125
4.1.5.6 Sistema delle argille marine e lacustri	126
4.1.5.6.1 Sottosistema delle aree basso-collinari	126
4.1.5.6.2 Sottosistema delle aree di pianura	127
4.1.5.7 Sistema delle formazioni carbonatico-silicee	128
4.1.5.7.1 Sottosistema delle aree alto-collinari	128
4.1.5.7.2 Sottosistema delle aree basso-collinari	129
4.1.5.8 Sistema dei conglomerati	130
4.1.5.8.1 Sottosistema delle aree alto-collinari	130
4.1.5.8.5 Sottosistema delle aree basso-collinari	131
4.1.5.8.6 Sottosistema delle aree di pianura	132
4.1.5.9 Sistema delle sabbie e arenarie	133
4.1.5.9.1 Sottosistema delle aree basso-collinari	133
4.1.5.9.2 Sottosistema delle aree di pianura	134
4.1.5.10 Sistema dei travertini	135
4.1.5.10.1 Sottosistema delle aree basso-collinari	135
4.1.5.10.2 Sottosistema delle aree di pianura	136
4.1.6 Schede sintetiche dei sottosistemi del Comune di Siena	137
4.1.6.1 Sistema delle alluvioni recenti, delle alluvioni terrazzate e dei depositi eluviali e colluviali	137
4.1.6.1.1 Sottosistema delle aree basso-collinari	137
4.1.6.1.2 Sottosistema delle aree di pianura	138
4.1.6.2 Sistema dei detriti misti e accumuli di frana	139
4.1.6.2.1 Sottosistema delle aree basso-collinari	139
4.1.6.3 Sistema delle formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste	140
4.1.6.3.1 Sottosistema delle aree basso-collinari	140
4.1.6.4 Sistema delle argille marine e lacustri	141

3.1.6.4.1	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	141
4.1.6.4.2	Sottosistema delle aree di pianura .....	142
4.1.6.5	Sistema dei conglomerati .....	143
4.1.6.5.1	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	143
4.1.6.6	Sistema delle sabbie e arenarie .....	144
4.1.6.6.1	Sottosistema delle aree basso-collinari .....	144
4.1.6.6.2	Sottosistema delle aree di pianura .....	145
4.1.7	Indici strutturali del mosaico territoriale dell'Area Metropolitana (SMaS), del Comune di Siena e dei sottosistemi .....	147
4.1.7.1	Indici strutturali del mosaico territoriale: metodologia .....	147
4.1.7.2	Indici strutturali del territorio dell'Area Metropolitana di Siena (SMaS) .....	147
4.1.7.3	Indici strutturali del Comune di Siena .....	148
4.1.7.4	Indici strutturali dei territori del Sistema delle alluvioni recenti, alluvioni terrazzate, depositi eluviali e colluviali .....	149
4.1.7.5	Indici strutturali del territorio del Sistema dei detriti misti e accumuli di frana .....	150
4.1.7.5	Indici strutturali dei territori del Sistema del Macigno .....	151
4.1.7.6	Indici strutturali dei territori del Sistema delle formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste .....	151
4.1.7.7	Indici strutturali dei territori del Sistema dei diaspri, quarziti e metamorfici .....	152
4.1.7.8	Indici strutturali dei territori del Sistema delle argille marine e lacustri .....	153
4.1.7.9	Indici strutturali dei territori del Sistema delle formazioni carbonatico-silicee .....	154
4.1.7.10	Indici strutturali dei territori del Sistema dei conglomerati .....	154
4.1.7.11	Indici strutturali dei territori del Sistema delle sabbie e arenarie .....	155
4.1.7.12	Indici strutturali dei territori del Sistema dei travertini .....	156
4.1.8	Vegetazione naturale potenziale dei sottosistemi dell'Area Metropolitana .....	157
4.1.9	Criticità, stato di conservazione ed elementi utili per la funzionalità della rete ecologica territoriale .....	159
4.1.9.1	Comune di Siena .....	160
4.1.10	Contributo settoriale alla elaborazione del Piano Strutturale .....	160
4.1.10.1	Area Metropolitana (SMaS) .....	160
4.1.10.2	Indicazioni a scala comunale: Comune di Siena .....	161
<b>4.2</b>	<b>Inquadramento faunistico .....</b>	<b>162</b>
4.2.1	Introduzione .....	162
4.2.2	Gli ambienti presenti nel territorio del comune di Siena e la fauna ad essi associata .....	162
4.2.2.1	Gli ambienti acquatici .....	162
4.2.2.2	I coltivi e gli incolti .....	163
4.2.2.3	I boschi .....	163
4.2.2.4	Le aree urbane .....	164
<b>4.3</b>	<b>Le aree di particolare interesse faunistico .....</b>	<b>165</b>
<b>4.4</b>	<b>Priorità di conservazione .....</b>	<b>166</b>

## 4. ECOSISTEMI

### 4.1 Ecosistemi della flora

#### 4.1.1 *Classificazione gerarchica del territorio*

Un processo classificatorio di natura gerarchica diviene tanto più significativo quanto più si tiene conto del ruolo delle risorse naturali nella definizione del mosaico territoriale. Certamente, l'intervento dell'uomo è stato e sarà sempre importante nella trasformazione e nella definizione del paesaggio, tuttavia, è essenziale rivalutare i limiti e gli indirizzi che le risorse naturali pongono alle trasformazioni antropiche.

Porre alla base delle valutazioni paesaggistiche l'azione del clima, della litologia, della morfologia e della vegetazione, apre nuovi orizzonti alla pianificazione. La conoscenza della situazione reale, di quella potenziale e della dinamica in atto forniscono inoltre nuove chiavi di interpretazione del mosaico, grazie alle quali è possibile attribuire livelli di qualità ambientale ai diversi elementi del paesaggio.

Un recente metodo per classificare e cartografare i sistemi territoriali italiani (Blasi et al., 1997; Blasi et al., 1998; Blasi et al., 1999; Blasi et al., 2000a) è basato sull'integrazione delle informazioni di tipo bioclimatico, litologico, geomorfologico e vegetazionale.

Questo modello si basa quindi su caratteri territoriali di grande valenza strutturante che, in una seconda fase, vengono integrati con i caratteri antropici quali l'utilizzazione del suolo, le infrastrutture, le residenze e tutto ciò che è collegabile in termini storici e culturali alla presenza dell'uomo. Nella classificazione territoriale utilizzata, si viene a privilegiare l'individuazione dei caratteri che consentono delimitazioni successive verso insiemi sempre più ridotti ed omogenei, formati da elementi che hanno caratteri funzionali e strutturali comuni. Tutti gli elementi di un sistema ecologico sono rilevanti, tuttavia la loro importanza relativa cambia al variare della scala. Risulta opportuno, inoltre, utilizzare fattori ecologici facilmente riconoscibili e con i quali è possibile descrivere in modo compiuto il mosaico territoriale. Su queste basi la proposta di Blasi et alii (2000b) prevede la definizione di:

Regioni di paesaggio, su base macroclimatica;

Sistemi di paesaggio, su base prevalentemente litologica;

Sottosistemi di paesaggio, su base geomorfologica e bioclimatica di maggiore dettaglio.

Con ulteriori informazioni geomorfologiche e vegetazionali è inoltre possibile individuare:

Unità ambientali, che delimitano ambiti dove si ha un unico tipo di vegetazione potenziale;

Applicando il metodo gerarchico proposto si arriva quindi a riconoscere porzioni di territorio sempre più omogenee in termini fisici e biologici, fino ad individuare unità (ambientali) che prevedono un solo tipo di vegetazione potenziale naturale. All'interno dell'unità ambientale ci possono essere diversi aspetti legati alla storia stessa del territorio, diverse destinazioni d'uso e diverse tipologie residenziali o infrastrutturali. Si tratta di un ambito potenzialmente interessato da un unico tipo di vegetazione e che può ospitare diversi stadi tra loro dinamicamente collegati in termini seriali.

#### 4.1.1.1 Caratteristiche fisiografiche dell'area metropolitana di Siena: Clima

L'Area Metropolitana di Siena è caratterizzata dalla presenza di un unico macroclima di stampo Temperato. All'interno di questa tipologia sono, però, riconoscibili alcune differenze che hanno permesso di descrivere 4 tipi climatici di maggiore dettaglio, i quali caratterizzano singole porzioni, più o meno ampie, dell'area.

- Clima temperato oceanico-semicontinentale (Mesotemperato umido-subumido): interessa la maggior parte dell'area soprattutto nella fascia altitudinale basso-collinare;
- Clima temperato oceanico-semicontinentale di transizione (Mesotemperato/ Mesomediterraneo umido-subumido): caratterizza la fascia altitudinale di pianura della porzione centro-meridionale dell'area;
- Clima temperato semicontinentale-oceanico di transizione (Supratemperato/ Supramediterraneo umido-subumido): interessa i rilievi maggiori di 500 m della porzione nord-orientale dell'area;

- Clima temperato semicontinentale (Supratemperato umido-subumido): caratterizza i rilievi maggiori di 500 m della porzione occidentale dell'area.

La tabella seguente ne evidenzia le differenze.

Tipi climatici	T media annua (°C)	P annua (mm)	Durata Tmed < 10°C	Escursione annua (°C)	T min mese + freddo (°C)
Clima temperato oceanico-semicontinentale (Mesotemperato umido-subumido)	12,74÷15,11	795÷909	3-5 mesi	17÷21,85	da -0,5 a 2,90
Clima temperato oceanico-semicontinentale di transizione (Mesotemperato/ Mesomediterraneo umido-subumido)	14,16÷15,42	791÷841	3-5 mesi	17,97÷19,6	da 1,2 a 2,95
Clima temperato semicontinentale-oceanico di transizione (Supratemperato/ Supramediterraneo umido-subumido)	11,04÷11,79	772÷905	5-6 mesi	18,22÷19,07	da -1,56 a -1,3
Clima temperato semicontinentale (Supratemperato umido-subumido)	11,31÷12,38	1088÷1255	5 mesi	20,4÷20,6	da -2,5 a -1,0

Tabella 4.1 – Dati termo-pluviometrici dei 4 tipi climatici presenti

Cod. clima	Tipi climatici	Asciano	Castelnuovo B.	Monteriggioni	Monteroni d'A.	Siena	Sovicille	AREA METROPOLITANA
21	Clima temperato oceanico-semicontinentale	14.872,20	16.695,21	9.584,53	3.571,08	10.767,05	10.808,00	66.298,07
22	Clima temperato oceanico-semicontinentale di transizione	6.685,94			7.002,19	1.097,42	2.677,37	17.462,92
27	Clima temperato semicontinentale-oceanico di trans.		1.009,20					1.009,20
28	Clima temperato semicontinentale			363,30			891,00	1.254,30
	<b>ETTARI TOTALI</b>	<b>21.558,14</b>	<b>17.704,41</b>	<b>9.947,83</b>	<b>10.573,27</b>	<b>11.864,47</b>	<b>14.376,37</b>	<b>86.024,49</b>

Tabella 4.2 – Estensione delle tipologie climatiche (ha)

21	Clima temperato oceanico-semicon.	22	25	14	5	16	16	<b>100</b>
22	Clima temperato oceanico-semicon. di transizione	38			40	6	15	<b>100</b>
27	Clima temperato semicon. -oceanico di transizione		100					<b>100</b>
28	Clima temperato semicontinentale			29			71	<b>100</b>

Tabella 4.3 – Estensione percentuale delle tipologie climatiche per comune

21	Clima temperato oceanico-semicon.	69	94	96	34	91	75	77
22	Clima temperato oceanico-semicon. di transizione	31			66	9	19	20
27	Clima temperato semicon.-oceanico di transizione		6					1
28	Clima temperato semicontinentale			4			6	1
		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Tabella 4.4 – Estensione percentuale comunale delle tipologie climatiche

## 4.1.1.2 Caratteristiche fisiografiche dell'Area Metropolitana di Siena: Litologia

Al fine di individuare ambiti omogenei dal punto di vista litologico sono stati accorpati, secondo lo schema seguente, i litotipi aventi caratteristiche simili. Sulla base della nuova legenda è stata realizzata una nuova carta litologica, sulla cui base sono state fatte le analisi del territorio.

Litotipi	Tipologie accorpate <sup>1</sup>	Ettari totali	%
Alluvioni recenti, alluvioni terrazzate, depositi eluviali e colluviali	b	21.994,32	25,57
	b2a		
	b6a		
	b7a		
	b8a		
	bn1		
	bn2		
	e2a		
Detriti misti e accumuli di frana	a1a	543,35	0,63
	a1q		
	aa		
	h1		
	h3		
	h5		
Macigno	MAC	3.488,27	4,05
	MACa		
	MACb		
Formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste	ACC	5.043,13	5,86
	ACCa		
	ACCb		
	APA		
	CGV		
	FIA		
	MLL		
	MUL		
	OTO		
	PLIc		
	RET		
	RSA		
	STO		
	STO1		
	STO2		
	STO3		
	STO4		
Diaspri, quarziti e metamorfiti	DSD	2.515,93	2,92
	SIGMA ( $\Sigma$ )		
	SRT		
	SRTa		
	SSR		
	VINb		
	VINc		
Argille marine e lacustri	ACN	27.283,96	31,72
	FAA		
	FAAb		
	FAAd		
	VILc		



Formazioni carbonatico-silicee	APN	1.440,06	1,67
	APT		
	ENT		
	GRE		
	LIM		
	MAA		
	MAI		
	MAS		
Conglomerati	CCA	10.600,84	12,32
	MESa		
	MESb		
	PLIb		
	VILa		
	VILe		
Sabbie e arenarie	FAAe	12.117,90	14,09
	MESc		
	PLIs		
	SLEr		
Travertini	f1a	996,75	1,16
	f1b		
<b>TOTALI</b>		<b>86024,51</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup> Le tipologie accorpate sono descritte per esteso nella relazione allegata alla nuova Carta litologica (scala 1:10.000).

Tabella 4.5 – Schema di accorpamento dei litotipi presenti

LITOTIPI	Asciano	Castelnuovo B.	Monteriggioni	Monteroni d'A.	Siena	Sovicille	AREA METROPOLITANA
Alluvioni recenti, alluvioni terrazzate, depositi eluviali e colluviali	4.808,17	2.604,04	1.782,84	4.476,33	2.430,28	5.892,65	<b>21.994,32</b>
Detriti misti e accumuli di frana	10,51	45,27	53,06		41,90	392,61	<b>543,35</b>
Macigno		3.488,27					<b>3.488,27</b>
Formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste	11,98	4.775,62	32,89	81,06	24,65	116,92	<b>5.043,13</b>
Diaspri, quarziti e metamorfiti			32,54			2.483,39	<b>2.515,93</b>
Argille marine e lacustri	13.715,43	2.463,93	1.687,82	5.611,29	3.115,50	689,99	<b>27.283,96</b>
Formazioni carbonatico-silicee	85,00					1.355,06	<b>1.440,06</b>
Conglomerati	16,34	1.104,28	4.983,31	359,41	1.337,58	2.799,92	<b>10.600,84</b>
Sabbie e arenarie	2.910,72	3.223,01	378,62	45,18	4.914,55	645,82	<b>12.117,90</b>
Travertini			996,75				<b>996,75</b>
<b>ETTARI TOTALI</b>	<b>21.558,14</b>	<b>17.704,42</b>	<b>9.947,84</b>	<b>10.573,28</b>	<b>11.864,46</b>	<b>14.376,37</b>	<b>86.024,51</b>

Tabella 4.6 – Estensione dei litotipi

#### 4.1.1.3 Fasce altitudinali

L'intervallo altimetrico in cui è compresa l'Area Metropolitana di Siena ha, in linea di massima, i seguenti valori inferiore e superiore: 150 m e 650 m s.l.m. .

L'assenza di una carta geomorfologica generale, ed essendo poco utile ai fini di un'analisi territoriale e del paesaggio vegetale quella attualmente esistente, troppo di dettaglio e finalizzata più che altro alla indicazione delle superfici interessate da fattori di dissesto reale e potenziale, è stata ovviata redigendo la carta delle fasce altitudinali.

Un elaborato che indubbiamente contiene meno informazioni in merito ad alcune caratteristiche fisiche del territorio (esposizioni, inclinazioni dei versanti, bacini idrografici, ecc.) ma che per gli obiettivi di questo lavoro rappresenta comunque un valido tematismo. Soprattutto considerando che gli intervalli delle fasce altitudinali sono stati scelti anche sulla base dell'andamento dei limiti dei tipi climatici che caratterizzano quest'area.

E' stato infatti riscontrato che le isoipse 200 m e 500 m seguono abbastanza fedelmente i limiti del "Clima temperato oceanico-semicontinentale di transizione" e del "Clima temperato semicontinentale-oceanico di transizione" descritti nel relativo paragrafo.

Inoltre l'isoipsa 200 m ha un importante valore geografico in quanto segna il passaggio dalla pianura alla collina mentre l'isoipsa 500 m divide la collina in due intervalli identici consentendo di distinguere delle aree basso-collinari (200-500 m) da quelle alto-collinari (500-800 m).

Cod. Forme	Fasce altitudinali	Asciano	Castelnuovo B.	Monteriggioni	Monteroni d'A.	Siena	Sovicille	AREA METROPOLITANA
1	Fascia alto-collinare (>500 m)		705,72	699,64			1.121,63	<b>2.526,99</b>
3	Fascia basso-collinare (tra 200 e 500 m)	15.079,85	16.593,25	8.668,31	5.698,24	11.053,60	9.994,80	<b>67.088,05</b>
2	Fascia di pianura (<200 m)	6.478,29	407,19	579,87	4.875,03	810,87	3.259,93	<b>16.411,18</b>
<b>ETTARI TOTALI</b>		<b>21.558,14</b>	<b>17.706,16</b>	<b>9.947,82</b>	<b>10.573,27</b>	<b>11.864,47</b>	<b>14.376,36</b>	<b>86.026,22</b>

Tabella 4.7 – Estensione delle fasce altitudinali (ha)

1	Fascia alto-collinare (>500 m)		28	28			44	<b>100</b>
3	Fascia basso-collinare (tra 200 e 500 m)	22	25	13	8	16	15	<b>100</b>
2	Fascia di pianura (<200 m)	39	2	4	30	5	20	<b>100</b>

Tabella 4.8 – Estensione percentuale delle fasce altitudinali per Comune

1	Fascia alto-collinare (>500 m)		4	7			8	3
3	Fascia basso-collinare (tra 200 e 500 m)	70	94	87	54	93	70	78
2	Fascia di pianura (<200 m)	30	2	6	46	7	23	19
		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

*Tabella 4.9 – Estensione percentuale comunale delle fasce altitudinali*

#### 4.1.2 Schema di classificazione gerarchica del territorio dell'Area metropolitana di Siena

##### REGIONE DI PAESAGGIO TEMPERATA

##### Sistema di paesaggio delle Alluvioni recenti, delle alluvioni terrazzate e dei depositi eluviali e colluviali

Sottosistema delle aree alto-collinari  
 Sottosistema delle aree basso-collinari  
 Sottosistema delle aree di pianura

##### Sistema di paesaggio dei Detriti misti e accumuli di frana

Sottosistema delle aree basso-collinari  
 Sottosistema delle aree di pianura

##### Sistema di paesaggio del Macigno

Sottosistema delle aree alto-collinari  
 Sottosistema delle aree basso-collinari

##### Sistema di paesaggio delle Formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste

Sottosistema delle aree alto-collinari  
 Sottosistema delle aree basso-collinari

##### Sistema di paesaggio dei Diaspri, delle quarziti e delle metamorfiti

Sottosistema delle aree alto-collinari  
 Sottosistema delle aree basso-collinari  
 Sottosistema delle aree di pianura

##### Sistema di paesaggio delle Argille marine e lacustri

Sottosistema delle aree basso-collinari  
 Sottosistema delle aree di pianura

##### Sistema di paesaggio delle Formazioni carbonatico-silicee

Sottosistema delle aree alto-collinari  
 Sottosistema delle aree basso-collinari  
 Sottosistema delle aree di pianura

##### Sistema di paesaggio dei Conglomerati

Sottosistema delle aree alto-collinari  
 Sottosistema delle aree basso-collinari  
 Sottosistema delle aree di pianura

##### Sistema di paesaggio delle Sabbie e arenarie

Sottosistema delle aree basso-collinari  
 Sottosistema delle aree di pianura

##### Sistema di paesaggio dei Travertini

Sottosistema delle aree basso-collinari  
 Sottosistema delle aree di pianura

SISTEMA	cod. Sottosis.	SOTTOSISTEMA	Asciano	Castellnuovo B.	Monteriggioni	Monteroni d'A.	Siena	Sovicille	AREA METROPOLITANA
Sistema delle alluvioni recenti, alluvioni terrazzate, depositi eluviali e colluviali	11	Sottosistema delle aree alto-collinari		14,93				321,51	<b>336,44</b>
	13	Sottosistema delle aree basso-collinari	1.286,26	2.244,07	1.345,70	952,27	1.677,31	2.386,11	<b>9.891,72</b>
	12	Sottosistema delle aree di pianura	3.521,91	345,04	437,14	3.524,06	752,98	3.185,04	<b>11.766,16</b>
Sistema dei detriti misti e accumuli di frana	23	Sottosistema delle aree basso-collinari	10,51	45,27	53,06		41,90	392,41	<b>543,15</b>
	22	Sottosistema delle aree di pianura						0,20	<b>0,20</b>
Sistema del macigno	31	Sottosistema delle aree alto-collinari		555,23					<b>555,23</b>
	33	Sottosistema delle aree basso-collinari		2.933,04					<b>2.933,04</b>
Sistema delle formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste	41	Sottosistema delle aree alto-collinari		133,81					<b>133,81</b>
	43	Sottosistema delle aree basso-collinari	11,98	4.641,81	32,89	81,06	24,65	116,92	<b>4.909,31</b>
Sistema dei diaspri, quarziti e metamorfiti	51	Sottosistema delle aree alto-collinari						338,31	<b>338,31</b>
	53	Sottosistema delle aree basso-collinari			32,54			2.141,10	<b>2.173,64</b>
	52	Sottosistema delle aree di pianura						3,98	<b>3,98</b>
Sistema delle argille marine e lacustri	63	Sottosistema delle aree basso-collinari	11.317,49	2.402,33	1.665,28	4.286,11	3.065,88	681,23	<b>23.418,32</b>
	62	Sottosistema delle aree di pianura	2.397,94	61,60	22,54	1.325,18	49,62	8,77	<b>3.865,64</b>
Sistema delle formazioni carbonatico-silicee	71	Sottosistema delle aree alto-collinari						234,06	<b>234,06</b>
	73	Sottosistema delle aree basso-collinari	85,00					1.118,53	<b>1.203,53</b>
	72	Sottosistema delle aree di pianura						2,47	<b>2,47</b>
Sistema dei conglomerati	81	Sottosistema delle aree alto-collinari			699,65			226,15	<b>925,80</b>
	83	Sottosistema delle aree basso-collinari	16,34	1.104,28	4.283,19	359,41	1.337,58	2.517,41	<b>9.618,21</b>
	82	Sottosistema delle aree di pianura			0,47			56,35	<b>56,83</b>
Sistema delle sabbie e arenarie	93	Sottosistema delle aree basso-collinari	2.352,27	3.222,46	369,91	19,39	4.906,28	642,69	<b>11.513,00</b>
	92	Sottosistema delle aree di pianura	558,45	0,55	8,72	25,79	8,27	3,13	<b>604,90</b>
Sistema dei travertini	103	Sottosistema delle aree basso-collinari			885,74				<b>885,74</b>
	102	Sottosistema delle aree di pianura			111,01				<b>111,01</b>
<b>ETTARI TOTALI</b>			<b>21.558,14</b>	<b>17.704,42</b>	<b>9.947,84</b>	<b>10.573,28</b>	<b>11.864,46</b>	<b>14.376,37</b>	<b>86.024,51</b>

Tabella 4.10 – Estensione dei sottosistemi (ha)

SISTEMA	cod. Sottosis.	SOTTOSISTEMA	Asciano	Castelnuovo B.	Monteriggioni	Monteroni d'A.	Siena	Sovicille	AREA METROPOLITANA
Sistema delle alluvioni recenti, alluvioni terrazzate, depositi eluviali e colluviali	11	Sottosistema delle aree alto-collinari		0,08				2,24	0,39
	13	Sottosistema delle aree basso-collinari	5,97	12,68	13,53	9,01	14,14	16,60	11,50
	12	Sottosistema delle aree di pianura	16,34	1,95	4,39	33,33	6,35	22,15	13,68
Sistema dei detriti misti e accumuli di frana	23	Sottosistema delle aree basso-collinari	0,05	0,26	0,53		0,35	2,73	0,63
	22	Sottosistema delle aree di pianura						0,00	0,00
Sistema del macigno	31	Sottosistema delle aree alto-collinari		3,14					0,65
	33	Sottosistema delle aree basso-collinari		16,57					3,41
Sistema delle formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste	41	Sottosistema delle aree alto-collinari		0,76					0,16
	43	Sottosistema delle aree basso-collinari	0,06	26,22	0,33	0,77	0,21	0,81	5,71
Sistema dei diaspri, quarziti e metamorfiti	51	Sottosistema delle aree alto-collinari						2,35	0,39
	53	Sottosistema delle aree basso-collinari			0,33			14,89	2,53
	52	Sottosistema delle aree di pianura						0,03	0,00
Sistema delle argille marine e lacustri	63	Sottosistema delle aree basso-collinari	52,50	13,57	16,74	40,54	25,84	4,74	27,22
	62	Sottosistema delle aree di pianura	11,12	0,35	0,23	12,53	0,42	0,06	4,49
Sistema delle formazioni carbonatico-silicee	71	Sottosistema delle aree alto-collinari						1,63	0,27
	73	Sottosistema delle aree basso-collinari	0,39					7,78	1,40
	72	Sottosistema delle aree di pianura						0,02	0,00
Sistema dei conglomerati	81	Sottosistema delle aree alto-collinari			7,03			1,57	1,08
	83	Sottosistema delle aree basso-collinari	0,08	6,24	43,06	3,40	11,27	17,51	11,18
	82	Sottosistema delle aree di pianura			0,00			0,39	0,07
Sistema delle sabbie e arenarie	93	Sottosistema delle aree basso-collinari	10,91	18,20	3,72	0,18	41,35	4,47	13,38
	92	Sottosistema delle aree di pianura	2,59	0,00	0,09	0,24	0,07	0,02	0,70
Sistema dei travertini	103	Sottosistema delle aree basso-collinari			8,90				1,03
	102	Sottosistema delle aree di pianura			1,12				0,13
			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabella 4.11 – Estensione percentuale dei sottosistemi

#### 4.1.3 Copertura vegetale, uso del suolo e stato di conservazione

##### 4.1.3.1 Carta delle coperture e dell'uso del suolo

La Carta delle coperture e dell'uso del suolo fornita dal Comune di Siena, utilizzata quale base per le analisi sullo stato di conservazione attuale dell'Area Metropolitana, essendo eccessivamente dettagliata, è stata semplificata accorpare alcune tipologie molto simili da un punto di vista strutturale e funzionale.

La legenda, di conseguenza, è stata ridotta e riadattata mantenendo, comunque, la gerarchia delle categorie d'uso del suolo iniziale, coincidente con quella del programma CORINE Land Cover:

#### 1. Aree artificiali

- 1.1 Zone urbanizzate
- 1.2 Zone produttive ed infrastrutture
- 1.3 Cave, cantieri, discariche
- 1.4 Zone verdi artificiali

#### 2. Aree agricole

- 2.1 Seminativi irrigui e non irrigui
- 2.2 Colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)
- 2.4 Zone agricole eterogenee

#### 3. Aree boscate e ambienti semi-naturali

##### 3.1 Zone boscate

- 3.1.1 Boschi di latifoglie
  - 3.1.1.1 Boschi di leccio
  - 3.1.1.2 Boschi di querce caducifoglie
    - 3.1.1.2.9 Boschi di querce e conifere
  - 3.1.1.3 Boschi di latifoglie mesofile (compresi i castagneti)
  - 3.1.1.6 Boschi igrofili
  - 3.1.1.7 Boschi e piantagioni di latifoglie non native
    - 3.1.1.7.1 Robinieti
- 3.1.2 Boschi di conifere
- 3.1.3 Boschi misti di conifere e latifoglie
  - 3.1.3.1 Formazioni arboree artificiali miste

##### 3.2 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea

- 3.2.1 Praterie e pascoli
- 3.2.2 Arbusteti

##### 3.3 Zone con vegetazione rada o assente (biancane, calanchi, greti fluviali, roccia nuda)

#### 4. Aree umide

- 4.1 Zone umide interne
  - 4.1.2 Zone umide

#### 5. Corpi idrici

- 5.1 Acque continentali

Al fine di valutare lo stato di conservazione del paesaggio, le categorie del Corine Land Cover sono state riclassificate secondo una scala di naturalità che esprimesse un gradiente crescente, da sistemi a forte determinismo antropico a sistemi ad elevata naturalità. E' stato quindi assegnato ad ogni categoria presente un valore di naturalità variabile da 1 (ambienti totalmente trasformati dall'uomo) a 6 (ambienti con vegetazione coincidente o simile alla tappa matura e altri habitat naturali), secondo lo schema seguente:

cod. CLC	descrizione	classe di naturalità	qualità
11	zone urbanizzate	1	molto bassa
12	zone produttive ed infrastrutture	1	molto bassa
13	cave, cantieri, discariche	1	molto bassa
14	zone verdi artificiali	2	bassa
21	seminativi irrigui e non irrigui	2	bassa
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	2	bassa
24	zone agricole eterogenee	3	medio-bassa
31171	robinieti	3	medio-bassa
312	boschi di conifere	4	media
3131	formazioni arboree artificiali miste	4	media
31129	boschi di querce e conifere	5	medio-alta
321	praterie e pascoli	5	medio-alta
322	arbusteti	5	medio-alta
3111	boschi di leccio	6	Alta
3112	boschi di querce caducifoglie	6	Alta
3113	boschi di latifoglie mesofile	6	Alta
3116	boschi igrofili	6	Alta
33	zone con vegetazione rada o assente	6	Alta
412	zone umide	6	Alta
51	acque continentali	6	Alta

Tabella 4.12 – Classi di naturalità

#### 4.1.3.2 L'indice di conservazione del paesaggio

Al fine di valutare la distribuzione spaziale delle diverse classi di naturalità nel territorio, sono stati elaborati i grafici delle percentuali cumulative delle classi di naturalità, relativi a differenti porzioni dell'Area Metropolitana (territori comunali, sottosistemi, ecc.), ricavati ponendo in ascissa le classi di naturalità in ordine crescente e in ordinata la somma dei valori cumulativi percentuali delle aree corrispondenti.

L'area del piano sotto la curva di tali grafici è un'espressione del grado di antropizzazione del territorio e può essere espressa come:

$$A = (\sum x_i) - 100$$

dove  $i$  va da 1 a  $n$  (numero di classi di naturalità, in questo caso 6) e  $x_i$  è il valore cumulativo percentuale della superficie occupata dalla categoria  $i$ -esima.

Il grado di conservazione del paesaggio può essere descritto mediante l'indice ILC, Index of Landscape Conservation (Pizzolotto & Brandmayr, 1996), definito come:

$$ILC = 1 - (A/A_{max})$$

dove  $A_{max}$  è il valore massimo che  $A$  può assumere, in questo caso pari a 500.



cod. CLC	Tipologie Corine Land Cover	Asciano	Castellnuovo B.	Monteriggioni	Monteroni d'A.	Siena	Sovicille	AREA METROPOLITANA
11	zone urbanizzate	404,87	413,54	283,40	296,59	893,55	360,90	<b>2.652,85</b>
12	zone produttive ed infrastrutture	469,38	418,80	386,96	271,76	687,15	402,92	<b>2.636,98</b>
13	cave, cantieri, discariche	41,24	45,62	26,94	18,65	31,03	67,88	<b>231,35</b>
14	zone verdi artificiali	26,75	33,31	33,86	28,94	236,41	53,98	<b>413,25</b>
21	seminativi irrigui e non irrigui	13.730,05	4.341,00	3.666,67	8.035,02	5.167,95	5.086,22	<b>40.026,92</b>
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	899,92	3.826,77	991,76	444,71	2.061,22	618,08	<b>8.842,47</b>
24	zone agricole eterogenee	58,20	34,92	28,23	67,55	219,48	93,08	<b>501,46</b>
3111	boschi di leccio	94,74	1.153,79	1.401,08	28,48	835,63	3.252,21	<b>6.765,93</b>
3112	boschi di querce caducifoglie	3.262,42	5.215,50	2.498,56	946,52	1.063,00	2.199,74	<b>15.185,73</b>
3112 9	boschi di querce e conifere		28,52	253,23		16,57	29,66	<b>327,99</b>
3113	boschi di latifoglie mesofile	591,97	1.226,08	32,68	75,63	22,60	752,72	<b>2.701,67</b>
3116	boschi igrofili	308,84	248,59	29,86	171,79	205,14	120,07	<b>1.084,30</b>
3117 1	robinieti	24,28	0,11	34,25	0,00	76,02	6,42	<b>141,08</b>
312	boschi di conifere	88,14	213,69	29,59	13,09	34,60	2,85	<b>381,96</b>
3131	formazioni arboree artificiali miste				1,88		1.095,87	<b>1.097,75</b>
321	praterie e pascoli	53,40	152,92	86,36	1,47	34,20	26,50	<b>354,85</b>
322	arbusteti	1.064,91	262,84	155,60	83,66	252,79	158,22	<b>1.978,02</b>
33	zone con vegetazione rada o assente	327,13	19,03		10,89	0,45	6,06	<b>363,56</b>
412	zone umide	0,32			0,37		0,00	<b>0,69</b>
51	acque continentali	111,57	69,39	8,79	76,27	26,69	42,99	<b>335,70</b>
<b>20</b>	<b>TOTALI</b>	<b>21.558,14</b>	<b>17.704,42</b>	<b>9.947,84</b>	<b>10.573,28</b>	<b>11.864,46</b>	<b>14.376,37</b>	<b>86.024,51</b>

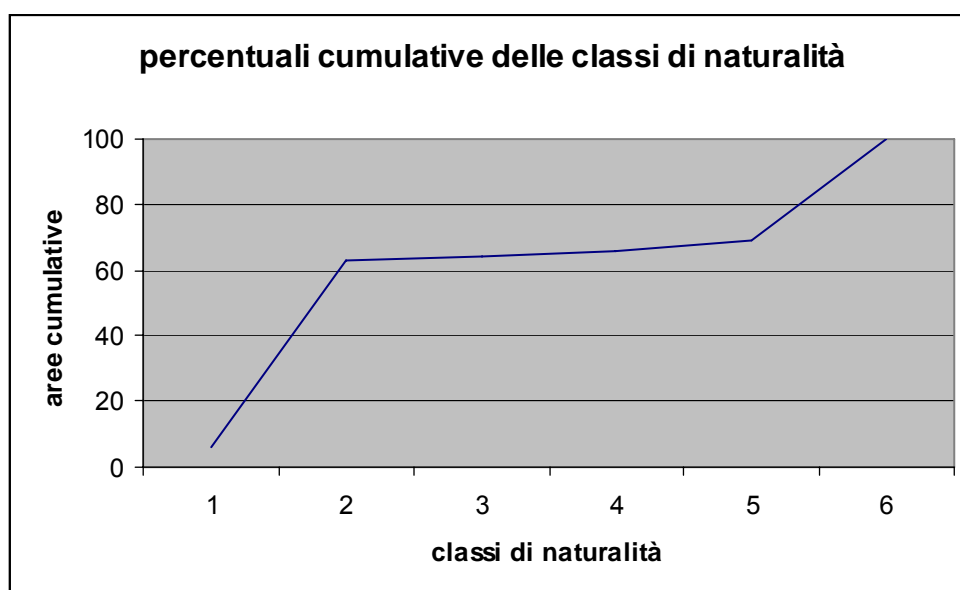
Tabella 4.13 – Estensione delle tipologie Corine Land Cover (ha)

#### 4.1.4 Schede sintetiche sulla copertura ed uso del suolo dell'Area Metropolitana (SMaS) e del Comune di Siena e sul relativo stato di conservazione

##### 4.1.4.1 Area Metropolitana (SMaS)

cod. CLC	descrizione	ettari totali	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	2.652,85	3,08	1
12	zone produttive ed infrastrutture	2.636,98	3,07	1
13	cave, cantieri, discariche	231,35	0,27	1
14	zone verdi artificiali	413,25	0,48	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	40.026,92	46,53	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	8.842,47	10,28	2
24	zone agricole eterogenee	501,46	0,58	3
3111	boschi di leccio	6.765,93	7,87	6
3112	boschi di querce caducifoglie	15.185,73	17,65	6
31129	boschi di querce e conifere	327,99	0,38	5
3113	boschi di latifoglie mesofile	2.701,67	3,14	6
3116	boschi igrofili	1.084,30	1,26	6
31171	robinieti	141,08	0,16	3
312	boschi di conifere	381,96	0,44	4
3131	formazioni arboree artificiali miste	1.097,75	1,28	4
321	praterie e pascoli	354,85	0,41	5
322	arbusteti	1.978,02	2,30	5
33	zone con vegetazione rada o assente	363,56	0,42	6
412	zone umide	0,69	0,00	6
51	acque continentali	335,70	0,39	6
<b>20</b>	<b>TOTALI</b>	<b>86.024,51</b>	<b>100,00</b>	

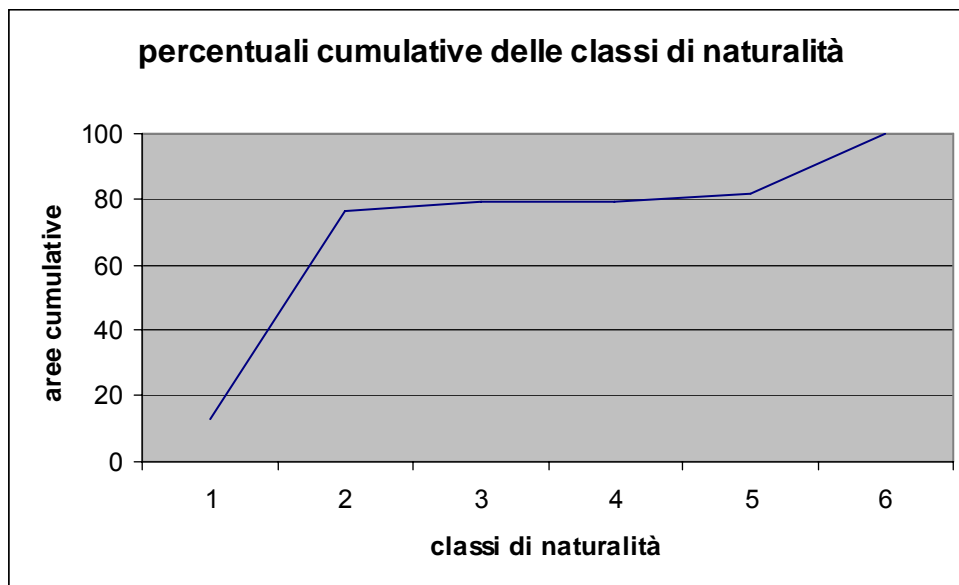
- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,464** (medio stato di conservazione)



## 4.1.4.2 Comune di Siena

cod. CLC	descrizione	ettari totali	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	893,55	7,53	1
12	zone produttive ed infrastrutture	687,15	5,79	1
13	cave, cantieri, discariche	31,03	0,26	1
14	zone verdi artificiali	236,41	1,99	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	5.167,95	43,56	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	2.061,22	17,37	2
24	zone agricole eterogenee	219,48	1,85	3
3111	boschi di leccio	835,63	7,04	6
3112	boschi di querce caducifoglie	1.063,00	8,96	6
31129	boschi di querce e conifere	16,57	0,14	5
3113	boschi di latifoglie mesofile	22,60	0,19	6
3116	boschi igrofili	205,14	1,73	6
31171	robinieti	76,02	0,64	3
312	boschi di conifere	34,60	0,29	4
321	praterie e pascoli	34,20	0,29	5
322	arbusteti	252,79	2,13	5
33	zone con vegetazione rada o assente	0,45	0,00	6
51	acque continentali	26,69	0,22	6
<b>18</b>	<b>TOTALI</b>	<b>11.864,46</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,338** (medio-basso stato di conservazione)



## 4.1.4.3 Indice di Conservazione del Paesaggio (ILC) e stato di conservazione

COMUNE	ILC	Stato di conservazione
Asciano	0,402	medio
Castelnuovo Berardenga	0,572	medio
Monteriggioni	0,538	medio
Monteroni d'Arbia	0,292	medio-basso
Siena	0,338	medio-basso
Sovicille	0,580	medio
<b>Area Metropolitana (SMaS)</b>	<b>0,464</b>	<b>medio</b>

Tabella 4.14 – Indice di Conservazione del Paesaggio (ILC) e stato di conservazione

#### 4.1.5 Schede sintetiche sulla copertura e uso del suolo dei sottosistemi dell'Area Metropolitana (SMaS) e del Comune di Siena e sul relativo stato di conservazione

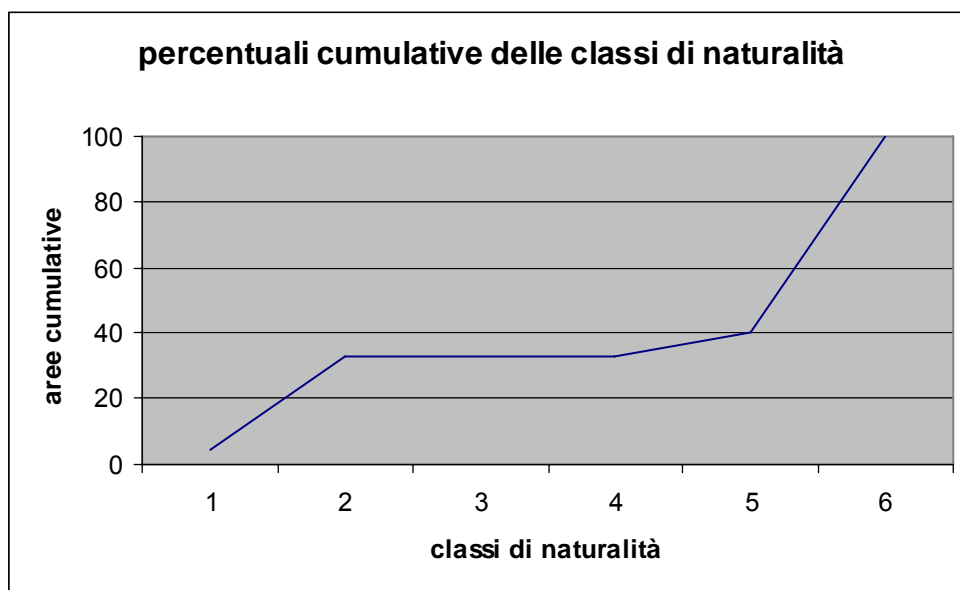
##### 4.1.5.1 Sistema delle alluvioni recenti, delle alluvioni terrazzate e dei depositi eluviali e colluviali

###### 4.1.5.1.1 Sottosistema delle aree alto-collinari

- Intervallo altitudinale: al di sopra dei 500 m
- Clima prevalente: Temperato semicontinentale
- Superficie totale: 336,44 ettari
- Comuni: Castelnuovo Berardenga, Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	6,70	1,99	1
12	zone produttive ed infrastrutture	5,73	1,70	1
13	cave, cantieri, discariche	0,03	0,01	1
14	zone verdi artificiali	0,00	0,00	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	91,01	27,05	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	4,12	1,22	2
3111	boschi di leccio	61,49	18,28	6
3112	boschi di querce caducifoglie	20,90	6,21	6
3113	boschi di latifoglie mesofile	122,30	36,35	6
312	boschi di conifere	0,88	0,26	4
321	praterie e pascoli	11,59	3,45	5
322	arbusteti	11,69	3,47	5
<b>12</b>	<b>TOTALI</b>	<b>336,44</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,722** (medio-alto stato di conservazione)

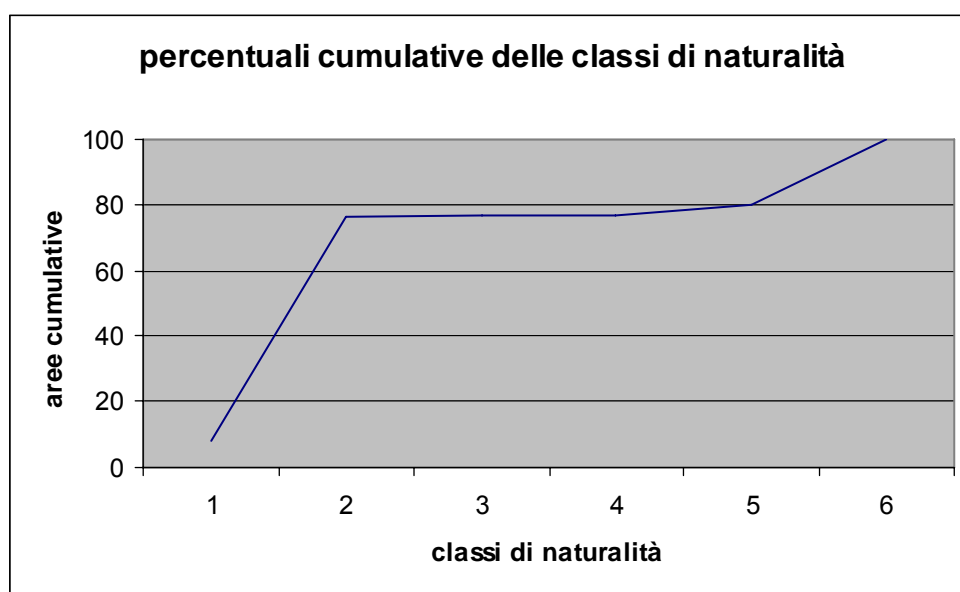


## 4.1.5.1.2 Sottosistema delle aree basso-collinari

- Intervallo altitudinale: compreso tra 200 e 500 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale
- Superficie totale: 9.891,72 ettari
- Comuni: Asciano, Castelnuovo Berardenga, Monteriggioni, Monteroni d'Arbia, Siena, Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	296,06	2,99	1
12	zone produttive ed infrastrutture	413,78	4,18	1
13	cave, cantieri, discariche	37,06	0,37	1
14	zone verdi artificiali	50,32	0,51	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	5.711,01	57,74	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	956,83	9,67	2
24	zone agricole eterogenee	84,98	0,86	3
3111	boschi di leccio	272,06	2,75	6
3112	boschi di querce caducifoglie	1.262,36	12,76	6
31129	boschi di querce e conifere	94,92	0,96	5
3113	boschi di latifoglie mesofile	140,82	1,42	6
3116	boschi igrofili	237,79	2,40	6
31171	robinieti	16,06	0,16	3
312	boschi di conifere	18,10	0,18	4
3131	formazioni arboree artificiali miste	13,52	0,14	4
321	praterie e pascoli	81,64	0,83	5
322	arbusteti	131,33	1,33	5
33	zone con vegetazione rada o assente	12,17	0,12	6
51	acque continentali	60,91	0,62	6
<b>19</b>	<b>TOTALI</b>	<b>9.891,72</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,364** (medio-basso stato di conservazione)

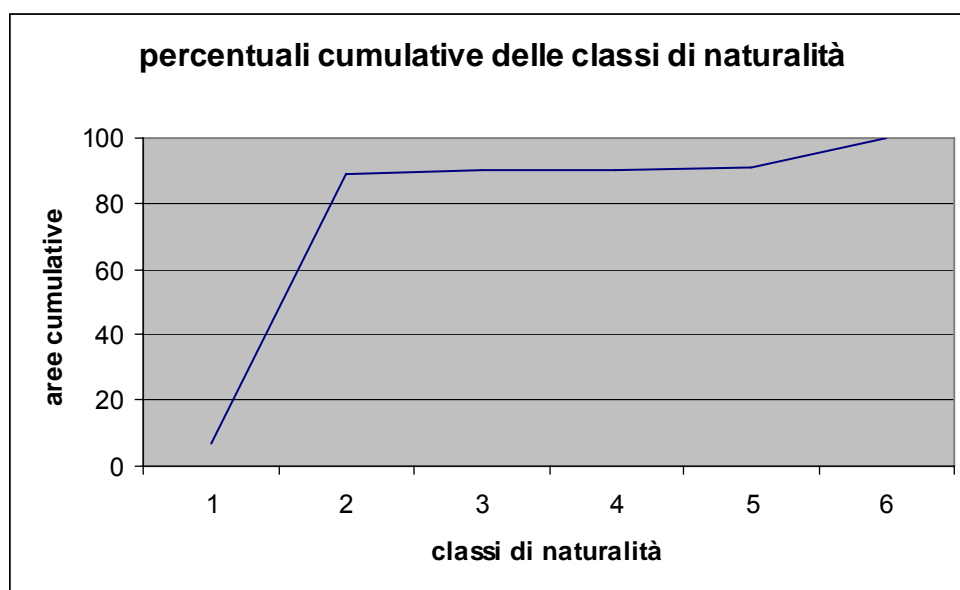


## 4.1.5.1.3 Sottosistema delle aree di pianura

- Intervallo altitudinale: al di sotto dei 200 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale di transizione
- Superficie totale: 11.766,16 ettari
- Comuni: Asciano, Castelnuovo Berardenga, Monteriggioni, Monteroni d'Arbia, Siena, Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	273,41	2,32	1
12	zone produttive ed infrastrutture	509,84	4,33	1
13	cave, cantieri, discariche	32,75	0,28	1
14	zone verdi artificiali	55,42	0,47	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	9.251,97	78,63	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	347,81	2,96	2
24	zone agricole eterogenee	113,23	0,96	3
3111	boschi di leccio	10,18	0,09	6
3112	boschi di querce caducifoglie	319,64	2,72	6
31129	boschi di querce e conifere	0,08	0,00	5
3113	boschi di latifoglie mesofile	26,20	0,22	6
3116	boschi igrofili	587,80	5,00	6
31171	robinieti	10,12	0,09	3
312	boschi di conifere	1,73	0,01	4
3131	formazioni arboree artificiali miste	0,00	0,00	4
321	praterie e pascoli	11,58	0,10	5
322	arbusteti	86,66	0,74	5
33	zone con vegetazione rada o assente	5,22	0,04	6
412	zone umide	0,02	0,00	6
51	acque continentali	122,50	1,04	6
<b>20</b>	<b>TOTALI</b>	<b>11.766,16</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,266** (medio-basso stato di conservazione)



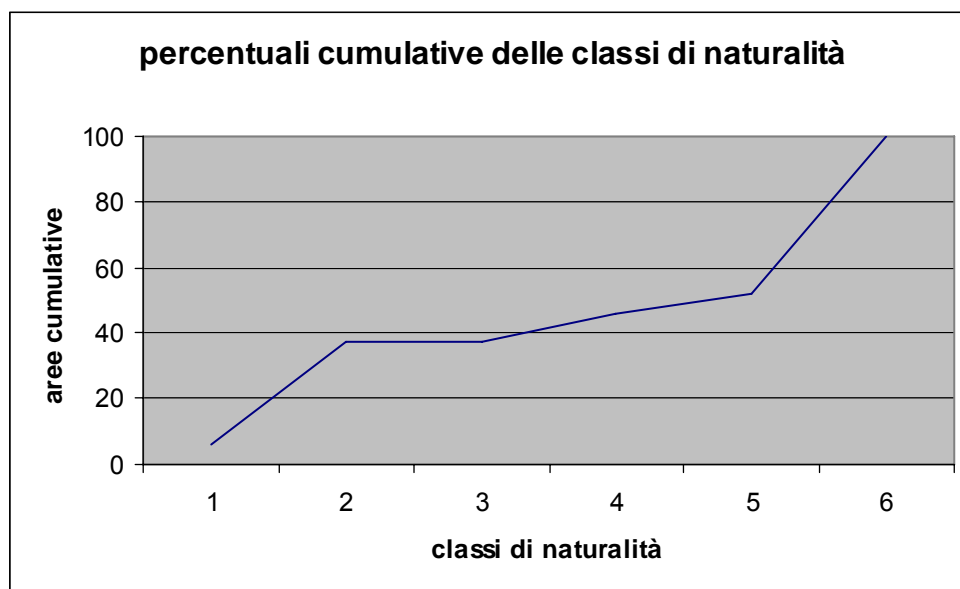
## 4.1.5.2 Sistema dei detriti misti e degli accumuli di frana

## 4.1.5.2.1 Sottosistema delle aree basso-collinari

- Intervallo altitudinale: compreso tra 200 e 500 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale
- Superficie totale: 543,15 ettari
- Comuni: Asciano, Castelnuovo Berardenga, Monteriggioni, Siena, Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	8,63	1,59	1
12	zone produttive ed infrastrutture	23,77	4,38	1
14	zone verdi artificiali	0,57	0,11	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	90,89	16,73	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	80,07	14,74	2
24	zone agricole eterogenee	2,35	0,43	3
3111	boschi di leccio	67,06	12,35	6
3112	boschi di querce caducifoglie	171,40	31,56	6
3113	boschi di latifoglie mesofile	5,07	0,93	6
3116	boschi igrofili	1,03	0,19	6
3131	formazioni arboree artificiali miste	63,19	11,63	4
321	praterie e pascoli	13,27	2,44	5
322	arbusteti	15,84	2,92	5
51	acque continentali	0,01	0,00	6
<b>14</b>	<b>TOTALI</b>	<b>543,15</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,626** (medio-alto stato di conservazione)



Il Sottosistema delle aree di pianura interessa una superficie irrisoria (pari a 0,2 ettari) ed essendo caratterizzato soltanto da due lembi di bosco non è stata effettuata la relativa scheda.



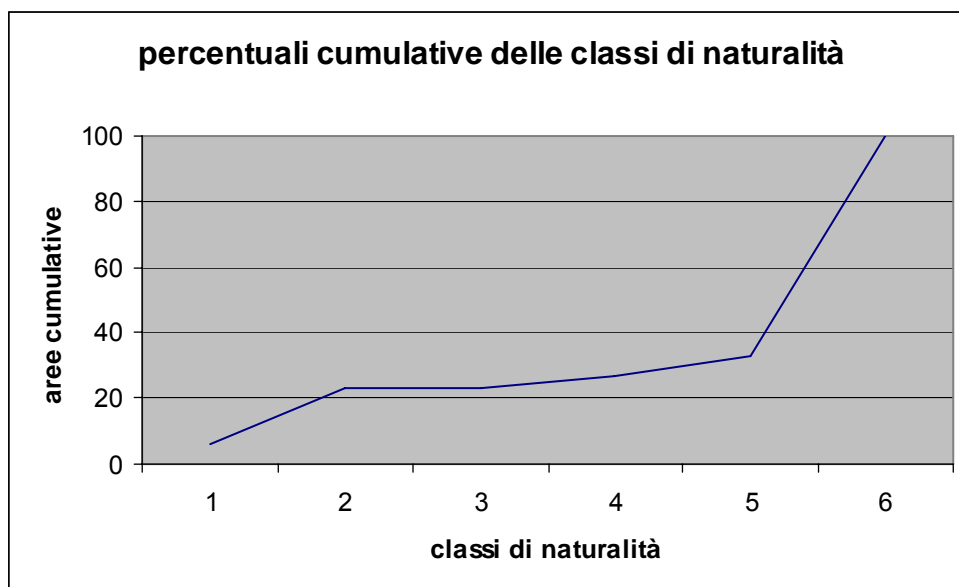
## 4.1.5.3 Sistema del Macigno

## 4.1.5.3.1 Sottosistema delle aree alto-collinari

- Intervallo altitudinale: al di sopra dei 500 m
- Clima prevalente: Temperato semicontinentale-oceanico di transizione
- Superficie totale: 555,23 ettari
- Comuni: Castelnuovo Berardenga

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	17,05	3,07	1
12	zone produttive ed infrastrutture	14,22	2,56	1
14	zone verdi artificiali	0,19	0,03	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	22,34	4,02	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	69,68	12,55	2
24	zone agricole eterogenee	0,98	0,18	3
3111	boschi di leccio	90,33	16,27	6
3112	boschi di querce caducifoglie	215,30	38,78	6
3113	boschi di latifoglie mesofile	64,46	11,61	6
312	boschi di conifere	24,55	4,42	4
321	praterie e pascoli	17,29	3,11	5
322	arbusteti	18,82	3,39	5
51	acque continentali	0,01	0,00	6
<b>13</b>	<b>TOTALI</b>	<b>555,23</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,776** (medio-alto stato di conservazione)

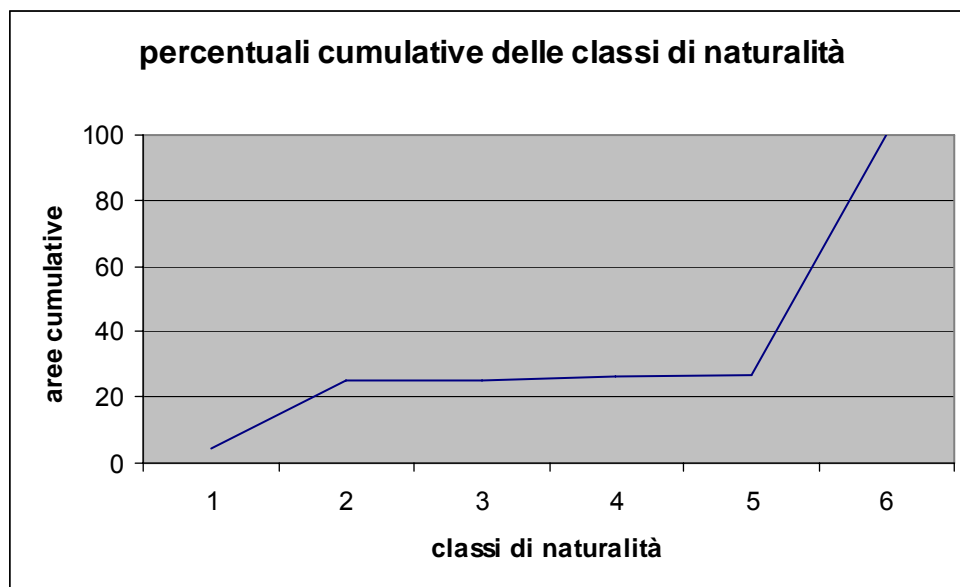


## 4.1.5.3.2 Sottosistema delle aree basso-collinari

- Intervallo altitudinale: compreso tra 200 e 500 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale
- Superficie totale: 2.933,04 ettari
- Comuni: Castelnuovo Berardenga

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	49,78	1,70	1
12	zone produttive ed infrastrutture	49,22	1,68	1
13	cave, cantieri, discariche	0,10	0,00	1
14	zone verdi artificiali	2,72	0,09	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	144,77	4,94	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	483,12	16,47	2
24	zone agricole eterogenee	2,19	0,07	3
3111	boschi di leccio	155,81	5,31	6
3112	boschi di querce caducifoglie	1.782,80	60,78	6
3113	boschi di latifoglie mesofile	190,73	6,50	6
3116	boschi igrofili	11,80	0,40	6
312	boschi di conifere	30,21	1,03	4
321	praterie e pascoli	10,22	0,35	5
322	arbusteti	18,31	0,62	5
51	acque continentali	1,24	0,04	6
<b>15</b>	<b>TOTALI</b>	<b>2.933,04</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,788** (medio-alto stato di conservazione)



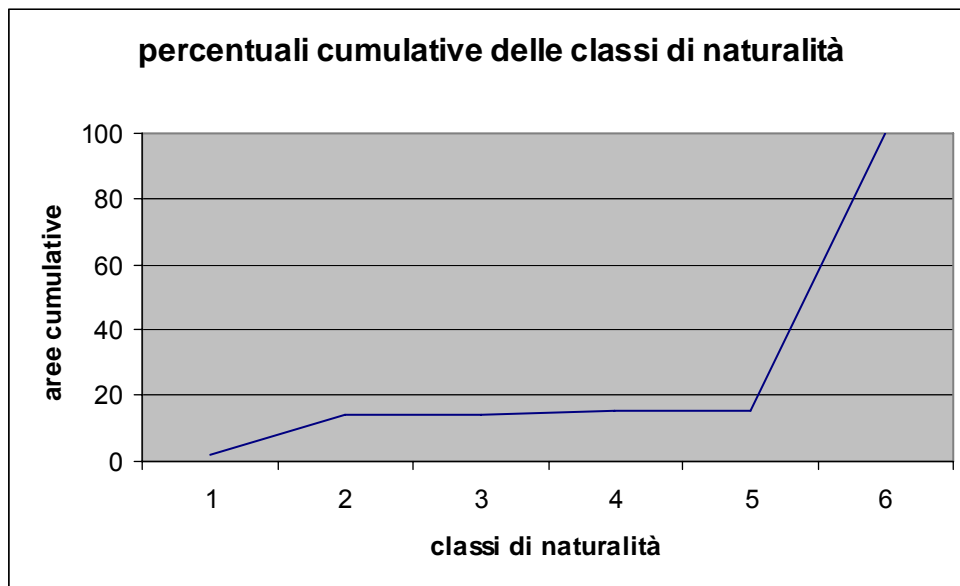
## 4.1.5.4 Sistema delle formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste

## 4.1.5.4.1 Sottosistema delle aree alto-collinari

- Intervallo altitudinale: al di sopra dei 500 m
- Clima prevalente: Temperato semicontinentale-oceanico di transizione
- Superficie totale: 133,81 ettari
- Comuni: Castelnuovo Berardenga

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	1,79	1,34	1
12	zone produttive ed infrastrutture	1,49	1,12	1
13	cave, cantieri, discariche	0,46	0,35	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	0,74	0,55	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	15,08	11,27	2
3111	boschi di leccio	98,82	73,85	6
3112	boschi di querce caducifoglie	13,83	10,34	6
3113	boschi di latifoglie mesofile	0,48	0,36	6
312	boschi di conifere	0,93	0,70	4
322	arbusteti	0,16	0,12	5
<b>10</b>	<b>TOTALI</b>	<b>133,81</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,880** (alto stato di conservazione)

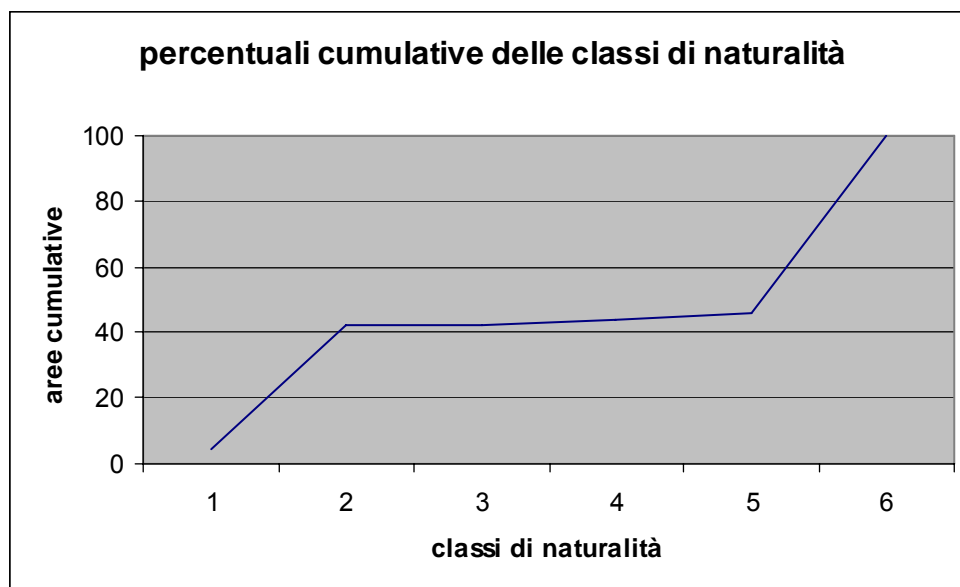


## 4.1.5.4.2 Sottosistema delle aree basso-collinari

- Intervallo altitudinale: compreso tra 200 e 500 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale
- Superficie totale: 4.909,31 ettari
- Comuni: Asciano, Castelnuovo Berardenga, Monteriggioni, Monteroni d'Arbia, Siena, Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	94,74	1,93	1
12	zone produttive ed infrastrutture	102,00	2,08	1
13	cave, cantieri, discariche	10,88	0,22	1
14	zone verdi artificiali	0,47	0,01	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	434,23	8,84	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	1.419,45	28,91	2
24	zone agricole eterogenee	4,80	0,10	3
3111	boschi di leccio	548,90	11,18	6
3112	boschi di querce caducifoglie	1.333,79	27,17	6
31129	boschi di querce e conifere	0,12	0,00	5
3113	boschi di latifoglie mesofile	719,53	14,66	6
3116	boschi igrofili	38,25	0,78	6
312	boschi di conifere	85,33	1,74	4
3131	formazioni arboree artificiali miste	1,19	0,02	4
321	praterie e pascoli	18,38	0,37	5
322	arbusteti	90,34	1,84	5
33	zone con vegetazione rada o assente	1,13	0,02	6
51	acque continentali	5,79	0,12	6
<b>18</b>	<b>TOTALI</b>	<b>4.909,31</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,644** (medio-alto stato di conservazione)



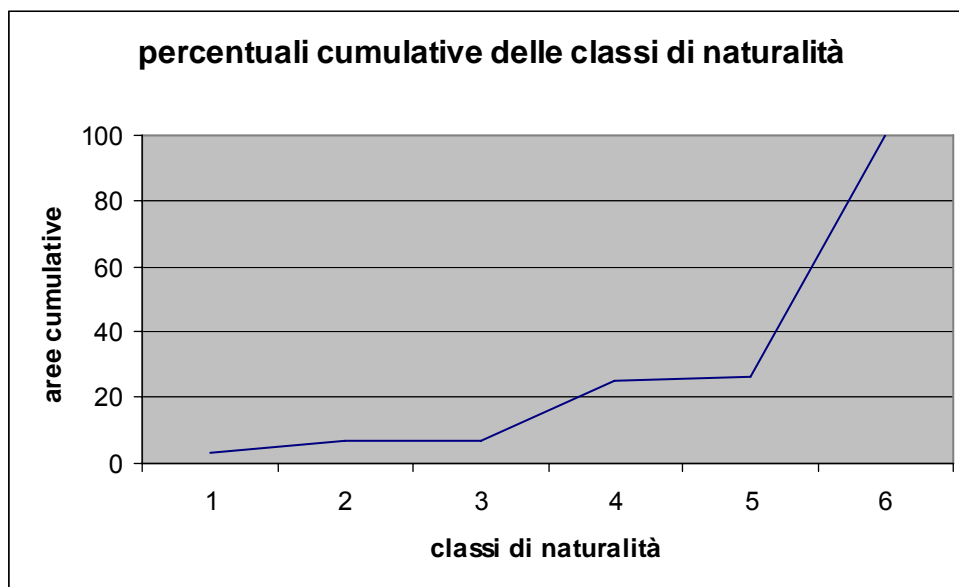
## 4.1.5.5 Sistema dei diaspri, delle quarziti e delle metamorfiti

## 4.1.5.5.1 Sottosistema delle aree alto-collinari

- Intervallo altitudinale: al di sopra dei 500 m
- Clima prevalente: Temperato semicontinentale
- Superficie totale: 338,31 ettari
- Comuni: Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	1,78	0,53	1
12	zone produttive ed infrastrutture	4,20	1,24	1
13	cave, cantieri, discariche	5,55	1,64	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	11,77	3,48	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	0,36	0,11	2
3111	boschi di leccio	41,57	12,29	6
3112	boschi di querce caducifoglie	6,56	1,94	6
3113	boschi di latifoglie mesofile	200,42	59,24	6
3131	formazioni arboree artificiali miste	61,39	18,15	4
322	arbusteti	4,71	1,39	5
<b>10</b>	<b>TOTALI</b>	<b>338,31</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,866** (alto stato di conservazione)

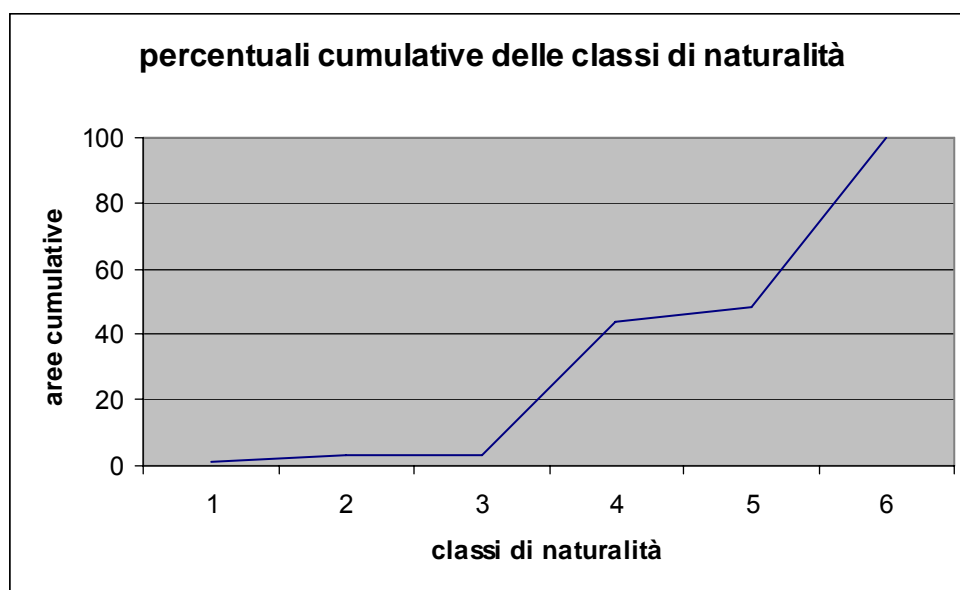


## 4.1.5.5.2 Sottosistema delle aree basso-collinari

- Intervallo altitudinale: compreso tra 200 e 500 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale
- Superficie totale: 2.173,64 ettari
- Comuni: Monteriggioni, Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	9,02	0,41	1
12	zone produttive ed infrastrutture	19,54	0,90	1
13	cave, cantieri, discariche	0,14	0,01	1
14	zone verdi artificiali	1,37	0,06	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	21,88	1,01	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	15,42	0,71	2
24	zone agricole eterogenee	1,71	0,08	3
3111	boschi di leccio	324,70	14,94	6
3112	boschi di querce caducifoglie	617,35	28,40	6
31129	boschi di querce e conifere	53,94	2,48	5
3113	boschi di latifoglie mesofile	156,52	7,20	6
3116	boschi igrofili	0,00	0,00	6
3131	formazioni arboree artificiali miste	929,27	42,75	4
321	praterie e pascoli	0,88	0,04	5
322	arbusteti	21,87	1,01	5
51	acque continentali	0,01	0,00	6
<b>16</b>	<b>TOTALI</b>	<b>2.173,64</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,796** (medio-alto stato di conservazione)

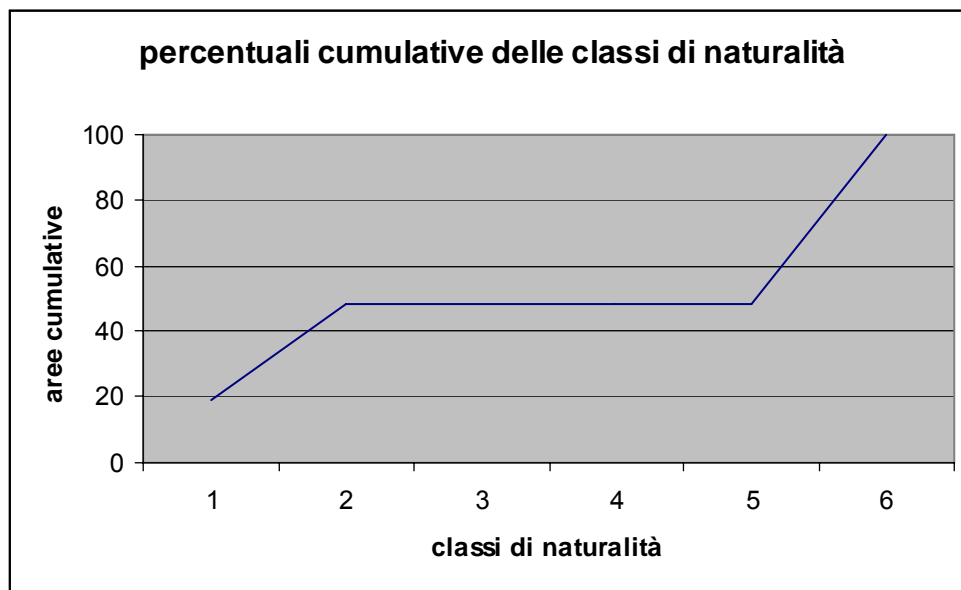


## 4.1.5.5.3 Sottosistema delle aree di pianura

- Intervallo altitudinale: al di sotto dei 200 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale di transizione
- Superficie totale: 3,98 ettari
- Comuni: Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	0,36	8,95	1
12	zone produttive ed infrastrutture	0,40	10,08	1
21	seminativi irrigui e non irrigui	1,16	29,08	2
3111	boschi di leccio	0,17	4,20	6
3112	boschi di querce caducifoglie	1,86	46,78	6
3113	boschi di latifoglie mesofile	0,00	0,00	6
3116	boschi igrofili	0,03	0,85	6
322	arbusteti	0,00	0,06	5
<b>8</b>	<b>TOTALI</b>	<b>3,98</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,578** (medio stato di conservazione)



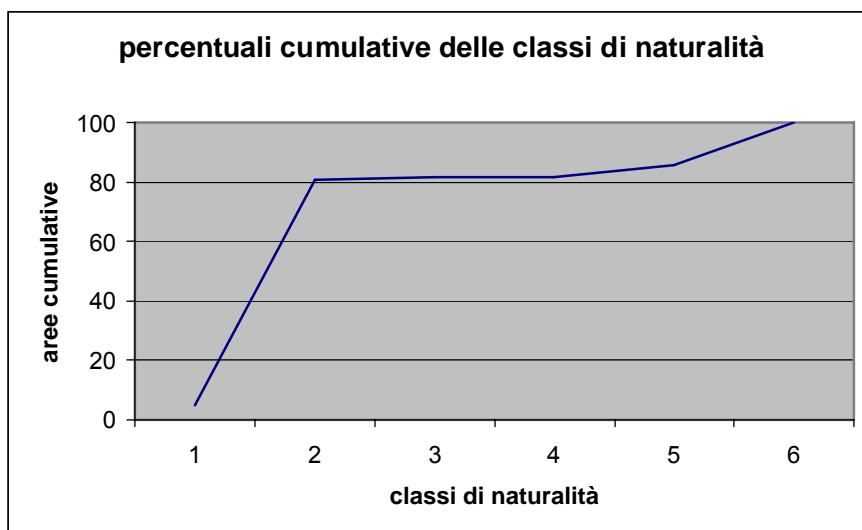
## 4.1.5.6 Sistema delle argille marine e lacustri

## 4.1.5.6.1 Sottosistema delle aree basso-collinari

- Intervallo altitudinale: compreso tra 200 e 500 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale e oceanico-semicontinentale di transizione
- Superficie totale: 23.418,32 ettari
- Comuni: Asciano, Castelnuovo Berardenga, Monteriggioni, Monteroni d'Arbia, Siena, Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	693,24	2,96	1
12	zone produttive ed infrastrutture	566,92	2,42	1
13	cave, cantieri, discariche	38,25	0,16	1
14	zone verdi artificiali	94,84	0,40	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	16.167,07	69,04	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	1.514,73	6,47	2
24	zone agricole eterogenee	106,20	0,45	3
3111	boschi di leccio	19,19	0,08	6
3112	boschi di querce caducifoglie	2.141,08	9,14	6
31129	boschi di querce e conifere	16,34	0,07	5
3113	boschi di latifoglie mesofile	535,86	2,29	6
3116	boschi igrofilii	75,90	0,32	6
31171	robinieti	42,56	0,18	3
312	boschi di conifere	27,45	0,12	4
3131	formazioni arboree artificiali miste	0,65	0,00	4
321	praterie e pascoli	123,86	0,53	5
322	arbusteti	870,04	3,72	5
33	zone con vegetazione rada o assente	304,50	1,30	6
412	zone umide	0,30	0,00	6
51	acque continentali	79,35	0,34	6
<b>20</b>	<b>TOTALI</b>	<b>23.418,32</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,318** (medio-basso stato di conservazione)



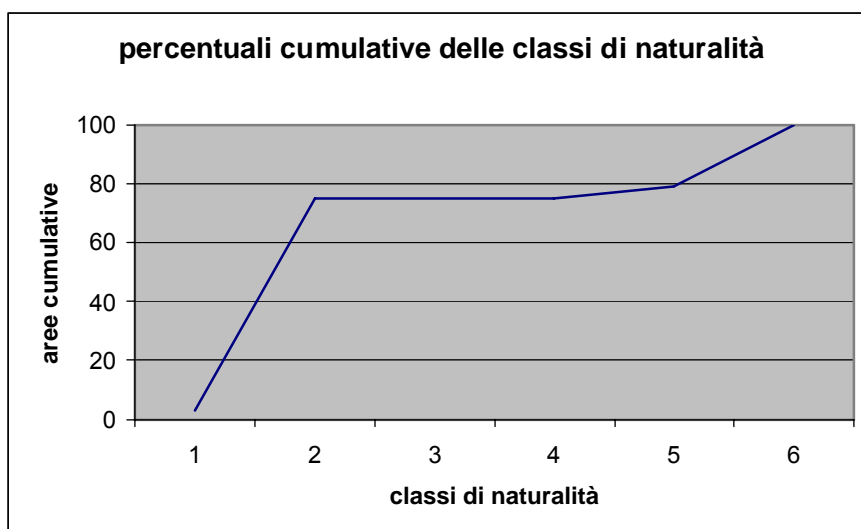


## 4.1.5.6.2 Sottosistema delle aree di pianura

- Intervallo altitudinale: al di sotto dei 200 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale di transizione
- Superficie totale: 3.865,64 ettari
- Comuni: Asciano, Castelnuovo Berardenga, Monteriggioni, Monteroni d'Arbia, Siena, Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	50,04	1,29	1
12	zone produttive ed infrastrutture	51,47	1,33	1
13	cave, cantieri, discariche	1,21	0,03	1
14	zone verdi artificiali	1,55	0,04	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	2.669,11	69,05	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	81,90	2,12	2
24	zone agricole eterogenee	13,36	0,35	3
3112	boschi di querce caducifoglie	683,82	17,69	6
31129	boschi di querce e conifere	0,05	0,00	5
3113	boschi di latifoglie mesofile	48,57	1,26	6
3116	boschi igrofili	29,53	0,76	6
31171	robinieti	0,42	0,01	3
312	boschi di conifere	1,60	0,04	4
321	praterie e pascoli	11,54	0,30	5
322	arbusteti	146,72	3,80	5
33	zone con vegetazione rada o assente	26,68	0,69	6
412	zone umide	0,37	0,01	6
51	acque continentali	47,72	1,23	6
<b>18</b>	<b>TOTALI</b>	<b>3.865,64</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,394** (medio-basso stato di conservazione)



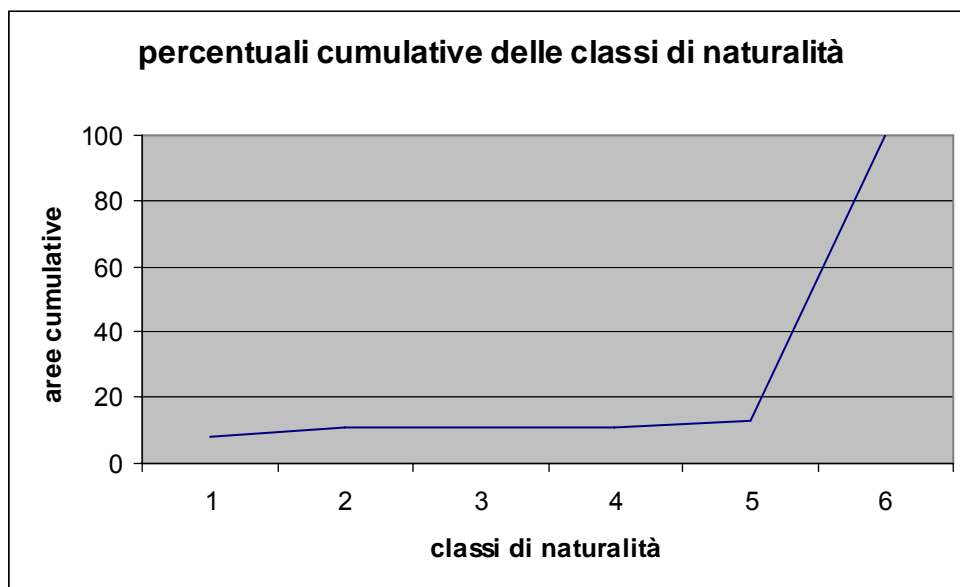
## 4.1.5.7 Sistema delle formazioni carbonatico-silicee

## 4.1.5.7.1 Sottosistema delle aree alto-collinari

- Intervallo altitudinale: al di sopra dei 500 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale
- Superficie totale: 234,06 ettari
- Comuni: Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	1,42	0,60	1
12	zone produttive ed infrastrutture	3,32	1,42	1
13	cave, cantieri, discariche	14,86	6,35	1
21	seminativi irrigui e non irrigui	4,42	1,89	2
24	zone agricole eterogenee	0,28	0,12	3
3111	boschi di leccio	131,49	56,18	6
3112	boschi di querce caducifoglie	19,98	8,54	6
3113	boschi di latifoglie mesofile	52,37	22,38	6
321	praterie e pascoli	4,33	1,85	5
322	arbusteti	1,59	0,68	5
<b>10</b>	<b>TOTALI</b>	<b>234,06</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,898** (alto stato di conservazione)

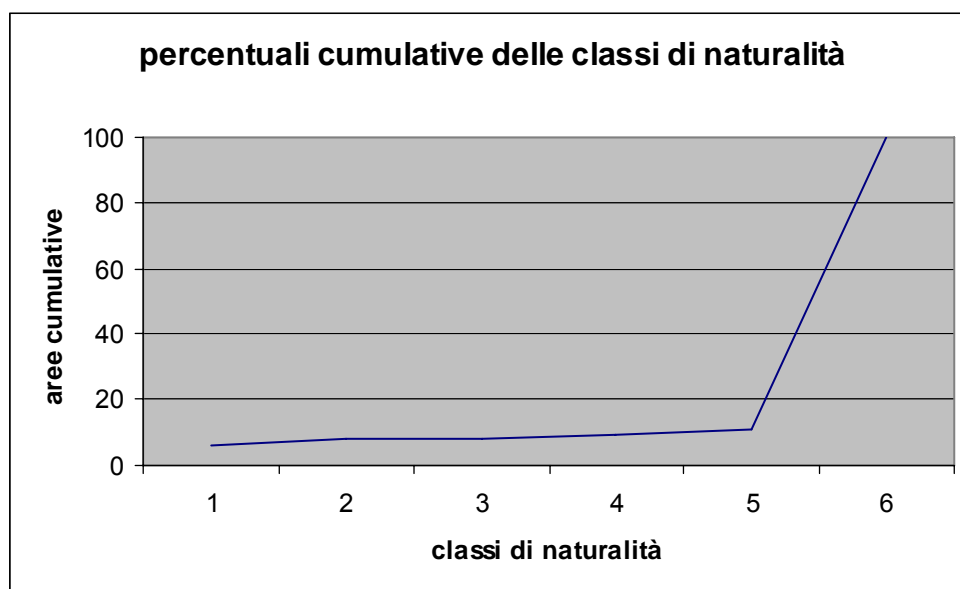


## 4.1.5.7.2 Sottosistema delle aree basso-collinari

- Intervallo altitudinale: compreso tra 200 e 500 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale
- Superficie totale: 1.203,53 ettari
- Comuni: Asciano, Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	8,30	0,69	1
12	zone produttive ed infrastrutture	23,85	1,98	1
13	cave, cantieri, discariche	35,80	2,97	1
21	seminativi irrigui e non irrigui	13,23	1,10	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	23,78	1,98	2
24	zone agricole eterogenee	0,42	0,03	3
3111	boschi di leccio	715,99	59,49	6
3112	boschi di querce caducifoglie	315,68	26,23	6
3113	boschi di latifoglie mesofile	31,93	2,65	6
3131	formazioni arboree artificiali miste	13,81	1,15	4
321	praterie e pascoli	3,34	0,28	5
322	arbusteti	16,92	1,41	5
51	acque continentali	0,49	0,04	6
<b>13</b>	<b>TOTALI</b>	<b>1.203,53</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,908** (alto stato di conservazione)



Il Sottosistema delle aree di pianura interessa una ridotta superficie (pari a circa 2,5 ettari) di cui ¼ utilizzato a seminativi e i restanti ¾ caratterizzati da piccoli lembi di bosco. Per tali motivi non è stata elaborata la scheda relativa.

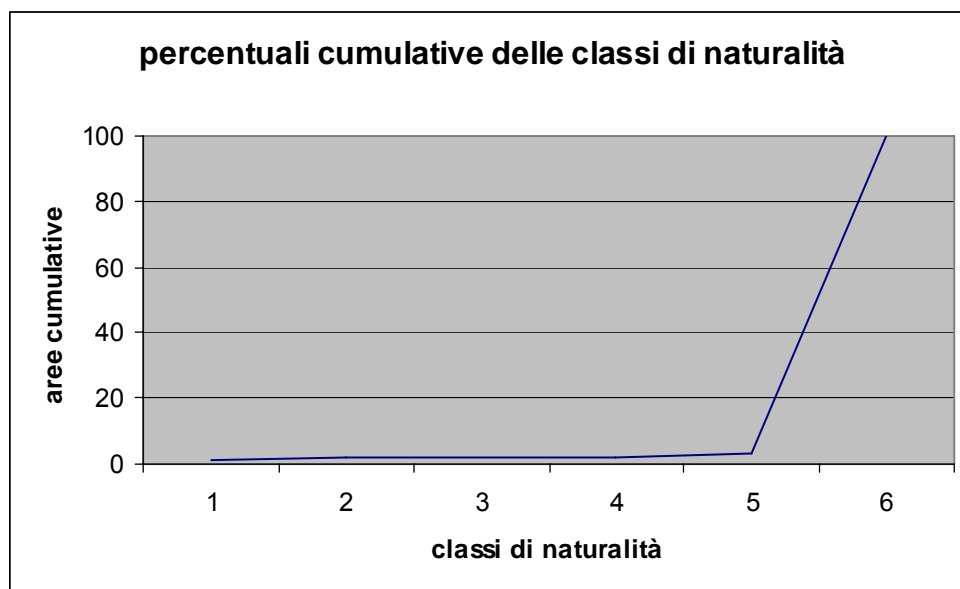
## 4.1.5.8 Sistema dei conglomerati

## 4.1.5.8.1 Sottosistema delle aree alto-collinari

- Intervallo altitudinale: al di sopra dei 500 m
- Clima prevalente: Temperato semicontinentale
- Superficie totale: 925,80 ettari
- Comuni: Monteriggioni, Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	0,92	0,10	1
12	zone produttive ed infrastrutture	3,85	0,42	1
13	cave, cantieri, discariche	0,68	0,07	1
21	seminativi irrigui e non irrigui	9,12	0,98	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	4,77	0,52	2
24	zone agricole eterogenee	0,11	0,01	3
3111	boschi di leccio	225,25	24,33	6
3112	boschi di querce caducifoglie	613,32	66,25	6
3113	boschi di latifoglie mesofile	57,67	6,23	6
321	praterie e pascoli	2,84	0,31	5
322	arbusteti	7,28	0,79	5
<b>11</b>	<b>TOTALI</b>	<b>925,80</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,980** (alto stato di conservazione)

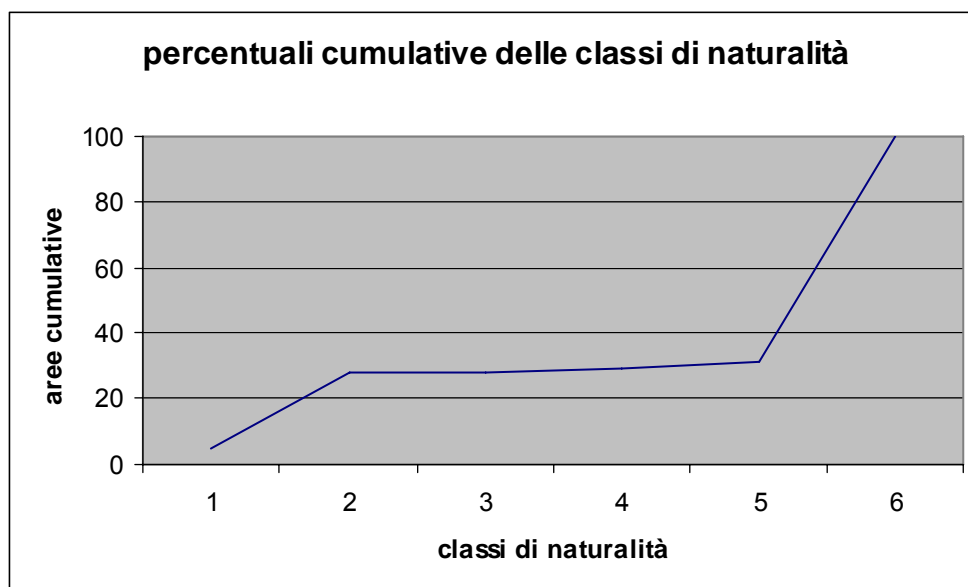


## 4.1.5.8.2 Sottosistema delle aree basso-collinari

- Intervallo altitudinale: compreso tra 200 e 500 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale
- Superficie totale: 9.618,21 ettari
- Comuni: Asciano, Castelnuovo Berardenga, Monteriggioni, Monteroni d'Arbia, Siena, Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	233,95	2,43	1
12	zone produttive ed infrastrutture	213,58	2,22	1
13	cave, cantieri, discariche	31,56	0,33	1
14	zone verdi artificiali	21,11	0,22	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	1.325,89	13,79	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	851,64	8,85	2
24	zone agricole eterogenee	28,30	0,29	3
3111	boschi di leccio	3.670,21	38,16	6
3112	boschi di querce caducifoglie	2.798,23	29,09	6
31129	boschi di querce e conifere	32,63	0,34	5
3113	boschi di latifoglie mesofile	178,34	1,85	6
3116	boschi igrofili	12,47	0,13	6
31171	robinieti	0,63	0,01	3
312	boschi di conifere	35,61	0,37	4
3131	formazioni arboree artificiali miste	14,72	0,15	4
321	praterie e pascoli	27,16	0,28	5
322	arbusteti	140,36	1,46	5
33	zone con vegetazione rada o assente	0,32	0,00	6
51	acque continentali	1,50	0,02	6
<b>21</b>	<b>TOTALI</b>	<b>9.618,21</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,758** (medio-alto stato di conservazione)

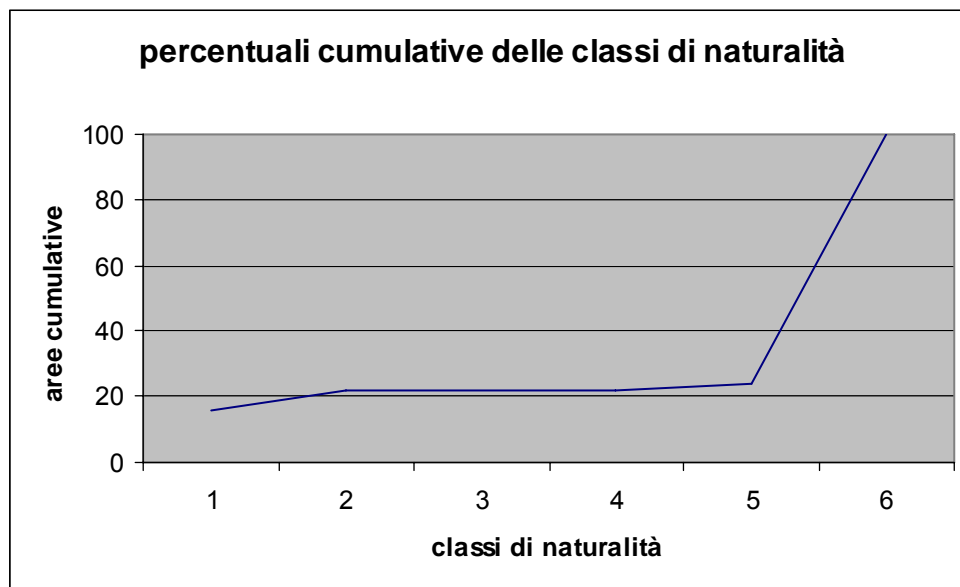


## 4.1.5.8.3 Sottosistema delle aree di pianura

- Intervallo altitudinale: al di sotto dei 200 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale
- Superficie totale: 56,83 ettari
- Comuni: Monteriggioni, Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	0,68	1,20	1
12	zone produttive ed infrastrutture	3,09	5,44	1
13	cave, cantieri, discariche	5,31	9,34	1
14	zone verdi artificiali	0,08	0,14	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	2,73	4,80	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	0,61	1,07	2
24	zone agricole eterogenee	0,18	0,31	3
3111	boschi di leccio	5,68	10,00	6
3112	boschi di querce caducifoglie	34,63	60,94	6
3116	boschi igrofili	2,94	5,18	6
322	arbusteti	0,90	1,58	5
<b>11</b>	<b>TOTALI</b>	<b>56,83</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,788** (medio-alto stato di conservazione)



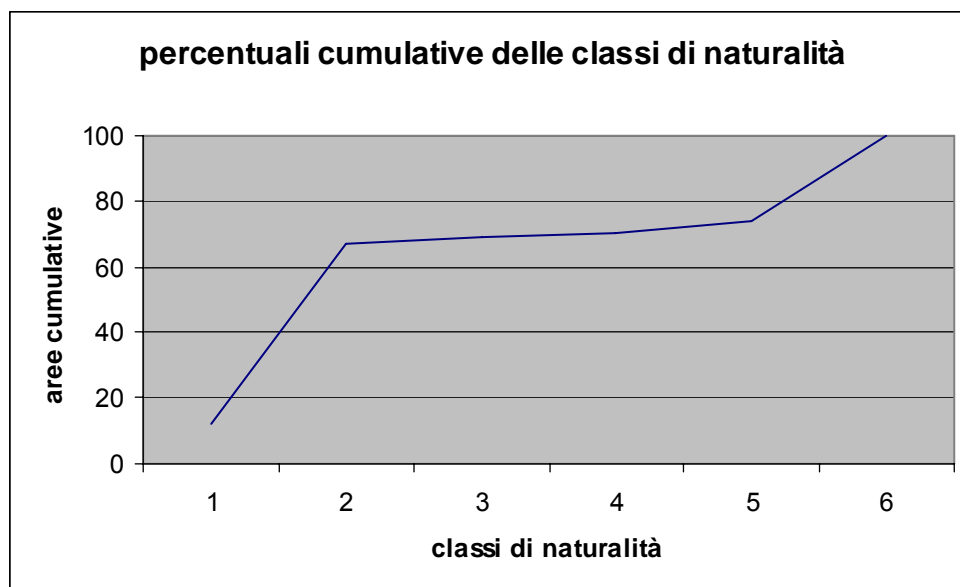
## 4.1.5.9 Sistema delle sabbie e arenarie

## 4.1.5.9.1 Sottosistema delle aree basso-collinari

- Intervallo altitudinale: compreso tra 200 e 500 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale
- Superficie totale: 11.513,00 ettari
- Comuni: Asciano, Castelnuovo Berardenga, Monteriggioni, Monteroni d'Arbia, Siena, Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	835,35	7,26	1
12	zone produttive ed infrastrutture	522,10	4,53	1
13	cave, cantieri, discariche	15,50	0,13	1
14	zone verdi artificiali	174,72	1,52	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	3.292,50	28,60	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	2.793,26	24,26	2
24	zone agricole eterogenee	140,25	1,22	3
3111	boschi di leccio	325,05	2,82	6
3112	boschi di querce caducifoglie	2.498,94	21,71	6
31129	boschi di querce e conifere	57,04	0,50	5
3113	boschi di latifoglie mesofile	162,05	1,41	6
3116	boschi igrofili	80,00	0,69	6
31171	robinieti	66,37	0,58	3
312	boschi di conifere	152,87	1,33	4
321	praterie e pascoli	16,13	0,14	5
322	arbusteti	353,30	3,07	5
33	zone con vegetazione rada o assente	13,27	0,12	6
51	acque continentali	14,29	0,12	6
<b>18</b>	<b>TOTALI</b>	<b>11.513,00</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,424** (medio stato di conservazione)

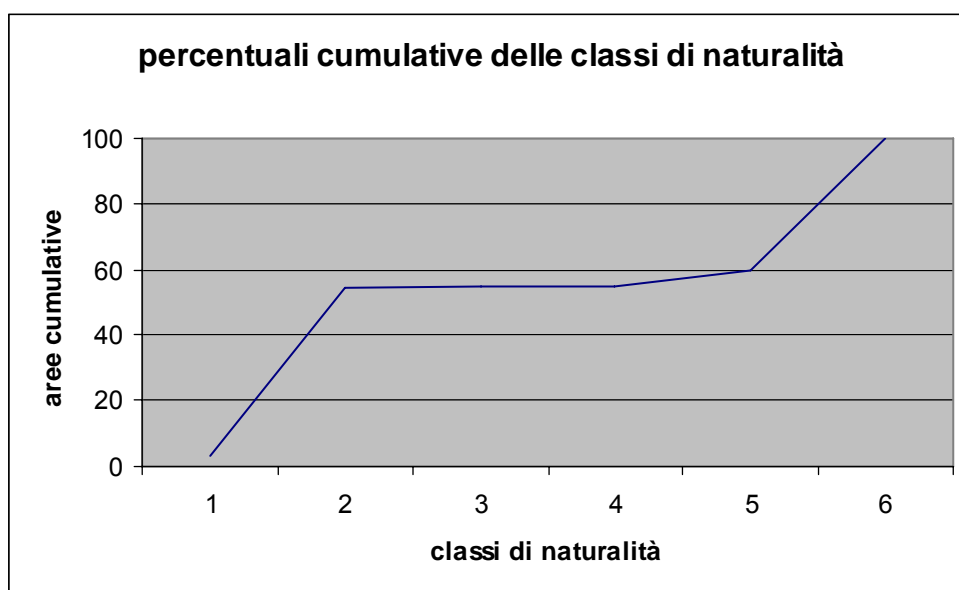


## 4.1.5.9.2 Sottosistema delle aree di pianura

- Intervallo altitudinale: al di sotto dei 200 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale di transizione
- Superficie totale: 604,90 ettari
- Comuni: Asciano, Castelnuovo Berardenga, Monteriggioni, Monteroni d'Arbia, Siena, Sovicille

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	5,41	0,90	1
12	zone produttive ed infrastrutture	7,56	1,25	1
13	cave, cantieri, discariche	1,23	0,20	1
14	zone verdi artificiali	2,21	0,36	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	268,12	44,33	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	31,58	5,22	2
24	zone agricole eterogenee	0,43	0,07	3
3112	boschi di querce caducifoglie	233,27	38,56	6
31129	boschi di querce e conifere	0,03	0,00	5
3113	boschi di latifoglie mesofile	8,33	1,38	6
3116	boschi igrofili	6,36	1,05	6
31171	robinieti	3,03	0,50	3
312	boschi di conifere	2,69	0,44	4
321	praterie e pascoli	0,52	0,09	5
322	arbusteti	33,02	5,46	5
33	zone con vegetazione rada o assente	0,26	0,04	6
51	acque continentali	0,85	0,14	6
<b>17</b>	<b>TOTALI</b>	<b>604,90</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,562** (medio stato di conservazione)





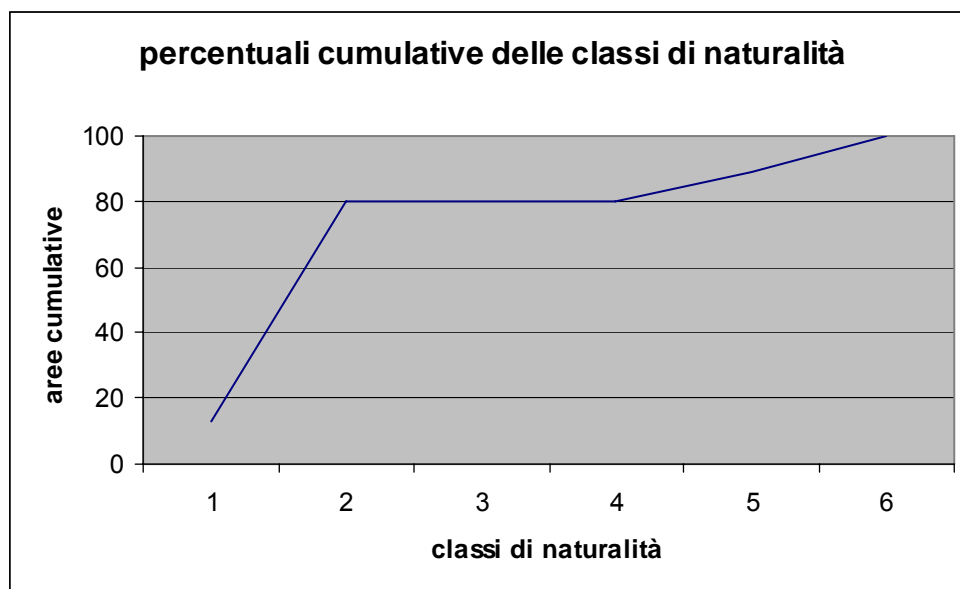
## 4.1.5.10 Sistema dei travertini

## 4.1.5.10.1 Sottosistema delle aree basso-collinari

- Intervallo altitudinale: compreso tra 200 e 500 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale
- Superficie totale: 885,74 ettari
- Comuni: Monteriggioni

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	48,40	5,46	1
12	zone produttive ed infrastrutture	64,29	7,26	1
14	zone verdi artificiali	5,80	0,65	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	446,15	50,37	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	136,76	15,44	2
24	zone agricole eterogenee	1,66	0,19	3
3112	boschi di querce caducifoglie	100,10	11,30	6
31129	boschi di querce e conifere	72,52	8,19	5
31171	robinieti	1,85	0,21	3
321	praterie e pascoli	0,27	0,03	5
322	arbusteti	6,90	0,78	5
51	acque continentali	1,04	0,12	6
<b>12</b>	<b>TOTALI</b>	<b>885,74</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,316** (medio-basso stato di conservazione)

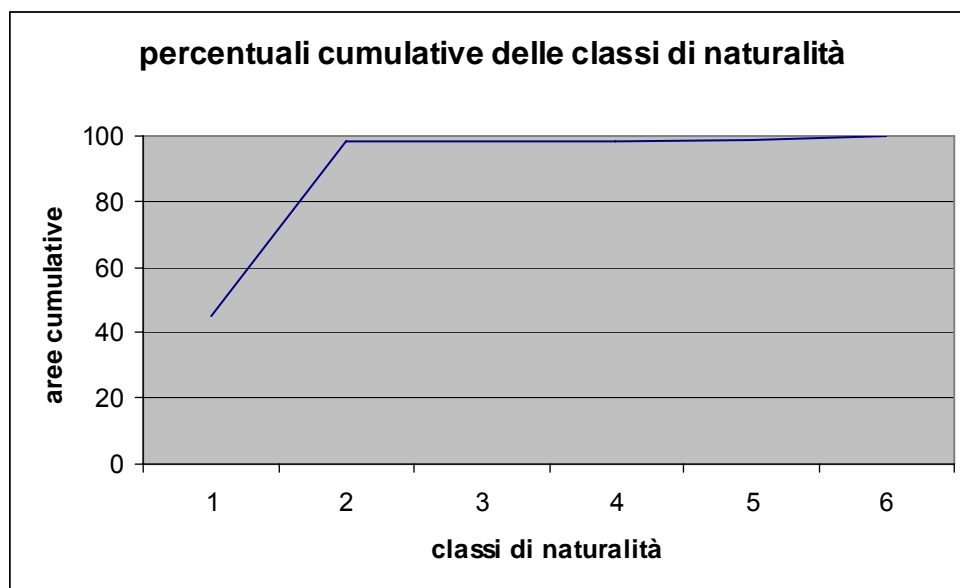


## 4.1.5.10.2 Sottosistema delle aree di pianura

- Intervallo altitudinale: al di sotto dei 200 m
- Clima prevalente: Temperato oceanico-semicontinentale
- Superficie totale: 111,01 ettari
- Comuni: Monteriggioni

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	15,83	14,26	1
12	zone produttive ed infrastrutture	32,75	29,51	1
14	zone verdi artificiali	1,89	1,70	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	46,16	41,58	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	11,50	10,36	2
24	zone agricole eterogenee	0,04	0,04	3
3112	boschi di querce caducifoglie	0,89	0,80	6
31129	boschi di querce e conifere	0,31	0,28	5
3116	boschi igrofili	0,37	0,33	6
31171	robinieti	0,03	0,03	3
322	arbusteti	1,23	1,11	5
51	acque continentali	0,00	0,00	6
<b>12</b>	<b>TOTALI</b>	<b>111,01</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,126** (basso stato di conservazione)



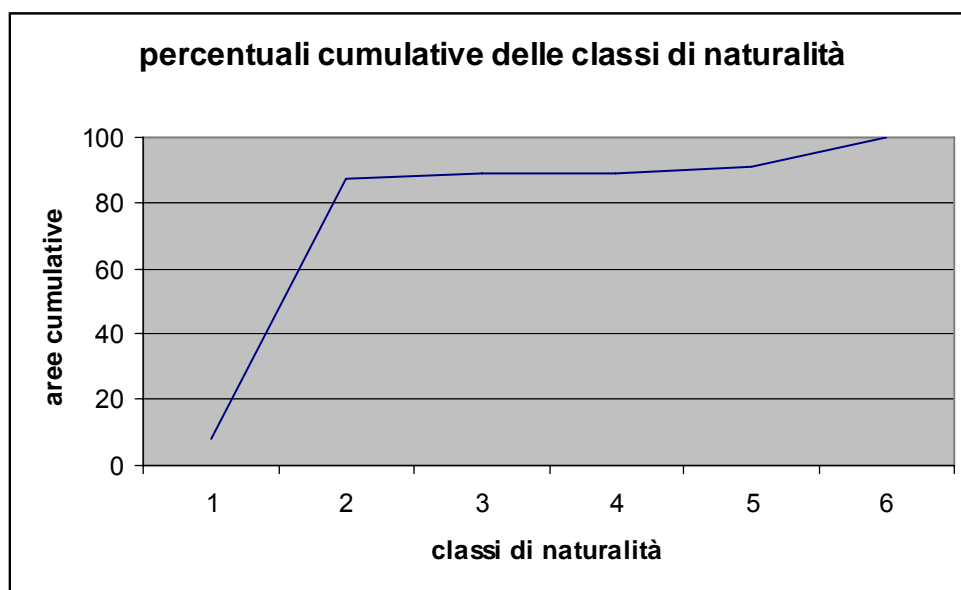
## 4.1.6 Schede sintetiche dei sottosistemi del Comune di Siena

## 4.1.6.1 Sistema delle alluvioni recenti, delle alluvioni terrazzate e dei depositi eluviali e colluviali

## 4.1.6.1.1 Sottosistema delle aree basso-collinari

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	41,56	2,48	1
12	zone produttive ed infrastrutture	91,57	5,46	1
13	cave, cantieri, discariche	1,54	0,09	1
14	zone verdi artificiali	15,54	0,93	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	1.179,55	70,32	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	127,68	7,61	2
24	zone agricole eterogenee	24,77	1,48	3
3111	boschi di leccio	6,95	0,41	6
3112	boschi di querce caducifoglie	62,26	3,71	6
31129	boschi di querce e conifere	0,06	0,00	5
3113	boschi di latifoglie mesofile	2,50	0,15	6
3116	boschi igrofili	73,61	4,39	6
31171	robinieti	6,08	0,36	3
312	boschi di conifere	0,32	0,02	4
321	praterie e pascoli	10,09	0,60	5
322	arbusteti	27,46	1,64	5
51	acque continentali	5,76	0,34	6
<b>11</b>	<b>TOTALI</b>	<b>1.677,31</b>	<b>100,00</b>	

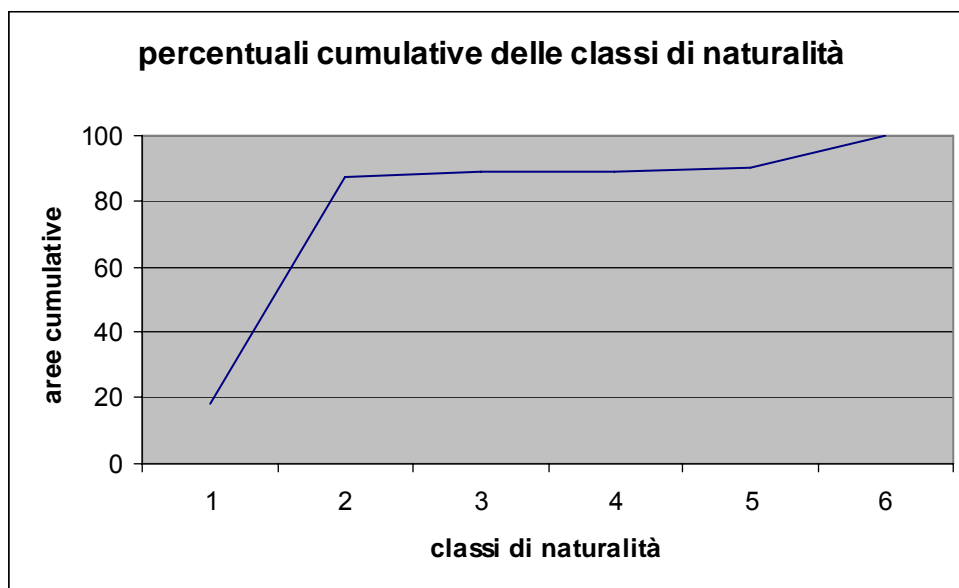
- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,272** (medio-basso stato di conservazione)



## 4.1.6.1.2 Sottosistema delle aree di pianura

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	32,85	4,36	1
12	zone produttive ed infrastrutture	84,60	11,23	1
13	cave, cantieri, discariche	16,46	2,19	1
14	zone verdi artificiali	9,34	1,24	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	467,29	62,06	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	38,44	5,11	2
24	zone agricole eterogenee	16,20	2,15	3
3112	boschi di querce caducifoglie	2,36	0,31	6
3116	boschi igrofili	66,33	8,81	6
31171	robinieti	0,23	0,03	3
321	praterie e pascoli	0,04	0,00	5
322	arbusteti	9,85	1,31	5
51	acque continentali	8,99	1,19	6
<b>13</b>	<b>TOTALI</b>	<b>752,98</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,254** (medio-basso stato di conservazione)

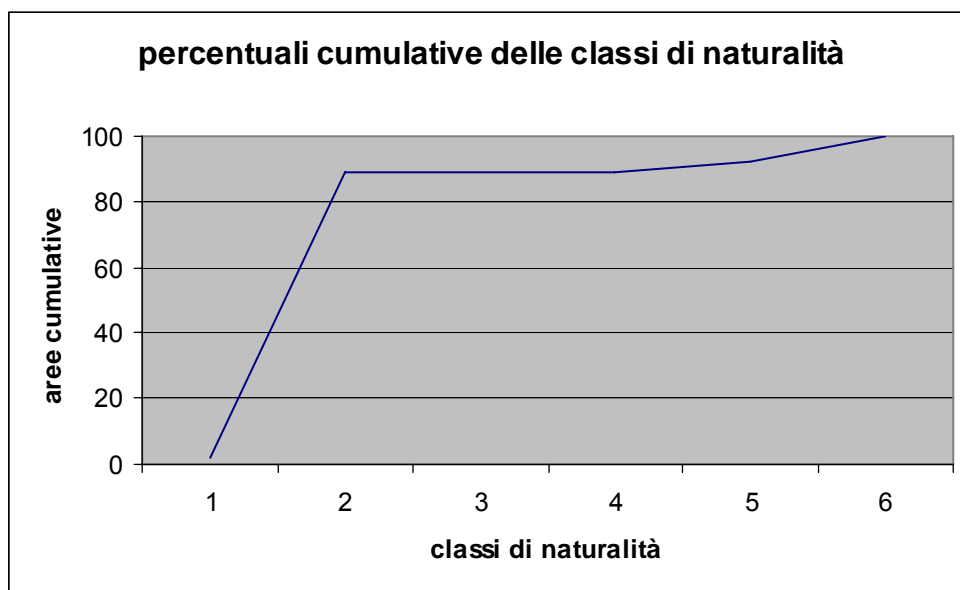


## 4.1.6.2 Sistema dei detriti misti e accumuli di frana

## 4.1.6.2.1 Sottosistema delle aree basso-collinari

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	0,29	0,68	1
12	zone produttive ed infrastrutture	0,47	1,13	1
21	seminativi irrigui e non irrigui	12,58	30,02	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	23,71	56,58	2
3112	boschi di querce caducifoglie	1,47	3,50	6
3113	boschi di latifoglie mesofile	1,67	3,98	6
3116	boschi igrofili	0,41	0,97	6
322	arbusteti	1,31	3,14	5
<b>8</b>	<b>TOTALI</b>	<b>41,90</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,278** (medio-basso stato di conservazione)

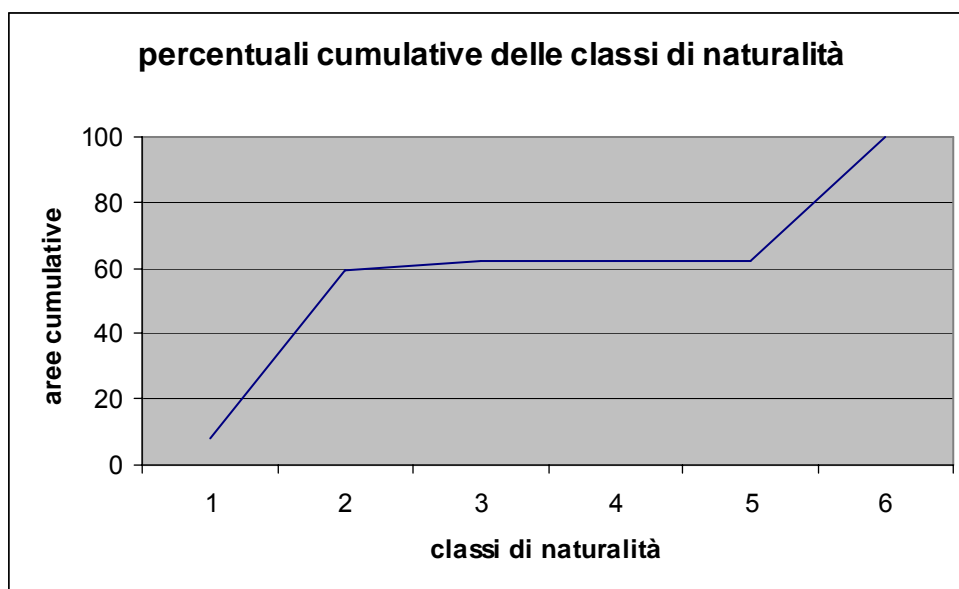


## 4.1.6.3 Sistema delle formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste

## 4.1.6.3.1 Sottosistema delle aree basso-collinari

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	1,50	6,07	1
12	zone produttive ed infrastrutture	0,42	1,70	1
14	zone verdi artificiali	0,00	0,00	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	8,45	34,29	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	4,01	16,25	2
24	zone agricole eterogenee	0,73	2,96	3
3112	boschi di querce caducifoglie	9,43	38,24	6
31129	boschi di querce e conifere	0,12	0,48	5
<b>8</b>	<b>TOTALI</b>	<b>24,65</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,494** (medio stato di conservazione)

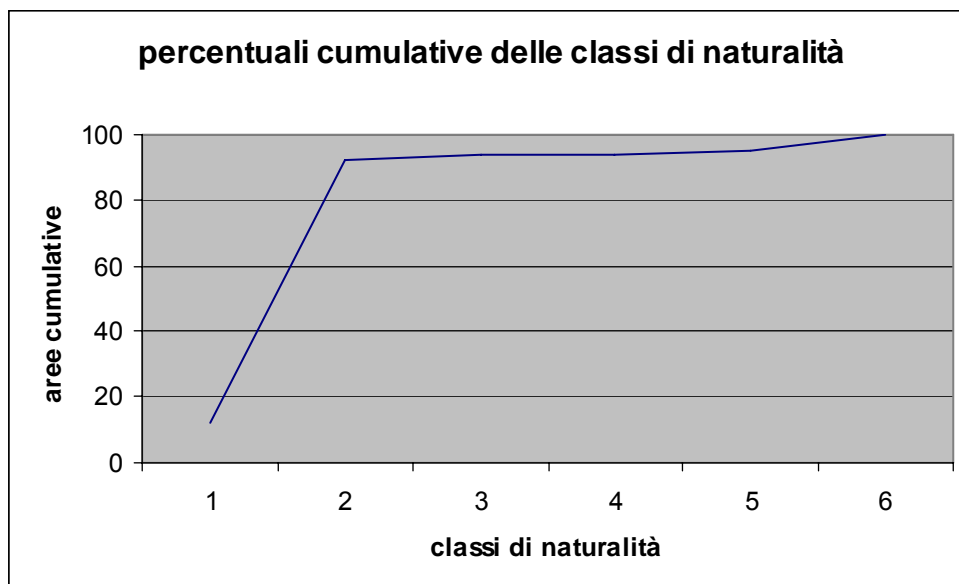


## 4.1.6.4 Sistema delle argille marine e lacustri

## 4.1.6.4.1 Sottosistema delle aree basso-collinari

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	227,46	7,42	1
12	zone produttive ed infrastrutture	134,60	4,39	1
13	cave, cantieri, discariche	5,84	0,19	1
14	zone verdi artificiali	65,83	2,15	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	1.951,05	63,64	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	418,21	13,64	2
24	zone agricole eterogenee	56,25	1,83	3
3111	boschi di leccio	0,91	0,03	6
3112	boschi di querce caducifoglie	118,34	3,86	6
3113	boschi di latifoglie mesofile	2,49	0,08	6
3116	boschi igrofili	19,54	0,64	6
31171	robinieti	7,83	0,26	3
312	boschi di conifere	0,97	0,03	4
321	praterie e pascoli	4,87	0,16	5
322	arbusteti	43,30	1,41	5
51	acque continentali	8,40	0,27	6
<b>16</b>	<b>TOTALI</b>	<b>3.065,88</b>	<b>100,00</b>	

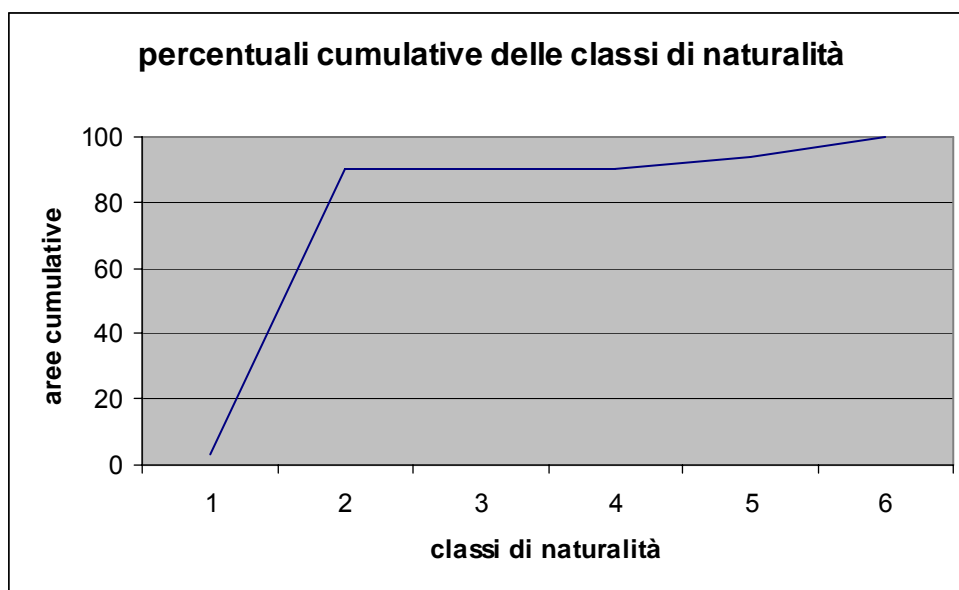
- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,232** (medio-basso stato di conservazione)



## 4.1.6.4.2 Sottosistema delle aree di pianura

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	0,30	0,60	1
12	zone produttive ed infrastrutture	1,24	2,50	1
13	cave, cantieri, discariche	0,07	0,14	1
21	seminativi irrigui e non irrigui	42,65	85,95	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	0,45	0,91	2
24	zone agricole eterogenee	0,00	0,00	3
3112	boschi di querce caducifoglie	1,08	2,18	6
3116	boschi igrofili	2,21	4,45	6
321	praterie e pascoli	1,25	2,52	5
322	arbusteti	0,37	0,75	5
<b>10</b>	<b>TOTALI</b>	<b>49,62</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,268** (medio-basso stato di conservazione)



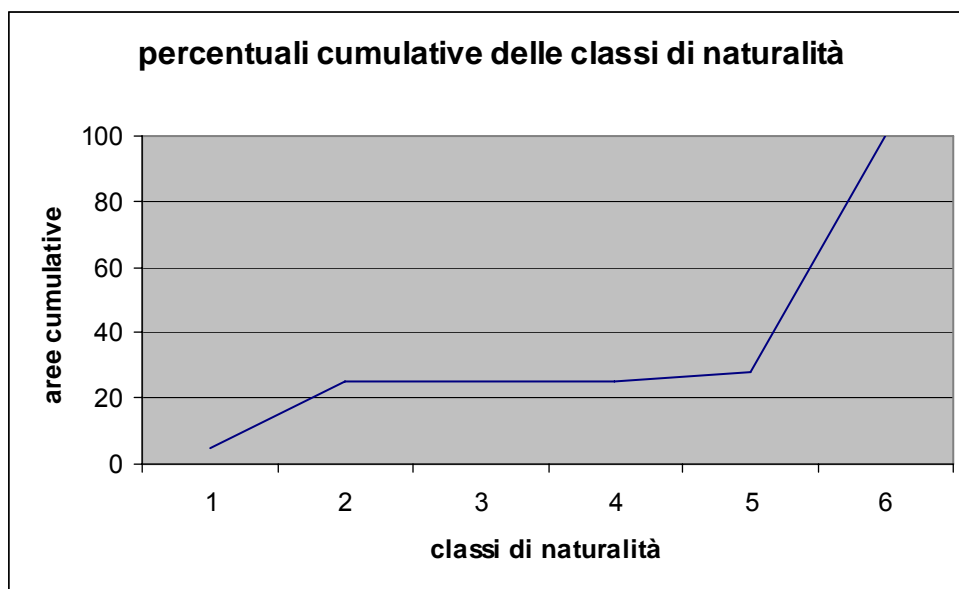


## 4.1.6.5 Sistema dei conglomerati

## 4.1.6.5.1 Sottosistema delle aree basso-collinari

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	25,88	1,93	1
12	zone produttive ed infrastrutture	35,76	2,67	1
13	cave, cantieri, discariche	3,22	0,24	1
14	zone verdi artificiali	5,86	0,44	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	196,14	14,66	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	63,09	4,72	2
24	zone agricole eterogenee	8,96	0,67	3
3111	boschi di leccio	758,68	56,72	6
3112	boschi di querce caducifoglie	197,41	14,76	6
3113	boschi di latifoglie mesofile	1,52	0,11	6
3116	boschi igrofili	4,57	0,34	6
312	boschi di conifere	0,66	0,05	4
321	praterie e pascoli	13,49	1,01	5
322	arbusteti	21,90	1,64	5
51	acque continentali	0,44	0,03	6
<b>15</b>	<b>TOTALI</b>	<b>1.337,58</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,784** (medio-alto stato di conservazione)

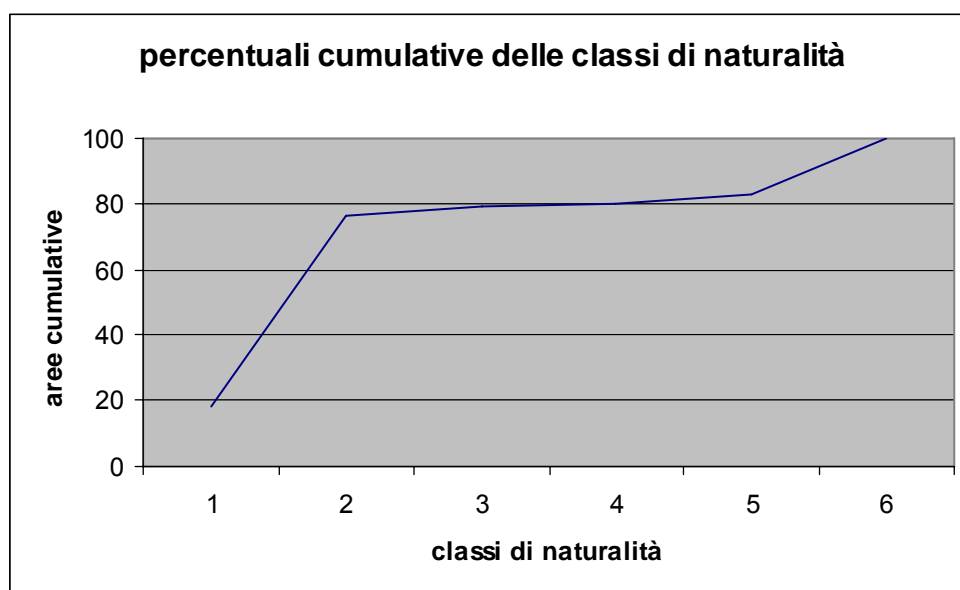


## 4.1.6.6 Sistema delle sabbie e arenarie

## 4.1.6.6.1 Sottosistema delle aree basso-collinari

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	563,65	11,49	1
12	zone produttive ed infrastrutture	338,23	6,89	1
13	cave, cantieri, discariche	2,66	0,05	1
14	zone verdi artificiali	139,83	2,85	2
21	seminativi irrigui e non irrigui	1.304,21	26,58	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	1.385,35	28,24	2
24	zone agricole eterogenee	112,23	2,29	3
3111	boschi di leccio	69,09	1,41	6
3112	boschi di querce caducifoglie	670,58	13,67	6
31129	boschi di querce e conifere	16,39	0,33	5
3113	boschi di latifoglie mesofile	14,43	0,29	6
3116	boschi igrofili	38,48	0,78	6
31171	robinieti	61,89	1,26	3
312	boschi di conifere	32,64	0,67	4
321	praterie e pascoli	4,46	0,09	5
322	arbusteti	148,60	3,03	5
33	zone con vegetazione rada o assente	0,45	0,01	6
51	acque continentali	3,10	0,06	6
<b>18</b>	<b>TOTALI</b>	<b>4.906,28</b>	<b>100,00</b>	

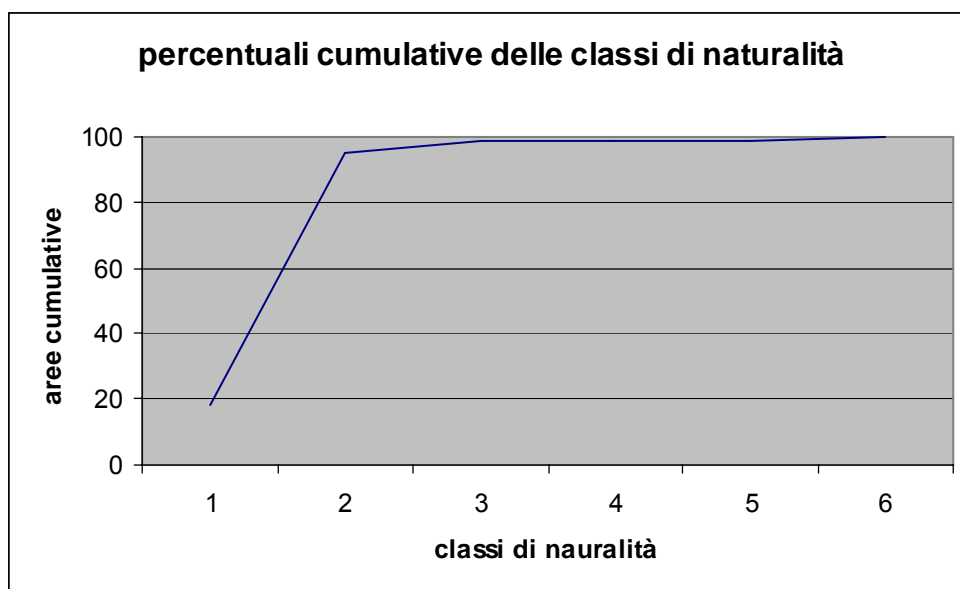
- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,322** (medio-basso stato di conservazione)



## 4.1.6.6.2 Sottosistema delle aree di pianura

cod. CLC	descrizione	ettari	% sup.	classe naturalità
11	zone urbanizzate	0,06	0,74	1
12	zone produttive ed infrastrutture	0,27	3,25	1
13	cave, cantieri, discariche	1,23	14,86	1
21	seminativi irrigui e non irrigui	6,02	72,82	2
22	colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti)	0,28	3,35	2
24	zone agricole eterogenee	0,34	4,11	3
3112	boschi di querce caducifoglie	0,07	0,87	6
<b>7</b>	<b>TOTALI</b>	<b>8,27</b>	<b>100,00</b>	

- Indice di Conservazione del Paesaggio: **0,178** (basso stato di conservazione)



SISTEMA	cod. Sottosistema	SOTTOSISTEMA	ILC	Stato di conservazione	ILC Area Metropolitana
Sistema delle alluvioni recenti, alluvioni terrazzate, depositi eluviali e colluviali	11	Sottosistema delle aree alto-collinari			
	13	Sottosistema delle aree basso-collinari	0,272	medio-basso	0,364
	12	Sottosistema delle aree di pianura	0,254	medio-basso	0,266
Sistema dei detriti misti e accumuli di frana	23	Sottosistema delle aree basso-collinari	0,278	medio-basso	0,626
	22	Sottosistema delle aree di pianura			
Sistema del macigno	31	Sottosistema delle aree alto-collinari			
	33	Sottosistema delle aree basso-collinari			
Sistema delle formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste	41	Sottosistema delle aree alto-collinari			
	43	Sottosistema delle aree basso-collinari	0,494	medio	0,644
Sistema dei diaspri, quarziti e metamorfiti	51	Sottosistema delle aree alto-collinari			
	53	Sottosistema delle aree basso-collinari			
	52	Sottosistema delle aree di pianura			
Sistema delle argille marine e lacustri	63	Sottosistema delle aree basso-collinari	0,232	medio-basso	0,318
	62	Sottosistema delle aree di pianura	0,268	medio-basso	0,394
Sistema delle formazioni carbonatico-silicee	71	Sottosistema delle aree alto-collinari			
	73	Sottosistema delle aree basso-collinari			
	72	Sottosistema delle aree di pianura			
Sistema dei conglomerati	81	Sottosistema delle aree alto-collinari			
	83	Sottosistema delle aree basso-collinari	0,784	medio-alto	0,758
	82	Sottosistema delle aree di pianura			
Sistema delle sabbie e arenarie	93	Sottosistema delle aree basso-collinari	0,322	medio-basso	0,424
	92	Sottosistema delle aree di pianura	0,178	basso	0,562
Sistema dei travertini	103	Sottosistema delle aree basso-collinari			
	102	Sottosistema delle aree di pianura			

Tabella 4.19 – Indice Di Conservazione del Paesaggio (ILC) e stato di conservazione dei Sottosistemi di Siena

#### 4.1.7 Indici strutturali del mosaico territoriale dell'Area Metropolitana (SMaS), del Comune di Siena e dei sottosistemi

##### 4.1.7.1 Indici strutturali del mosaico territoriale: metodologia

Per descrivere un territorio si può ricorrere anche ad alcuni dati e indici, cosiddetti strutturali, quali, ad esempio, i quattro elencati appresso, di cui il primo già contenuto nelle tabelle mostrate nelle schede sul calcolo dell'Indice di Conservazione del Paesaggio (ILC):

- CA (Class Area): superficie totale di ogni singola categoria della carta della copertura e dell'uso del suolo;
- NUMP (Number of Patches): numero di patches, o tessere, per ciascuna categoria;
- MPS (Mean Patch Size): dimensione media dei patches di ogni categoria, ottenuta dividendo il valore di CA per il valore del NUMP;
- MSI (Mean Shape Index): indice medio di complessità, rappresenta un'elaborazione del rapporto tra superficie media delle tessere di ogni categoria e perimetro delle stesse.

Confrontando i valori che questi dati e indici assumono per le varie categorie d'uso del suolo del territorio in esame, si ottengono informazioni circa il livello di antropizzazione e, quindi, sullo stato di conservazione.

Infatti, un'elevata superficie coperta dalle categorie artificiali, residenziali e agricole, rispetto a quelle naturali e semi-naturali, indica, ovviamente, uno stato di conservazione generale basso, che viene documentato molto bene anche con il citato ILC.

Un numero di tessere (NUMP) elevato indica che il mosaico territoriale è molto frammentato ed eterogeneo; quest'informazione viene fornita, in maniera anche più corretta, dall'indice MPS, per cui minore è il suo valore e maggiore è la frammentazione.

L'indice MSI da, indirettamente, delle indicazioni sulla forma media dei patches. Se il valore è 1, o molto vicino all'unità, si ha a che fare con tessere circolari, o quasi; se il valore è molto maggiore di 1, significa che le tessere hanno, mediamente, una forma irregolare e un perimetro frastagliato, per cui la "core" (porzione della tessera che contiene le caratteristiche tipiche della categoria, non "inquinata" dall'effetto margine) è ridotta e, nel caso di tipologie naturali, si constata una minore capacità di propagazione e di evoluzione e, per contro, un maggior rischio di degradazione.

I valori degli indici suddetti sono utili, ovviamente, anche per effettuare paragoni tra territori differenti contenenti le stesse categorie di uso del suolo ma con diverse caratteristiche quantitative e qualitative.

Consultando contemporaneamente i dati relativi agli indici strutturali e le carte della copertura e dell'uso del suolo è più facile comprenderne il significato e valutarne l'importanza e l'utilità ai fini dell'interpretazione del territorio in esame.

##### 4.1.7.2 Indici strutturali del territorio dell'Area Metropolitana di Siena (SMaS)

CLASS	CA	NUMP	MPS	MSI
11	2.652,85	8.003	0,33	1,47
12	2.636,98	482	5,47	2,94
13	231,35	150	1,54	1,64
14	413,25	761	0,54	1,83
21	40.026,92	3.646	10,98	1,76
22	8.842,47	3.369	2,62	1,55
24	501,46	867	0,58	1,54
3111	6.765,93	496	13,64	1,83
3112	15.185,73	1.949	7,79	2,05
31129	327,99	71	4,62	1,91
3113	2.701,67	443	6,10	2,07

3116	1.084,30	546	1,99	3,71
31171	141,08	118	1,20	2,57
312	381,96	177	2,16	1,73
3131	1.097,75	27	40,66	1,68
321	354,85	175	2,03	1,65
322	1.978,02	1.377	1,44	2,12
33	363,56	113	3,22	1,69
412	0,69	14	0,05	1,13
51	335,70	1.111	0,30	1,64
	86.024,51			

Considerazioni : Il valore della superficie delle singole categorie del Land cover evidenzia che la matrice dell'Area Metropolitana di Siena è costituita dai seminativi irrigui e non irrigui (class 21), pari al 46% del totale. Una buona percentuale di copertura è data anche dai boschi di querce caducifoglie (17%) e dalle colture permanenti (10%), vigneti e oliveti soprattutto.

Dalla tabella si evidenzia un elevato valore dell'indice MPS per le categorie 3131 (formazioni forestali artificiali miste), 3111 (boschi di leccio) e 21 (seminativi), che rappresentano le tipologie mediamente meno frammentate. Un valore minore, ma comunque indicativo di una non eccessiva frammentazione, è associato anche ad altre tipologie forestali, mentre tutte quelle artificiali sono caratterizzate da un dato molto più basso.

L'indice MSI presenta valori generalmente non troppo distanti dall'unità, e raggiunge il valore massimo per la categoria 3116 (boschi igrofili), che normalmente è costituita da tessere dalla forma piuttosto allungata. Le altre tipologie sono tutte mediamente costituite da poligoni con forme più regolari.

La grandezza dell'Area Metropolitana e la sua eterogeneità rendono l'interpretazione dei valori degli indici molto complessa e in alcuni casi addirittura poco utile per una descrizione corretta del mosaico territoriale, per cui è necessario indagare porzioni territoriali più ristrette per avere maggiori informazioni. A tal fine, è stata effettuata l'elaborazione di tali indici sia per i singoli territori comunali che per i territori di ogni Sottosistema.

#### 4.1.7.3 Indici strutturali del Comune di Siena

CLASS	CA	NUMP	MPS	MSI
11	893,55	2.978	0,30	1,49
12	687,15	118	5,82	3,30
13	31,03	50	0,62	1,60
14	236,41	480	0,49	1,87
21	5.167,95	835	6,19	1,88
22	2.061,22	1.019	2,02	1,63
24	219,48	436	0,50	1,55
3111	835,63	121	6,91	1,79
3112	1.063,00	351	3,03	2,01
31129	16,57	5	3,31	2,20
3113	22,60	11	2,05	1,62
3116	205,14	149	1,38	3,27
31171	76,02	75	1,01	2,47
312	34,60	28	1,24	1,82
321	34,20	21	1,63	1,66
322	252,79	280	0,90	2,11
33	0,45	1	0,45	1,13
51	26,69	144	0,19	1,62
	11.864,46			

**Considerazioni** : Il comune di Siena presenta, rispetto agli altri comuni dell'Area Metropolitana, un carattere particolare dovuto alla estensione sensibile delle superfici urbanizzate, pari a ben oltre il 10% del territorio. Anche qui, però, la maggior parte del comune è, in realtà, interessata da superfici agricole, con una maggiore presenza di colture permanenti a ridosso della città (in quanto posta su una porzione rilevata) e una distribuzione dei seminativi nella porzione meridionale, morfologicamente più dolce. Le formazioni forestali non sono, fortunatamente, troppo ridotte, seppure piuttosto concentrate. Soprattutto i boschi di leccio sono, in effetti, presenti quasi totalmente nella porzione occidentale del comune, tanto da costituire un elemento fondamentale e caratteristico del mosaico territoriale di Siena. I boschi di leccio risultano concentrati e scarsamente frammentati e questo aspetto è confermato dall'indice MPS; allo stesso modo i seminativi, con un indice pressoché identico, evidenziano il carattere agricolo del territorio. l'indice MSI assume valori poco distanti dall'unità.

#### 4.1.7.4 Indici strutturali dei territori del Sistema delle alluvioni recenti, alluvioni terrazzate, depositi eluviali e colluviali

CLAS S	Sottosistema aree alto-collinari				Sottosistema aree basso-collinari				Sottosistema aree di pianura			
	CA	NUM P	MPS	MSI	CA	NUM P	MPS	MSI	CA	NUM P	MPS	MSI
11	6,70	38	0,18	1,60	296,06	1.190	0,25	1,51	273,41	675	0,41	1,49
12	5,73	19	0,30	4,95	413,78	801	0,52	3,72	509,84	343	1,49	4,20
13	0,03	1	0,03	1,49	37,06	36	1,03	1,64	32,75	33	0,99	2,31
14	-	-	-	-	50,32	117	0,43	1,73	55,42	84	0,66	1,79
21	91,01	27	3,37	1,65	5.711,01	1.953	2,92	1,98	9.251,97	1.109	8,34	1,98
22	4,12	6	0,69	1,66	956,83	776	1,23	1,69	347,81	202	1,72	1,63
24	-	-	-	-	84,98	238	0,36	1,64	113,23	145	0,78	1,66
3111	61,49	29	2,12	1,66	272,06	204	1,33	2,00	10,18	23	0,44	2,64
3112	20,90	14	1,49	1,84	1.262,36	1.194	1,06	2,40	319,64	482	0,66	2,55
31129	-	-	-	-	94,92	28	3,39	1,94	0,08	3	0,03	1,87
3113	122,30	35	3,49	1,90	140,82	187	0,75	2,32	26,20	66	0,40	2,51
3116	-	-	-	-	237,79	308	0,77	3,13	587,80	281	2,09	3,94
31171	-	-	-	-	16,06	41	0,39	2,23	10,12	24	0,42	2,66
312	0,88	1	0,88	1,39	18,10	33	0,55	1,80	1,73	4	0,43	2,36
3131	-	-	-	-	13,52	8	1,69	1,87	0,00	1	0,00	1,41
321	11,59	8	1,45	1,44	81,64	50	1,63	1,91	11,58	13	0,89	2,14
322	11,69	20	0,58	1,76	131,33	381	0,34	2,14	86,66	251	0,35	2,20
33	-	-	-	-	12,17	25	0,49	2,15	5,22	32	0,16	2,74
412	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	5	0,00	4,88
51	-	-	-	-	60,91	136	0,45	3,00	122,50	169	0,72	3,50
	336,44				9.891,72				11.766,16			

**Considerazioni sul Sottosistema delle aree alto-collinari** : L'analisi degli indici strutturali mostra la prevalenza, in termini di Class Area, della categoria 3113 (boschi mesofili), anche se la superficie dei seminativi (class 21) è rilevante. Visto, però, il valore relativo ai boschi di leccio (class 3111) è evidente che questo sottosistema è discretamente caratterizzato dalle formazioni forestali. Il valore dell'indice MPS assunto dalle tre categorie suddette, indica che esse sono poco frammentate, e per i boschi questo è un dato sicuramente positivo. L'indice MSI, a parte il caso della categoria 12 (zone produttive ed infrastrutture), si distacca poco dall'unità, per cui, mediamente, le tessere del mosaico territoriale hanno forma piuttosto regolare.

**Considerazioni sul Sottosistema delle aree basso-collinari** : Ben oltre la metà della superficie di questo sottosistema è interessata da un uso agricolo del territorio, in particolare dai seminativi e, in secondo luogo, dalle colture permanenti. Da non sottovalutare la superficie coperta dall'urbanizzato e dalle altre tipologie artificiali che denunciano un utilizzo sensibile di questo territorio. Sommando, però, le superfici interessate dalle formazioni forestali si ottiene un dato non trascurabile (quasi il 20%), che indica la presenza di aree con discreta naturalità. Il valore dell'indice MPS di molte tipologie d'uso del suolo è poco superiore allo 0 e ciò ne

attesta l'elevata frammentazione. Solo per la tipologia 21 e una forestale, assume un discreto valore, che evidenzia la maggiore dimensione media dei poligoni.

I boschi igrofili (3116) presentano un valore dell'indice MSI abbastanza elevato e anche i valori delle altre tipologie forestali si discostano maggiormente dall'unità. Ciò per le formazioni naturali e semi-naturali significa che sono limitati i poligoni di forme regolari, che in genere indicano una maggiore capacità di espansione ed evoluzione.

Considerazioni sul Sottosistema delle aree di pianura : In questo sottosistema è ancora più netta la dominanza dell'uso agricolo del territorio. La categoria 21 (seminativi irrigui e non irrigui) copre oltre i  $\frac{3}{4}$  della superficie totale del sottosistema e anche le altre tipologie artificiali e agricole sono discretamente rappresentate. Ciò dipende dal fatto che la morfologia pianeggiante ne ha favorito l'uso a discapito delle formazioni forestali, che sono decisamente scarse. E' in questo contesto, però, che si ritrova una notevole superficie di boschi igrofili, seppure in realtà dovuta alla somma delle numerose, ma sottili, strisce perfluviali. Il valore dell'indice MPS è elevato solo per la categoria d'uso del suolo 21, il che sottolinea un utilizzo agricolo intensivo di quest'area. L'antropizzazione è evidente anche dai valori dell'indice MSI, essendo in molti casi distante dall'unità. Le formazioni naturali e semi-naturali sono in effetti limitate ai bordi delle aree agricole e dei corsi d'acqua o in piccole superfici temporaneamente incolte o abbandonate, per cui occupano tessere dalle forme irregolari.

#### 4.1.7.5 Indici strutturali del territorio del Sistema dei detriti misti e accumuli di frana

CLASS	Sottosistema aree basso-collinari			
	CA	NUMP	MPS	MSI
11	8,63	55	0,16	1,51
12	23,77	52	0,46	3,69
14	0,57	3	0,19	1,62
21	90,89	60	1,51	1,97
22	80,07	38	2,11	1,45
24	2,35	8	0,29	1,81
3111	67,06	13	5,16	2,11
3112	171,40	52	3,30	1,97
3113	5,07	5	1,01	1,43
3116	1,03	12	0,09	2,93
3131	63,19	13	4,86	1,44
321	13,27	2	6,64	1,55
322	15,84	17	0,93	1,66
51	0,01	4	0,00	3,45
	543,15			

Considerazioni sul Sottosistema delle aree basso-collinari : Circa la metà della superficie di questo sottosistema è coperta da formazioni forestali (querceti caducifogli e boschi di leccio), mentre circa il 30% è interessato dai seminativi e, in secondo luogo, dalle colture permanenti. Essendo costituito da porzioni di territorio piuttosto distanti e ridotte, tale sottosistema ha un valore intrinseco minore rispetto alla gran parte degli altri, che caratterizzano territori meglio definiti e più estesi. L'indice MPS delle categorie artificiali è poco superiore allo 0 e ciò ne evidenzia l'elevata frammentazione. Molte categorie naturali e semi-naturali mostrano, invece, un dato lievemente superiore, che indica la presenza di alcuni poligoni di dimensioni indubbiamente rilevanti e interessanti. In pochi casi i valori dell'indice MSI si discostano dall'unità e ciò, per le formazioni naturali e semi-naturali, significa che persistono ancora poligoni di forme regolari anche se generalmente molto piccoli.

Considerazioni sul Sottosistema delle aree di pianura : Le ridottissime dimensioni di tale Sottosistema (circa 0,2 ettari) rendono superflua l'elaborazione degli indici strutturali del relativo mosaico territoriale.



## 4.1.7.6 Indici strutturali dei territori del Sistema del Macigno

CLASS	Sottosistema aree alto-collinari				Sottosistema aree basso-collinari			
	CA	NUMP	MPS	MSI	CA	NUMP	MPS	MSI
11	17,05	82	0,21	1,38	49,78	187	0,27	1,50
12	14,22	12	1,19	7,57	49,22	98	0,50	4,84
13	-	-	-	-	0,10	3	0,03	2,51
14	0,19	2	0,09	1,89	2,72	9	0,30	1,62
21	22,34	37	0,60	1,73	144,77	151	0,96	1,75
22	69,68	39	1,79	1,51	483,12	215	2,25	1,68
24	0,98	3	0,33	1,41	2,19	8	0,27	1,29
3111	90,33	11	8,21	1,74	155,81	47	3,32	1,75
3112	215,30	42	5,13	1,79	1.782,80	137	13,01	1,94
3113	64,46	17	3,79	1,71	190,73	31	6,15	1,75
3116	-	-	-	-	11,80	17	0,69	2,52
312	24,55	20	1,23	1,55	30,21	28	1,08	1,99
321	17,29	13	1,33	1,54	10,22	16	0,64	1,45
322	18,82	18	1,05	1,84	18,31	32	0,57	1,97
51	0,01	1	0,01	1,17	1,24	13	0,10	1,54
	555,23				2.933,04			

Considerazioni sul Sottosistema delle aree alto-collinari : Quasi il 40% della superficie di questo sottosistema è interessata dai boschi di querce caducifoglie (3112), e sommando ad essi le altre tipologie forestali (3111 e 3113) si ricava che buona parte di questo territorio è caratterizzato dai boschi. Tra gli usi agricoli notevole è quello delle colture permanenti. Probabilmente, le caratteristiche geomorfologiche hanno frenato l'artificializzazione di queste aree permettendo il mantenimento dei soprassuoli forestali. Interessante è il valore che assume l'indice MPS nel caso delle categorie forestali in quanto evidenzia la presenza di boschi continui o poco separati. L'indice MSI, a parte il caso della categoria 12 (zone produttive ed infrastrutture), si distacca poco dall'unità, per cui, mediamente, le tessere del mosaico territoriale hanno forma piuttosto regolare.

Considerazioni sul Sottosistema delle aree basso-collinari : Anche qui, escludendo le non trascurabili superfici utilizzate per le colture permanenti, il resto del sottosistema è quasi totalmente coperto dalle formazioni forestali, essenzialmente dai boschi di querce caducifoglie. Come nel sottosistema alto-collinare, le caratteristiche geomorfologiche hanno reso meno facile l'utilizzo agricolo o urbano di queste aree permettendo il mantenimento delle tipologie forestali. Molto interessante è il valore dell'indice MPS relativo alla categoria 3112 che sottolinea la presenza di grandi superfici continue di bosco. Considerando l'indice MSI, si ricava, anche in questo caso, che, mediamente, le tessere del mosaico territoriale hanno una forma piuttosto regolare.

## 4.1.7.7 Indici strutturali dei territori del Sistema delle formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste

CLASS	Sottosistema aree alto-collinari				Sottosistema aree basso-collinari			
	CA	NUMP	MPS	MSI	CA	NUMP	MPS	MSI
11	1,79	7	0,26	1,59	94,74	389	0,24	1,41
12	1,49	3	0,50	5,38	102,00	159	0,64	4,60
13	0,46	1	0,46	1,95	10,88	3	3,63	1,58
14	-	-	-	-	0,47	7	0,07	1,36
21	0,74	2	0,37	1,32	434,23	339	1,28	1,81
22	15,08	3	5,03	1,66	1.419,45	438	3,24	1,60
24	-	-	-	-	4,80	18	0,27	1,50
3111	98,82	8	12,35	1,83	548,90	82	6,69	1,79
3112	13,83	2	6,92	1,73	1.333,79	245	5,44	1,94

31129	-	-	-	-	0,12	3	0,04	1,29
3113	0,48	1	0,48	1,37	719,53	100	7,20	1,78
3116	-	-	-	-	38,25	44	0,87	2,48
312	0,93	2	0,47	1,12	85,33	28	3,05	1,74
3131	-	-	-	-	1,19	1	1,19	1,30
321	-	-	-	-	18,38	29	0,63	1,73
322	0,16	2	0,08	2,96	90,34	91	0,99	2,00
33	-	-	-	-	1,13	2	0,57	1,31
51	-	-	-	-	5,79	28	0,21	1,62
	133,81				4.909,31			

Considerazioni sul Sottosistema delle aree alto-collinari : Confrontando i dati delle superfici è chiaro che questo piccolo sottosistema è caratterizzato largamente da boschi di leccio (3111) e, in secondo luogo, dai boschi di querce caducifoglie (3112) e dalle colture permanenti (22). Il discreto valore dell'indice MPS relativo ai boschi di leccio indica che essi sono poco frammentati, ma in questo caso si ha a che fare con superfici totali poco estese per cui è poco utile il solo indice. Come per altri sottosistemi, l'indice MSI, escludendo la tipologia 12 (zone produttive ed infrastrutture), si distacca poco dall'unità, per cui, mediamente, le tessere del mosaico territoriale hanno forma piuttosto regolare.

Considerazioni sul Sottosistema delle aree basso-collinari : Questo sottosistema è caratterizzato essenzialmente da due categorie del Land Cover: boschi di querce caducifoglie (3112) e colture permanenti (22). In secondo luogo, sono abbastanza elevate le superfici coperte da altre categorie forestali (3111 e 3113) e dai seminativi (21). In totale la superficie forestale è poco inferiore al 60% dell'area, mentre le tipologie agricole si assestano poco sotto il 40%. Il discreto valore dell'indice MPS relativo alle tipologie forestali indica che esse sono ancora costituite da poligoni piuttosto continui e poco frammentati. Occorre tenere presente che, seppure la gran parte del sottosistema insiste in un solo comune (Castelnuovo Berardenga), sono presenti dei piccoli lembi, lontani l'uno dagli altri, in tutti i comuni. Ciò perché i litotipi che caratterizzano il Sistema in esame non sono concentrati in una singola porzione dell'area metropolitana. Per l'indice MSI vale quanto detto per il sottosistema precedente.

#### 4.1.7.8 Indici strutturali dei territori del Sistema dei diaspri, quarziti e metamorfici

CLAS S	Sottosistema aree alto-collinari				Sottosistema aree basso-collinari				Sottosistema aree di pianura			
	CA	NUM P	MPS	MSI	CA	NUM P	MPS	MSI	CA	NUM P	MPS	MSI
11	1,78	14	0,13	1,24	9,02	50	0,18	1,43	0,36	1	0,36	1,31
12	4,20	24	0,18	4,64	19,54	56	0,35	5,55	0,40	6	0,07	2,10
13	5,55	9	0,62	2,07	0,14	2	0,07	1,29	-	-	-	-
14	-	-	-	-	1,37	5	0,27	1,75	-	-	-	-
21	11,77	10	1,18	1,78	21,88	34	0,64	1,82	1,16	8	0,14	2,87
22	0,36	4	0,09	1,67	15,42	25	0,62	1,71	-	-	-	-
24	-	-	-	-	1,71	4	0,43	1,87	-	-	-	-
3111	41,57	28	1,48	1,81	324,70	45	7,22	1,90	0,17	5	0,03	2,14
3112	6,56	5	1,31	1,99	617,35	64	9,65	1,95	1,86	6	0,31	1,83
31129	-	-	-	-	53,94	7	7,71	1,61	-	-	-	-
3113	200,42	29	6,91	1,64	156,52	25	6,26	1,64	-	-	-	-
3116	-	-	-	-	0,00	1	0,00	1,45	0,03	1	0,03	1,27
3131	61,39	12	5,12	1,51	929,27	27	34,42	2,00	-	-	-	-
321	-	-	-	-	0,88	5	0,18	1,57	-	-	-	-
322	4,71	12	0,39	2,28	21,87	29	0,75	2,69	0,00	1	0,00	1,40
51	-	-	-	-	0,01	1	0,01	1,19	-	-	-	-
	338,31				2.173,64				3,98			

Considerazioni sul Sottosistema delle aree alto-collinari : Questo sottosistema è coperto in gran parte da boschi di latifoglie mesofile. Una discreta superficie è interessata anche dalle formazioni arboree artificiali,

che rispetto alle altre tipologie forestali hanno ovviamente un minor grado di naturalità. Il valore dell'indice MPS è notevole per la tipologia dominante. Per i valori dell'indice MSI vale quanto già rilevato in altri sottosistemi già descritti.

**Considerazioni sul Sottosistema delle aree basso-collinari :** Similmente al precedente ma con proporzioni ed estensioni differenti, questo sottosistema è caratterizzato da superfici forestali, circa per metà naturali o semi-naturali e per un'altra metà artificiali. Entrambe non sono concentrate in una singola parte del territorio ma si alternano e ciò, se da una parte riduce la qualità dei boschi più naturali, dall'altra potrebbe facilitare la rinaturalizzazione di quelli artificiali. I valori dell'indice MPS sono, ovviamente, elevati per le tipologie forestali, essendo costituite da tessere piuttosto grandi. La frammentazione è dunque, in questo caso, ridotta. I valori dell'indice MSI sono tutti abbastanza simili, per cui si ha a che fare con tessere dalle forme relativamente regolari, cioè con maggiori capacità di espandersi ed evolversi, almeno nel caso dei grandi poligoni.

**Considerazioni sul Sottosistema delle aree di pianura :** La ridotta dimensione di questo sottosistema rende poco utile l'analisi dei suoi indici strutturali, essendo molto più facile la lettura e interpretazione del mosaico territoriale, partendo dalla carta dell'uso del suolo, nel caso di aree piccole.

#### 4.1.7.9 Indici strutturali dei territori del Sistema delle argille marine e lacustri

CLASS	Sottosistema aree basso-collinari				Sottosistema aree di pianura			
	CA	NUMP	MPS	MSI	CA	NUMP	MPS	MSI
11	693,24	2.273	0,30	1,50	50,04	195	0,26	1,65
12	566,92	559	1,01	4,90	51,47	336	0,15	3,21
13	38,25	36	1,06	1,77	1,21	6	0,20	3,60
14	94,84	247	0,38	1,85	1,55	4	0,39	1,54
21	16.167,07	1.820	8,88	1,97	2.669,11	1.142	2,34	2,25
22	1.514,73	1.142	1,33	1,60	81,90	115	0,71	1,87
24	106,20	288	0,37	1,58	13,36	35	0,38	1,68
3111	19,19	20	0,96	1,87	-	-	-	-
3112	2.141,08	1.031	2,08	1,95	683,82	419	1,63	2,07
31129	16,34	11	1,49	1,83	0,05	2	0,02	1,41
3113	535,86	263	2,04	2,18	48,57	112	0,43	1,97
3116	75,90	244	0,31	2,47	29,53	174	0,17	2,61
31171	42,56	50	0,85	2,35	0,42	1	0,42	2,30
312	27,45	43	0,64	1,56	1,60	5	0,32	1,77
3131	0,65	1	0,65	1,09	-	-	-	-
321	123,86	45	2,75	1,67	11,54	16	0,72	2,01
322	870,04	695	1,25	1,98	146,72	278	0,53	2,00
33	304,50	105	2,90	1,72	26,68	54	0,49	1,91
412	0,30	11	0,03	1,08	0,37	3	0,12	1,35
51	79,35	592	0,13	1,15	47,72	166	0,29	1,73
	23.418,32				3.865,64			

**Considerazioni sul Sottosistema delle aree basso-collinari :** Tale sottosistema è coperto per circa il 70% dai seminativi (21). L'unica tipologia forestale di dimensioni discrete è quella dei boschi di querce caducifoglie (3112). Poi, ci sono altre due categorie che non possono essere trascurate: le colture permanenti (22) e gli arbusteti (322). Le prime sono maggiormente concentrate nella porzione a cavallo tra i comuni di Castelnuovo Berardenga e Monteriggioni, dove le quote aumentano, i secondi nel comune di Asciano, nella porzione maggiormente boscata. Il valore dell'indice MPS è abbastanza elevato solo per la categoria d'uso del suolo 21, il che conferma ulteriormente l'utilizzo agricolo intensivo di quest'area. I boschi sono, viceversa, di dimensioni medie decisamente ridotte. Anche in questo caso, l'indice MSI non assume valori particolarmente indicativi, seppure non proprio prossimi all'unità. Le tessere del mosaico territoriale sono quindi mediamente di forma regolare.

**Considerazioni sul Sottosistema delle aree di pianura :** Come nel sottosistema precedente, anche in questo la categoria d'uso del suolo 21 (seminativi) è dominante e copre oltre il 70% della superficie totale, mentre

tra le categorie naturali soltanto i boschi di querce caducifoglie (3112) interessano una superficie abbastanza estesa. Questi ultimi sono, però, essenzialmente concentrati nel comune di Asciano. Anche in questo caso la morfologia pianeggiante ha favorito l'uso agricolo a discapito delle formazioni naturali. Per gli indici MPS ed MSI vale quanto detto per il sottosistema precedente.

#### 4.1.7.10 Indici strutturali dei territori del Sistema delle formazioni carbonatico-silicee

CLASS	Sottosistema aree alto-collinari				Sottosistema aree basso-collinari			
	CA	NUMP	MPS	MSI	CA	NUMP	MPS	MSI
11	1,42	11	0,13	1,49	8,30	37	0,22	1,48
12	3,32	23	0,14	3,85	23,85	41	0,58	5,15
13	14,86	18	0,83	1,69	35,80	34	1,05	1,64
21	4,42	20	0,22	1,54	13,23	33	0,40	1,76
22	-	-	-	-	23,78	31	0,77	1,64
24	0,28	2	0,14	1,29	0,42	3	0,14	1,75
3111	131,49	22	5,98	1,85	715,99	72	9,94	1,79
3112	19,98	3	6,66	1,67	315,68	37	8,53	1,92
3113	52,37	31	1,69	1,68	31,93	26	1,23	1,62
3131	-	-	-	-	13,81	15	0,92	1,57
321	4,33	5	0,87	1,51	3,34	11	0,30	1,63
322	1,59	9	0,18	1,73	16,92	30	0,56	1,82
51	-	-	-	-	0,49	3	0,16	1,15
	234,06				1.203,53			

Considerazioni sul Sottosistema delle aree alto-collinari : In questo sottosistema, seppure non molto esteso, l'85% della superficie è coperta da formazioni forestali a dominanza di caducifoglie (3113, 3112) o di leccio (3111). La superficie delle categorie artificiali e agricole è, dunque, molto bassa. Le tipologie boschive dominanti mostrano anche un discreto valore dell'indice MPS, il che significa che esse sono in gran parte poco frammentate. L'indice MSI, a parte il caso della categoria 12 (zone produttive ed infrastrutture), si distacca poco dall'unità, per cui, mediamente, le tessere del mosaico territoriale hanno forma piuttosto regolare.

Considerazioni sul Sottosistema delle aree basso-collinari : Come nel sottosistema alto-collinare, dominano anche qui le tipologie forestali e, in particolare, i boschi di leccio. Le superfici artificiali e agricole sono molto limitate, probabilmente per cause legate alla geomorfologia. Come evidenziato dall'indice MPS, i boschi hanno delle dimensioni medie dei poligoni abbastanza elevati, per cui sono poco frammentati. I valori dell'indice MSI delle tipologie naturali e semi-naturali sono molto simili e poco superiori all'unità, per cui, mediamente, le tessere del mosaico territoriale hanno forma piuttosto regolare.

Considerazioni sul Sottosistema delle aree di pianura : Essendo la dimensione di tale Sottosistema molto ridotta (circa 2,5 ettari) non si è ritenuto utile elaborare gli indici strutturali del relativo mosaico territoriale.

#### 4.1.7.11 Indici strutturali dei territori del Sistema dei conglomerati

CLAS S	Sottosistema aree alto-collinari				Sottosistema aree basso-collinari				Sottosistema aree di pianura			
	CA	NUM P	MPS	MSI	CA	NUM P	MPS	MSI	CA	NUMP	MPS	MSI
11	0,92	6	0,15	1,23	233,95	922	0,25	1,50	0,68	11	0,06	1,82
12	3,85	14	0,27	5,37	213,58	326	0,66	4,65	3,09	30	0,10	3,08
13	0,68	1	0,68	1,67	31,56	11	2,87	1,27	5,31	1	5,31	2,31
14	-	-	-	-	21,11	58	0,36	1,68	0,08	2	0,04	2,01
21	9,12	16	0,57	1,69	1.325,89	980	1,35	1,76	2,73	32	0,09	2,29
22	4,77	2	2,38	2,28	851,64	646	1,32	1,58	0,61	3	0,20	3,18
24	0,11	1	0,11	1,34	28,30	61	0,46	1,50	0,18	2	0,09	1,40
3111	225,25	30	7,51	1,59	3.670,21	292	12,57	1,77	5,68	22	0,26	2,68

3112	613,32	16	38,33	2,27	2.798,23	565	4,95	1,97	34,63	26	1,33	2,80
31129	-	-	-	-	32,63	18	1,81	1,62	-	-	-	-
3113	57,67	17	3,39	1,66	178,34	104	1,71	1,92	-	-	-	-
3116	-	-	-	-	12,47	27	0,46	2,38	2,94	10	0,29	2,73
31171	-	-	-	-	0,63	2	0,31	1,94	-	-	-	-
312	-	-	-	-	35,61	28	1,27	1,96	-	-	-	-
3131	-	-	-	-	14,72	9	1,64	1,64	-	-	-	-
321	2,84	8	0,35	1,55	27,16	45	0,60	1,63	-	-	-	-
322	7,28	17	0,43	2,37	140,36	263	0,53	2,12	0,90	7	0,13	2,12
33	-	-	-	-	0,32	2	0,16	1,41	-	-	-	-
51	-	-	-	-	1,50	62	0,02	1,58	-	-	-	-
	925,80				9.618,21				56,83			

Considerazioni sul Sottosistema delle aree alto-collinari : Questo sottosistema è, in pratica, totalmente boschivo. I querceti caducifogli e, in secondo luogo, i boschi di leccio e altri boschi caducifogli più mesofili, coprono oltre il 95% del territorio. Pochissimi ettari sono dedicati all'agricoltura. Come emerge dalla lettura dei valori dell'indice MPS, i boschi della categoria 3112 sono costituiti da poligoni piuttosto estesi. In realtà, la gran parte è concentrata in un singolo grande poligono di quasi 600 ettari, il che assume un valore elevatissimo in termini ecologici. Anche per questo sottosistema, l'indice MSI, a parte il caso della categoria 12 (zone produttive ed infrastrutture), è sempre poco superiore all'unità, per cui, mediamente, il mosaico territoriale è costituito da tessere che hanno forma piuttosto regolare.

Considerazioni sul Sottosistema delle aree basso-collinari : Al pari del precedente, il carattere forestale di questo sottosistema è evidente. Non sono, però, per nulla trascurabili le superfici dedicate all'agricoltura, sia seminativi che colture permanenti. Le tipologie agricole sono, a differenza dei boschi, molto frammentate e marginali. Ciò emerge anche dalla lettura dei valori dell'indice MPS, dove i boschi di leccio (3111) raggiungono, invece, un discreto valore. In linea con molti degli altri sottosistemi descritti per l'Area metropolitana di Siena, l'indice MSI è sempre poco superiore all'unità, per cui, mediamente, il mosaico territoriale è costituito da tessere che presentano una forma piuttosto regolare.

Considerazioni sul Sottosistema delle aree di pianura : Questo piccolo sottosistema presenta, con le ovvie proporzioni differenti, un mosaico dominato dalle stesse tipologie dei due sottosistemi precedenti. Viste le ridotte dimensioni di partenza, gli indici MPS e MSI assumono un valore relativo.

#### 4.1.7.12 Indici strutturali dei territori del Sistema delle sabbie e arenarie

CLASS	Sottosistema aree basso-collinari				Sottosistema aree di pianura			
	CA	NUMP	MPS	MSI	CA	NUMP	MPS	MSI
11	835,35	2.907	0,29	1,51	5,41	46	0,12	1,56
12	522,10	542	0,96	4,24	7,56	55	0,14	3,36
13	15,50	37	0,42	1,55	1,23	6	0,20	2,10
14	174,72	391	0,45	1,86	2,21	9	0,25	1,86
21	3.292,50	1.741	1,89	1,89	268,12	215	1,25	2,01
22	2.793,26	1.561	1,79	1,68	31,58	32	0,99	1,84
24	140,25	351	0,40	1,58	0,43	3	0,14	1,99
3111	325,05	128	2,54	2,07	-	-	-	-
3112	2.498,94	854	2,93	2,10	233,27	149	1,57	2,25
31129	57,04	24	2,38	1,79	0,03	4	0,01	1,94
3113	162,05	126	1,29	1,92	8,33	16	0,52	2,09
3116	80,00	126	0,63	2,38	6,36	8	0,79	2,55
31171	66,37	79	0,84	2,23	3,03	7	0,43	2,78
312	152,87	67	2,28	1,69	2,69	1	2,69	1,57
321	16,13	27	0,60	2,08	0,52	1	0,52	1,79
322	353,30	470	0,75	2,01	33,02	67	0,49	1,99
33	13,27	33	0,40	1,98	0,26	4	0,07	2,08

51	14,29	93	0,15	1,24	0,85	8	0,11	1,32
	11.513,00				604,90			

Considerazioni sul Sottosistema delle aree basso-collinari : La gran parte di questo sottosistema è caratterizzata da 3 categorie del Land cover: seminativi (21), colture permanenti (22) e querceti caducifogli (3112). Le formazioni forestali non si limitano, però, ai soli querceti indicati, in quanto sono presenti anche dei discreti lembi di boschi di leccio (3111) e di altri boschi caducifogli e di conifere. Un dato importante da considerare è che su questo sottosistema insiste l'estesa area urbana di Siena, che interessa il 10% della superficie. Tra i valori che l'indice MPS assume solo quello relativo ai querceti caducifogli è leggermente superiore agli altri. Per il resto, i valori sono piuttosto bassi il che denuncia un'evidente frammentazione e un mosaico formato da tessere mediamente ridotte. L'indice MSI si presenta con valori poco superiori all'unità e ciò, come già detto, è positivo in quanto significa che la forma media delle tessere del mosaico è piuttosto regolare. Ma questo dato è utile soprattutto nel caso di tessere di dimensioni sensibili.

Considerazioni sul Sottosistema delle aree di pianura : Circa la metà è interessata da categorie agricole, principalmente seminativi. Nonostante le quote modeste e il contesto piuttosto antropizzato persistono ancora vari poligoni di bosco che, se sommati, raggiungono una superficie pari al 40% di tale territorio. Il valore dell'indice MPS è, quasi per tutte le categorie, molto basso, il che indica il notevole impatto antropico presente. Ciò si ricava anche dall'indice MSI della tipologia 3112 (querceti caducifogli) che indica la presenza di tessere dalla forma irregolare. Ma, come nel caso del sottosistema dei detriti e degli accumuli di frana, anche questo è costituito da porzioni abbastanza distanti, per cui non interessa un ambito territoriale ben definito e omogeneo.

#### 4.1.7.13 Indici strutturali dei territori del Sistema dei travertini

CLASS	Sottosistema aree basso-collinari				Sottosistema aree di pianura			
	CA	NUMP	MPS	MSI	CA	NUMP	MPS	MSI
11	48,40	142	0,34	1,57	15,83	34	0,47	1,84
12	64,29	35	1,84	4,29	32,75	14	2,34	3,18
14	5,80	9	0,64	1,95	1,89	3	0,63	2,50
21	446,15	109	4,09	1,70	46,16	36	1,28	1,96
22	136,76	59	2,32	1,44	11,50	4	2,88	1,54
24	1,66	4	0,41	1,29	0,04	3	0,01	2,02
3112	100,10	46	2,18	1,88	0,89	4	0,22	1,86
31129	72,52	30	2,42	2,02	0,31	3	0,10	2,22
3116	-	-	-	-	0,37	5	0,07	2,67
31171	1,85	3	0,62	3,85	0,03	5	0,01	2,72
51	1,04	3	0,35	1,15	0,00	3	0,00	3,08
	878,57				109,77			

Considerazioni sul Sottosistema delle aree basso-collinari : Questo sottosistema è dominato dalle categorie agricole, in particolare dai seminativi, che occupano il 50% della superficie. Sommando le aree delle categorie urbane (13%) si ottiene un valore che viene fortunatamente bilanciato e superato da quello raggiunto dalle tipologie forestali, non totalmente assenti. In realtà quasi la metà dei boschi sono querceti caducifogli misti a conifere, il che denuncia comunque una certa artificialità degli stessi. Il valore dell'indice MPS è quasi sempre basso, il che evidenzia la presenza di un mosaico costituito da tessere piuttosto ridotte. L'indice MSI non riesce invece a sottolineare sensibilmente la presenza di un impatto antropico, essendo i suoi valori non molto elevati.

Considerazioni sul Sottosistema delle aree di pianura : Come il precedente, questo sottosistema, piuttosto limitato, presenta una prevalenza degli usi agricoli del territorio, in particolare dei seminativi, ma le categorie più artificiali superano il 45% della superficie totale. La morfologia pianeggiante ha, indubbiamente, favorito l'uso a discapito delle formazioni naturali che sono scarsissime. I valori dell'indice MPS denunciano l'artificializzazione del territorio così come quelli dell'indice MSI, tutti piuttosto superiori all'unità. Le formazioni naturali e semi-naturali sono in effetti marginali e poste solo ai bordi delle aree coltivate.

#### 4.1.8 *Vegetazione naturale potenziale dei sottosistemi dell'Area Metropolitana*

La vegetazione di un territorio è l'insieme delle comunità vegetali (fitocenosi) che ne compongono il manto vegetale (Ehrendorfer, 1982). La fitocenosi è un complesso omogeneo di più specie che convivono in un luogo circoscritto, caratterizzato da fattori ambientali omogenei, sfruttando le risorse (acqua, nutrienti e luce) ivi disponibili.

In ambienti simili per fattori storici ed ecologici si sviluppano comunità vegetali simili che l'uomo tende a classificare, con maggiore o minore dettaglio, con metodologie diverse. Ogni tipo vegetazionale, specialmente nelle nostre regioni, sottoposte da vari millenni all'azione modificatrice dell'uomo (incendio, taglio, pascolo, bonifica, messa a coltura, piantagione, introduzione di specie da altre regioni, ecc.), detta "antropizzazione", va considerato uno stadio, più o meno in equilibrio con i fattori ambientali, ma che tende sempre verso uno stadio più maturo. Il modificarsi della vegetazione verso stadi più evoluti o più primitivi si chiama "dinamismo" e vi sono vari metodi per studiare tali fenomeni.

In assenza di disturbo il dinamismo conduce a uno stadio finale, oltre il quale la vegetazione non evolve, detto "testa di serie". Si chiama "Vegetazione naturale potenziale", l'insieme delle teste di serie che possono convivere in un dato territorio. Generalmente si fa riferimento al concetto di vegetazione naturale potenziale di Tüxen (1956), ulteriormente ridefinito da van der Maarel e Westhoff (1973) come "la vegetazione che si svilupperebbe in un determinato habitat se tutte le influenze antropiche sul sito stesso e i suoi dintorni cessassero immediatamente e la fase dinamica terminale si raggiungesse subito".

Il concetto di vegetazione potenziale viene generalmente associato al concetto di climax, definito da Clements (1912 e 1928) come la vegetazione in equilibrio con il clima. In seguito vari autori ampliano la definizione classica di vegetazione naturale potenziale. Tra questi Kowarik (1987) dà più enfasi all'influenza dei cambiamenti antropogenici irreversibili. Chytrý (1998), infine, propone il concetto di vegetazione potenziale di rimpiazzo, definita come la vegetazione ipotetica in equilibrio con i fattori climatici ed edafici e con l'influenza antropogenica (tipo di gestione). Per tale ragione, per ogni habitat c'è una gamma più o meno vasta di tipi di vegetazione potenziale di rimpiazzo, corrispondenti ai differenti tipi di attività umana.

Accettando il concetto di vegetazione naturale di rimpiazzo, la vegetazione potenziale può talvolta non corrispondere al climax ma a tipi vicini ad esso (paraclimax, pseudoclimax, preclimax, ecc.). A seconda del contesto ambientale in cui si sviluppa, la vegetazione potenziale può essere distinta a sua volta in vegetazione zonale (dipendente dal clima), azonale (dipendente da condizioni specifiche edafiche ed idriche), ed extrazonale (dipendente dal microclima) (Ivan, 1979). La vegetazione zonale è quella presente nelle "fasce di vegetazione" basate sulla latitudine e sull'altitudine. La vegetazione azonale è legata principalmente a fattori particolari come ad esempio l'acqua: corsi d'acqua, laghi, paludi, ecc.

La vegetazione azonale dei fiumi è contraddistinta da una sequenza spaziale (toposequenza) di formazioni meso-igrofile disposte in fasce più o meno ampie. Si tratta di popolamenti costituiti da entità con ecologia talora molto diversa, in funzione di geomorfologia, profondità di falda e antropizzazione. La vegetazione raramente è forestale con boschetti residuali. Gli aspetti più evoluti, sia in senso strutturale (dimensione e stratificazione), che ecologico (ricchezza floristica e fertilità dei suoli), sono rappresentati da formazioni a *Quercus robur*, *Carpinus betulus* e *Acer campestre* su suoli profondi e fertili a falda stagionale affiorante. Nei fondovalle stretti subentra un bosco igrofilo a *Carpinus betulus*. Il bosco ripariale, a sviluppo lineare lungo i corsi d'acqua a portata perenne su deposito litoide fine, è a dominanza di *Populus alba*, *P. nigra* e *Salix alba* e, quando si arricchisce di sostanza organica, di *Alnus glutinosa*. In presenza di suoli ciottolosi, sulle sponde dei terrazzi e delle isole fluviali, si insediano arbusteti a dominanza di *Salix purpurea* e *S. elaeagnos* a costituire la prima fascia legnosa, disturbata dalle piene ordinarie. Permangono qua e là habitat acquatici con interessanti aspetti di vegetazione idrofitica (a dominanza di *Potamogeton* sp.pl., *Zannichellia palustris* etc.) ed elofitica su suoli sommersi durante i periodi di morbida (cenosi a dominanza di specie diverse in funzione del gradiente ecologico: *Phragmites australis*, *Typha* sp.pl., *Carex* sp. pl., *Eleocharis palustris*, *Sparganium erectum*, *Schoenoplectus palustris* etc.).

La vegetazione extrazonale è sviluppata al di fuori della propria zona, in stazioni con condizioni microclimatiche particolari; ad esempio, nella nostra regione la faggeta è zonale nella fascia montana, mentre si considera extrazonale nelle valli fresche dell'area basso collinare.

Generalmente le carte della vegetazione potenziale vengono realizzate a piccola scala, in quanto sono generalmente più semplici e meno articolate di quelle della vegetazione reale. Per maggiori dettagli sul concetto di vegetazione potenziale si rinvia a Pignatti (1995), Pedrotti (2004).

Va detto peraltro che il concetto di vegetazione potenziale è un'astrazione da non considerarsi cosa statica, immutabile nel tempo, anche perché gli stessi stadi più maturi, detti "climax", o "climacici", in quanto in equilibrio con il clima, possono modificarsi in relazione alle oscillazioni climatiche, a eventuali cataclismi o a normali fattori biologici, come l'arrivo di nuovi agenti patogeni, di nuove specie animali o vegetali da altre regioni o la mutazione di quelle indigene.

Nel caso specifico avremmo un solo tipo di vegetazione zonale, in quanto il clima è relativamente omogeneo: un querceto caducifoglio a prevalenza di cerro. Le teste di serie da noi riconosciute sono quelle più evolute che abbiamo rilevato in ogni sottosistema durante la campagna di rilevamenti per la realizzazione della carta dell'uso del suolo. Si tratta quindi di aspetti vegetazionali legati al substrato edafico e a fattori microclimatici, pertanto tratteremo di aspetti vegetazionali azonali e/o extrazonali. Abbiamo considerato all'apice dell'evoluzione gli aspetti forestali privi di specie esotiche (conifere arboree, robinia, ailanto, ecc.) e poveri di specie di prateria, orlo e mantello boschivo, che entrano in occasione di tagli e incendi. Non abbiamo considerato esotico il castagno (sull'indigenato del quale ancora si disquisisce) in quanto, come pianta sporadica, si presenta come perfettamente naturalizzata e integrata in varie cenosi forestali. Non abbiamo preso in considerazione la vegetazione azonale legata all'acqua per le modeste dimensioni che questa attualmente riveste, ma soprattutto perché non siamo in grado di prevedere la localizzazione e l'estensione delle aree umide (golene, laghi, paludi) in assenza dell'attività antropica.

In un'ipotesi di basso dettaglio, sono tre i tipi di Vegetazione Naturale Potenziale descrivibili per l'Area Metropolitana di Siena:

#### 1. Boschi di leccio

- Sottosistema delle aree basso-collinari del Sistema delle formazioni carbonatico-silicee (solo dove il litotipo è spiccatamente calcareo);
- Sottosistema delle aree basso-collinari del Sistema dei conglomerati (nei versanti occidentali);

#### 2. Boschi di querce caducifoglie e latifoglie mesofile

- Sottosistema delle aree di pianura del Sistema delle sabbie e arenarie;
- Sottosistemi delle aree alto-collinari di tutti i Sistemi;

#### 3. Boschi di querce caducifoglie

- Sottosistemi restanti.

Questa prima suddivisione, seppure molto schematica e generica, racchiude già quelle informazioni che permettono di ricavare i paesaggi vegetali tipici di questo territorio. Aumentando il dettaglio e considerando anche il grado di acidità dei suoli, la loro giacitura e la permeabilità, è possibile suddividere le tre macro-tipologie sopra elencate in un numero di fisionomie meglio definite sotto l'aspetto floristico-vegetazionale e quindi maggiormente riconducibili a singoli ambiti territoriali omogenei, quali sono i Sottosistemi.

In tal senso, a parte i boschi di leccio che trovano maggiori limitazioni in quest'area, per cui possono rappresentare la vegetazione potenziale soltanto dei due Sottosistemi indicati, le due macro-tipologie di boschi caducifogli sono divisibili secondo il seguente schema:

#### 2. Boschi di querce caducifoglie e latifoglie mesofile

##### Boschi di cerro con roverella e carpino bianco

- Sottosistema delle aree alto-collinari del Sistema delle formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste

##### Boschi di cerro con rovere, castagno e carpino bianco

- Sottosistema delle aree alto-collinari del Sistema del Macigno
- Sottosistema delle aree alto-collinari del Sistema dei diaspri, quarziti e metamorfiti
- Sottosistema delle aree alto-collinari del Sistema delle formazioni carbonatico-silicee (solo su silice)



Boschi di cerro con farnia, castagno e carpino bianco

- Sottosistema delle aree alto-collinari del Sistema delle alluvioni recenti, alluvioni terrazzate, depositi eluviali e colluviali
- Sottosistema delle aree di pianura del Sistema delle sabbie e arenarie

3. Boschi di querce caducifoglieBoschi di cerro con rovere e castagno

- Sottosistema delle aree basso-collinari del Sistema del Macigno
- Sottosistema delle aree basso-collinari del Sistema dei diaspri, quarziti e metamorfiti
- Sottosistema delle aree basso-collinari del Sistema delle formazioni carbonatico-silicee (su silice)

Boschi di cerro con rovere, farnia e castagno

- Sottosistema delle aree basso-collinari del Sistema delle sabbie e arenarie

Boschi di cerro con roverella e farnia

- Sottosistema delle aree di pianura del Sistema delle alluvioni recenti, alluvioni terrazzate, depositi eluviali e colluviali
- Sottosistema delle aree basso-collinari del Sistema delle alluvioni recenti, alluvioni terrazzate, depositi eluviali e colluviali
- Sottosistema delle aree di pianura del Sistema dei conglomerati

Boschi di cerro con roverella e olmo

- Sottosistema delle aree basso-collinari del Sistema delle argille marine e lacustri

Boschi di cerro con roverella, farnia e olmo

- Sottosistema delle aree di pianura del Sistema delle argille marine e lacustri

Boschi di roverella con leccio e carpino nero

- Sottosistema delle aree alto-collinari del Sistema dei conglomerati
- Sottosistema delle aree basso-collinari del Sistema dei detriti misti e accumuli di frana

Boschi di roverella con cerro e leccio

- Sottosistema delle aree alto-collinari del Sistema delle formazioni carbonatico-silicee (solo su calcare)
- Sottosistema delle aree di pianura del Sistema dei travertini
- Sottosistema delle aree basso-collinari del Sistema dei travertini
- Sottosistema delle aree basso-collinari del Sistema dei conglomerati (nei versanti orientali)
- Sottosistema delle aree basso-collinari del Sistema delle formazioni calcareo-argillose e calcareo-marnose miste

*4.1.9 Criticità, stato di conservazione ed elementi utili per la funzionalità della rete ecologica territoriale*

A conclusione del vasto lavoro realizzato, finalizzato alla definizione del quadro conoscitivo (carta delle serie di vegetazione), della vegetazione e del paesaggio e in particolare della valutazione dello stato di conservazione dei diversi sistemi e sottosistemi, vengono presentate opportune considerazioni utili per il disegno di governo del PRG e in particolare utili per una prima configurazione della rete ecologica territoriale. Informazioni molto dettagliate e di grande utilità per la definizione di dettaglio della rete ecologica territoriale si ricavano dall'integrazione degli studi di ecologia vegetale con quanto riportato nel capitolo "Indici strutturali del mosaico territoriale dell'Area metropolitana, dei Comuni e dei Sottosistemi". Tali indicazioni potranno risultare utili anche per la definizione del regolamento urbanistico.

Prima di procedere ad una sintetica e unitaria valutazione dell'area metropolitana si è creduto opportuno analizzare lo stato di conservazione di ciascun Comune valutandolo sia in relazione all'uso del suolo dell'intero comune che in base al grado di conservazione dei sottosistemi di paesaggio presenti all'interno del Comune stesso. Le considerazioni fanno ovviamente riferimento sempre anche allo Stato di Conservazione dell'area metropolitana e alle variazioni dell'ILC di uno stesso sottosistema presente in più Comuni.

#### 4.1.9.1 Comune di Siena

Il Comune di Siena interessa 11864 ettari dell'Area Metropolitana. Presenta una grande eterogeneità vegetazionale e di paesaggio. Tale caratteristica è strutturalmente legata ad una grande variabilità litologica. I substrati prevalenti sono sabbie ed arenarie (oltre 46%), argille (oltre 3160 ettari), alluvioni recenti (oltre 2300 ettari) e conglomerati (oltre 1300 ettari). Da un punto di vista morfologico prevale il carattere baso-collinare. Solo nel caso del sistema alluvionale si hanno oltre 750 ettari di ambiti pianeggianti.

In termini fisionomici e di uso del suolo, pur avendo ben 1500 ettari occupati dall'area urbanizzata, la matrice prevalente è quella agricola con ben 5169 ettari di seminativi e 2060 ettari di colture permanenti. Il Comune di Siena è particolarmente interessante in quanto si hanno 254 ettari di verde artificiale, 216 ettari di zone agricole eterogenee (valore più elevato di tutta l'area metropolitana) e ben 2000 ettari di boschi costituiti in prevalenza da querceti caducifogli e leccete e, in piccola parte, da boschi igrofili. La complessità del mosaico territoriale è ulteriormente segnalata dalla presenza di 252 ettari di cespuglieti.

Circa 2000 ettari di "città" (classe 1 della legenda Corine Land Cover), non collocano Siena nella posizione più bassa in termini di stato di conservazione anche se con 0,342 è ben distante dallo 0,46 dell'area metropolitana e pertanto diviene essenziale rivedere in dettaglio lo stato di conservazione dei singoli sottosistemi.

Per queste ragioni, valutando anche le informazioni ricavabili dal Corine Land Cover e dalla Carta delle serie di vegetazione, al fine di migliorare l'efficienza della funzionalità della rete ecologica territoriale sia a scala comunale che metropolitana si suggerisce di:

- monitorare lo stato funzionale e strutturale delle basse colline conglomeratiche per mantenere elevato il valore dell'ILC calcolato in questi oltre 1300 ettari;
- riqualificare il sistema agricolo delle basse colline argillose in quanto con un ILC pari a 0,226 si pone al livello più basso per questo sottosistema di paesaggio (il valore medio è pari a 0,328);
- riqualificare il sistema sabbioso-arenaceo per ragioni simili a quanto detto nel punto precedente;
- aumentare le aree agricole eterogenee favorendo la presenza di elementi seriali quali cespuglieti, mantelli e piccoli nuclei di bosco;
- monitorare la funzionalità e la struttura della lecceta della Montagnola e più in generale tutto il sistema forestale.

#### 4.1.10 Contributo settoriale alla elaborazione del Piano Strutturale

##### 4.1.10.1 Area Metropolitana (SMaS)

Dalle indicazioni emerse e puntualmente riportate nella relazione è possibile individuare criticità e azioni valide per tutta l'area metropolitana e criticità e azioni maggiormente legate ai singoli Comuni. La valutazione tipologica effettuata mediante l'uso dell'ILC mette in risalto una situazione piuttosto degradata. Il valore medio 0,464, pur se relativamente basso, lascia ampie possibilità di azione in quanto è legato alla netta prevalenza della matrice agricola.

E' necessaria comunque una chiara inversione di tendenza in quanto l'area metropolitana potrebbe progressivamente perdere quel carattere tipico dell'area senese caratterizzata dal rispetto per le tante e diversificate forme di uso del suolo. La moderna agricoltura non lascia spazio all'insieme di fisionomie anche lineari (cespuglieti, mantelli, fasce riparie, nuclei di bosco, sistemi eterogenei in agricoltura, aree verdi ed orti in città) essenziali per la piena funzionalità della rete ecologica territoriale.

E' quindi evidente che solo con un generale Piano Speciale per il Paesaggio si potrà recuperare quel carattere di eterogeneità ambientale (con relativa alta biodiversità a scala di specie, comunità e paesaggio) che ha reso famosa l'area metropolitana in tutto il mondo.

Potrebbe non essere difficile migliorare la situazione, anche perché i sei Comuni insieme aumentano le possibilità di recupero e favoriscono già l'esistenza di una rete funzionale legata alle singole "eccellenze". In questo senso è quanto mai utile analizzare lo stato di conservazione dei sottosistemi nella valutazione effettuata all'interno dei singoli Comuni. In pratica per ciascuna situazione molto degradata in un Comune esistono situazioni migliori in altri Comuni che potranno essere prese come punto di riferimento della pianificazione e di eventuali progetti. In sintesi è opportuno prevedere almeno le seguenti azioni da estendere per tutta l'Area Metropolitana:

- piano speciale per il paesaggio capace di integrare le eccellenze e riqualificare le criticità. Il Piano avrà come riferimento l'intera area metropolitana e le verifiche e le ipotesi di intervento tenderanno a migliorare la situazione anche a scala di ciascun Comune;
- piano di gestione integrata della bassa collina e delle pianure alluvionali (come riferimento positivo si può per ora tenere in considerazione quella dei Comuni di Castelnuovo, Monteroni e Sovicille ove il valore dell'ILC è superiore a quello medio del sottosistema);
- idem per le colline e pianure argillose (solo Asciano presenta valori dell'ILC superiori alla media, ma comunque molto bassi);
- idem per le pianure e le colline sabbiose (solo Asciano e Castelnuovo presentano valori dell'ILC superiori alla media).

Oltre a queste indicazioni di carattere generale si hanno elementi per suggerire altre azioni a scala metropolitana particolarmente utili per il piano speciale per il paesaggio:

- favorire la presenza di cespuglieti e di nuclei di bosco nel sistema agricolo;
- monitorare e conservare la situazione presente nei sottosistemi alto-collinari;
- migliorare in termini quantitativi e qualitativi le aree verdi in città;

definire, mediante individuazione di nuclei boscati e di relativi elementi di connessione funzionale, una rete di boschi-vetusti capaci di contribuire alla funzionalità della rete ecologica territoriale in termini floristici, vegetazionali e faunistici.

#### 4.1.10.2 Indicazioni a scala comunale: Comune di Siena

Le indicazioni per il Comune di Siena possono essere così sintetizzate:

- piano per un generale miglioramento dello stato di conservazione valutato nel suo complesso e in particolare per ciascuno dei sottosistemi presenti nel Comune;
- riqualificazione del sistema agricolo (basse colline arenacee e argillose) per rendere il valore dell'ILC coerente con quello calcolato nello stesso sottosistema nei Comuni contigui;
- piano/progetto "i paesaggi culturali in città" basato sulla riqualificazione e recupero delle aree verdi urbane e delle aree agricole eterogenee presenti in ambito urbano.

## 4.2 Inquadramento faunistico

### 4.2.1 Introduzione

In questo capitolo vengono descritte le principali componenti faunistiche del territorio del comune di Siena, seguendo una schematizzazione basata sui diversi tipi di ambiente presenti, ognuno caratterizzato dal fatto di possedere un popolamento animale relativamente peculiare.

La maggior parte delle notizie disponibili deriva dai dati inediti acquisiti dal nostro gruppo di ricerca negli ultimi anni, stante la scarsità di pubblicazioni direttamente o indirettamente dedicate alla fauna di questa parte della provincia di Siena.

### 4.2.2 Gli ambienti presenti nel territorio del comune di Siena e la fauna ad essi associata

#### 4.2.2.1 Gli ambienti acquatici

Il Torrente Arbia, il Torrente Bozzone, il Torrente Tressa e i loro affluenti, insieme ad alcuni piccoli bacini artificiali, rappresentano gli unici biotopi di acqua dolce presenti nell'area in esame. La fauna associata a questi ambienti risulta assai diversificata.

Tra i molluschi gasteropodi, *Ancylus fluviatilis* è una delle più peculiari. Si tratta di una piccola chiocciola con conchiglia patelliforme, vivente ancorata saldamente ai ciottoli del fondo in corsi d'acqua ben ossigenati. Altri gasteropodi, come *Lymnaea peregra*, sono invece meno esigenti quanto a qualità e a ossigenazione delle acque. Nel Torrente Arbia, dove sono presenti depositi di fango e di limo, si rinviene *Unio mancus*, un bivalve poco diffuso in provincia, anche se localmente può dare origine a popolazioni numerose.

L'unica specie di crostacei conosciuta è il granchio di fiume (*Potamon fluviatile*), vivente lungo il corso dell'Arbia e del Bozzone dove risulta, però, meno frequente rispetto al passato essendo specie sensibile alla perdita di qualità delle acque.

Le libellule (Odonati) sono senza dubbio uno dei gruppi di insetti più appariscenti degli ambienti acquatici. Alcune, come le *Calopteryx* e *Onycogomphus forcipatus*, popolano il tratto superiore dei corsi d'acqua; altre, come *Ischnura elegans*, *Orthetrum brunneum* e *Crocothemis erythraea*, colonizzano le acque ferme di stagni, laghi e pozze e quelle a debole scorrimento dei torrenti.

Legati alla vegetazione ripariale a salici e pioppi è *Aromia moschata*, un cerambicide (Coleotteri) color verde-azzurro, violaceo o bronzio metallico che emana un forte odore di muschio. Sotto i ciottoli dei greti si riparano i callistini del genere *Chlaenius*, piccoli carabi dalle vivaci livree verde metallico. Negli stagni e nelle pozze si rinvencono altri coleotteri a costumi acquatici tra i quali il grosso *Ditiscus marginalis* predatore, sia allo stadio larvale che da adulto.

Le acque del Torrente Arbia, del Bozzone e della Tressa ospitano tre specie di pesci di rilevante interesse. Si tratta della rovello (*Rutilus rubilio*), del cavedano di ruscello (*Leuciscus lucumonis*) e del ghiozzo di ruscello (*Padogobius nigricans*), entità non molto frequenti e in generalizzata diminuzione e (gli ultimi due) esclusivi dei corsi d'acqua della Toscana dell'Umbria e dell'alto Lazio compresi tra il Serchio e il Tevere. Insieme ad essi troviamo altre specie, le più comuni delle quali sono il cavedano (*Leuciscus cephalus*) e l'anguilla (*Anguilla anguilla*).

Gli Anfibi più spiccatamente acquatici comprendono specie largamente distribuite in Italia, come le rane verdi (*Rana kl. hispanica* e *Rana bergeri*) e la raganella italiana (*Hyla intermedia*), da molto comuni (le prime) a non rare (la seconda) nel territorio comunale.

Il rettile più frequente negli ambienti acquatici, quantunque non esclusivo di essi, è la biscia dal collare (*Natrix natrix*), serpente ampiamente distribuito in tutto il senese.

I corsi d'acqua sono frequentati da un buon numero di uccelli, i più caratteristici dei quali sono: il martin pescatore (*Alcedo atthis*), una specie che nidifica nelle pareti sabbiose e argillose di fiumi e torrenti; la ballerina gialla (*Motacilla cinerea*); il corriere piccolo (*Charadrius dubius*), presente, ma non comune, nei litorali sabbiosi e ciottolosi del tratto medio dell'Arbia, al confine con il territorio del Comune di Monteroni d'Arbia. Alla vegetazione arborea e arbustiva ripariale sono legati l'usignolo di fiume (*Cettia cetti*), il canapino (*Hippolais polyglotta*), il cannareccione (*Acrocephalus arundinaceus*) e pendolino (*Remiz pendulinus*).

A parte la nutria (*Myocastor coypus*), un grosso roditore di origine sudamericana diffuso ormai dappertutto lungo il corso dell'Arbia, del Bozzone e in alcuni laghetti artificiali (le popolazioni toscane derivano da esemplari sfuggiti anni addietro da un allevamento situato presso Civitella Paganico, nel grossetano), l'unico altro mammifero acquatico probabilmente presente entro i limiti del territorio in esame è il toporagno d'acqua di Miller (*Neomys anomalus*), segnalato per il Torrente Arbia, a non molta distanza dai confini comunali. Si tratta di un mammifero la cui distribuzione in Toscana è poco conosciuta e che a scala europea sta subendo un forte declino a causa dell'inquinamento delle acque, del prelievo idrico e dell'uso di pesticidi.

#### 4.2.2.2 I coltivi e gli incolti

Buona parte del territorio comunale è costituita da ambienti aperti adibiti a colture o incolti. Tranne che nella parte meridionale, in corrispondenza con l'inizio delle Crete Senesi (Taverne d'Arbia, Isola d'Arbia, Ponte a Tressa) dove sono presenti estese monocolture, il paesaggio agrario, visto nell'insieme, risulta ancora abbastanza composito ed eterogeneo. Così, aree coltivate si alternano a superfici prative adibite al pascolo e ad aree dove l'abbandono dei terreni ha dato luogo ad incolti, con prati e arbusteti più o meno evoluti.

La composizione della fauna di questi zone riflette la situazione locale. Maggiore è lo sfruttamento ambientale e il degrado del territorio, più banale sono i suoi connotati. Nel complesso, però, la fauna associata a queste tipologie ambientali risulta di notevole interesse, in particolare per quanto riguarda gli uccelli, i quali annoverano alcune emergenze di importanza regionale, nazionale o europea. Infatti, accanto a specie più o meno diffuse in tutti gli ambienti simili della Toscana, come l'allodola (*Alauda arvensis*), lo storno (*Sturnus vulgaris*), il beccamoschino (*Cisticola juncidis*), la sterpazzola (*Sylvia communis*), il saltimpalo (*Saxicola torquata*), lo strillozzo (*Miliaria calandra*), la gazza (*Pica pica*) e la passera mattugia (*Passer montanus*), si trovano specie meno frequenti quali l'occhione (*Burhinus oedicephalus*) e il calandro (*Anthus campestris*). L'occhione è un peculiare caradriforme dalle abitudini crepuscolari e notturne, minacciato a livello europeo e molto raro in Italia, presente con un buon numero di coppie nel comprensorio delle Crete Senesi e della Val d'Orcia. Altrettanto raro risulta il calandro, un passeriforme legato agli ambienti aperti asciutti, anch'esso in provincia localizzato pressoché esclusivamente nelle Crete Senesi e della Val d'Orcia, dove permangono lembi di vegetazione erbacea naturale. In espansione da circa una decina di anni risulta il gruccione (*Merops apiaster*), un uccello che nidifica all'interno di cavità frequentemente scavate nelle pareti argillose o sabbiose di cave, bordi delle strade e delle rive dei corsi d'acqua e che caccia insetti in incolti e coltivi. Si può osservare con sempre maggiore frequenza nel territorio comunale di Siena, anche a stretto ridosso del centro urbano.

Contrariamente agli uccelli, gli altri vertebrati comprendono, tranne pochissimi casi, entità ampiamente diffuse. I rettili più comuni sono la lucertola campestre (*Podarcis sicula*), il ramarro occidentale (*Lacerta bilineata*), la luscengola (*Chalcides chalcides*) e, tra i serpenti, il biacco (*Coluber viridiflavus*).

Le aree intensamente coltivate sono frequentate solo da alcuni micromammiferi, come il topo selvatico (*Apodemus sylvaticus*) e l'arvicola di Savi (*Microtus savii*), mentre gli incolti sono colonizzati da un maggior numero di specie, tanto di insettivori e di roditori, quali la crocidura dal ventre bianco (*Crocidura leucodon*), il riccio (*Erinaceus europaeus*) e l'istrice (*Hystrix cristata*) che di carnivori come la donnola (*Mustela nivalis*), il tasso (*Meles meles*), la faina (*Martes foina*) e la volpe (*Vulpes vulpes*).

Anche il popolamento ad invertebrati è rappresentato da entità molto diffuse. Tra le più vistose si ricordano le farfalle, presenti con numerose specie. *Zerinthia polyxena* è un'entità non eccessivamente comune in Italia e in generalizzata rarefazione a livello europeo, conosciuta, in provincia di Siena, solo per poche località. Altre farfalle, come il macaone (*Papilio machaon*), il podalirio (*Iphiclidia podalirius*), la vanessa pavone (*Inachis io*), la Melanargia galathea, la *Colias australis*, il *Polyommatus icarus* e la *Coenonympha pamphilus*, sono comuni ovunque.

#### 4.2.2.3 I boschi

Le propaggini sudorientali della Montagnola Senese, al confine con i territori di Monteriggioni e di Sovicille, rappresentano le aree boscate di maggior estensione del comune di Siena, sebbene nuclei residui di boschi si intercalino qua e là tra le colture delle Crete Senesi e nelle propaggini meridionali del Chianti (zona di Ponte a Bozzone). Le specie arboree dominanti variano a seconda dell'esposizione, del substrato e, soprattutto, degli effetti esercitati dalla attività dell'uomo.

La fauna di questi ambienti è costituita da specie tipicamente forestali, legate al bosco per l'intero ciclo vitale, o per le quali il bosco rappresenta un rifugio e/o un sito di riproduzione.

Molte specie di invertebrati vivono sulla parte epigea della vegetazione. Molte farfalle, ad esempio, allo stadio larvale si nutrono a spese di foglie, sia di piante arboree che erbacee, mentre gli adulti succhiano il nettare dei fiori. Tra le farfalle caratteristiche degli ambienti forestali dell'area in esame si ricordano: *Limenitis reducta*; *Gonepteryx rhamni*; *Gonepteryx cleopatra* meno diffusa delle precedenti, particolarmente diffusa nelle leccete; *Argynnis paphia*; *Hipparchia fagi* dai colori mimetici che tendono a confondersi con le cortecce incrostate dai licheni; *Pararge aegeria*, la farfalla più comune lungo i sentieri.

Molti coleotteri hanno uno stadio larvale che si compie all'interno del legname marcescente di alberi vetusti. Le specie più grandi e vistose sono *Ceramix cerdo* e il cervo volante (*Lucanus cervus*), quest'ultimo caratterizzato da un accentuato dimorfismo sessuale, con i maschi muniti di mandibole eccezionalmente sviluppate. Entrambi questi coleotteri si localizzano dove sono presenti alberi di discrete dimensioni per cui oggi non risultano molto comuni.

Passando ai vertebrati, nessuna specie di anfibio può dirsi strettamente legata al bosco, necessitando, tutte indistintamente, di ambienti acquatici per lo svolgimento della maggior parte delle fasi vitali. Il rospo comune (*Bufo bufo*) e la rana agile (*Rana dalmatina*) sono capaci di spingersi a notevole distanza dall'acqua e possono colonizzare le aree boscate.

Nei boschi di bassa e media quota, vivono, oltre alla lucertola muraiola (*Podarcis muralis*) ubiquista, due serpenti, il colubro di Esculapio (*Elaphe longissima*) e la vipera (*Vipera aspis*); quest'ultima specie frequente nell'area della Montagnola Senese. Dove il bosco diventa più rado e si sviluppa una più densa vegetazione arbustiva, si trova il cervone (*Elaphe quatuorlineata*), un serpente poco comune in Toscana e lungo il versante tirrenico della penisola e abbastanza localizzato in provincia di Siena.

Numerosi uccelli frequentano il bosco. Rapace prettamente forestale è lo sparviere (*Accipiter nisus*), comune in tutto il comprensorio senese. Altri rapaci, alcuni più frequenti, altri più localizzati, come la poiana (*Buteo buteo*) e il lodolaio (*Falco subbuteo*), nidificano, quasi sempre nei boschi, ma necessitano di zone aperte, inframezzate ad ambienti boscati, da utilizzare come territorio di caccia. Specie forestali sono il colombaccio (*Columba palumbus*), il picchio rosso maggiore (*Picoides major*) e numerose specie di passeriformi tra le quali, il picchio muratore (*Sitta europaea*), che predilige piante di alto fusto ricche di cavità nelle quali costruire il nido; la tordela (*Turdus viscivorus*), diffusa soprattutto nella Montagnola Senese; il fiorrancino (*Regulus ignicapillus*), molto comune soprattutto nelle leccete; il rampichino (*Certhia brachydactyla*), ampiamente distribuito, ma più frequente nelle fustaie disetanee; la cincia bigia (*Parus palustris*), diffusa nella Montagnola Senese, nell'area del Farma-Merse e dell'Amiata, e presente altrove in Toscana solo a quote più elevate; il fringuello (*Fringilla coelebs*). Una spiccata predilezione per i boschi di aghifoglie mostrano, fra i passeriformi, il verdone (*Carduelis chloris*) ed il verzellino (*Serinus serinus*), entrambi ampiamente diffusi.

La fauna a Mammiferi riveste un certo interesse, sia per numero di specie, che per significato faunistico ma è pochissimo conosciuta. I roditori sono rappresentati essenzialmente da specie arboricole, quali lo scoiattolo (*Sciurus vulgaris*), decisamente comune, il ghiro (*Myoxus glis*), il quercino (*Eliomys quercinus*) e il moscardino (*Muscardinus avellanarius*), questi ultimi tre apparentemente non molto frequenti nel territorio comunale. Tra gli ungulati, il capriolo (*Capreolus capreolus*) e il cinghiale (*Sus scrofa*), sono ampiamente distribuiti come del resto in tutta la provincia di Siena. Questi mammiferi, pur essendo legati al bosco, si spingono abitualmente nelle radure, nei coltivi e negli incolti in cerca di cibo, spingendosi talora ad immediato ridosso della città di Siena. Il cinghiale, a seguito dei continui ripopolamenti con esclusive finalità venatorie, è divenuto molto comune e, talora, è presente in densità talmente elevate, da rappresentare un rischio per l'integrità del bosco della Montagnola. La volpe (*Vulpes vulpes*) e il tasso (*Meles meles*) sono i carnivori più diffusi, mentre la puzzola (*Mustela putorius*) appare meno frequente.

#### 4.2.2.4 Le aree urbane

Il territorio del Comune di Siena è privo di grossi insediamenti urbani ed industriali. Nello stesso capoluogo risiedono poco meno di 55.000 abitanti e gli altri due centri più popolosi, Taverne d'Arbia e Isola d'Arbia, contano solo poche migliaia di abitanti. Nonostante la ridotta estensione, i centri urbani del senese possiedono un popolamento animale ben diversificato, analogamente a quanto succede per aree urbane ben più vaste della nostra penisola.

La fauna dei centri urbani è costituita, in parte, da specie originariamente legate agli ambienti rupestri, per le quali non esiste grande differenza tra una parete rocciosa e le mura di un edificio del centro storico e, in parte, da entità adattabili, che hanno tratto vantaggio dal vivere a contatto dell'uomo, arrivando, in certi casi, ad instaurare con esso rapporti di stretta dipendenza. Nei centri abitati le risorse alimentari sono facilmente

reperibili e disponibili in grande quantità. Gli edifici sono ricchi di ripari, costituiti dalle cavità dei muri, dai sottotetti, dai solai e dalle cantine. Nei parchi si trovano grossi alberi cavitosi, altrove divenuti rari per il governo a ceduo dei boschi. Orti e giardini sono, spesso, tra le poche aree dove è possibile trovare ancora le siepi. La caccia non viene praticata e il disturbo antropico è, in genere, limitato. Tutto questo spiega perché molte specie animali si siano stabilite nelle zone urbane.

Le pozze, gli stagni, e i fontanili degli orti delle valli verdi della città di Siena sono popolati dal tritone punteggiato (*Triturus vulgaris*), dal tritone cretato meridionale (*Triturus carnifex*), dal rospo comune (*Bufo bufo*) e dalle rane verdi (*Rana kl. hispanica* e *Rana bergeri*), presenti talora anche in pieno centro urbano. Meno frequenti sono la raganella italiana (*Hyla intermedia*) e la rana dalmatina (*Rana agilis*).

Le vecchie costruzioni offrono riparo alla tarantola (*Tarentola mauritanica*), nota per le cinte murarie e le abitazioni del centro storico di Siena. La sua comparsa in ambiente urbano è da ricollegarsi probabilmente a trasporto passivo con materiale da costruzione proveniente da aree costiere. Gli stessi ambienti sono colonizzati dalla lucertola muraiola (*Podarcis muralis*) e dalla lucertola campestre (*Podarcis sicula*), anche se quest'ultima è più frequente nei giardini e nelle scarpate erbose. Giardini, orti e parchi pubblici sono frequentati dal ramarro (*Lacerta bilineata*) e, non di rado, dall'orbettino (*Anguis fragilis*). Il biacco (*Coluber viridiflavus*) è il serpente più comune anche se non mancano segnalazioni di altre specie quali il saettone (*Elaphe longissima*). Frequentemente viene allevata nei giardini la testuggine di Hermann (*Testudo hermanni*), che riesce spesso anche a riprodursi.

La civetta (*Athene noctua*), l'allocco (*Strix aluco*), il barbagianni (*Tyto alba*) e, occasionalmente, lo sparviero (*Accipiter nisus*), sono i rapaci notturni e diurni che nidificano nelle aree urbane senesi. Il barbagianni e la civetta prediligono le cavità delle vecchie costruzioni e delle cinte murarie e i sottotetti, mentre l'assio e l'allocco gli alberi cavitosi dei parchi. Negli edifici costruiscono il nido il rondone (*Apus apus*), il balestruccio (*Delichon urbica*), la taccola (*Corvus monedula*) (presente nei centri storici a partire dalla fine del 1800-inizi del 1900), il passero d'Italia (*Passer italiae*), il codirosso (*Phoenicurus phoenicurus*) e il codirosso spazzacamino (*Phoenicurus ocrurus*), entrambi in rapida espansione a Siena negli ultimi 5-6 anni ma in precedenza decisamente rari. I parchi urbani ospitano numerose specie forestali fra le quali il picchio verde (*Picus viridis*), il picchio rosso maggiore (*Picoides major*), il torcicollo (*Jynx torquilla*), il colombaccio (*Columba palumbus*), la capinera (*Sylvia atricapilla*), il pigliamosche (*Muscicapa striata*), il pettirosso (*Erithacus rubecula*), il merlo (*Turdus merula*), la cinciallegra (*Parus major*), la cinciarella (*Parus caereulus*), il rampichino (*Certhia brachydactyla*), il picchio muratore (*Sitta europea*) e diverse specie di fringillidi. Comune in questi ambienti è anche la tortora dal collare orientale (*Streptopelia decaocto*), specie dell'Europa orientale che ha colonizzato l'Europa occidentale e l'Italia ad iniziare dagli anni '40-'50 del secolo scorso.

Accanto ad alcuni mammiferi francamente antropofili, quali il ratto delle chiaviche (*Rattus norvegicus*) e il topolino delle case (*Mus domesticus*) o ubiquisti come il topo selvatico (*Apodemus sylvaticus*), l'ambiente urbano è colonizzato da specie un po' meno usuali, legate soprattutto ai parchi urbani e suburbani. Tra queste alcuni pipistrelli, come il pipistrello nano (*Pipistrellus pipistrellus*) e la rara nottola (*Nyctalus noctula*), insettivori come il riccio (*Erinaceus europaeus*), roditori come lo scoiattolo (*Sciurus vulgaris*) e il ghiro (*Myoxus glis*), e carnivori come la puzzola (*Mustela putorius*) e la faina (*Martes foina*). Quest'ultima è abbastanza diffusa nelle aree verdi della città di Siena e perfino nel centro storico, dove frequenta i tetti delle abitazioni.

#### 4.3 Le aree di particolare interesse faunistico

All'interno del territorio comunale di Siena si evidenziano delle aree che rivestono particolare importanza quali habitat effettivo o potenziale di numerose specie animali, alcune delle quali di particolare interesse ai fini della conservazione in quanto comprese nelle principali normative di tutela della fauna.

Le aree in questione sono:

1. Valli verdi entro le mura di Siena: Valle della Conca di Follonica, Fosso di Ravacciano, Sant'Eugenia, Valle di Santa Chiara, Valle di Porta Giustizia, Fosso di Val di Montone, Valle dell'Orto Botanico, Valle di Fontebranda e Valle Laterina

Sono costituite da fasce di vegetazione arbustiva e boscata, dagli orti e dai piccoli seminativi ad uso familiare che dall'immediata periferia di Siena si incuneano tra le mura cittadine. Rappresentano la caratteristica più particolare della città, dal punto di vista gestionale e amministrativo incluse nell'Oasi di protezione della città di Siena, istituita dall'Amministrazione provinciale nel 1991. La loro importanza risiede nel fatto che rappresentano aree di grande importanza quali siti di riproduzione, rifugio e alimentazione per

una ricca fauna a invertebrati (Molluschi, Insetti, ecc.) e a vertebrati (Anfibi, Rettili, Uccelli e Mammiferi), anche di interesse faunistico e conservazionistico (ad es. il tritone crestato, *Triturus carnifex*), fatto questo che contribuisce in modo determinante ad aumentare la diversità animale entro il perimetro urbano.

## 2. Area compresa tra l'Eremo di San Leonardo al Lago e il Bosco di Lecceto

Si tratta di un'area quasi interamente boscata, caratterizzata da un elevato valore storico-paesaggistico, da una ridotta antropizzazione e da un buon livello di naturalità; è parzialmente inclusa nel SIR (Sito di Importanza Regionale) Montagnola Senese (codice sito: IT5180003), istituito ai sensi della L.R. 56/2000 della Regione Toscana, in applicazione a quanto stabilito dalla Direttiva 92/43/CEE (Direttiva Habitat). Costituisce un'area di rilevante interesse per la presenza di invertebrati (Molluschi: *Solatopupa juliana*, *Retinella olivetorum*; Insetti: *Calosoma sycophanta*, *Leptotyphlus senensis*, *Lucanus cervus*, *Troglorhynchus latirostris*) e di vertebrati (Rettili: cervone, *Elaphe quatuorlineata*; Uccelli: biancone, *Circaetus gallicus*; succiacapre, *Caprimulgus europaeus*; assolo, *Otus scops*; averla piccola *Lanius collurio*; Mammiferi: istrice, *Hystrix cristata*) di interesse comunitario, comprese nelle principali direttive e normative aventi per oggetto la tutela della fauna.

## 3. Propaggini settentrionali delle Crete Senesi

Area di valore naturalistico e paesaggistico, in massima parte originata dalle attività agro-pastorali, costituita da colture intensive intercalate ad elementi arborei e arbustivi lineari, con ridottissima presenza di incolti con vegetazione tipica dei terreni argillosi ricchi di sali sodici della Toscana e dell'Emilia Romagna. È compresa nel SIR (Sito di Importanza Regionale) Crete di Camposodo e Crete di Leonina (codice sito: IT5180004), istituito ai sensi della L.R. 56/2000 della Regione Toscana, in applicazione delle indicazioni di cui alla Direttiva 92/43/CEE (Direttiva Habitat). L'area è di grande importanza per la conservazione di specie di uccelli (nidificanti, migratrici e svernanti) rare o minacciate a livello nazionale ed europeo, legate ad habitat steppici naturali o semi-naturali quali la quaglia (*Coturnix coturnix*), il falco cuculo (*Falco tinnuncius*), l'occhione (*Burhinus oedipnemos*) e il calandro (*Anthus campestris*).

## 4. Corso del Torrente Arbia

Il Torrente Arbia, che segna per un lungo tratto il confine comunale, costituisce un habitat di interesse primario per specie di invertebrati (*Unio mancus*; granchio di fiume, *Potamon fluviatile*), pesci (rovella, *Rutilus rubilio*; cavedano di ruscello, *Leuciscus lucumonis*; ghiozzo di ruscello *Padogobius nigricans*) e Uccelli (martin pescatore, *Alcedo atthis*; corriere piccolo, *Caradrius dubius*) di rilevante interesse e in generalizzata diminuzione, sebbene presenti una perdita di qualità delle acque e un'evidente alterazione della vegetazione riparia. L'importanza di questo corso d'acqua è già stata evidenziata nel P.R.G. di Siena del 1990, il quale prevedeva la realizzazione del Parco Fluviale dell'Arbia, nel tratto compreso tra Pianella e Taverne d'Arbia (comuni di Castelnuovo Berardenga e Siena).

### 4.4 **Priorità di conservazione**

Il territorio del comune di Siena si caratterizza, nel complesso, per la diffusa naturalità e per buoni livelli di diversità animale, senz'altro superiori a quelli riscontrabili in altri comuni toscani e italiani. Il mantenimento di questi valori deve configurarsi, quindi, come una priorità nella gestione e nella pianificazione del territorio, e può essere raggiunto soltanto attraverso l'adozione di opportune misure di conservazione.

Nelle aree boscate devono essere preservate le piante mature, in grado di ospitare una fauna ricca e diversificata, grazie alla maggiore stratificazione del manto arboreo, alla presenza di legname marcescente, che permette lo sviluppo di una ricca comunità di xilofagi e di cavità naturali che offrono riparo a molte specie animali.

Negli ambienti acquatici è prima di tutto fondamentale adottare misure mirate a contenerne la distruzione e l'alterazione, limitando gli interventi idraulici in alveo (escavazioni, apertura di cave, regimazione, cementificazione e canalizzazione delle sponde), razionalizzando lo sfruttamento delle risorse idriche per scopi idropotabili ed irrigui e riducendo il più possibile il carico di inquinanti sia urbani, che derivati da attività agricole e industriali. Per le specie legate agli ambienti ripariali, tanto fluviali che lacustri, è di notevole importanza mantenere un'ampia fascia perimetrale di vegetazione ben strutturata e sufficientemente matura.

Per quanto riguarda i coltivi, i maggiori fattori limitanti la fauna sono rappresentati dall'eccessiva meccanizzazione, dall'uso massivo di erbicidi e pesticidi e dal taglio della vegetazione arbustiva e arborea marginale alle colture. Per questi motivi sarebbe opportuno considerare una serie di interventi di



miglioramento ambientale (messa a dimora di siepi e di filari di alberi posti a separare una superficie coltivata da un'altra) e incentivare forme di agricoltura a basso impatto ambientale, allo scopo di elevare il livello di diversità faunistica

Considerazioni a parte meritano gli incolti, naturali e seminaturali, anche di ridotta estensione, intercalati ai boschi, alle colture o diffusi in aree marginali. Questi ambienti, ritenuti a torto insignificanti, perché scarsamente produttivi in termini economici, divengono ogni giorno più rari, distrutti per essere sostituiti da estese monoculture o per far spazio a centri abitati. Al contrario dovrebbero essere mantenuti, in quanto rappresentano aree spesso ad elevata diversità animale, insostituibili aree di rifugio, alimentazione e riproduzione per numerosi invertebrati e vertebrati.

