

La valutazione dello stato di alterazione di ecosistemi acquatici: individuazione di strategie di conservazione

Francesco VIGLIOTTI

Dipartimento V, Servizio Ambiente, Amministrazione Provinciale di Roma, Roma

Riassunto. - Il progetto riportato e discusso in questo documento evidenzia le problematiche che si pongono al “manager ambientale” che, dai risultati analitici degli studi, deve trarre indicazioni sulle azioni da intraprendere. Un punto cruciale nella valutazione dello stato di alterazione di un ecosistema, e nella conseguente individuazione delle opportune strategie di conservazione, è individuato dal tipo di metodologia utilizzata nella gestione del dato analitico. Infatti, pur utilizzando la stessa qualità e quantità di informazione, si può arrivare a indicazioni diverse rimanendo nella corretta applicazione della legislazione ambientale. A titolo di esempio, è riportata l’esperienza della redazione del Piano di Gestione del Sito di Importanza Comunitaria SIC IT 6030051 basso corso Rio Fiumicino. I dati analitici, gestiti utilizzando il DL.vo 258/2000 o secondo l’Allegato 1 “valutazione dello stato di qualità ambientale” o secondo l’allegato 2/B “Qualità delle acque idonee alla vita dei pesci”, portano a due indicazioni differenti, lasciando al “manager ambientale” la responsabilità di pesare quale sia la più utile al raggiungimento dell’obiettivo prefissato.

Parole chiave: indicatori di qualità, ecosistemi fluviali.

Summary (*Assessment of aquatic ecosystem alteration state: characterization of conservation strategies*). - This paper evidences the problems that an “environment manager” meets with, when deciding which action to undertake for the conservation of the environment, on the basis of analytical data. A critical point in the evaluation of the state of alteration of an ecosystem, hence in the individuation of the appropriate conservation strategies, is the approach to the management of analytical data. Changing the approach, one can get at different directions, given the same amount and quality of information, by applying the rules properly in every case. The data managed by using the DL.vo 258/2000, approaching the problem by the enclosure 1, “Assessment of the environment quality state”, or by the enclosure 2/B B “Quality of water suitable for fishes’ life”, led to two different indications: the environment manager is expected to decide which of the two solutions is more fit-for-purpose.

Key words: quality indicators, fluvial ecosystems.

Introduzione

La Direttiva 92/43/CEE per la conservazione degli habitat naturali e seminaturali, della flora e della fauna selvatica [1], istituisce, all’art. 3, la rete NATURA 2000: essa è un sistema di aree coerenti destinate alla conservazione della biodiversità sul territorio dell’Unione Europea [2]. Tali aree, nel loro complesso, garantiscono la presenza, il mantenimento e/o il ripristino degli habitat e delle specie del continente europeo particolarmente minacciati di frammentazione e di estinzione. I nodi della rete Natura 2000 sono costituiti sia dalle esistenti zone di protezione speciale (ZPS), definite dalla precedente Direttiva “Uccelli”, la 79/409/CEE, [3] e sia dai siti di importanza comunitaria (SIC), definiti dalla Direttiva “Habitat”, che costituiranno, alla fine del complesso iter istitutivo Comunitario, le future zone speciali di conservazione (ZSC). Queste aree possono essere distinte o sovrapposte a seconda dei casi.

L’Italia ha recepito la Direttiva “Habitat” con i DPR 357/1997 [4] e 120/2003 [5]; inoltre, con il DM del 3 aprile 2000 [6], ha provveduto alla pubblicazione dell’elenco delle aree di Natura 2000, il quale è costituito da 341 aree ZPS e da 2413 aree SIC per un totale di 2480 siti che coprono 17% del territorio nazionale [7, 8]. La Regione Lazio ha incaricato la Provincia di Roma della redazione dei Piani di gestione di otto siti di importanza comunitaria. Nell’accordo di programma per la redazione del Piano di Gestione del SIC 6030051 “Basso corso del Rio Fiumicino” stipulato tra Regione e Provincia, è stato previsto espressamente di utilizzare il DL.vo 258/2000 [9] quale strumento guida, sia per valutare lo stato di alterazione dell’ecosistema fluviale che per individuare possibili azioni d’intervento allo scopo di adottare le misure di conservazione.

Per l’esecuzione delle analisi dei parametri chimici, al fine di determinare il livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori (LIM) e lo stato chimico espresso

da microinquinanti e sostanze pericolose, è stato stipulato un apposito accordo di collaborazione con il Dipartimento di Chimica dell'Università di Roma "La Sapienza". Un analogo accordo di collaborazione è intercorso con l'Istituto Superiore di Sanità, per la valutazione dello stato biologico dei corpi idrici espresso dall'indice IBE (indice biotico esteso).

Le analisi ambientali sono state eseguite nell'ambito di una campagna annuale, effettuando i campionamenti con cadenza stagionale.

Metodologie

La caratterizzazione dei corsi d'acqua ricadenti nei SIC è stata eseguita secondo le indicazioni del DL.vo 258/2000. La determinazione della qualità ambientale ha previsto varie fasi:

- inquadramento dell'area, condotto valutando, attraverso i dati esistenti, le pressioni antropiche [10-14];
- individuazione dei punti di campionamento rappresentativi del sistema;
- una fase sperimentale analitica [15-18].

Per ogni stazione sono state svolte analisi:

- *in situ*: chimico-fisiche, con l'analizzatore portatile multiparametrico modello F440 *Quality in sensing* per i parametri pH, temperatura, conducibilità, ossigeno disciolto, e biologiche per la valutazione preliminare US dei macroinvertebrati presenti;
- in laboratorio, per i restanti parametri chimici dei macrodescrittori e microinquinanti, tramite prelievo di campioni d'acqua, e per la valutazione IBE (Tab. 1).

Questi parametri ambientali consentono di definire la pressione antropica esercitata sul sistema, in particolare di ricavare i seguenti indicatori di qualità ambientale:

- LIM;
- IBE;
- stato ecologico;
- stato chimico;
- stato ambientale del SIC;
- indicazioni sullo stato di idoneità delle acque alla vita dei pesci.

Monitoraggio SIC del basso corso del Rio Fiumicino

Sono state così individuate n. 4 stazioni di campionamento (indicate in Tab. 2), rappresentative del sistema, dove eseguire le analisi chimico-fisiche-microbiologiche: la terza di queste stazioni è stata coincidente con la stazione biotica.

Le stazioni sono state georeferenziate con cartografia CRT (Comitato Regionale Tecnico), scala 1:10000: la prima stazione è stata individuata sul Fiume Aniene, la seconda sul Rio Fiumicino, a circa 200 metri

Tabella 1. - Parametri analizzati

Parametro	Unità di misura
Ossigeno disciolto pH (cologaritmo della concentrazione idrogenionica)	% saturazione
Conducibilità	µS/cm a 20 °C
Temperatura	°C
BOD ₅	O ₂ mg/l
COD	O ₂ mg/l
NH ₄ ⁺	N mg/l
NO ₃ ⁻	N
mg/l	
P _{tot}	P mg/l
Durezza	CaCO ₃ mg/l
Piombo	Pb mg/l
Zinco	Zn mg/l
Mercurio	Hg mg/l
Cadmio	Cd mg/l
Cromo	Cr mg/l
Rame	Cu mg/l
Nichel	Ni mg/l
<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100 ml
Indice biotico esteso (IBE)	

Tabella 2. - Georeferenziazione delle stazioni di campionamento

n. stazioni	n. CTR	Coordinate Nord	Coordinate Est	Corpo idrico
1°	366160	4653480	2347990	Fiume Aniene
2°	366160	4653440	2348030	Rio Fiumicino
3° (a)	366160	4652570	2348390	Rio Fiumicino
4°	366160	4652030	2348580	Rio Fiumicino

(a) 3° stazione coincidente per l'analisi del LIM, dello stato chimico e dell'IBE. Comitato Tecnico Regionale (CTR).

dall'immissione nell'Aniene, la terza a metà del SIC, la quarta all'inizio del SIC.

Per ogni stazione sono state svolte analisi stagionali, eseguite sia *in situ* per la valutazione preliminare US dei macroinvertebrati presenti e la determinazione dei parametri: pH, temperatura, conducibilità, ossigeno disciolto (utilizzando l'analizzatore portatile multiparametrico modello F440 *Quality in sensing*), sia in laboratorio per i restanti parametri chimici dei macrodescrittori e microinquinanti e la valutazione IBE.

I dati analitici raccolti sono stati utilizzati per definire la pressione antropica esercitata sul sistema e valutare gli effetti dell'inquinamento sulle specie animali presenti nel SIC da salvaguardare ai sensi della Direttiva "Habitat": in particolare, verso la specie ittica ciprinide *Leuciscus souffia*, è stato verificato se le concentrazioni dei macrodescrittori determinate fossero

Tabella 3. - Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori del sito di importanza comunitaria Rio Fiumicino

Macrodescrittori	Aniene	Punteggio Livello Inquinamento	Fiumicino	Punteggio Livello inquinamento
DO (% saturazione)	9,8	80	9,2	80
BOD ₅ (O ₂ mg/l)	4,5	20	8	20
COD (O ₂ mg/l)	12,3	20	25,5	5
NH ₄ ⁺ (N mg/l)	0,04	40	0,16	20
NO ₃ ⁻ (N mg/l)	1	40	1,3	40
Ptot (P mg/l)	< 0,05	80	< 0,05	80
<i>Escherichia Coli</i> UFC/100 ml	540	40	1900	20
Totale punteggio LIM		320		265

LIM: livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori.

compatibili con la qualità delle acque superficiali idonee alla vita dei pesci ciprinicoli.

Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori (LIM)

Dalle analisi chimico-fisiche microbiologiche è stato determinato il LIM (Tab. 3), ricavando per ciascun parametro la concentrazione del 75° percentile e quindi il corrispondente punteggio definito sulla base della Tab. 7 del DL.vo 258/2000.

La somma dei punteggi dei singoli parametri ci permette di calcolare il livello di inquinamento del corpo idrico esaminato. I punteggi dei livelli di inquinamento espresso dai macrodescrittori (LIM) sono:

- Livello 1: 480-560
- Livello 2: 240-475
- Livello 3: 120-235
- Livello 4: 60-115
- Livello 5: <60

Per il fiume Aniene è stato ottenuto un punteggio di 320, pari al livello LIM 2. Per il Rio Fiumicino il punteggio ottenuto è stato di 265, pari al livello LIM 2.

La qualità biologica del SIC basso corso Rio Fiumicino

In Tab. 4 sono riportati la lista faunistica, i valori di IBE e le classi di qualità relativi al Rio Fiumicino. Il valore IBE medio annuale, determinato applicando i criteri di classificazione definiti al p. 3.2.3. dell'Allegato 1 del DL.vo 258/2000, è 7,5, corrispondente ad un valore IBE = 7-8 (Classe di qualità II/II).

Stato ecologico del SIC basso corso Rio Fiumicino

La valutazione dello stato ecologico è stata determinata, applicando i criteri di classificazione

definiti al p. 3.2.3. dell'Allegato 1 del DL.vo 258/2000, ovvero incrociando i dati LIM e IBE, ed attribuendo come valore rappresentativo del sistema il risultato peggiore. Lo stato ecologico del basso corso del Rio Fiumicino è risultato essere nella Classe III/II.

Valutazione quantitativa delle sostanze chimiche pericolose (stato chimico) basso corso Rio Fiumicino

La valutazione quantitativa delle sostanze chimiche pericolose presenti nelle acque superficiali del SIC, i cui risultati sono raccolti in Tab. 5, è stata effettuata prendendo come riferimento il DL.vo 258/2000: per i metalli, si è fatto riferimento ai valori imperativi indicati nell'Allegato 2/B tab. 1/B "Qualità delle acque idonee alla vita dei pesci", mentre, per i pesticidi clorurati, il corrispondente valore limite di emissione agli scarichi in acque superficiali di riferimento è stato reperito nell'Allegato 5 della Tab. 3.

I valori delle sostanze pericolose determinate risultano essere inferiori ai limiti imposti sia dalla tabella 1/B Allegato 2/B per i metalli, sia dalla tabella 3 Allegato 5 per i pesticidi clorurati.

Qualità ambientale del basso corso del Rio Fiumicino

La determinazione della qualità ambientale è stata determinata, applicando i criteri di classificazione definiti al punto 3.2.4. dell'Allegato 1 del DL.vo 258/2000, rapportando i dati relativi allo stato ecologico LIM con i dati relativi alla presenza di sostanze chimiche pericolose, e attribuendo come valore rappresentativo del sistema il risultato peggiore.

Il giudizio che si può formulare è che i valori della qualità degli elementi chimico-fisici mostrano bassi livelli di alterazione derivanti da attività umana e si discostano solo leggermente da quelli normalmente associati per quell'ecotipo in condizioni non disturbate, mentre gli elementi della qualità biologica si discostano moderatamente.

Tabella 4. - Lista faunistica dei macroinvertebrati – Indice Biotico Esteso (IBE)

Ordini	Unità sistematica	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
Plecotteri	<i>Leuctra</i>			+	+
Efemerotteri	<i>Baetis</i>	+	+	+	+
	<i>Caenis</i>	+	+		+
	<i>Ecdyonurus</i>		+	+	*
	<i>Ephemera</i>		*		*
	<i>Ephemerella</i>		+	+	
	<i>Habrophlebia</i>	*	+		
Tricotteri	<i>Hydropsychidae</i>	+		+	
	<i>Leptoceridae</i>				+
	<i>Limnephilidae</i>	*			
	<i>Odontoceridae</i>		+		
	<i>Philopotamidae</i>			+	
	<i>Polycentropodidae</i>		*	+	*
	<i>Rhyacophilidae</i>			+	
Coleotteri	<i>Dytiscidae</i>		+		
	<i>Elmidae</i>			+	
	<i>Haliplidae</i>				*
	<i>Helodidae</i>		+		
	<i>Hydrophilidae</i>			+	
Odonati	<i>Cordulegaster</i>				+
	<i>Platycnemis</i>				+
Ditteri	<i>Ceratopogonidae</i>		+		*
	<i>Chironomidae</i>	+	+	*	+
	<i>Simuliidae</i>	+	+	+	
	<i>Tananiidae</i>				*
Crostacei	<i>Gammaridae</i>			*	
	<i>Isopodae</i>				+
Gasteropodi	<i>Ancylidae</i>	+			+
	<i>Bythinidae</i>				+
	<i>Lymnaeidae</i>	+	+		
	<i>Physidae</i>	+			
Bivalvi	<i>Pisidiidae</i>	+			
Tricladi	<i>Dugesia</i>	+		+	
Irudinei	<i>Glossiphonia</i>		+		
	<i>Haemopsis</i>		+		
Oligocheti	<i>Lumbricidae</i>	+			
	<i>Tubificidae</i>	+	+		+
Megalotteri	<i>Sialidae</i>			+	
Totale unità sistematica		12	15	12	12
IBE		7-6	8-9	8	7
Classe di qualità		III	II	II	III

* taxon da escludersi dal calcolo dell'IBE perché considerato da *drift*; += presenza valida per il calcolo dell'indice IBE.

Tabella 5. - Determinazione Stato Chimico

Parametri	Valori imperativi	Determinazioni	Valutazione
Cd (mg/l)	0,0025	< 0,002	Minore del limite
Cr (mg/l)	0,020	< 0,005	Minore del limite
Cu (mg/l)	0,040	< 0,005	Minore del limite
Ni (mg/l)	0,075	< 0,005	Minore del limite
Pb (mg/l)	0,050	< 0,05	Minore del limite
Zn (mg/l)	0,300	< 0,002	Minore del limite
Hg (mg/l)	0,0005	< 0,0001	Minore del limite
Pesticidi clorurati* (mg/l)	0,050*	< 0,017*	Minore del limite

Questo giudizio, intermedio tra Sufficiente e Buono, potrebbe risentire pesantemente di un vincolo posto nella esecuzione delle analisi ambientali: il fattore “tempo”, ovvero le scadenze di consegna del preliminare del piano di gestione. Questo ha comportato che i cicli dei lavori si siano svolti in 7 mesi, da marzo a settembre. Tale necessità, pur rispettando la stagionalità, ha forse comportato la sovrastima dei parametri riferiti ai mesi estivi, pesando in maniera negativa sull’IBE.

Qualità delle acque idonee alla vita dei pesci ciprinidi

I dati analitici di alcuni dei parametri chimici microbiologici descritti nel LIM evidenziano una

situazione di inquinamento in corso, anche se nella sommatoria finale, non influiscono nel giudizio espresso dal LIM che, ricordiamo, risultava di livello 2 (equivalente al “Buono”) (vedi la precedente Tab. 3 *LIM SIC Rio Fiumicino*).

Pertanto si è valutato l’impatto dell’inquinamento descritto dai macrodescrittori sulla specie ittica ciprinicola *Leuciscus souffia*. La valutazione è stata effettuata verificando se i dati qualitativi dei parametri rilevati dalle analisi fossero compatibili con i valori caratteristici di idoneità alla vita dei pesci ciprinicoli come stabilito dall’Allegato 2 sezione B del DL.vo 258/2000.

I dati analitici dei macrodescrittori determinati sono stati confrontati con i limiti imposti dalla tabella 1/B “Qualità delle acque idonee alla vita dei pesci ciprinidi”. Dal confronto si è evidenziata la seguente situazione riassunta in Tab. 6.

Si rileva il superamento dei Limiti Imperativi da parte dei parametri BOD₅ e NH₄⁺, il che comporterebbe la conseguente classificazione: Rio Fiumicino non idoneo alla vita dei pesci ciprinidi.

Conclusioni

Dagli esempi illustrati, si evince che al “manager ambientale”, committente dell’analisi ambientale, arrivano due indicazioni differenti, a seconda del tipo di metodologia utilizzata nella gestione del dato analitico, pur avendo utilizzato la stessa qualità e quantità di informazione e lo stesso decreto legislativo: il DL.vo 258/2000.

Infatti, seguendo le prescrizioni dell’Allegato 1 “Valutazione dello stato di qualità ambientale”, risulta che la valutazione della qualità ambientale del corpo idrico ricadente nel SIC è intermedia tra

Tabella 6. - Qualità delle acque idonee alla vita dei pesci ciprinidi

Parametri	Valori guida (VG)	Valori imperativi (VI)	Dati (intervallo) Rio Fiumicino	% di non rispetto dei VI e VG
Temperatura (°C)		≤ 28	< 19	0%
pH	6 - 9		7,1 - 8,15	
O ₂ (O ₂ mg/l)	> 9 (50%) > 7 (10%)	≥ 7 (50%)	8,8 - 9,3	0%
BOD ₅ (O ₂ mg/l)	< 6	≤ 9	3,0 - 18	25% (50% > VG)
NH ₄ ⁺ , (N mg/l)	< 0,2	≤ 1	< 0,04 - 2,4	8% (25% > VG)
Fosforo totale (P mg/l)	< 0,14		< 0,05 - 0,35	(25% > VG)

Sufficiente e Buono: inoltre, i valori della qualità degli elementi chimico-fisici mostrano bassi livelli di alterazione derivanti da attività umana e si discostano solo leggermente da quelli normalmente associati per quell'ecotipo in condizioni non disturbate. L'indicazione che si ricava è che, per migliorare la qualità ambientale, al fine di ottenere lo stato di Buono, gli interventi dovrebbero mirare ad accrescere il valore dell'IBE permettendo una colonizzazione stabile da parte delle comunità di macroinvertebrati.

Diversamente, seguendo quanto indicato nell'Allegato 2/B "Qualità delle acque idonee alla vita dei pesci", risulta che il superamento dei limiti imperativi da parte dei parametri BOD₅ e NH₄⁺, comporta la conseguente classificazione del Rio Fiumicino come non idoneo alla vita dei pesci ciprinidi, ovvero l'inquinamento causato dai reflui urbani non depurati minaccia la sopravvivenza della specie ittica *Leuciscus souffia* individuata nel SIC: pertanto, l'indicazione che si ricava è che si devono programmare urgentemente interventi mirati all'abbattimento del carico organico, con tecniche indirizzate sia al miglioramento della autodepurazione naturale, che alla depurazione dei reflui urbani e domestici degli insediamenti che ricadono nel bacino idrico del Rio Fiumicino.

Queste due indicazioni sono entrambe valide, viene lasciata alla capacità del "manager ambientale" di scegliere quale tra le due indicazioni sia la più idonea al raggiungimento dell'obiettivo preposto.

Lavoro presentato su invito.

Accettato il 3 ottobre 2005.

BIBLIOGRAFIA

- Consiglio dell'Unione Europea Direttiva 92/43/CEE *relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche* GUCE n. 206 del 22 luglio 1992.
- Commissione Europea *La Gestione dei siti natura 2000 – Guida all'interpretazione dell'art. 6 della Direttiva Habitat 92/43/CEE*. <http://europa.eu.int/comm/environment/nature/home.htm>.
- Consiglio dell'Unione Europea Direttiva 79/409/CEE *concernente la conservazione degli uccelli selvatici* GUCE n. L 305 del 08/11/1977.
- Italia. Decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997 n. 357 *Regolamento recante attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche* Supplemento ordinario n. 219/L alla GU n. 248 del 23 ottobre 1997 - Serie Generale.
- Italia. Decreto del Presidente della Repubblica 12 marzo 2003 n. 120 *Regolamento recante modifiche e integrazioni al D.P.R. 8 settembre 1997 n. 357 Regolamento recante attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche* GU n. 124 del 30 maggio 2003, serie generale.
- Italia. Decreto del Ministero dell'Ambiente del 3 settembre 2002 *Linee guida per la gestione dei siti Natura 2000*. GU della Repubblica Italiana n. 224 del 24 settembre 2002.
- Direzione per la Conservazione della Natura. *Natura 2000 Italia Informa* n. 0 Roma: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 2000.
- Regione Lazio *Workshop DOCUP Ob. 2 Lazio 2000 – 2006 – Asse I Misura 1.1 – Valorizzazione del patrimonio ambientale regionale sottomisura 1.1.2 Tutela e gestione degli ecosistemi naturali "La rete Natura 2000 nel Lazio Caratterizzazione dei Siti di Importanza Comunitaria e delle Zone di Conservazione Speciale per l'attuazione della sottomisura 1.1.2"* – Roma 24 gennaio 2003. Roma: Regione Lazio; 2003. p. 151.
- Italia. Decreto Legislativo 18 agosto 2000 n. 258. Disposizioni correttive e integrative del D. Lgs. 11 maggio 1999, n. 152, "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati proveniente da fonti agricole" Suppl. GU n. 218, 18 settembre 2000.
- Provincia di Roma *I depuratori comunali della Provincia di Roma stato di funzionamento e nuove realizzazioni* Roma: Provincia di Roma; 2001. p. 19-29, 108, 118, 150, 230, 280-281.
- Ventriglia U. *Idrobiologia della Provincia di Roma vol. IV Regione Orientale*. Roma: Provincia di Roma; 1990. p. 73-75, 93-95, 107-109, 168, 171,191.
- Mancini L e D'Arca G. *Carta della Qualità Biologica dei corsi d'acqua della Regione Lazio*. Roma: Istituto Superiore di Sanità, Regione Lazio; 2000. p. 3-10, 64-65.
- Ministero dell'Ambiente *Atti della 1^a Conferenza Nazionale sulla Tutela delle Acque*. Roma: Ministero dell'Ambiente; 2000.
- Stanley E. Manahan. *Environmental Chemistry* Seven edition. Boca Raton: Lewis publishers; 2000. p. 56-259.
- Volterra L, De Nava V e Mancini L. *Criteri e standard di qualità per la protezione della vita acquatica*. Rapporti ISTISAN 98/26, Roma: Istituto Superiore di Sanità; 1998. p. 2-38.
- Indice Biotico Esteso (IBE). Manuale di applicazione*. Ghetti PF (Ed.). Provincia Autonoma di Trento; 1997.
- Formichetti P, Rossi A, Aulicino FA e Mancini L. *Acque correnti in ambiente Urbano: il Parco Regionale dell'Appia Antica di Roma*. Rapporti ISTISAN 03/42, Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2003. p. 2 -11, 15- 21, 25-31.
- APAT – IRSA CNR *Metodi Analitici delle acque* APAT Manuali e linee guida 29/2003 (ISBN 88-448-0083-7) Roma: APAT; 2003.