

**VALUTAZIONE DELL'IMPATTO E DEL DANNO
AMBIENTALE LEGATO ALL'INQUINAMENTO DI TIPO
ORGANICO IN UN SISTEMA FLUVIALE, NELL'AMBITO
DELLA COLLABORAZIONE TECNICO-SCIENTIFICA DI
UNIVERSITA' ED ENTI DI RICERCA - Attività svolta
nell'ambito dell'individuazione di possibili iniziative con il
mondo della ricerca
(Servizio DIR UNI).**

Ing. Federica Fratini

Tutor: Dott. Geol. Giorgio Giardini

ABSTRACT

L'importanza dei fiumi come risorsa di alto valore ecologico e paesaggistico rende valida l'attenzione alla valutazione e riduzione dell'inquinamento di tale ecosistema naturale.

La presente tesi analizza, come caso studio, un aspetto del lavoro di ricerca che sta conducendo il Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" in merito al monitoraggio del tratto extraurbano a monte del fiume Tevere, cui l'Ing. Federica Fratini ha preso parte, e, finalizzato all'individuazione delle possibili fonti di inquinamento che gravano sul tratto di fiume in esame.

L'obiettivo del seguente lavoro è quello di valutare l'impatto e il danno ambientale dovuto all'inquinamento di tipo organico, cioè causato da inquinanti derivanti da sostanze organiche biodegradabili, fertilizzanti, fitosanitari e sostanze organiche alogenate, in un sistema fluviale, in relazione alla capacità autodepurativa del corpo idrico superficiale e alle caratteristiche di utilizzazione del sito circostante il fiume. Altro obiettivo principale è quello di fornire gli strumenti necessari per la determinazione dello stato di qualità ambientale di un corpo idrico superficiale, attraverso il monitoraggio ed il controllo della distribuzione temporale e territoriale dei suddetti inquinanti, in accordo con quanto prescritto nella fase conoscitiva iniziale della normativa vigente, D. Lgs.(decreto legislativo) 152/99, "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento", valutando, inoltre, le possibili ripercussioni di tale inquinamento sugli esseri viventi presenti nel fiume. A tale scopo è stato analizzato il caso reale di monitoraggio del tratto extraurbano del fiume Tevere nella sezione Torrita Tiberina - Castel Giubileo, verificando, inoltre, le cause di inquinamento organico e delle morie dei pesci (anno 2000, 2002, 2004) nel tratto urbano del fiume Tevere, riferite dall'ArpaLazio. Ciò è stato possibile mediante il confronto dello stato di qualità ambientale nei due tratti di fiume menzionati, urbano ed extraurbano, tenendo conto delle diverse realtà paesaggistiche e morfologiche caratterizzanti le zone limitrofe il fiume. Questi obiettivi sono stati perseguiti articolando l'attività in due fasi: la fase di caratterizzazione ed una successiva fase di monitoraggio.

Nella prima fase è stata eseguita un'accurata raccolta dei dati storici esistenti finalizzata alla caratterizzazione del sito, mediante opportune ortofoto, carte tematiche e cartografiche di dettaglio passate e recenti, che hanno permesso di delineare le diverse realtà morfologiche e paesaggistiche del tratto di fiume in esame e la loro evoluzione nel tempo. Sono stati reperiti dati storici qualitativi, in particolare i parametri chimici, fisici,

biologici indicati dall'Allegato 1 del D. Lgs. 152/99 e monitorati dall'ArpaLazio negli anni 2003 e 2004.

Infine sono state individuate le attività territoriali e produttive prevalenti nelle zone limitrofe l'alveo del fiume Tevere ed afferenti nel tratto Torrita Tiberina-Castel Giubileo, quali possibili soggetti inquinanti e/o sorgenti di inquinamento organico: cave, impianti zootecnici, impianti industriali, attività agricola, ecc.. Tali dati sono stati resi disponibili dall'ISTAT (Istituto Nazionale Statistiche), quale fonte ufficiale in merito e successivamente correlati alle carte tematiche disponibili, al fine di individuare le possibili fonti di inquinamento organico rappresentate dagli scarichi civili, industriali, di attività agricola e zootecnica, valutandone il potenziale impatto sul fiume.

La seconda fase, di monitoraggio, ha previsto il campionamento delle acque del fiume Tevere in tre specifiche stazioni: Castel Giubileo, Ponte del Grillo e Torrita Tiberina, la cui distribuzione lungo l'asta fluviale in esame tiene conto della presenza di insediamenti urbani e delle attività produttive, come prescritto dalla normativa.

La suddetta attività di campionamento, eseguita da ponte nel 2005, dall'Università, ha permesso di monitorare i parametri indicati dal D. Lgs 152/99: pH, temperatura, ossigeno disciolto, COD (Chemical Oxygen Demand), BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand), ione ammonio, fosforo totale, *Escherichia Coli*, oltre ai metalli pesanti, indispensabili per la determinazione dello stato chimico delle acque del fiume.

I parametri fisici, quali temperatura, ossigeno disciolto e conducibilità, sono stati misurati direttamente in situ mediante specifiche sonde.

Sulla base dell'analisi dei parametri campionati è stato possibile determinare lo stato di qualità ambientale del fiume Tevere nel tratto extraurbano in esame, in conformità con quanto riferito nell'Allegato 1 del D. Lgs 152/99, che prevede la valutazione dello stato ecologico e dello stato chimico, da cui poter poi dedurre il menzionato stato di qualità ambientale. Il primo consiste nel calcolo e nell'integrazione di due indici: il Livello di Inquinamento da Macrodescrittori (LIM) e l'Indice Biotico Esteso (IBE). Quest'ultimo, in accordo con quanto prescritto dalla normativa, non è stato determinato, a causa del regime idraulico del fiume, spesso in piena nei mesi in cui è stato effettuato il campionamento. E' stato pertanto determinato il valore del LIM e poi confrontato con i corrispondenti valori del tratto urbano, rappresentato dalla stazione di Ponte Ripetta e i cui dati sono stati forniti dall'ARPA, solo per gli anni 2002 e 2003.

Dall'analisi del LIM del tratto extraurbano e del tratto urbano, per gli anni 2002, 2003 e 2005, è emerso che il giudizio di qualità ambientale è "Buono", per le stazioni del tratto

extraurbano (Castel Giubileo, Ponte del Grillo e Torrita Tiberina) e di qualità “Scadente” e poi “Sufficiente”, per la stazione di monitoraggio del tratto urbano di Roma, a causa degli apporti inquinanti delle acque dell’Aniene e degli scarichi civili. Per quanto riguarda lo stato chimico, questo è definito dal valore assunto dagli inquinanti chimici (metalli pesanti) rispetto al valore soglia indicato nell’allegato 2B del D. Lgs. 152/99, “Criteri generali e metodologie per il rilevamento delle caratteristiche qualitative, per la classificazione ed il calcolo della conformità delle acque dolci superficiali idonee alla vita dei pesci salmonicoli e ciprinicoli”. Nel tratto specifico di interesse l’acqua del fiume è risultata idonea alla vita dei pesci, in quanto sono rispettate le concentrazioni minime degli inquinanti chimici ed organici, in particolar modo l’ossigeno disciolto, il maggior responsabile dello stato di salute di un ecosistema fluviale, si è rivelato ampiamente al di sopra del limite guida ed imperativo indicato nell’allegato sopra citato. Infine è stato rilevato che il LIM è un indice statistico non del tutto rappresentativo della qualità del fiume in termini di incidenza del singolo parametro, in quanto ne trascura il peso effettivo. Infatti dall’analisi dei singoli macrodescrittori, contrariamente a quanto accade, per la stazione di Torrita Tiberina ci si aspetta uno stato di qualità ecologica di classe superiore a Castel Giubileo. Ciò in riferimento soprattutto ai valori di concentrazione degli *Escherichia Coli*, che sono molto più elevati per Castel Giubileo che non per Torrita Tiberina, essendo quest’ultima poco urbanizzata.

ABSTRACT

The importance of the rivers as resources of high ecological and landscape value calls for a wide attention on to the evaluation and reduction of pollution in the natural ecosystems.

The present paper analyses, as a study case, an aspect of the research carried out by the Department of Hydraulics, Transports and Roads of the University of Rome “La Sapienza” about the monitoring of the extra-urban way of the Tevere upriver, which the Environmental Engineer, Federica Fratini, has taken part in. It aims at locating the possible pollution sources that concern the investigated part way of the river.

The aim of the present paper is to estimate the impact and the environmental damage due to the organic pollution, caused by pollution sources from biodegradable organic substances, phytosanitary fertilizers and halogenated organic substances, in a fluvial system, related to the river purifying ability and to the use characteristics of the sites surrounding the river. Another main aim consists in supplying the necessary instrument to determinate the state of the environmental quality of the river, through the monitoring and control of the temporal and territorial distribution of the polluting factors, in agreement with the regulation in force, D. Lgs. (decree legislative) 152/99, “Dispositions on the protection of waters from pollution”. Moreover we aim at estimating possible consequences of organic pollution on the living beings present in the river. So they have been analysed by monitoring the extra-urban way of the Tevere upriver in the section Torrita Tiberina - Castel Giubileo, looking for the causes of the organic pollution and of the fishes extermination in the urban section of this river. It has been possible by comparing the state of environmental quality in the urban and extra-urban section of the river, and considering the different landscape and morphological aspects characterizing the sites near the river. These goals have been achieved by dividing the activity into two phases: a phase of characterization and a following phase of monitoring.

In the first phase the existing historical data have been collected to characterize the site, by means of photos, thematic recent cartographic documentation in detail, that allowed to point out the different morphological and landscape aspects of the watercourse and their evolution along the time. The used historical quality data have been the chemical, physical, biological parameters, indicated in the Annexed 1 from Document D. Lgs. 152/99 and monitored from the ArpaLazio in years 2003 and 2004.

At last I characterized the main territorial and productive activities in the sites near the river section Torrita Tiberina-Castel Giubileo, as possible polluting subjects and/or organic

pollution sources: zootechnic breeding, industrial systems, agricultural activity, etc. Such data have been made available by the ISTAT (National Institute Statistics), as official source and they have been correlated to the available thematic papers with two aims: to characterize the possible organic pollution sources, represented by the civil, industrial, agricultural and zootechnic wastes and to estimate their potential impact on the river.

The second phase, the monitoring, consisted in sampling waters from the Tevere river in three specific stations: Castel Giubileo, Ponte del Grillo and Torrita Tiberina, distributed along the concerned watercourse taking into account the presence of civil settling and the productive activities, as prescribed by regulations. The activity of sampling, carried out by the University, in 2005, has allowed to monitor the parameters indicated on the D. Lgs 152/99: pH, temperature, oxygen, COD (Chemical Oxygen Demand), BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand), ammonium ion, total phosphorus, *Escherichia Coli*. The physical parameters, temperature, oxygen and conductivity, was measured directly in “situ” by means of specific probes.

On the base of the analysis of the samples parameters, the state of the environmental quality of the concerned Tevere river was determined, according to what reported in the Annexed 1 from D. Lgs 152/99. It regards the evaluation of the ecological state and the chemical state, by which we can draw out the environmental quality. At first we need to calculate and integrate two indices: the Level of Pollution from Macro descriptors (LIM) and the Extensive Biotic Index (EBI). This last, in agreement with the regulation, was not determined, because of the hydraulic status of the river, often in flood in the months in which the sampling was carried out. So was the value of LIM was determined with the correspondent values of the urban watercourse, represented from the station of compared Ponte di Ripetta; its data were supplied by the ARPA, only for the years 2002 and 2003. From the analysis of LIM of extra urban and urban watercourse, for the years 2002, 2003 and 2005, it came out that the quality environmental evolution is “Good”, for the stations of the extra urban way (Castel Giubileo, Ponte del Grillo and Torrita Tiberina) and of “Poor” and “then Sufficient” quality, for the station of monitoring of the urban way of Rome, because of the polluting contributions of the Aniene waters and the civil drainages. As far as the chemical state, this is defined by the polluting value assumed with reference to threshold value indicated in the Annexed 2B from D. Lgs. 152/99, “General standards and methodologies for the survey of the qualitative characteristics, for the classification and the calculation of the conformity of suitable superficial waters to the fishes life”. In the specific case the water of the river is suitable to the fishes life, because the minimal

concentrations of the polluting chemicals are respected, in particular the oxygen, the most important for the health state of a fluvial ecosystem, was above the limit guides, indicated in the enclosure one over cited.

At last it was found that LIM is a statistical index not completely representative of the quality of the river in terms of incidence of a single parameter, since it neglects the effective weight. In fact from the analysis of the single macro descriptors, on the contrary, for the station of Torrita Tiberina we expected a higher class of ecological quality respect to Castel Giubileo. We refer above all to the values of concentration of the *Escherichia Coli*, that are much higher at Castel Giubileo than at Torrita Tiberina, which is less urbanized then other one.

.

PREFAZIONE

I corpi idrici superficiali, tra cui i sistemi fluviali, rappresentano i bacini ricettori delle acque di scarico/depurazione degli impianti di trattamento acque reflue dei complessi urbani. In relazione alla crescente urbanizzazione ed antropizzazione del territorio nazionale, in conseguenza all'aumento demografico riferito dai rapporti ISTAT del 2005 e, alla luce di quanto riportato al livello locale nel Rapporto sullo Stato dell'Ambiente (RSA) del Lazio del 2004, la valutazione dell'impatto e del danno ambientale dell'inquinamento dei sistemi fluviali rappresenta uno strumento di analisi, volto a suscitare la consapevolezza dell'importanza della gestione e tutela della qualità dei comparti ambientali fondamentali quali aria, acqua e suolo, interconnessi tra loro: l'inquinamento dell'acqua può avvenire sia per immissione diretta dell'inquinante, sia tramite il suolo, che a sua volta può essere contaminato direttamente o per fall-out atmosferico.

Sulla base della valutazione dell'impatto e del danno prodotto dall'inquinamento ad un ecosistema naturale è possibile individuare soluzioni volte a prevenire, mitigare e ripristinare situazioni di degrado ambientale. Nel contesto di una VIA assume notevole importanza la caratterizzazione del sito in prossimità del sistema fluviale in esame e il monitoraggio ambientale.

La caratterizzazione del sito permette di specificare il contesto territoriale idrogeologico e geomorfologico, oltre ad individuare l'estensione del bacino idrografico afferente al fiume o al tratto di fiume in esame, assunto come caso studio.

Il monitoraggio ambientale, nell'accezione più comune, rappresenta

“l'insieme delle operazioni che consentono, attraverso la rilevazione di serie appropriate di indicatori ambientali, di pervenire alla valutazione sullo stato della qualità dell'ambiente”¹.

Si prevede dunque un piano della caratterizzazione, che definisce quali possono essere i contaminanti caratteristici delle acque e del sito circostante sulla base della valutazione del territorio e del suo sfruttamento, che vanno confrontati con gli specifici limiti di legge (Decreto Legislativo 152/99).

Infine si organizza un piano di monitoraggio volto ad accertare la natura e distribuzione dell'inquinante nei comparti ambientali interessati e le possibili vie di dispersione dello stesso, in relazione alle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del sito, ai dati storici raccolti e quindi alla caratterizzazione del sito stesso.

¹ Gamba G., Martignetti G., Dizionario dell'ambiente, ISEDI - UTET, Torino 1995.

INDICE

ABSTRACT	2
ABSTRACT	5
PREFAZIONE.....	8
INDICE.....	10
INDICE DELLE FIGURE.....	12
INDICE DELLE TABELLE	14
INTRODUZIONE	16
METODOLOGIA.....	17
Capitolo 1	19
IL FIUME: UN ECOSISTEMA NATURALE	19
1.1 Ciclo idrologico e formazione di un bacino imbrifero	19
1.2 Effetti del regime di flusso sulla morfologia del territorio.....	22
1.3 Ecologia di un corso idrico superficiale.....	23
Capitolo 2	26
INQUINAMENTO E DANNO AMBIENTALE.....	26
2.1 Tipologie di inquinanti presenti in un ecosistema	26
2.2. Fonti di inquinamento presenti in un corpo idrico superficiale, quale ecosistema naturale.....	27
2.3 Effetti dell'inquinamento in un corso d'acqua superficiale	30
2.4. La sostanza organica come inquinante di un corpo idrico superficiale	32
<u>2.4.1. Fonti di inquinamento organico.....</u>	33
2.5 Effetti e danno ambientale dell'inquinamento organico in un fiume	34
2.6. Igiene microbiologica delle acque: microrganismi patogeni presenti nelle acque e nei liquami.....	36
Capitolo 3	38
3.1. Direttiva Comunitaria.....	38
3.2. Normativa Nazionale.....	38
3.3 Determinazione dello stato di qualità ambientale del corpo idrico superficiale, ai sensi del D.Lgs 152/99.....	40
<u>3.3.1 Attività di monitoraggio</u>	45
<u>3.3.2 Indicatori di qualità ed analisi da effettuare nella fase conoscitiva iniziale.....</u>	47

Capitolo 4	52
4.1 Caratterizzazione del sito.....	53
4.1.1. Idrologia del bacino imbrifero del Tevere	53
4.1.2 Inquadramento idrogeologico.....	55
4.1.3. Mappatura di dettaglio.....	60
4.1.4. Raccolta di dati storici esistenti	68
Capitolo 5	88
ANALISI DELLE FONTI DI INQUINAMENTO ORGANICO	88
5.1. Carico civile.....	88
5.2. Carico agricolo.....	92
5.3 Carico industriale	96
5.4 Carico zootecnico.....	98
Capitolo 6	104
RICOGNIZIONE PRELIMINARE: ATTIVITA' DI MONITORAGGIO DEL	
FIUME TEVERE NELLA SEZIONE PILOTA <i>TORRITA TIBERINA – CASTEL</i>	
<i>GIUBILEO</i>.....	104
6.1. Definizione delle sezioni di campionamento.....	104
6.2. Strumenti utilizzati.....	108
6.3. Frequenza di campionamento	109
6.4. Misure sperimentali dei parametri	110
6.5. Analisi sperimentale dei dati ottenuti dai campionamenti	112
6.6. Calcolo sperimentale del LIM	135
Capitolo 7	142
CONCLUSIONI	142
7.1.Stato di qualità ambientale del fiume	142
7.2 Possibili ripercussioni sugli esseri viventi presenti in un fiume	142
7.3. Valutazione dello stato ambientale generato dall'inquinamento organico, nel caso studio in esame	143
BIBLIOGRAFIA	145

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Metodologia di analisi applicata	19
Figura 2: Schematizzazione del ciclo idrologico.....	20
Figura 3: Rappresentazione degli spartiacque morfologico e geologico individuanti un bacino imbrifero	21
Figura 4: Rappresentazione della forte erosione conseguente all’abbassamento del livello del mare, coincidente con l’ultima fase glaciale wurmiana	57
Figura 5: I sette colli del paesaggio della riva sinistra del Tevere.....	58
Figura 6: Rappresentazione cartografica nella scala 1:10000 del tratto del fiume Tevere in studio (Castel Giubileo-Ponte del Grillo-Torrita Tiberina).....	61
Figura 7a: Carta geologica del Lazio in scala 1: 100.000, Foglio 144	63
Figura 9: Foto aerea aggiornata del tratto di fiume in esame	66
Figura 10: Zona Castel Giubileo	67
Figura 11: Zona Ponte del Grillo.....	67
Figura 12: Zona Torrita Tiberina.....	67
Figura 13: Autorità di Bacino del fiume Tevere: carta dei sottobacini del fiume Tevere.....	71
Figura 14: Reticolo idrografico del bacino del fiume Tevere, tratto Castel Giubileo-Torrita tiberina	72
Figura 15: Servizio Idrografico –Carta della regione Lazio, scala 1:250.000, tratto Castel Giubileo-Torrita Tiberina (evidenziati in rosso)	73
Figura 16: Piano Regolatore di Roma suddiviso per Municipi.....	74
Figura 17: Ricostruzione, mediante carte agroforestali, del tratto Torrita Tiberina- Castel Giubileo del fiume Tevere evidenziando in rosso.le stazioni considerate per il monitoraggio ed il campionamento	78
Figura 18: Legenda della carta agroforestale.....	79
Figura 19: Tratto Civitella San Paolo-Torrita Tiberina, della carta dell’utilizzazione del suolo.....	83
Figura 20: Rappresentazione grafica della superficie utilizzata per l’agricoltura (SAU) e del numero delle aziende e della superficie totale in ettari	84
Figura 21: Rappresentazione grafica della ripartizione della SAU tra coltivazioni principali e secondarie....	85
Figura 22: Rappresentazione grafica della distribuzione tra territorio e produzioni biologiche zootecniche..	86
Figura 23: Rappresentazione grafica della distribuzione tra territorio e produzioni vegetali	87
Figura 24: Carichi di fosforo e di azoto per tipologia culturale, relativi ai comuni in esame del bacino del fiume Tevere	93
Figura 25: Attribuzione delle singole tipologie culturali censite dall’ISTAT alle macro categorie considerate nel calcolo dei carichi agricoli.	95
Figura 26: Allevamenti per numero di capi e tipo, per i diversi comuni in esame	98
Figura 27: Popolazione equivalente per allevamenti animali	100
Figura 28: Abitanti equivalenti, per tipo di capo di allevamento, relativi ai comuni del tratto extraurbano del fiume Tevere in esame	101
Figura 29: Quantitativo teorico di Fosforo per tipo di capo di allevamento relativo ai comuni del tratto extraurbano del fiume Tevere in esame	102
Figura 30: Quantitativo teorico di Azoto per tipo di capo di allevamento relativo ai comuni del tratto extraurbano del fiume Tevere in esame	103

Figura 31: Sponda del fiume Tevere nella zona di Torrita Tiberina.....	105
Figura 32: Sponda del fiume Tevere in una zona limitrofa a Ponte del Grillo	106
Figura 33: Sponda del fiume Tevere nella zona di Castel Giubileo	106
Figura 34: Torrita Tiberina, indicazione dei punti di campionamento dei parametri fisici lungo la sezione trasversale alla direzione del fiume Tevere.....	111
Figura 35: Ponte del Grillo, indicazione dei punti di campionamento dei parametri fisici lungo la sezione trasversale alla direzione del fiume Tevere.....	111
Figura 36: Zona Castel Giubileo: indicazione dei punti di campionamento dei parametri fisici lungo la sezione trasversale alla direzione del fiume Tevere.....	112
Figura 37: Temperature misurate negli anni 2003, 2004 e 2005, presso le tre stazioni di monitoraggio designate dall'ARPA.....	113
Figura 38: pH misurato negli anni 2003 e 2004, presso le tre stazioni di monitoraggio designate dall'ARPA	114
Figura 39: Stazione di Castel Giubileo : profilo temporale dell'O.D. e della T	116
Figura 40: Stazione di Castel Giubileo: profilo temporale dell'O.D. e del BOD ₅ *	117
Figura 41: Stazione di Ponte del Grillo: profilo temporale dell'O.D. e della T.....	119
Figura 42: Stazione di Ponte del Grillo:profilo temporale dell'O.D. e del BOD ₅ *	119
Figura 43: Anno 2005, Stazione di Ponte del Grillo:profilo temporale dell'O.D. e della conducibilità.....	120
Figura 44: Stazione della Confluenza Farfa: profilo temporale dell'O.D. e della T.....	121
Figura 45: Anni 2003-2004, Stazione di Confluenza Farfa-Passo Corese: profilo temporale dell'O.D. e del BOD ₅ *.....	121
Figura 46: Anno 2005, Stazione di Ponte del Grillo:profilo temporale dell'O.D. e della conducibilità ²	122
Figura 47: Profilo temporale del BOD ₅ nel periodo di osservazione, per le tre stazioni di monitoraggio.....	123
Figura 48: Andamento dell'O.D. nel periodo di osservazione, per le tre stazioni di monitoraggio	124
Figura 49: Stazione di Castel Giubileo:profilo temporale del Ptot e dell'O.D.	126
Figura 50: Stazione di Ponte del Grillo:profilo temporale del Ptot e dell'O.D.....	126
Figura 51: Stazione di Confluenza Farfa-Passo Corese : profilo temporale del Ptot e dell'O.D.....	127
Figura 52: Profilo temporale del Ptot. nel periodo di osservazione, per le tre stazioni di monitoraggio.....	128
Figura 53: Stazione di Castel Giubileo: profilo temporale dell'O.D. e dell'Ammoniac.....	129
Figura 54: Stazione di Ponte del Grillo: profilo temporale dell'O.D. e dell'Ammoniac.	130
Figura 55: Profilo temporale dell'Ammoniac nel periodo di osservazione, per le tre stazioni di monitoraggio	131
Figura 56: : Andamento della concentrazione degli <i>Escherichia Coli</i> nell'acqua prelevata presso le tre stazioni di monitoraggio, nel periodo di osservazione.	132
Figura 57: Stazione di Castel Giubileo:profilo temporale degli <i>E.Coli</i> e del BOD ₅	133
Figura 58: Stazione di ponte del Grillo:profilo temporale degli <i>E.Coli</i> e del BOD ₅	133
Figura 59: Stazione di Confluenza Farfa- Passo Corese: profilo temporale degli <i>E.Coli</i> e del BOD ₅	134
Figura 60: Anni 2002-2005, profilo temporale del LIM per le tre stazioni di monitoraggio.....	138
Figura 61: Anno 2005, profilo temporale dell'O.D. per le tre stazioni di monitoraggio.	139
Figura 62. Anno 2005, profilo temporale del COD per le tre stazioni di monitoraggio.....	139

Figura 63: Anno 2005, profilo temporale dell' NH_4^+ per le tre stazioni di monitoraggio.	140
Figura 64: Anno 2005, profilo temporale dell' <i>Escherichia Coli</i> per le tre stazioni di monitoraggio.	141

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Principali inquinanti chimici da controllare nelle acque dolci superficiali (D.Lgs.152/99, Allegato1)	41
Tabella 2: Allegato 1 del D.Lgs,152/99, “Definizione dello stato ambientale per i corpi idrici superficiali” .	42
Tabella 3: Allegato 1 del D.Lgs 152/99, “Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori”	43
Tabella 4: Allegato 1 del D.Lgs 152/99, “Stato ecologico dei corsi d’acqua (si consideri il risultato peggiore tra I.B.E. e macrodescrittori)”	44
Tabella 5: Allegato1 del D.Lgs 152/99, “Stato di qualità ambientale dei corsi d’acqua”	44
Tabella 6: Allegato1 del D.Lgs 152/99 “Parametri di base (con (o) sono indicati i parametri macrodescrittori utilizzati per la classificazione)”	47
Tabella 7: Allegato 2/B del D.Lgs 152/99, “Qualità delle acque idonee alla vita dei pesci salmonidi e ciprinidi”	49
Tabella 8: Autorità di Bacino, elenco delle Regioni ricadenti nel bacino	54
Tabella 9: Regioni e Province del bacino del fiume Tevere	70
Tabella 10: Dati di popolazione e densità abitativa dei comuni della provincia di Roma	75
Tabella 11: Dati di popolazione, densità abitativa dei comuni della provincia di Rieti	76
Tabella 12: Coefficienti per abitante equivalente	89
Tabella 13: Carichi civili dei comuni del tratto Torrita Tiberina-Castel Giubileo in esame del bacino del Tevere, divisi per provincia, Roma e Rieti.	90
Tabella 14: Dati di carico civile totale, somma dei corrispondenti carichi civili dei comuni di Roma e di Rieti	91
Tabella 15: Coefficienti unitari utilizzati per le tipologie colturali in esame	92
Tabella 16: Dati di carico agricolo totale per tipologia colturale, somma dei corrispondenti carichi dei comuni di Roma e di Rieti	93
Tabella 17: Dati di carico agricolo totale per SAU, somma dei corrispondenti carichi agricoli dei comuni di Roma e di Rieti	94
Tabella 18: Dati di carico agricolo totale per terreni incolti, somma dei corrispondenti carichi agricoli dei comuni di Roma e di Rieti per altimetria	95
Tabella 19: Dati di carico agricolo totale, somma dei corrispondenti carichi agricoli dei comuni di Roma e di Rieti per altimetria	95
Tabella 20: Coefficienti per addetto, riferiti ai codici ISTAT delle attività ritenute idroinquinanti e/o idroesigenti	96
Tabella 21: Dati di carico industriale totale, somma dei corrispondenti carichi industriali dei comuni di Roma e di Rieti.....	98
Tabella 22: Coefficienti di popolazione equivalente per gli animali di maggior interesse zootecnico.....	99

Tabella 23: Carichi unitari utilizzati per gli animali di maggior interesse zootecnico	102
Tabella 24: Dati di carico zootecnico totale, somma dei corrispondenti carichi dei comuni di Roma e di Rieti	102
Tabella 25: Numero stazioni nei corsi d'acqua naturali	107
Tabella 26: Indicatori di qualità del basso corso del Tevere 2002-2003 (Dati forniti da Arpalazio ad APAT nel 2003 e 2004)	135
Tabella 27: Classi di qualità definite dall'Allegato 1 del D.Lgs.152/99.....	136
Tabella 28: ArpaLazio: Parametri chimici e batteriologici del basso corso del Tevere	136
Tabella 29: Anno 2005, indicatore di qualità dell'alto corso del Tevere.....	137
Tabella 30: Qualità delle acque idonee alla vita dei pesci salmonidi e ciprinidi	144

INTRODUZIONE

Si definisce inquinamento idrico:

“lo scarico effettuato direttamente o indirettamente dall'esterno nell'ambiente idrico di sostanze o di energia, le cui conseguenze siano tali da mettere in pericolo la salute umana, nuocere alle risorse viventi o al sistema ecologico idrico, compromettere le attrattive o ostacolare altri usi legittimi delle acque”².

Dal punto di vista normativo il riferimento per i controlli delle acque è il Decreto Legislativo 152 del 1999, “Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento”, che prevede l'avvio di una serie di programmi di controllo, al livello nazionale, in accordo con le direttive europee, mirati, da un lato alla verifica che le acque posseggano i requisiti necessari per la destinazione d'uso desiderata, dall'altro alla conoscenza dello stato di qualità dopo i diversi usi e dello stato qualitativo complessivo dei corpi idrici, al fine di individuare quali siano gli aspetti critici e gli eventuali piani di intervento efficaci.³ In tal senso il presente lavoro propone gli strumenti necessari per un approccio di valutazione dell'impatto e del danno ambientale in un sistema fluviale oltre a suggerire tecniche e sviluppi futuri per uno studio più approfondito, in relazione alle caratteristiche del fiume assunto come caso studio reale e rappresentato dal tratto extraurbano a monte del fiume Tevere, che si estende da Castel Giubileo a Torrita Tiberina. Si tratta del monitoraggio effettuato negli anni 2003 e 2004, dall'ArpaLazio e nel periodo agosto – novembre 2005, dall'Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, i cui dati sono stati elaborati e rappresentati mediante l'ausilio di programmi informatici interpretativi, che hanno permesso di caratterizzare lo “stato di salute” del corso d'acqua, attribuendogli una classe di qualità ambientale in base a quanto prescritto nella fase conoscitiva iniziale del D. Lgs. 152/99. Tale giudizio di qualità è stato correlato con la realtà morfologica, paesaggistica e di utilizzazione dei terreni afferenti al bacino imbrifero del tratto di fiume in esame, al fine di individuarne le principali fonti di inquinamento, in particolare di tipo organico, e la loro incidenza in relazione alle attività produttive esistenti.

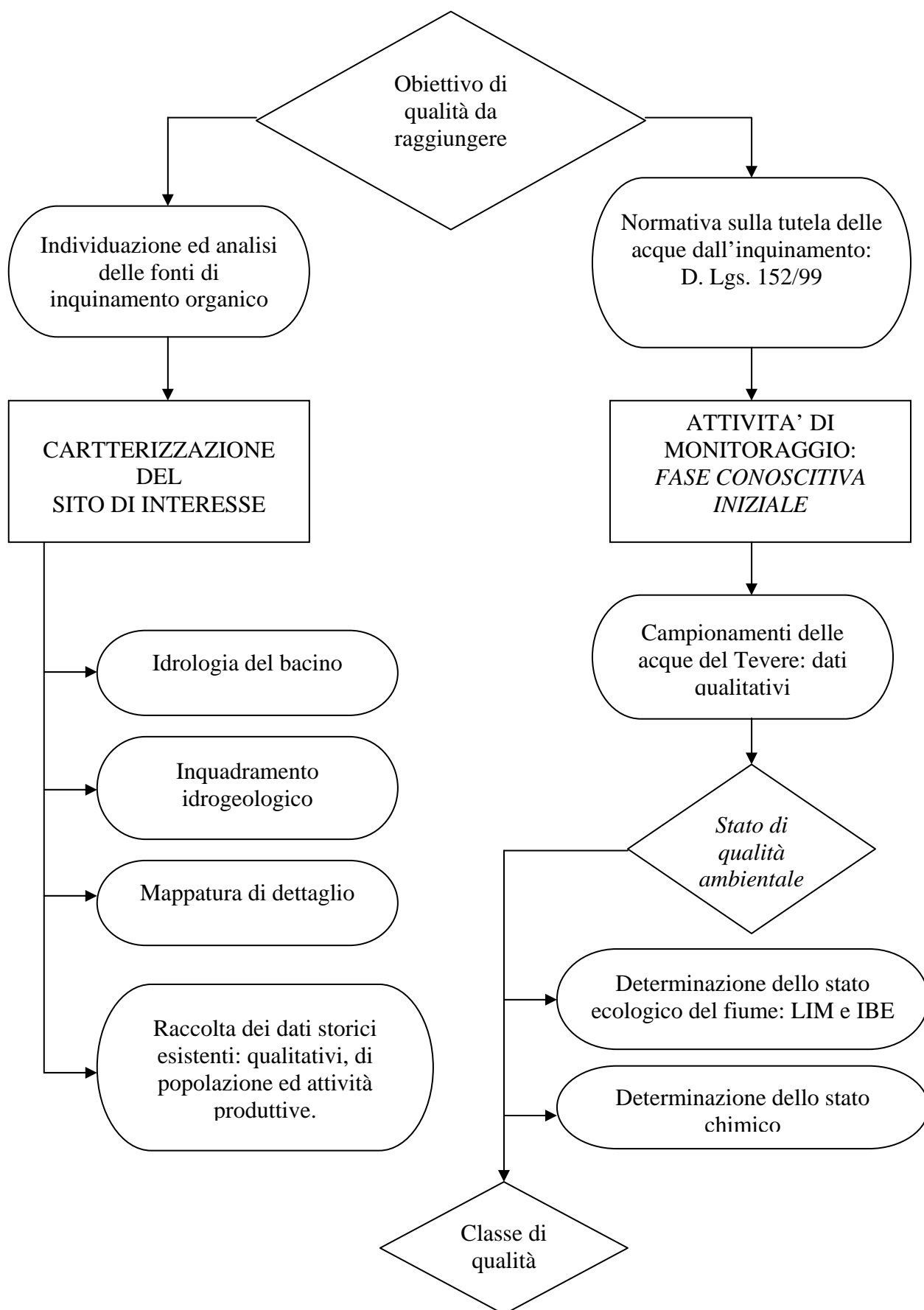
² Direttiva CEE 76/464 art. 2 comma “e”

³ <http://www.arpalazio.it/acqua/index.php?id=5>, 02/03/06.

METODOLOGIA

La metodologia di lavoro utilizzata nella presente tesi segue le procedure di classificazione dello stato di qualità ambientale dei corpi idrici superficiali definite dalla corrispondente normativa sulla tutela delle acque dall'inquinamento, D. Lgs.152/99, attraverso l'utilizzo di dati pregressi relativi alle caratteristiche qualitative e quantitative delle acque del fiume Tevere, quale corpo idrico superficiale in studio, finalizzati alla valutazione della loro variazione nel tempo. Tali dati sono stati reperiti presso enti pubblici ed ufficiali, quali l'ARDIS, per i livelli idrometrici; il Servizio idrografico e l'APAT (Agenzia per la Tutela dell'Ambiente), per la cartografia; l'ARPA, per i valori dei parametri caratteristici del fiume ed infine l'ISTAT, per i dati di popolazione, relativamente al 14° Censimento, delle attività produttive censite nei terreni limitrofi, afferenti al tratto di fiume in esame, quali l'agricoltura, l'allevamento e l'industria, di cui in rete sono disponibili i dati del Censimento 2000.

Secondo quanto previsto nella fase conoscitiva iniziale dell'attività di monitoraggio, (allegato 1 del D. Lgs. 152/99), il tratto del fiume Tevere in esame è stato sottoposto a periodici campionamenti ed analisi delle sue acque, al fine di stabilirne lo stato di qualità ambientale, disponendo di opportuni indici, determinati seguendo sempre le indicazioni legislative vigenti. In **Figura 1** è riportato lo schema procedurale della metodologia di analisi utilizzata al fine di classificare ed esprimere un giudizio di qualità sulle acque del tratto extraurbano a monte del fiume Tevere in esame, da confrontare con quello del tratto urbano.



IL FIUME: UN ECOSISTEMA NATURALE

1.1 Ciclo idrologico e formazione di un bacino imbrifero

I corsi d'acqua superficiali, in particolare i fiumi, contribuiscono nella fase finale del ciclo idrologico naturale innescato dall'elevata disponibilità di acqua sul pianeta, rappresentata soprattutto dai mari. Il ciclo ha inizio quando l'acqua dei mari, dei suoli, della vegetazione e dei laghi, evapora per effetto dell'irraggiamento solare trasferendosi in atmosfera sotto forma di vapore acqueo, dove, per effetto di variazioni di pressione e di temperatura si generano le condizioni necessarie per la condensazione nelle sue diverse forme: pioggia, grandine o neve. In relazione alle caratteristiche geomorfologiche del suolo parte dell'acqua si infiltra nel sottosuolo ricaricando le falde sotterranee, nel caso di suoli permeabili, laddove il suolo è impermeabile o saturo d'acqua essa non ha possibilità di infiltrazione, scorrendo in superficie verso i fiumi e prendendo il nome di acqua di drenaggio o ruscellamento superficiale. Pertanto il ruolo dei fiumi nel ciclo idrologico è quello di raccogliere le acque di drenaggio e trasportarle fino ad un ricettore finale, quale il mare. Infine una parte dell'acqua ritorna direttamente all'atmosfera per evaporazione e per traspirazione della copertura vegetale come mostrato in **Figura 2**.

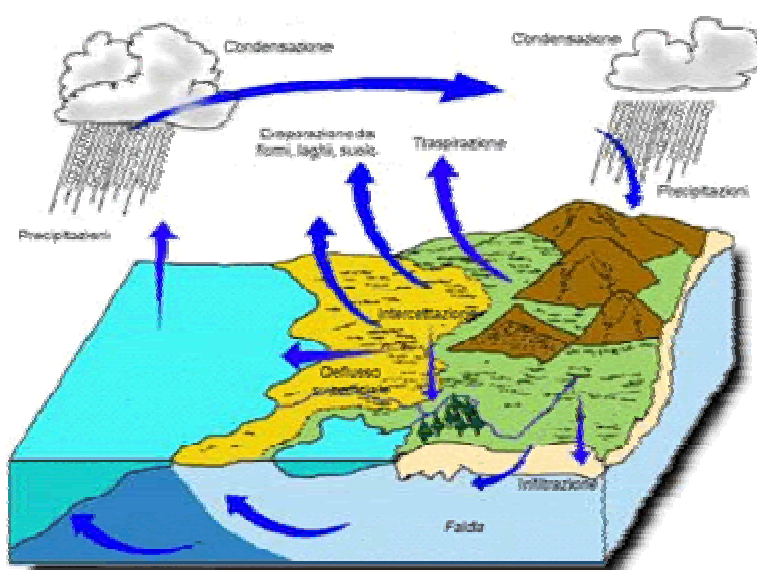


Figura 2: Schematizzazione del ciclo idrologico

I corsi d'acqua superficiali, in relazione al regime idraulico, si distinguono in torrenti, dal latino *torrens* che vuol dire “*disseccare*”, “che si secca in certi periodi” e in fiumi, dal latino *flumen*, che significa “*scorrere*”.⁴ Il fiume è un corso d'acqua permanente che solca la superficie del suolo e la cui portata varia nel corso dell'anno da valori massimi, periodi di piena, a valori minimi, periodi di magra, che dipendono dalle stagioni. In relazione alle variazioni di portata il regime del fiume sarà torrentizio, se tali variazioni stagionali sono notevoli, fluviale, se molto più regolari. Infatti, il torrente è un flusso d'acqua soggetto ad alterni periodi di piena e di magra in relazione alla piovosità ed alla siccità delle stagioni, mentre il fiume ha una portata costante, ovvero un regime molto più regolare nel corso dell'anno, intendendo per esso il comportamento delle acque in diretto rapporto con il variare delle condizioni climatiche delle regioni attraversate.⁴ Esistono numerosi tipi di regime fluviale, esempi in merito si rilevano in Italia dove si passa dai regimi torrentizi Alpini, con piene in estate e magre in inverno, a regimi calabro-insulari con piene in inverno e magre in estate.⁵

Il territorio complessivo che riversa le sue acque (pioggia o sorgenti) in un fiume prende il nome di “bacino idrografico o imbrifero”, ampia area delimitata da una linea spartiacque o di displuvio, individuabile in base all'orografia del territorio ed entro la quale si raccolgono e defluiscono le acque derivanti dalle precipitazioni, dallo scioglimento delle nevi, da eventuali sorgenti.⁴ Nelle valutazioni dei bacini entrano in gioco, oltre a fattori morfologici, anche fattori geologici e quindi le relative portate dei fiumi. Infatti, se in superficie si trova una litologia molto permeabile, come i calcari, al di sopra di una litologia impermeabile come le argille, l'acqua che si infiltra nei calcari poi scorrerà lungo le argille seguendo la loro pendenza, indipendentemente dalla morfologia superficiale.⁵

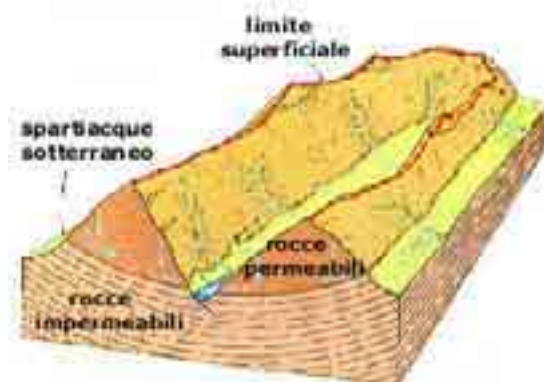


Figura 3: Rappresentazione degli spartiacque morfologico e geologico individuanti un bacino imbrifero

Quindi “accanto lo spartiacque morfologico, è quello geologico che individua il reale bacino del corso d'acqua”.⁵ (**Figura 3**)

Oltre che dall'estensione dell'area, il bacino idrografico è caratterizzato dalla portata media del fiume principale e dal suo regime.⁴

“Inoltre tutti i corsi d'acqua appartenenti ad uno stesso bacino formano un sistema fluviale in cui si individuano una corrente principale ed una serie di correnti ad essa effluenti”.⁴

Ai sensi dell'allegato 1 del D. Lgs. 152/99 tutti i corsi d'acqua naturali aventi un bacino idrografico superiore a 10 km², sono definiti significativi.

Sono significativi almeno i seguenti corsi d'acqua:

- tutti i corsi d'acqua naturali di primo ordine (cioè quelli recapitanti direttamente in mare) il cui bacino imbrifero abbia una superficie maggiore di 200 km²;
- tutti i corsi d'acqua naturali di secondo ordine o superiore il cui bacino imbrifero abbia una superficie maggiore a 400 km².

Non sono significativi i corsi d'acqua che per motivi naturali hanno avuto portata uguale a zero per più di 120 giorni l'anno, in un anno idrologico medio.

Il bacino idrografico non è considerato soltanto come unità geomorfologica, ma assunto come territorio o unità spaziale per lo studio degli impatti che l'utilizzazione del suolo genera sulla qualità e quantità delle acque affluenti al corpo idrico superficiale, proprie del bacino idrografico in oggetto. Il comportamento di un corso d'acqua risulta influenzato dal clima e dal bacino idrografico cui appartiene, in termini di caratteristiche geologiche, morfologiche e di utilizzazione del suolo. Quest'ultimo aspetto è tanto più importante quanto più le pratiche agricole attuate o le impermeabilizzazioni del suolo realizzate dall'uomo nelle aree urbane limitano il processo naturale di infiltrazione, oltre ad influire sui tempi di ruscellamento, a loro volta dipendenti dalla topografia del bacino: più ripidi sono i versanti e più rapido risulta essere il ruscellamento.⁶ A partire da tali considerazioni si propone, nei capitoli successivi, il censimento e l'analisi delle attività produttive prevalenti nei terreni limitrofi ad un corso d'acqua, come strumento per l'individuazione

delle fonti di inquinamento di un fiume, con particolare attenzione all'inquinamento organico.

⁴ M. Quoiani, 1996, § 3.3.6 Le acque superficiali: i corsi d'acqua, pp. 225.

⁵ http://www.geologia.com/area_raga/fiumi/fiumi.html, 02/03/06, morfologia fluviale.

⁶ APAT, 2003, Atlante delle opere di sistemazione fluviale, pp.4.

1.2 Effetti del regime di flusso sulla morfologia del territorio

Il fiume con la sua presenza influisce sull'umidità delle aree che attraversa, regolandone il microclima e modificandone la morfologia. Infatti, in relazione al suo regime idraulico è in grado di modellare l'assetto paesaggistico e morfologico della superficie terrestre a causa del processo con cui l'acqua erode le rocce, prevalentemente nel tratto a monte, trasporta i sedimenti erosi, lungo il tratto mediano ed infine li deposita alla foce. Ciò avviene rispettivamente da monte verso valle in relazione alla diversa quota geodetica dell'acqua, che diminuisce lungo tale direzione, aumentando così il processo di deposizione. Nel tratto a monte, in genere, la corrente è molto forte ed ha azione modellatrice, incidendo nei versanti delle montagne valli strette a forma di "V"; nel tratto mediano avviene la selezione dei frammenti erosi a causa del rallentamento della corrente del fiume, che favorisce la deposizione dei ciottoli più grandi; nel tratto inferiore il gradiente geodetico diminuisce ulteriormente favorendo la deposizione dei materiali trasportati, con conseguente formazione, a valle, del cosiddetto conoide di deiezione, in cui il terreno è particolarmente fertile e sfruttato al livello agricolo. Il processo di deposizione avviene lungo tutto il tratto inferiore del fiume dando luogo, nel tempo, alla formazione di barriere naturali su entrambe le sponde, chiamate argini. Quando un fiume, trasportando notevoli quantità di frammenti erosi, sfocia nel mare, in un fiume più grande o in un lago, genera un delta, un terreno alluvionale costituito dall'accumulo di sedimenti.⁷

⁷ <http://www.encarta.it>, 4/03/06, Microsoft Encarta Enciclopedia 1993-2002, Fiume.

1.3 Ecologia di un corso idrico superficiale

Il fiume è un ecosistema naturale di notevole importanza sia per l'azione modificatrice che attua nei confronti del paesaggio circostante, attraverso erosione, deposizione e variazione dell'umidità, sia per la capacità di trasportare sali minerali nel mare, sia per l'influenza che ha sulla vita delle piante, degli animali e dell'uomo. Infatti i fiumi sono caratterizzati da un'elevata quantità di habitat e nicchie ecologiche⁽¹⁾ dalla cui successione e sovrapposizione, dovuta ai cambiamenti in senso longitudinale, laterale, verticale e temporale di velocità, di profondità, di granulometria del fondo, della temperatura, della vegetazione riparia del fiume, dipende la biodiversità.⁸ Tali habitat, che per definizione riguardano esclusivamente gli aspetti abiotici, cioè le condizioni ambientali chimico-fisiche e di disponibilità di energia e materia in cui si trova comunemente una determinata specie biologica, offrono possibilità di vita a pesci, mammiferi, uccelli, invertebrati e vegetazione. Tuttavia la loro diversità può essere compromessa da azioni antropiche che interrompono la continuità longitudinale del corso del fiume o riducono la portata, come la costruzione di dighe ed altri ostacoli trasversali.

L'insieme delle comunità biotiche o organismi viventi e dei fattori abiotici o agenti del mondo fisico circostante costituiscono un ecosistema, che in un fiume è detto ecosistema delle acque lotiche, ovvero delle acque correnti. Gli ecosistemi possono essere considerati sistemi aperti, poiché l'approvvigionamento di energia primaria proviene dall'ambiente circostante.⁹ Più nel dettaglio si ha che:

“L'esistenza di un ecosistema è condizionata da un flusso di energia in grado di combattere l'aumento di entropia, cioè di mantenere il livello organizzativo stabile, portando ad una ben definita struttura trofica, ad una diversità biotica ed a scambi di materia tra il mondo vivente e non vivente”.⁹

⁽¹⁾ nicchia ecologica: unità ambientale che, oltre a tutte le caratteristiche di adattamento strutturale e funzionale di una data specie nei confronti dell'ambiente abiotico, proprie di un habitat, coinvolge anche tutti gli aspetti edafici di competizione e di coabitazione della specie di un determinato habitat con le altre specie conviventi (ambiente biotico). R Vismara , Elementi di ecologia, pg 27.

Tali scambi di materia avvengono attraverso il rilascio da parte della vegetazione riparia, nel fiume, di foglie e particelle organiche, che vengono parzialmente decomposte in molecole più semplici da batteri e funghi, per poi essere consumate da organismi detritivori sminuzzatori (insetti acquatici), che le riducono in particelle organiche minute. Queste ultime, insieme ai frammenti di alghe staccati dalle rocce da organismi detti brucatori, rappresentano l'alimento base per molte specie acquatiche, dalle quali ha origine una catena alimentare subacquea che culmina con i pesci e gli insetti predatori.⁷

“La principale caratteristica di questo tipo di ecosistemi è la velocità della corrente, dalla quale dipendono temperatura, quantità di ossigeno disciolto, conformazione dell'alveo, tipo di sedimenti depositi sul fondo e grado di inquinamento. A loro volta, tutti questi parametri influiscono sul tipo di comunità di viventi che vi si adattano”.⁷

In relazione alla variazione delle caratteristiche fisiche dell'ambiente fluviale lungo il percorso, in particolare larghezza e pendenza dell'alveo, da cui dipende la velocità, quindi tutti i fattori biotici menzionati nella citazione (ovvero la conformazione dell'alveo, il tipo di sedimenti depositi, la temperatura e la quantità di ossigeno disciolto, in quanto all'aumentare della velocità aumenta la turbolenza superficiale e quindi il trasferimento di ossigeno dall'atmosfera all'acqua), si individuano delle zone, le quali assumono il nome dalle principali specie ittiche in esse presenti e che per un corso d'acqua dell'Europa occidentale temperata sono:

- Zona a trote
- Zona a tremoli
- Zona a barbi
- Zona a ciprinidi

La zonazione è legata alla variazione della velocità della corrente, da monte verso valle, a causa della quale soltanto alcune specie ittiche popolano i diversi tratti di un corso fluviale. Nel tratto a monte, ove la velocità della corrente è maggiore a causa dell'elevata pendenza, hanno possibilità di insediamento e sopravvivenza tutti quei pesci ed organismi invertebrati

in grado di resistere ed opporsi a tale corrente. Nel tratto mediano, in pianura, in cui la corrente tende a rallentare per la riduzione della quota geodetica, sono tipici gli organismi pascolatori, filtratori e collettori, per la presenza, in questo tratto fluviale, di detriti vegetali trasportati dalla corrente. Nel tratto verso la foce, dove l'elevata torbidità causata dall'aumento dei residui vegetali e di limo del fondo non permette l'infiltrazione solare, sono presenti soltanto i pesci e gli organismi viventi più resistenti alla condizione di basso tenore di ossigeno.⁷

Altro fattore determinante nella selezione delle specie viventi i diversi tratti di un fiume è la temperatura dell'acqua, da cui dipende la solubilità dell'ossigeno: all'aumentare della temperatura diminuisce la quantità di ossigeno che si trasferisca dall'atmosfera all'acqua. Nei fiumi, a causa della loro scarsa profondità, la temperatura è molto influenzata dalle condizioni atmosferiche e l'ossigeno disciolto rilevabile è in quantità tanto elevate quanto più è estesa la superficie idrica esposta e quanto minore è la temperatura. Pertanto le acque del tratto montano del fiume risultano essere ben ossigenate e man mano che ci si sposta verso il tratto in pianura la concentrazione di ossigeno diminuisce, ma viene sopperita dall'ossigeno prodotto dalla fotosintesi clorofilliana ad opera della vegetazione sommersa, che aumenta nel tratto terminale del fiume.¹⁰

⁷ <http://www.encarta.it>, 04/03/06, Microsoft Encarta Enciclopedia 1993-2002, Fiume.

⁸ APAT, 2003, Atlante delle opere di sistemazione fluviale, pp.4.

⁹ R. Vismara, 1995, Elementi di ecologia, pp. 27.

¹⁰ <http://www.sinanet.apat.it/Fiume>, 03/03/06

Capitolo 2

INQUINAMENTO E DANNO AMBIENTALE

2.1 Tipologie di inquinanti presenti in un ecosistema

L'inquinamento è provocato dall'immissione di sostanze estranee, come i nuovi prodotti di sintesi, o di sostanze che normalmente esistono in natura, ma se presenti in quantità superiori ai livelli standard di degradazione del sistema ambientale coinvolto risultano essere inquinanti.

In tutto sono state individuate circa 1500 sostanze inquinanti, che contaminano gli ecosistemi di acqua dolce. Esse appartengono alle seguenti categorie di sostanze:

- acidi e alcali;
- anioni;
- detersivi;
- gas (cloro, ammoniaca, ecc.);
- calore;
- metalli (Cadmio, piombo, mercurio, ecc);
- nutrienti (soprattutto nitrati e fosfati);
- rifiuti tossici organici (come la formaldeide e i fenoli);
- patogeni;
- pesticidi e fitofarmaci;
- sostanze organiche (reflui urbani, industriali e da attività agricola).¹¹

Gli effetti dell'inquinamento su un ecosistema vanno valutati sulla base della tipologia dell'inquinante; in tal senso si distinguono gli inquinanti biodegradabili da quelli non biodegradabili.

Appartengono alla prima classe tutte quelle sostanze che vengono degradate e rimesse nei cicli biogeochimici, come i composti organici e i composti ionici a catena lineare (detergenti), che è possibile ritrovare nei rifiuti domestici. La loro contaminazione è

tecnicamente riducibile mediante un opportuno trattamento di depurazione. Quando la quantità di sostanze biodegradabili sversata nell'ambiente è tale da superare la possibilità di degradazione e dispersione da parte dell'ambiente stesso, si parla di inquinamento vero e proprio. Un contributo in tal senso è rappresentato dalla crescita delle città e quindi dei reflui civili, più rapida di quanto consentano gli impianti di trattamento esistenti, che assolvono la funzione di potenziare la capacità della naturale decomposizione e riciclaggio di queste sostanze.¹²

Gli inquinanti non biodegradabili sono costituiti da quelle sostanze, come i nuovi prodotti di sintesi, per le quali non esistono processi di decomposizione naturale, o che vengono degradate lentamente rispetto al ritmo con cui l'uomo le riversa nell'ecosistema. In quest'ultimo caso si tratta soprattutto di prodotti come lattine di alluminio, sali di mercurio, di cromo, di zinco, sostanze con radicali fenolici a lunghe catene laterali, DDT, pesticidi, erbicidi, ecc.¹² Questo tipo di inquinanti genera bioaccumulo nella catena alimentare, intendendo per esso il fenomeno attraverso il quale la sostanza tossica viene inglobata nell'organismo vivente di un certo livello trofico e non viene metabolizzata o metabolizzata del tutto, annidandosi negli organi con elementi simili a quelli da esso metabolizzati e passando, così, al livello trofico successivo della catena alimentare, in cui tale sostanza non necessariamente è tossica.

Ulteriore possibilità dell'inquinante è quella di combinarsi con altre sostanze presenti nell'ambiente, formando composti con tossicità maggiore. In questo caso la possibilità di disinquinamento è legata all'eliminazione o estrazione degli inquinanti stessi dall'ambiente, che risulta essere spesso costoso e non sempre attuabile. Altra soluzione, non meno complicata, soprattutto per il lavoro di sensibilizzazione in merito, è quella di mettere fuori legge lo scarico di queste sostanze o almeno permetterne lo scarico in quantità controllate, al fine di evitare l'accumulo di composti tossici, oppure si può pensare di impedirne l'uso sostituendole con prodotti biodegradabili.¹²

¹¹ <http://www.lenntech.com/italiano/aquatic/inquinamento-organico.htm>, 03/03/06

¹² M.Troncone Sigillo, 1999, Inquinamento, pp. 131,132.

2.2. Fonti di inquinamento presenti in un corpo idrico superficiale, quale ecosistema naturale

Le fonti di inquinamento di un corpo idrico superficiale possono essere puntuali, come gli sversamenti abusivi, lo scarico di rifiuti solidi o di acque reflue; o diffuse, cioè distribuite nello spazio e rappresentate da più sversamenti, anche puntuali, posti a poca distanza l'uno dall'altro lungo un percorso di una certa entità.

La caratteristica peculiare di un fiume e di tutti i corsi d'acqua in movimento è che, in relazione alla morfologia e alla velocità del corso idrico, i danni di una fonte di inquinamento si ripercuotono a valle dei punti di scarico e risulta complicato individuarne la “sorgente” responsabile. Inoltre, un regime turbolento del corso d'acqua è in grado di diluire gli inquinanti generando, piuttosto che un grave inquinamento localizzato, un lieve inquinamento diffuso. Pertanto il regime idrico costituisce un fattore limitante nell'individuazione delle fonti di inquinamento, che, dunque, dovranno essere ricercate in condizioni di magra, in cui la diluizione è minore e la qualità delle acque peggiore.¹³

Le principali fonti di inquinamento delle acque superficiali sono aggregabili come segue:

- fonti da insediamenti civili:
 - fonti puntuali: acque reflue raccolte dalla rete fognante e rifiuti solidi;
 - fonti diffuse: acque di dilavamento di piazzali e strade;
- fonti da insediamenti ed attività industriali: fonti prevalentemente di tipo puntuale e rappresentate da acque di scarico ed emissione di solidi;
- fonti da attività agricole e zootecniche: acque di scarico da attività produttive vegetali e da attività zootecniche.¹⁴

Le acque di scarico urbano defluiscono in fognatura e sono la somma di più contributi, non tutti sempre contemporaneamente presenti, quali:

- *acque urbane da servizi igienici ed attività domestiche*; quest'ultime negli ultimi anni si sono arricchite anche dei detergenti sintetici, di cui i più preoccupanti sono quelli non biodegradabili, quelli che una volta immessi in natura non trovano microrganismi in grado di demolirli;
- *acque di scarico provenienti da attività artigianali, ma anche da attività industriali* se i liquami prodotti da quest'ultime sono caratterizzati da sufficiente biodegradabilità;
- *acque piovane e meteoriche*, le quali contribuiscono alla diluizione del carico inquinante del refluo;
- *acque drenate dal sottosuolo*.¹⁴

Per quanto riguarda la composizione delle acque industriali che si riversano in un corpo idrico superficiale, essa è funzione della tipologia del processo industriale (chimico, fisico,..) e delle materie prime utilizzate, ritrovando, così, eccessi di ammoniaca soprattutto in prossimità di industrie chimiche e di cokerie; fluoruri, nel caso di industrie del vetro; piombo, nel caso di colorifici e produzioni di batterie, ecc. Talvolta, le fognature industriali possono raccogliere anche le acque provenienti dai servizi igienici dell'industria stessa e le acque di lavaggio delle materie prime, delle aree di stoccaggio e delle aree di lavorazione. In genere le acque industriali sono caratterizzate dalla presenza di alogenati e metalli pesanti e la loro composizione varia a seconda del settore industriale considerato, del particolare processo produttivo e delle materie prime impiegate, è dunque un tipo di inquinamento molto variabile se si pensa all'ampia gamma di materiali occorrenti per le diverse tipologie di lavorazione.¹⁴ Un altro tipo di inquinamento industriale è quello termico, provocato dall'aumento della temperatura dell'acqua impiegata per il raffreddamento dei macchinari.¹⁵

Le acque di scarico provenienti dal settore agricolo presentano un carico inquinante che è funzione della tipologia di fertilizzanti utilizzati: accanto ai tradizionali concimi organici è sempre più diffuso, in agricoltura, l'impiego di prodotti chimici, quali fitofarmaci (erbicidi, insetticidi, fungicidi, regolatori della crescita, ecc) e pesticidi, che raggiungono il corso d'acqua per lisciviazione da parte delle acque meteoriche.¹⁴

Tra i prodotti agricoli menzionati ci sono i pesticidi, i quali sono tossici, non perché non vengono riconosciuti e utilizzati dalla biomassa nel loro metabolismo ma perché in grado di ucciderla e costituiscono un pericolo per la salute umana.¹⁵

Il carico inquinante da pesticidi e fitofarmaci è costituito dalle seguenti sostanze:

- organo-clorurati;
- carbonati;
- erbicidi;
- organo-fosfati.

¹³ R. Vismara, 1995, Inquinamento e protezione delle acque, pp.323.

¹⁴ A. Misiti, 1995, Fonti di inquinamento, pp.78, 85, 90, 97

¹⁵ M.Troncone Sigillo, 1999, Inquinamento, pp. 133

2.3 Effetti dell'inquinamento in un corso d'acqua superficiale

I principali inquinanti che si ritrovano in un corpo idrico superficiale si distinguono in inquinanti bioreagenti ed inquinanti non bioreagenti, in relazione ai quali si hanno tipologie di inquinamento ed effetti di tossicità differenti.

Le sostanze organiche biodegradabili, insieme ai sali di azoto e fosforo e a molte sostanze inorganiche ed organiche di sintesi, sono annoverabili tra gli **inquinanti bioreagenti**, in grado cioè di provocare reazioni biologiche o biochimiche in fase acquosa.¹⁶

“L’effetto inquinante delle sostanze organiche biodegradabili può essere innanzitutto quello di tossicità diretta e fenomeni di bioaccumulo lungo la catena alimentare o l’effetto indiretto di deossigenazione delle acque, a causa dei fenomeni di biodegradazione batterica che si instaurano.”¹⁶

La deossigenazione può causare la distruzione dell’habitat e la scomparsa o estinzione di molte specie viventi e, se provoca anaerobiosi, genera putrefazione e maleodorazione. Questa tipologia di inquinamento, definita inquinamento organico, viene generalmente provocata da scarichi di fognature domestiche o industrie alimentari, allevamenti, distillerie, ecc.¹⁶

Per quanto riguarda i sali di azoto e fosforo la loro presenza in quantità eccessive, oltre all’effetto di tossicità diretta, provoca l’effetto indiretto di “eutrofizzazione”, che è riferito alle acque stagnanti o alle acque del basso corso del fiume, in cui la velocità della corrente diminuisce notevolmente a causa della riduzione della pendenza in corrispondenza della zona di pianura. L’eutrofizzazione è il fenomeno di abnorme crescita algale che si manifesta nei periodi di fioritura ed è causata dalla presenza, nel corso d’acqua superficiale, di un’elevata quantità di nutrienti. Inoltre, genera un evento di marcescenza delle acque quando tali alghe si depositano sui fondali, instaurando condizioni di anossia o anaerobiosi¹⁴. E’ dunque la conseguenza di un inquinamento di tipo organico, cioè da sostanze organiche che naturalmente sono presenti e indispensabili per la sopravvivenza degli organismi che popolano l’ecosistema di acque lotiche, ma che se in quantità troppo elevate diventano veri e propri inquinanti.

L'effetto inquinante delle sostanze inorganiche ed organiche di sintesi è di tossicità diretta e indiretta, in quest'ultimo caso rappresentata da fenomeni di bioaccumulo lungo la catena alimentare, che coinvolgono anche soggetti al di fuori della fase acquosa, come l'uomo e gli animali.¹⁶

Gli **inquinanti non bioreagenti** sono, invece, materiali di grandi dimensioni, che come tali possono provocare occlusioni di tubazioni, canali, ecc., limitazione dei processi di fotosintesi, quindi di rifornimento di ossigeno; materiali in sospensione come le sabbie che ricoprono i fondali e la cui sospensione impedisce la penetrazione della radiazione luminosa, con conseguente riduzione dell'attività fotosintetica e quindi della possibilità di rifornimento di ossigeno, od occlude organi dei pesci come la branchie; sostanze inorganiche ed organiche, queste ultime anche di sintesi, che provocano reazioni chimiche in fase acquosa. L'effetto inquinante prodotto dall'ultimo gruppo di sostanze è di tossicità indiretta, che si esplica attraverso la deossigenazione dell'acqua causata da reazioni chimiche di ossido-riduzione o alterazione del pH, che impediscono il trasferimento gas-liquido dell'ossigeno, come nel caso di tensioattivi, film di oli, oppure possono assorbire elementi, quali i sali nutritivi, sottraendoli alle alghe.¹⁶

Gli inquinanti bioreagenti e non bioreagenti sono causa delle seguenti tipologie di inquinamento, che si riscontrano in un corpo idrico superficiale:

- ✓ **inquinamento chimico**, generato dallo sversamento di sostanze organiche (inquinamento organico), fertilizzanti ricchi di azoto e fosforo, pesticidi, metalli pesanti, idrocarburi (petrolio) ed altri prodotti di sintesi;
- ✓ **inquinamento biologico**, causato dalla presenza di microrganismi saprofiti e patogeni, come di seguito descritto;
- ✓ **inquinamento fisico**, provocato da alcuni inquinanti non bioreagenti, quali i materiali di grandi dimensioni e i materiali in sospensione che provocano assorbimento della radiazione luminosa. Appartengono a questa classe anche l'inquinamento termico e l'inquinamento radioattivo.

L'inquinamento termico è un particolare tipo di inquinamento fisico provocato dall'aumento della temperatura dell'acqua, spesso utilizzata dalle industrie per il raffreddamento dei macchinari e poi immessa nel bacino da cui è stata prelevata. Ciò influisce notevolmente sul metabolismo delle comunità acquatiche, oltre che sulle cinetiche di degradazione della biomassa presente con conseguente sconvolgimento degli

equilibri biologici.¹⁵ L'inquinamento termico può avere grande influenza sull'ecosistema acquatico in quanto il periodo della riproduzione può essere posticipato e lo sviluppo, accelerato. Inoltre l'effetto indiretto di tale inquinamento è rappresentato dalla diminuzione della solubilità dell'ossigeno e quindi dalla riduzione della sua quantità in acqua sottoforma di ossigeno disciolto, con conseguente perdita di specie sensibili animali e vegetali, soprattutto quando si è in presenza di inquinamento organico.

Tra le tipologie di inquinamento fisico si annovera quello di tipo radioattivo, ad opera di radioisotopi, che, dispersi nell'ambiente fluviale, possono essere diluiti oppure concentrati, a seconda del loro tempo di decadimento e della loro affinità con il tessuto cellulare dei microrganismi presenti.

Un altro tipo di inquinamento molto particolare è l'inquinamento biologico, cioè relativo all'aspetto batteriologico e virale, da cui dipendono i rischi di diffusione di malattie infettive. Tale inquinamento è dovuto alla presenza, nelle acque, oltre ai microrganismi propri di tale ambiente naturale, a quelli provenienti da feci umane e animali, come i saprofiti e i patogeni presenti nei reflui dei diversi scarichi sino ad ora menzionati.¹⁶

¹⁵ M.Troncone Sigillo, 1999, Inquinamento, pp. 133

¹⁶ R.Vismara, 1995, Inquinamento e protezione delle acque, pp. 251, 255

2.4. La sostanza organica come inquinante di un corpo idrico superficiale

L'inquinamento organico delle acque fluviali è provocato dallo sversamento di elevate quantità di composti organici contenuti nelle acque di scarico e nei rifiuti solidi, la cui degradazione può essere ottenuta a mezzo di processi biologici che sfruttano l'attività di particolari microrganismi (biomasse), in grado di utilizzare il substrato nel loro metabolismo come fonte di energia per le funzioni vitali, fase catabolica, nonché come fonte di carbonio per la produzione di nuove cellule, fase anabolica. Il catabolismo è anche detto fase di trasformazione demolitiva della sostanza organica (o substrato), che viene convertita in prodotti finali quali: anidride carbonica (CO₂), acqua (H₂O), metano (CH₄) ed altri, a seguito di reazioni di ossidazione. L'anabolismo rappresenta la fase costruttiva del metabolismo, in quanto i microrganismi impiegano gli elementi ottenuti dalla demolizione catabolica: l'energia, sotto forma di ATP e la sostanza organica, quale fonte di carbonio;

per sintetizzare nuove cellule. L'attività biochimica esercitata dalle cellule microbiche sul substrato da attaccare avviene mediante enzimi extracellulari, elaborati dalle cellule stesse, i quali presiedono le reazioni di ossido-riduzione che si realizzano nel metabolismo batterico in condizioni aerobiche, quindi con consumo di ossigeno in forma disciolta, quale accettore di elettroni delle suddette reazioni.

Pertanto l'effetto diretto e più vistoso dell'inquinamento organico è "l'anossia delle acque", cioè l'impoverimento di ossigeno e tutti i fenomeni ad esso collegati, oltre alle conseguenze sul biota, o organismi viventi presenti nell'ecosistema considerato.¹⁷

Le sostanze organiche inquinanti sono rappresentate da proteine, carboidrati, grassi ed acidi nucleici in molteplici combinazioni; in un refluo grezzo sono presenti nelle seguenti percentuali: 65% di proteine, 25% di carboidrati e 10 % di grassi.¹⁸

Un eccesso di sostanza organica, come si manifesta in condizioni di inquinamento, determina un aumento dei processi di ossidazione della stessa e quindi una notevole diminuzione della concentrazione di ossigeno disciolto. Inoltre gli effluenti organici contengono notevoli quantità di solidi sospesi, che riducono la possibilità di penetrazione della radiazione solare, con conseguente riduzione dell'attività fotosintetica, quindi della produzione di ossigeno. I solidi, depositandosi sul fondo del fiume, rendono l'ambiente inadatto alla vita di molti invertebrati. Altre sostanze spesso presenti sono l'ammoniaca, che è tossica; i composti di azoto e fosforo, che costituiscono i macronutrienti necessari per l'accrescimento e riproduzione dei microrganismi, mediante consumo di ossigeno disciolto. Infine i rifiuti organici prodotti da persone o animali possono anche esser ricchi di microrganismi patogeni oltre che saprofiti come gli *Escherichiacoli*. Questi ultimi sono in genere utilizzati come indicatori della contaminazione oro-fecale.¹⁸

¹⁷ R. Vismara, 1995, Inquinamento e protezione delle acque, pp. 323

¹⁸ <http://www.sinanet.apat.it/acqua>, 03/03/06

2.4.1. Fonti di inquinamento organico

Le maggiori fonti di inquinamento organico sono rappresentate dagli scarichi civili, industriali ed agricoli.

I principali inquinanti presenti nei reflui di insediamenti civili sono le sostanze organiche biodegradabili, mentre nel settore agro-zootecnico sono i nutrienti, i fertilizzanti ed i

fitosanitari.¹⁹ Tra i nutrienti, di particolare interesse sono l'azoto e il fosforo. Le fonti di tale inquinamento sono di origine diffusa e, in particolare, sono legate all'impiego eccessivo di fertilizzanti chimici e da pratiche agricole non corrette, quali il mancato ricorso alle rotazioni colturali, la cattiva gestione dell'irrigazione, ecc.¹⁴

Nei reflui industriali, invece, si ritrovano principalmente sostanze organiche alogenate e metalli pesanti.¹⁹

Un'altra fonte di materiale organico è rappresentata dalle foglie morte e della vegetazione riparia che avvolge l'alveo del fiume.

¹⁹ [http://www.sinanet.apat.it/Fonti di inquinamento](http://www.sinanet.apat.it/Fonti%20di%20inquinamento), 03/06/06.

¹⁴ A. Misiti, 1995, Fonti di inquinamento, pp.78, 85, 90, 97.

2.5 Effetti e danno ambientale dell'inquinamento organico in un fiume

In relazione a quanto già menzionato nel paragrafo 2.4, l'inquinamento organico provoca la deossigenazione delle acque fluviali interessate, come conseguenza dell'intensa attività metabolica cui sono sottoposti i microrganismi dell'ecosistema delle acque lotiche.

In particolare, quando un carico organico viene scaricato nel fiume si innescano i meccanismi di autodepurazione che richiedono disponibilità di ossigeno per l'attività dei microrganismi, i quali decompongono le molecole organiche complesse in molecole semplici.²⁰ A tale processo contribuiscono anche la diluizione, la luce solare e la sedimentazione. Inoltre, nel processo di auto-purificazione del fiume, i microrganismi fissati hanno un'importanza maggiore rispetto agli organismi sospesi e la loro importanza aumenta con l'aumento della qualità dell'effluente, poiché i microrganismi fissati sono già presenti nel flusso, mentre quelli sospesi vengono principalmente forniti con lo scarico.²⁰ L'autodepurazione è dunque il meccanismo con cui i corpi idrici tendono naturalmente a tornare allo stato originario e si realizza tramite processi biologici, fisici e chimici.²¹

I processi biologici si esplicano attraverso: *la degradazione batterica*, che si esercita unicamente su sostanze solubili o solubilizzabili, pertanto la degradazione di solidi o sostanze sospese è mediata dall'ingestione e la metabolizzazione da parte di microrganismi superiori come vermi e insetti; *l'assimilazione vegetale*, soprattutto di sali di azoto e fosforo allo stato solubile, cui segue l'assimilazione nel protoplasma algale, per terminare con la sedimentazione delle alghe sul fondo, che permette di rimuovere

definitivamente tali Sali dal fondo delle acque superficiali; *l'assimilazione animale*, che consiste nell'ingestione e metabolizzazione dei solidi e delle sostanze sospese.²¹

I processi fisici coinvolti nell'auto-depurazione sono: *la diluizione*, fenomeno che fa parte stesso dell'autodepurazione, qualora consenta il raggiungimento di concentrazione di inquinante organico tali da favorirne il trattamento biologico; *la sedimentazione della sostanza organica*, che avviene quando aumenta la densità delle particelle e diminuisce la turbolenza dell'acqua ed è favorita da meccanismi di aggregazione delle particelle stesse, quali coagulazione e flocculazione, *l'abrasione* nei confronti dei corpi solidi e delle sostanze sospese che vengono frantumate per collisione con altre particelle o con corpi duri, *l'assorbimento o trasferimento di un gas in un liquido*, che regola sia il ciclo dell'ossigeno che dell'anidride carbonica.²¹

I processi chimici coinvolti sono: *le reazioni acido-base*, al fine di mantenere il pH degli ambienti naturali, attraverso la neutralizzazione degli inquinanti acidi e basici; *la precipitazione dei metalli tossici*, il cui accumulo nei sedimenti è favorito dalla bassa solubilità di molti metalli, se combinati con anioni, carboidrati, ecc; *la complessazione* degli ioni metallici mediante complessanti organici quali NTA ed EDTA (acido etilendiamminicotetracetico), *l'adsorbimento* di soluti organici (es. erbicidi) e inorganici (es. ioni metallici) da parte di particelle argillose e da colloidali minerali presenti nelle acque naturali; *la flocculazione*, processo in cui le piccole particelle in sospensione e dotate di carica si aggregano formando una massa di dimensioni maggiori, che precipita.²¹

La riduzione del tenore di ossigeno disciolto coinvolge tutti gli organismi viventi presenti nel fiume, dal più piccolo al più grande, infatti, sia lo zooplankton sia i pesci, per respirare, usano l'ossigeno gassoso sciolto nell'acqua, senza il quale si avrebbe asfissia, mentre i batteri lo consumano per decomporre la materia organica. I rifiuti organici possono anche precipitare sul fondo del fiume, alterando le caratteristiche del substrato. Inoltre l'aumento della torbidità causato dall'elevato carico inquinante riduce la penetrazione della luce, indispensabile per gli organismi fotosintetici.²⁰

Nei corsi d'acqua a lento movimento, nell'intorno delle fonti di materiale organico, si hanno livelli di ossigeno disciolto bassi, al di sotto della metà del valore saturato. Livelli di ossigeno disciolto inferiori a 3 mg/L rappresentano una situazione difficile per la sopravvivenza delle specie acquatiche. Oltre che in milligrammi/litro, la concentrazione di ossigeno disciolto si può esprimere in termini di saturazione, cioè della quantità di ossigeno presente rispetto al valore massimo, assunto pari a cento, che si può avere nelle stesse condizioni di salinità, di temperatura e pressione atmosferica. Affinché il corpo

idrico superficiale presenti un buono stato di salute, di cui la concentrazione di ossigeno disciolto ne è un parametro indice, quest'ultima, a saturazione, non può scendere al di sotto del 60%, mentre può superare il valore massimo (100%), in presenza di un'intensa attività fotosintetica.²²

La solubilità dell'ossigeno, da cui dipende la concentrazione di ossigeno disciolto che si ritrova in acqua, è influenzata da diversi fattori, quali: la temperatura, la pressione atmosferica, la salinità, che si misura attraverso la conducibilità elettrica, l'attività dei microrganismi, la fotosintesi clorofilliana, il regime più o meno turbolento del corso d'acqua. Inoltre la variazione della quantità di ossigeno, oltre ad influenzare la presenza o meno di vegetali, di materie organiche ossidabili, può influire sulla presenza di grassi, idrocarburi e detergenti in corrispondenza della superficie dell'acque, di cui possono limitarne la solubilità.²²

L'inquinamento organico e il suo andamento nel tempo e nello spazio, lungo il corso del fiume, viene controllato in termini di concentrazione di ossigeno disciolto e di BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand), cioè della domanda biochimica di ossigeno, che indica la quantità di ossigeno richiesta dai microrganismi nelle reazioni biochimiche di ossidazione della sostanza organica biodegradabile.²³

²⁰ http://www.lenntech.com/italiano/aquatic/inquinamento-organico/composti_organici_in_acqua_dolce.htm, 03/03/06.

²¹ R. Vismara, „Inquinamento e protezione delle acque, pp. 258,256

²² <http://www.arpalazio.it/acqua>, 02/03/06.

²³ R. Vismara, 1995, Inquinamento e protezione delle acque, pp. 324,325.

2.6. Igiene microbiologica delle acque: microrganismi patogeni presenti nelle acque e nei liquami.

I rifiuti organici prodotti da animali e persone possono essere ricchi anche di microrganismi patogeni e non, rispettivamente come la Salmonella e gli *Escherichia Coli*. In tal caso il principale indice di buona salute è rappresentato dall'aspetto infettivo delle acque e non dal loro tenore di ossigeno disciolto.

Gli *Escherichia Coli* sono microrganismi che appartengono alla famiglia dei coliformi e la loro presenza indica una contaminazione fecale di origine animale o umana. Sono stati

definiti microrganismi indicatori della contaminazione fecale perché presenti in concentrazioni più elevate e di più facile determinazione dei microrganismi patogeni.

Tra questi ultimi si annovera la *Salmonella*, che essendo un patogeno la sua ricerca deve essere effettuata, rispetto agli indicatori, su quantitativi più elevati di acqua, ma, mentre il loro rilevamento testimonia la loro sicura presenza, un risultato negativo non depone per la loro sicura assenza. Infatti i patogeni possono essere presenti con discontinuità negli effluenti e conseguentemente nei corpi idrici riceventi; in aggiunta, l'abbondante presenza di flora contaminante accessoria interferisce spesso con la reale possibilità di evidenziare i patogeni anche quando essi siano presenti. Pertanto, a causa della discontinuità della loro presenza e delle difficoltà tecniche legate al loro isolamento nell'ambiente idrico, la ricerca dei patogeni non potrà tanto avere il significato di controllare la qualità delle acque, quanto finalità epidemiologiche, offrendo la possibilità di individuare uno degli anelli della catena attraverso la quale avviene la diffusione degli agenti patogeni responsabili delle malattie infettive di origine idrica.²⁴

²⁴ <http://www.cnr.it>, 03/03/06 Metodi IRSA.

Capitolo 3

NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER LA TUTELA DELLE ACQUE SUPERFICIALI

3.1. Direttiva Comunitaria

La normativa comunitaria di riferimento per la tutela delle acque è costituita dalla Direttiva 2000/60/CEE, il cui scopo è istituire un quadro condiviso a livello europeo per l'attuazione di una politica sostenibile di uso e di protezione per tutte le acque, intese come tali le acque interne, di transizione e marino costiere.²⁵

La suddetta direttiva rappresenta una legislazione innovativa nella politica comunitaria sulle acque, poiché affronta problemi relativi alla salvaguardia e tutela delle stesse, considerando gli ambienti acquatici nella loro complessità e definendo degli obiettivi di qualità ambientale, i quali devono essere raggiunti per tutti i corpi idrici entro il termine stabilito dalla direttiva stessa. A tale scopo è prevista l'attuazione di processi di analisi, monitoraggi e studi mirati, che gli Stati Membri devono effettuare per poter classificare adeguatamente lo stato di qualità ambientale delle proprie acque superficiali e conseguire infine, entro il 2016, uno stato di qualità "buono" per i diversi corpi idrici.²⁶

3.2. Normativa Nazionale

Al livello nazionale la normativa di riferimento è rappresentata dal decreto legislativo (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 provenienti da fonti agricole". Il testo è stato successivamente aggiornato a seguito delle disposizioni correttive ed integrative di cui al Decreto Legislativo del 18 agosto 2000, n.258, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale (G.U.) n. 246 del 20 ottobre 2000.²⁷ e del Testo Unico Ambientale, G. U. n. 88 del 14 aprile del 2006. Le due norme, comunitaria e nazionale, sono state sviluppate in parallelo e si basano sugli stessi principi e concetti, come se il decreto legislativo nazionale avesse recepito in

anticipo la direttiva comunitaria. In esse sono definiti i principi per il raggiungimento, per i corpi idrici significativi, dell'obiettivo di stato di qualità ambientale "Buono". Essi vertono sulla salvaguardia, la tutela e il miglioramento delle risorse naturali, attraverso la prevenzione, la precauzione e la riduzione, soprattutto alla fonte, dei danni causati all'ambiente e sul principio che "chi inquina, paga".²⁵

Inoltre, il D. Lgs. 152/99, in linea con gli orientamenti comunitari, si propone di adottare un approccio integrato che combini i limiti agli scarichi con i limiti di qualità dei corpi idrici. L'attenzione si sposta conseguentemente dal controllo del singolo scarico all'insieme degli eventi che determinano l'inquinamento del corpo idrico.²⁸

Rispetto al passato, l'obiettivo non è più quello di garantire il "controllo puntuale allo scarico di parametri per lo più chimico-fisici", che caratterizzava la legge 319/76, ma quello di garantire la capacità autodepurativa naturale dell'acqua attraverso la tutela integrata dei corpi idrici in quantità e qualità.²⁹

Un'efficace tutela delle acque presuppone, quindi, la considerazione simultanea dell'aspetto qualitativo e quantitativo, in linea con la norma 2000/CEE, per un nuovo approccio al problema del mantenimento e del miglioramento dell'ambiente acquatico. La legislazione nazionale identifica i corpi idrici significativi da sottoporre a controllo e monitoraggio, con l'obiettivo di valutarne la qualità ambientale e di porre le autorità competenti nelle condizioni di emanare provvedimenti di varia natura, ai fini della tutela della risorsa e della salute umana. Nella regione Lazio, ArpaLazio svolge attività di supporto tecnico agli enti locali per atti autorizzativi e prescrittivi e attività di vigilanza e controllo della qualità delle acque, secondo un insieme di programmi specifici e di strumenti tecnico-analitici che costituiscono la rete di monitoraggio.²⁷

La tutela quali-quantitativa dell'acqua passa attraverso il "Sistema integrato di monitoraggio e controllo", finalizzato ad una conoscenza completa delle dinamiche ambientali e del suo stato di qualità. L'attività di monitoraggio rappresenta lo strumento per l'acquisizione di dati ed informazioni sullo stato dell'ambiente, delle pressioni, del territorio e degli impatti, necessari per fornire una prima classificazione dello stato di salute del corpo idrico superficiale e programmare eventuali interventi di risanamento, oltre a verificare, nel tempo, il raggiungimento degli obiettivi di qualità fissati dalla normativa. Le attività di controllo verificano il rispetto delle prescrizioni ed obiettivi normativi.²⁸

²⁵http://www.apat.gov.it/site/it/IT/Temi/Acqua/Tutela_delle_risorse_idriche/Piani_e_programmi_internazionali/, 15/03/06.

²⁶http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Acqua/Direttiva_quadro_sulle_acque_2000-60-CE, 15/03/06

²⁷ <http://www.arpalazio.it/acqua/>, 15/03/06.

²⁸ http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Acqua/Tutela_delle_risorse_idriche/, 15/03/06.

3.3 Determinazione dello stato di qualità ambientale del corpo idrico superficiale, ai sensi del D.Lgs 152/99

L'articolo 1 del D. Lgs 152/99, definisce la disciplina generale per la tutela delle acque superficiali, marine e sotterranee, perseguendo i seguenti obiettivi:

- a) prevenire e ridurre l'inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati;
- b) conseguire il miglioramento dello stato delle acque ed adeguate protezioni di quelle destinate a particolari usi;
- c) perseguire usi sostenibili e durevoli delle risorse idriche, con priorità per quelle potabili;
- d) mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici, nonché la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate.

Il raggiungimento del primo e dell'ultimo obiettivo si realizza sulla base dello stato ecologico e dello stato chimico del corpo idrico, ai sensi dell'allegato 1 del decreto legislativo 152/99, "Criteri per individuare i corpi idrici significativi e per stabilire lo stato di qualità ambientale di ciascuno di essi".

"Lo stato ecologico dei corpi idrici superficiali è l'espressione della complessità degli ecosistemi acquatici, e della natura fisica e chimica delle acque e dei sedimenti, delle caratteristiche del flusso idrico e della struttura fisica del corpo idrico considerando comunque prioritario lo stato degli elementi biotici dell'ecosistema. Al fine di una valutazione completa dello stato ecologico, oltre all'utilizzo dell'indice biotico esteso (I.B.E.) per i corsi d'acqua superficiali, sarà necessario utilizzare i metodi per la rilevazione e la valutazione della qualità degli elementi biologici e di quelli morfologici dei corpi idrici che dovranno essere messi a punto dall'ANPA." ³⁰

"Lo stato chimico è definito in base alla presenza di sostanze chimiche pericolose. La valutazione dello stato chimico dei corpi idrici superficiali è effettuata inizialmente in base ai valori soglia riportate nella direttiva 76/464/CEE e nelle direttive da essa derivate, nelle parti riguardanti gli obiettivi di qualità nonché nell'allegato 2 sezione B; nel caso per gli stessi parametri siano riportati valori diversi, deve essere considerato il più restrittivo." ³⁰

I principali inquinanti chimici, già normati dalle direttive comunitarie e da monitorare nelle acque superficiali, sono riportati nella **Tabella 1**.

Tabella 1: Principali inquinanti chimici da controllare nelle acque dolci superficiali (D.Lgs.152/99, Allegato1)

Inorganici (disciolti) (1)	Organici (sul tal quale)
Cadmio	aldrin
Cromo totale	dieldrin
Mercurio	endrin
Nichel	isodrin
Piombo	DDT
Rame	esaclorobenzene
Zinco	esaclorocicloesano
	esaclorobutadiene
	1,2 dicloroetano
	tricloroetilene
	triclorobenzene
	cloroformio
	tetracloruro di carbonio
	percloroetilene
	pentaclorofenolo

(1) se è accertata l'origine naturale di sostanze inorganiche, la loro presenza non compromette l'attribuzione di una classe di qualità definita dagli altri parametri.

In riferimento al Decreto Legislativo 152/99,

“lo stato ambientale è definito in relazione al grado di scostamento rispetto alle condizioni di un corpo idrico di riferimento”,³⁰

cioè quello con caratteristiche biologiche, idromorfologiche e fisiochimiche tipiche di un corpo idrico relativamente immune da impatti antropici. I corpi idrici di riferimento sono individuati, in

via teorica, in ogni bacino idrografico, dalle autorità di bacino o dalle Regioni per i bacini di competenza.

Gli stati di qualità ambientale previsti per le acque superficiali, rispetto al corpo idrico di riferimento, sono riportati nella **Tabella 2**.

Tabella 2: Allegato 1 del D.Lgs,152/99, “Definizione dello stato ambientale per i corpi idrici superficiali”

ELEVATO	<p>Non si rilevano alterazioni dei valori di qualità degli elementi chimico-fisici ed idromorfologici per quel dato tipo di corpo idrico in dipendenza degli impatti antropici, o sono minime rispetto ai valori normalmente associati allo stesso ecotipo in condizioni indisturbate. La qualità biologica sarà caratterizzata da una composizione e un’abbondanza di specie corrispondente totalmente o quasi alle condizioni normalmente associate allo stesso ecotipo</p> <p>La presenza di microinquinanti, di sintesi e non di sintesi, è paragonabile alle concentrazioni di fondo rilevabili nei corpi idrici non influenzati da alcuna pressione antropica</p>
BUONO	<p>I valori degli elementi della qualità biologica per quel tipo di corpo idrico mostrano bassi livelli di alterazione derivanti dall’attività umana e si discostano solo leggermente da quelli normalmente associati allo stesso ecotipo in condizioni non disturbate.</p> <p>La presenza di microinquinanti, di sintesi e non di sintesi, è in concentrazioni da non comportare effetti a breve e lungo termine sulle comunità biologiche associate al corpo idrico di riferimento.</p>
SUFFICIENTE	<p>I valori degli elementi della qualità biologica per quel tipo di corpo idrico si discostano moderatamente da quelli di norma associati allo stesso ecotipo in condizioni non disturbate. I valori mostrano segni di alterazione derivanti dall’attività umana e sono sensibilmente più disturbati che nella condizione di "buono stato".</p> <p>La presenza di microinquinanti, di sintesi e non di sintesi, è in concentrazioni da non comportare effetti a breve e lungo termine sulle comunità biologiche associate al corpo idrico di riferimento.</p>
SCADENTE	<p>Si rilevano alterazioni considerevoli dei valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale, e le comunità biologiche interessate si discostano sostanzialmente da quelle di norma associate al tipo di corpo idrico superficiale inalterato.</p> <p>La presenza di microinquinanti, di sintesi e non di sintesi, è in concentrazioni da comportare effetti a medio e lungo termine sulle comunità biologiche associate al corpo idrico di riferimento</p>
PESSIMO	<p>I valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale presentano alterazioni gravi e mancano ampie porzioni delle comunità biologiche di norma associate al tipo di corpo idrico superficiale inalterato.</p> <p>La presenza di microinquinanti, di sintesi e non di sintesi, è in concentrazioni da gravi effetti a breve e lungo termine sulle comunità biologiche associate al corpo idrico di riferimento.</p>

La classificazione dello stato ambientale di un corpo idrico superficiale, in base alla **Tabella 2**, si realizza attraverso l’analisi ed il confronto dello stato ecologico e dello stato chimico

definiti dal decreto. Il primo si determina calcolando ed integrando il dato risultante da due indici, il Livello di Inquinamento da Macrodescrittori (LIM) e l'Indice Biotico Esteso (I.B.E.), attribuendo alla sezione in esame o al tratto da essa rappresentato il risultato peggiore tra quelli derivati dalle valutazioni relative ad I.B.E. e macrodescrittori, tenendo conto che per la valutazione del risultato dell'I.B.E. si considera il valore medio ottenuto dalle analisi eseguite durante il periodo di misura.³⁰

Il livello di qualità relativa ai macrodescrittori (LIM), ai sensi dell'allegato 1 del D.Lgs.152/99, viene determinato utilizzando la **Tabella 3** e calcolando, per ciascuno dei parametri riportati in essa, il 75° percentile. In base alla colonna in cui ricade il risultato del 75° percentile si definisce il livello di inquinamento da attribuire a ciascun parametro e, conseguentemente, il suo punteggio. Il livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori è dato dall'intervallo in cui ricade il valore della somma dei livelli ottenuti dai diversi parametri.³⁰

Tabella 3: Allegato 1 del D.Lgs 152/99, “Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori”

Parametro	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
100-[O ₂ D(% sat.)] (*)	≤ 10 (#)	≤ 20	≤ 30	≤ 50	> 50
BOD ₅ (O ₂ mg/l)	≤ 2,5	≤ 4	≤ 8	≤ 15	> 15
COD(O ₂ mg/l)	≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 25	> 25
NH ₄ (N mg/l)	≤ 0,03	≤ 0,10	≤ 0,50	≤ 1,50	> 1,50
NO ₃ (N mg/l)	≤ 0,3	≤ 1,5	≤ 5,0	≤ 10,0	> 10,0
Fosforo totale (P mg/l)	≤ 0,07	≤ 0,15	≤ 0,30	≤ 0,60	> 0,60
Escherichia coli (UFC/100ml)	≤ 100	≤ 1000	≤ 5000	≤ 20000	> 20000
Punteggio da attribuire per ogni parametro analizzato	80	40	20	10	5
LIVELLO DI INQUINAMENTO DAI MACRODESCRITTORI	480-560	240-475	120-235	60-115	< 60

(*) la misura deve essere effettuata in assenza di vortici; il dato relativo al deficit o al surplus deve essere considerato in valore assoluto;

(#) in assenza di fenomeni di eutrofia;

Ai fini della classificazione devono essere disponibili almeno il 75% dei risultati delle misure eseguibili nel periodo considerato. Questo stesso parametro viene usato per l'eventuale valutazione dello stato di qualità chimica concernente gli inquinanti chimici della **Tabella 1**.

A questo punto è possibile individuare lo stato ecologico del corso d'acqua mettendo a confronto i valori dei macrodescrittori e quelli dell'I.B.E., come presentato nello schema della **Tabella 4**, scegliendo il peggiore tra i due.³⁰

Tabella 4: Allegato 1 del D.Lgs 152/99, “Stato ecologico dei corsi d’acqua (si consideri il risultato peggiore tra I.B.E. e macrodescrittori)”.

	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	CLASSE 5
I.B.E.	≥ 10	8-9	6-7	4-5	1,2,3
LIVELLO DI INQUINAMENTO MACRODESCRITTORI	480-560	240-475	120-235	60-115	< 60

I dati ecologici così ottenuti, appartenenti ad una delle classi della **Tabella 4**, vanno rapportati ai dati relativi alla presenza di inquinanti chimici indicati in **Tabella 1**, come mostrato in **Tabella 5**; ottenendo così lo stato di qualità ambientale (SECA).

Tabella 5: Allegato1 del D.Lgs 152/99, “Stato di qualità ambientale dei corsi d’acqua”

Stato ecologico ⇒	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Concentrazione inquinanti di cui alla tabella 1 ↓					
≤ valore soglia	ELEVATO	BUONO	SUFFICIENTE	SCADENTE	PESSIMO
> valore soglia	SCADENTE	SCADENTE	SCADENTE	SCADENTE	PESSIMO

“Se lo stato ambientale da attribuire alla sezione di corpo idrico risulta inferiore a *Buono*, devono essere effettuati accertamenti successivi finalizzati alla individuazione delle cause del degrado e alla definizione delle azioni di risanamento. Tali accertamenti, soprattutto se il risultato derivante dall’I.B.E. è significativamente peggiore della classificazione derivante dai dati dei macrodescrittori e degli eventuali parametri addizionali, devono includere analisi supplementari volte a verificare la presenza di sostanze pericolose non ricercate in precedenza, ovvero l’esistenza di eventuali effetti di tipo tossico su organismi acquatici, di fenomeni di accumulo di contaminanti nei sedimenti e nel biota. L’eventuale evidenziazione di situazioni di tossicità per gli organismi testati e/o evidenze di bioaccumulo sugli stessi portano ad attribuire lo stato ambientale scadente”.³⁰

Ai sensi dell’articolo 5 del Decreto Legislativo 152/99, “Individuazione e perseguimento dell’obiettivo di qualità ambientale”, entro il 31 dicembre 2001, sulla base dei dati già acquisiti e dei risultati del primo rilevamento effettuato, le regioni hanno dovuto identificare per ciascun corpo idrico significativo, o parte di esso, la classe di qualità corrispondente ad una di quelle indicate nell’allegato 1, in base al procedimento citato. Al fine di assicurare entro il 31 dicembre 2015 il raggiungimento dell’obiettivo di qualità ambientale corrispondente allo stato “buono”, la legge stabilisce che entro il 31 dicembre 2008 ogni corpo idrico superficiale classificato o tratto di esso deve conseguire almeno i requisiti dello stato “sufficiente”. Eventualmente entro il 31 dicembre 2015, le regioni possono motivatamente stabilire termini diversi per i corpi idrici che presentano condizioni tali da non consentire il raggiungimento dello stato “buono”.³¹ Ciò è ribadito anche nel Testo Unico Ambientale del D. Lgs 152/99, entrato in vigore da maggio 2006.

²⁹http://www.apat.gov.it/site/it/IT/Temi/Acqua/Tutela_delle_risorse_idriche/Monitoraggio_e_controllo/, 15/03/06

³⁰ Allegato 1, D.Lgs. 11/05/99, n.152.

³¹ Art. 5, D.Lgs. 11/05/99, n.152.

3.3.1 Attività di monitoraggio

Come già menzionato precedentemente, il monitoraggio rappresenta lo strumento attraverso il quale è possibile determinare e controllare nel tempo, lo stato di qualità ambientale del corpo idrico superficiale, attraverso indicatori ed analisi qualitative e quantitative dei parametri chimici, fisici e microbiologici che caratterizzano un corpo

idrico superficiale. Ai sensi del D.Lgs. 152/99 il monitoraggio si articola in una fase conoscitiva iniziale e in una fase a regime.

“La fase conoscitiva iniziale ha la durata di 24 mesi ed ha come finalità la classificazione dello stato di qualità di ciascun corpo idrico; in base ad esso le autorità competenti definiscono, nell’ambito del piano di tutela, le misure necessarie per il raggiungimento o il mantenimento dell’obiettivo di qualità ambientale.”³⁰

Durante questa fase vengono raccolte informazioni, su elementi ecologici e geomorfologici, utili per una valutazione più completa dello stato ecologico, oltre ad informazioni relative alla contaminazione da macroinquinanti dei sedimenti e del biota, più specifiche per le acque costiere e di transizione.

La fase a regime è quella in cui il monitoraggio è volto a verificare il raggiungimento ovvero il mantenimento dell’obiettivo di qualità “Buono” o “Elevato” di cui all’articolo 4. Nella situazione in cui ciò si verifichi, il monitoraggio può essere ridotto ai soli parametri macrodescrittori riportati in **Tabella 3**. Il monitoraggio effettuato dalle autorità competenti per il controllo delle acque (ARPA), ha come fine ultimo l’ottimizzazione dell’impiego di risorse umane e finanziarie. Nel caso specifico di corso idrico superficiale, quale il Tevere, il monitoraggio è finalizzato alla tutela della vita dei pesci. Rientrano nell’ottimizzazione: il monitoraggio finalizzato all’uso potabile delle acque o alla balneazione. Infine, secondo la normativa vigente, si deve predisporre, presso ogni ARPA, di un dispositivo di pronto intervento in grado di monitorare gli effetti o individuare le cause di fenomeni acuti di inquinamento, dovuti a episodi accidentali o dolosi.³⁰

³⁰ Allegato 1, D.Lgs. 11/05/99, n.152.

3.3.2 Indicatori di qualità ed analisi da effettuare nella fase conoscitiva iniziale.

Nell'ambito della fase conoscitiva iniziale, ai fini della prima classificazione della qualità dei corsi d'acqua, la normativa riferisce l'esecuzione di determinazioni sulla matrice acquosa e sul biota, che possono essere integrate da indagini sui sedimenti e da test di tossicità.

In questo lavoro, che riporta come caso studio il monitoraggio del tratto extraurbano a monte del fiume Tevere, ci si è occupati, dunque, del comparto acque, cioè delle determinazioni di due gruppi di parametri, quelli di base e quelli addizionali, così definiti dalla normativa:

- I *parametri di base*, riportati nella **Tabella 6**, riflettono le pressioni antropiche tramite la misura del carico organico, del bilancio dell'ossigeno, dell'acidità, del grado di salinità e del carico microbiologico nonché le caratteristiche idrologiche del trasporto solido. La loro determinazione è obbligatoria.³⁰
- I *parametri definiti macrodescrittori* e indicati con (o) nella **Tabella 6** vengono utilizzati per la classificazione; gli altri parametri servono a fornire informazioni di supporto per la interpretazione delle caratteristiche di qualità e di vulnerabilità del sistema nonché per la valutazione dei carichi trasportati.³⁰
- I *parametri addizionali* sono relativi ai microinquinanti organici ed inorganici, quelli di più ampio significato ambientale e sono riportati nella **Tabella 1**.³⁰

Tabella 6: Allegato1 del D.Lgs 152/99 “Parametri di base (con (o) sono indicati i parametri macrodescrittori utilizzati per la classificazione)”

Parametri di base	
Portata (m ³ /s)	Ossigeno disciolto (mg/L) ** (o)
pH	BOD5 (O ₂ mg/L) ** (o)
Solidi sospesi (mg/L)	COD (O ₂ mg/L) ** (o)
Temperatura (°C)	Ortofosfato (P mg/L) *
Conducibilità (μS/ cm (20°C)) **	Fosforo Totale (P mg/L) ** (o)
Durezza (mg/L di CaCO ₃)	Cloruri (Cl- mg/L) *
Azoto totale (N mg/L) **	Solfati (SO ₄ - - mg/L)*
Azoto ammoniacale (N mg/L) *(o)	<i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL) (o)
Azoto nitrico (N mg/L) *(o)	

(*) determinazione sulla fase disciolta

(**) determinazione sul campione tal quale

Le misure dei parametri fisici e biologici delle acque del fiume in esame devono essere confrontate con i valori limiti di concentrazione definiti dall'allegato 2/B della normativa sulla tutela delle acque (D.Lgs.152/99): "Criteri generali e metodologie per il rilevamento delle caratteristiche qualitative, per la classificazione ed il calcolo della conformità delle acque dolci superficiali idonee alla vita dei pesci salmonicoli e ciprinicoli"; (**Tabella 7**), al fine di verificarne la rispondenza.

Tabella 7: Allegato 2/B del D.Lgs 152/99, “Qualità delle acque idonee alla vita dei pesci salmonidi e ciprinidi”

Parametro	Unità di misura	Acque per salmonidi		Acque per ciprinidi		Metodo di analisi e rilevamento	Frequenza minima di campionamento e di misura	Riferimento in note esplicative
		G	I	G	I			
Temperatura (aumento)	D °C		1,5		3	- Termometria	Settimanale	(1)
Temperatura (massima)	°C		21,5(o)		28(o)			
Temperatura (periodi di riproduzione)	°C		10(o)					
Ossigeno	mg/L O ₂	= 9 (50%)	= 9 (50%)	= 8 (50%)	= 7 (50%)	- Volumetria (metodo di Winkler) -Elettrometria (elettrodi specifici)	Mensile	(2)
		= 7 (100%)		= 5 (100%)				
Concentrazione di ioni idrogeno	pH	6 –9 (o)		6 –9 (o)		- Potenzimetria	Mensile	(3)
Materiali in sospensione	mg/L	25 (o)	60 (o)	25 (o)	80 (o)	- Gravimetria	Mensile	(4)
BOD ₅	mg/L O ₂	3	5	6	9	- Volumetria (metodo di Winkler) -Elettrometria - Respirometria	Mensile	(5)
Fosforo totale	mg/L P	0,07		0,14		-Spettrofotometria di assorbimento molecolare (Metodo all'acido fosfomolibdico o in presenza di acido ascorbico, previa mineralizzazione)	Mensile	(6)
Nitriti	mg/L NO ₂	0,01	0,88	0,03	1,77	- Spettrofotometria di assorbimento molecolare (Metodo alla N-1-naftiletildiammina e sul fanilammide)	Mensile	(7)
Composti fenolici	mg/L C ₆ H ₅ OH	0,01	**	0,01	**	- Spettrofotometria di assorbimento molecolare (Metodo alla 4-aminoantipirina o alla p-nitroanilina)	Mensile	(8)
Idrocarburi di origine petrolifera	mg/L	0,2	***	0,2	***	- Esame gustativo -Spettrometria IR (previa estrazione con CCl ₄ o solvente equivalente) - Esame visivo	Mensile	(9)

						- Esame gustativo		
Ammoniaca non ionizzata	mg/L NH ₃	0,005	0,025	0,005	0,025	-Spettrofotometria di assorbimento molecolare (Metodo al blu di indofenolo – oppure – Metodo di Nessler)	Mensile	(10)
Ammoniaca totale	mg/L NH ₄	0,04	1	0,2	1	-Spettrofotometria di assorbimento molecolare (Metodo al blu di indofenolo – oppure – Metodo di Nessler)	Mensile	(11)
Cloro residuo totale	mg/L come HOCl		0,004		0,004	- Spettrofotometria di assorbimento molecolare o volumetria (Metodo DPD:N,N-dietil-p-fenilendiammina)	Mensile	(12)
Zinco totale *	µg/L Zn		300		400	- Spettrometria di assorbimento atomico	Mensile	(14)
Rame	µg/L Cu		40		40	- Spettrometria di assorbimento atomico	Mensile	(14)
Tensioattivi (anionici)	mg/L come MBAS	0,2		0,2		- Spettrofotometria di assorbimento molecolare (Metodo al blu di metilene)	Mensile	(13)
Arsenico	µg/L As		50		50	- Spettrometria di assorbimento atomico	Mensile	(14)
Cadmio totale *	µg/L Cd	0,2	2,5	0,2	2,5	- Spettrometria di assorbimento atomico	Mensile	(14)
Cromo	µg/L Cr		20		100	- Spettrometria di assorbimento atomico	Mensile	(14)
Mercurio totale *	µg/L Hg	0,05	0,5	0,05	0,5	- Spettrometria di assorbimento atomico (su vapori freddi)	Mensile	(14)
Nichel	µg/L Ni		75		75	- Spettrometria di assorbimento atomico	Mensile	(14)
Piombo	µg/L Pb		10		50	- Spettrometria di assorbimento atomico	Mensile	(14)

Note: G = guida o indicativo; I = imperativo od obbligatorio.

(o): Conformemente all'art. 13 sono possibili deroghe;

(*) Totale = Disciolto più particolato;

(**) I composti fenolici non devono essere presenti in concentrazioni tali da alterare il sapore dei pesci

(***) I prodotti di origine petrolifera non devono essere presenti in quantità tali da:

- produrre alla superficie dell'acqua una pellicola visibile o da depositarsi in strati sul letto dei corsi d'acqua o sul fondo dei laghi

- dare ai pesci un sapore percettibile di idrocarburi
- provocare effetti nocivi sui pesci

In conclusione, per caratterizzare un fiume vanno considerati i seguenti aspetti:

- ✓ *quantità disponibile di acqua*, misurabile mediante la portata (variazione di volume di acqua che scorre attraverso una data sezione in un certo intervallo di tempo) ed aspetto correlato al bacino idrografico di alimentazione;
- ✓ *qualità dell'acqua*, fattore legato al regime idraulico del fiume, che se turbolento, si ha un notevole ricambio di ossigeno dall'atmosfera, se lento, l'ossigeno consumato dai microrganismi come accettare di elettroni per l'ossidazione della sostanza organica viene reintegrato meno frequentemente dall'atmosfera, con conseguente peggioramento della qualità. Tale fattore è funzione anche della composizione chimica, fisica e microbiologica delle acque del fiume, che influenzano i fenomeni di autodepurazione o di reazione all'immissione di sostanze inquinanti attraverso una serie di meccanismi volti a riportare l'acqua allo stato originario.

³⁰ Allegato 1, D.Lgs. 11/05/99, n.152.

Capitolo 4

STUDIO SPERIMENTALE DEL FIUME TEVERE NELLA SEZIONE PILOTA: Torrita Tiberina - Castel Giubileo

Si consideri come caso studio, per la valutazione dell'impatto e del danno ambientale prodotto dall'inquinamento organico in un sistema fluviale, la determinazione dello stato di qualità ambientale delle acque del fiume Tevere, sia nel tratto urbano, in cui è elevato il contributo all'inquinamento organico da parte dei reflui civili che in esso vengono riversati, sia nel tratto extraurbano, in cui, in relazione alle caratteristiche del territorio circostante e al minor grado di antropizzazione delle sponde, ci si aspetta un livello di contaminazione organica inferiore o comunque crescente in direzione del tratto urbano.

In proposito la relazione ArpaLazio: "Il ciclo integrato dell'acqua nelle aree metropolitane: aspetti quantitativi e qualitativi", relativamente alla classificazione delle acque del Tevere a Roma, riferisce che a monte di essa il Tevere sembra ancora conservare una certa capacità di diluizione e di autodepurazione, mentre nel tratto urbano la situazione si fa decisamente più grave. Questo brusco peggioramento delle caratteristiche di qualità ambientale, causato dagli apporti degli scarichi cittadini, delle acque altamente inquinate dell'Aniene e dei numerosi fossi e collettori di depuratori, non rende possibile, a valle di Roma, il recupero delle caratteristiche di qualità presenti a monte della città, soprattutto a causa dei processi di nitrificazione, dell'elevato numero di scarichi presenti, della loro prossimità e della ridotta portata nel tratto urbano, che condiziona negativamente la capacità di diluizione degli inquinanti. Anche la lista faunistica dei taxa bentonici, che vede un impoverimento nel procedere verso valle, riflette quanto descritto.³²

Negli ultimi anni, inoltre, si sono verificate tre gravi morie di pesci, drammatica evidenza di un peggioramento improvviso delle condizioni ambientali: nel *dicembre del 2000*, l'evento fu probabilmente causato, secondo quanto riportato dalla relazione ArpaLazio precedentemente citata, dall'elevato grado di inquinamento delle acque immesse dal fiume Aniene, che tra l'altro serve circa 500.000 persone che non hanno allaccio al sistema di depurazione; durante *l'estate del 2002* forti temporali causarono la morte di circa 30 tonnellate di pesci, sulla cui causa (rapido dilavamento delle sostanze chimiche antibatteriche utilizzate sulle colture a ridosso del Tevere o cattiva tenuta di fognature e

depuratori incapaci di filtrare il sovraccarico d'acqua) si sta ancora discutendo l'ultima si è manifestata il 25 luglio 2004 per cause ancora da indagare - anch'essa dopo un violento temporale - ed il tratto del fiume da Ponte Sant'Angelo all'Isola Tiberina si è presentato ricoperto di carcasse di pesci morti che hanno richiesto un intervento di rimozione da parte dei vigili del fuoco per evitare che arrivassero fin sulle spiagge nel pieno della stagione balneare.³²

Per valutare l'incidenza del suddetto inquinamento organico nel tratto urbano del fiume Tevere è stato determinato, secondo la metodologia prescritta dalla normativa, lo stato di qualità ambientale del tratto extraurbano a monte, presso la sezione Torrita Tiberina – Castel Giubileo, e confrontato con il corrispondente stato di qualità ambientale del tratto urbano dello stesso. A tale scopo in corrispondenza della sezione di studio è stata effettuata un'intensa attività di monitoraggio, affiancata e preceduta da una fase di caratterizzazione del sito d'interesse.

³² www.areemetropolitane.apat.it, 20/03/06.

4.1 Caratterizzazione del sito

Lo studio in via sperimentale del Tevere nel tratto extra-urbano della Provincia di Roma ha previsto un'iniziale fase conoscitiva di caratterizzazione del sito in esame, organizzata nelle seguenti fasi:

- idrologia del bacino imbrifero del Tevere,
- inquadramento idrogeologico;
- mappatura di dettaglio;
- raccolta dei dati storici esistenti.

4.1.1. Idrologia del bacino imbrifero del Tevere

Il Tevere sorge sul Monte Fumaiolo, bagna l'abitato di Balze, paese adagiato ai piedi del Fumaiolo, scorre per 4 chilometri in Romagna e continua il suo viaggio percorrendo la Toscana, l'Umbria e il Lazio, dove passa attraverso Roma. In particolare, giunto in Umbria, il Tevere attraversa interamente la regione, percorrendo la Val Tiberina, bagnando Città di

Castello e ricevendo la maggior parte dei suoi affluenti, tra cui il Chiascio (82 km) e il Paglia (67 km); segna poi per un tratto il limite tra Umbria e Lazio. Entra quindi nel Lazio, dove quasi al confine riceve le acque del Nera (116 km) e del non meno importante Aniene o Teverone (99 km). Poco dopo quest'ultima confluenza, il Tevere bagna Roma e in prossimità di Ostia si biforca nei due rami di Fiumara e Fiumicino per poi sfociare nel mar Tirreno, dopo un percorso di 403 chilometri con un tragitto in gran parte parallelo all'asse della penisola italiana.³³ Il motivo peculiare di questo tragitto, parallelo alla penisola, è da attribuire all'assetto tettonico della penisola stessa, caratterizzato da strutture estensionali originatesi negli ultimi 5 milioni di anni che hanno creato depressioni parallele all'asse della dorsale appenninica, nelle quali il fiume si è poi incanalato.³⁴

Il fiume Tevere rappresenta, per estensione del bacino (pari a circa 17.156 kmq), il secondo fiume d'Italia dopo il Po. Ha un'asta fluviale lunga circa 405 km ed una sua principale caratteristica è la variazione nel regime di portata, fenomeno correlato alla superficie del bacino, alle caratteristiche della sua forma, alla distribuzione delle precipitazioni, alla differente regimazione dei sottobacini, come quelli del Paglia e dell'Aniene, rispetto a quelli dell'alto bacino o del Nera. Nella superficie del bacino idrografico del Tevere ricadono le seguenti regioni:

Tabella 8: Autorità di Bacino, elenco delle Regioni ricadenti nel bacino

Regione	Superficie della regione ricadente nel bacino (Km²)	% del territorio del bacino coperto dalla regione
Umbria	8142,454	46,863
Lazio	7194,825	41,409
Toscana	1189,715	6,847
Abruzzo	618,925	3,562
Marche	201,355	1,159
Emilia-Romagna	26,928	0,155

	Superficie della regione ricadente nel bacino (Km²)	% del territorio del bacino coperto dalla Città del Vaticano
Città del Vaticano	0,794	0,005

I comuni che interessano il bacino sono in tutto 369, più città del vaticano; quelli afferenti al tratto extraurbano a monte del fiume in esame appartengono alla regione Lazio, in particolare alle sole province di Roma e di Rieti.

Per quanto riguarda le portate, quelle del fiume del Tevere sono state sistematicamente misurate dall'Ufficio di Roma del Servizio Idrografico sin dal 1921. La portata media su un settantennio è risultata pari a 232,49 m³/sec, con valori massimi nel mese di febbraio e minimi in agosto, in evidente correlazione con l'andamento delle precipitazioni. Inoltre in circa 30 anni si è verificata una generale diminuzione delle portate, dovuta probabilmente ai prelievi effettuati direttamente dal corso d'acqua per uso irriguo e alle captazioni di acqua potabile effettuate alle principali sorgenti (Acqua Marcia, Peschiera) del bacino imbrifero.³⁵ Variazioni notevoli, si sono avute in occasione di eventi eccezionali di piena cui corrispondono portate di circa 3.300 m³/sec, come riportato dai livelli registrati dall'idrometro di Ripetta. E' questo il caso delle inondazioni del 1870 e del 1900, con livelli idrici rispettivamente di 17,22 m e 16,17 m, mentre nel 1915 e nel 1937 si ebbero portate minori, rispettivamente di 3.160 e 2.900 m³/sec, se pur si siano registrati livelli idrici, dall'idrometro di Ripetta, più bassi: 16,08 metri nel 1915 e 16,90 metri nel 1937.

L'insieme degli interventi atti a mitigare il rischio idraulico derivante dalle piene del fiume, condotti a partire dalla fine del XVIII secolo, ha praticamente azzerato l'eventualità che si verifichi un'alluvione rovinosa nel perimetro urbano.³⁵ Ciò ha facilitato l'estensione degli insediamenti pubblici, civili e industriali nelle aree golenali del fiume.

³³ www.encarta.it, 12/04/06, "Il Tevere",

³⁴ www.abtevere.it, 12/04/06, cap. 2.3

³⁵ www.abtevere.it, 12/04/06, cap. 2.6

4.1.2 Inquadramento idrogeologico

In merito alla geologia dei terreni che lambiscono il corso d'acqua l'Autorità di Bacino del fiume Tevere, nella sezione informativa dell'omonimo sito: "Idrologia e idrogeologia del bacino imbrifero del fiume Tevere", rivela che il bacino idrografico in esame è caratterizzato per il 68% da sedimenti impermeabili (argille, argille sabbiose, marne), sia facenti parte delle serie sedimentarie appenniniche, sia depositatisi a partire dal Pliocene (5

milioni di anni fa) nelle depressioni tettoniche già menzionate. Da qui l'esistenza della grande differenza tra le portate di magra del Tevere e quelle di piena, e del perchè gli eventi di piena possano essere tanto catastrofici. Infatti, un bacino imbrifero così ampio (17.156 km²), caratterizzato prevalentemente da formazioni impermeabili, provoca il ruscellamento delle acque di precipitazione che provengono da una vasta area e si concentrano infine nel solo alveo del Tevere. Il fatto che le acque del Tevere scorrano per la maggior parte in terreni impermeabili fa sì che il principale apporto idrico con portata stabile provenga non da sorgenti localizzate in prossimità del corso del fiume, ma dai suoi principali affluenti: il Nera e l'Aniene. Questi, infatti, drenano i massicci carbonatici appenninici, che forniscono grandi sorgenti (una di queste, quella del Peschiera, alimenta gran parte della città di Roma) con portate estremamente stabili nel corso dell'anno.³⁴

³⁴ www.abtevere.it, 12/04/06, cap. 2.3.

Idrogeologia dell'area romana della piana del Tevere

Il carattere morfologico principale dell'area romana è rappresentato da un'ampia valle fluviale e dal corso del fiume Tevere e del fiume Aniene, che l'attraversano. "L'assetto idrogeologico è caratterizzato dalla presenza, in affioramento, di depositi sedimentari e vulcanici. I sedimenti, di origine marina e continentale, sono di età compresa tra circa 3,5 milioni di anni (Pliocene) e oggi, mentre quelli vulcanici, provenienti dall'attività dei distretti vulcanici dei Monti Sabatino e dei Colli Albani (complesso delle vulcaniti), sono di età compresa tra 600.000 e poche decine di migliaia di anni. Al di sopra di questo complesso, lungo i corsi d'acqua, sono presenti le alluvioni dell'età oleocenica (complesso dei depositi alluvionali) che, limitatamente alla valle tiberina, poggiano direttamente sul substrato impermeabile".³⁶

I terreni olocenici che caratterizzano l'alveo del Tevere si sono depositati dopo l'apice della glaciazione wurmiana di 18.000 di anni fa, in cui il livello medio del mare si stima fosse circa 120 m più basso di quello attuale. Questo abbassamento rappresenta l'ultima fase erosiva poiché determinò la forte incisione della valla del Tevere di molte decine di metri al di sotto delle quote attuali. Nell'area di Roma il Tevere incise il compatto substrato delle argille plioceniche, fino ad una profondità di -50 / -40 m s.l.m.. Oltre al corso del Tevere, anche tutto il reticolo idrografico da questo dipendente si approfondì

notevolmente: gli affluenti in riva destra e sinistra del Tevere incisero profonde e strette valli, in seguito colmate dai depositi olocenici e per ultimo sede preferenziale dell'accumulo di materiali antropici prodotti dalle attività edilizie in Roma. In questo periodo di glaciazione il Tevere scorreva incassato in una valle a fondo piatto, con depositi alluvionali ghiaiosi ed un andamento a canali intrecciati. Dopo il picco freddo wurmiano di 18.000 anni fa, a causa del repentino aumento della temperatura, il livello marino salì rapidamente fino a quote molto simili a quelle odierne. La risalita del livello del mare indusse il progressivo innalzamento di quota del corso del Tevere e il suo colmamento da parte di depositi alluvionali olocenici. Questi si concentrano nella valle tiberina, mentre sono scarsamente rappresentati nelle articolate strutture collinari che caratterizzano la riva destra e la riva sinistra del Tevere.³⁷ (Figura 4).

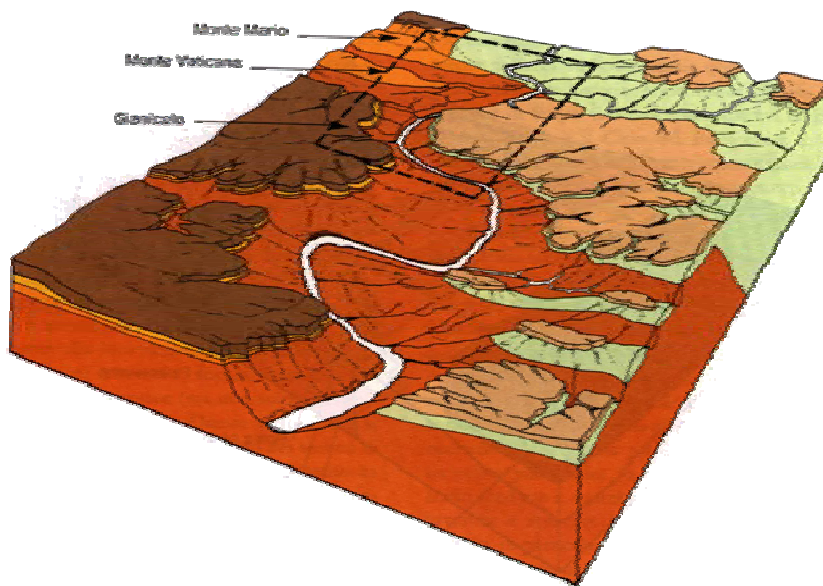


Figura 4: Rappresentazione della forte erosione conseguente all'abbassamento del livello del mare, coincidente con l'ultima fase glaciale wurmiana

In riva destra del Tevere il motivo morfologico dominante è la dorsale Monte Mario-Vaticano-Gianicolo, che si estende in direzione N-S parallelamente alla valle del Tevere per circa 10 km. Questa struttura culmina alla quota di 139 m s.l.m., in corrispondenza di Monte Mario e si deprime di quota fino a circa 60 m s.l.m., nel settore sud-occidentale della città. Il versante orientale di questa dorsale è molto acclive a causa della presenza alla base delle compatte argille plioceniche, ricoperte da depositi marini e continentali del

Pleistocene inferiore. Viceversa in riva sinistra del Tevere il paesaggio (**Figura 5**) è dominato dai "sette colli" di Roma (Quirinale, Viminale, Esquilino, Celio, Campidoglio, Palatino, Aventino, che raggiungono quote (40-50 m s.l.m.) molto meno elevati della dorsale presente in riva destra. Verso est i colli si saldano fra loro fino a costituire un piastrone tufaceo con quote di 50-60 m s.l.m., saltuariamente interrotto da valli strette ed incise.³⁸



Figura 5: I sette colli del paesaggio della riva sinistra del Tevere

Idrogeologia della piana alluvionale del fiume Tevere

I depositi alluvionali del Tevere poggiano direttamente sulle argille plioceniche impermeabili e contengono alla base un letto di ghiaie del Pleistocene superiore-Olocene, relative alla fase erosiva della glaciazione wurmiana e alle prime fasi di deposizione dovute alla fine dell'evento glaciale e al progressivo innalzamento delle acque. Queste ghiaie, che hanno uno spessore di pochi metri fino ad un massimo di 12 metri, possiedono una buona permeabilità ($k=10^{-4} - 10^{-5}$ m/s, 1999) e sono presenti alla base della successione olocenica in tutta la valle del Tevere fino alla foce, e poggiano sempre al di

sopra delle argille impermeabili plioceniche, che in prossimità della costa si approfondiscono fino a 70/80 al di sotto del livello del mare. Al di sopra delle ghiaie la successione olocenica è costituita da sedimenti eterogenei (argille, limi, sabbie, e ghiaie in quantità subordinata) associati nelle più diverse proporzioni. Le varie litologie presentano valori di permeabilità anche molto diversi fra loro: vi sono sedimenti dotati di buona permeabilità come le sabbie ($k=10^{-4} - 10^{-6}$ m/s), altri a bassa permeabilità come le sabbie limose ($k=10^{-6} - 10^{-8}$ m/s), interposti ad altri praticamente impermeabili, come le argille ed i limi argillosi ($k=10^{-8} - 10^{-10}$ m/s). Le sabbie e le sabbie limose contengono delle falde che, a seconda dello spessore e delle geometrie delle formazioni impermeabili, possono essere confinate, semiconfinate o libere.³⁹

Il Tevere costituisce il livello di base delle acque superficiali e la linea di drenaggio delle acque sotterranee. In aggiunta, si osserva come il differente assetto litologico e l'influenza di questo sui caratteri geomorfologici e topografici determinano diversità sostanziali nei meccanismi di circolazione delle acque sotterranee nei terreni affioranti sulle opposte rive del Tevere. I depositi plio-pleistocenici costituiti da sabbie mediamente permeabili, affioranti in riva destra, sono sede di una circolazione apprezzabile con il livello di base costituito da terreni argillosi. La falda è caratterizzata da gradienti sensibili, con linee di flusso orientate verso il fiume. Essa alimenta numerose sorgenti con portate dell'ordine di 1litro/secondo. I terreni affioranti in riva sinistra hanno in media permeabilità basse, che determinano una circolazione modesta direttamente alimentata dal Tevere. Le sorgenti, ubicate principalmente alla base delle alluvioni terrazzate, sono poco numerose e hanno portate inferiori al litro/secondo. Immediatamente a nord della foce del fiume Farfa, il settore individuato come Piana di Nazzano è caratterizzato da quote inferiori al livello medio del Tevere ed è protetto da un argine artificiale.⁴⁰

³⁶ www.abtevere.it, 12/04/06, cap. 2.11.2

³⁷ www.abtevere.it, 12/04/06, cap. 1.3

³⁸ www.abtevere.it, 12/04/06, cap. 2.11.3

³⁹ www.abtevere.it, 12/04/06, cap. 2.11.6

⁴⁰ www.teverefarfa.it, 12/04/06, “*Idrologia*”

4.1.3. Mappatura di dettaglio

Un'importante fase della caratterizzazione del sito è la *mappatura di dettaglio*, volta ad una preliminare individuazione dei confini dell'area d'interesse. Essa è stata supportata da sopralluoghi finalizzati all'individuazione delle stazioni di campionamento e all'analisi di carte geologiche pregresse, per la valutazione dell'assetto territoriale e morfologico delle zone limitrofe il fiume.

Per lo studio di dettaglio delle caratteristiche morfologiche di un territorio si ricorre ad una planimetria a curve di livello abbastanza recente e preferibilmente in una scala più grande di 1:25.000, come la scala 1:10.000 o 1:5.000. Una rappresentazione alla scala 1:10.000 dell'intero territorio regionale è denominata “Carta Tecnica Regionale” (CTR). Essa fornisce informazioni planimetriche ed altimetriche di una certa regione della superficie terrestre e permette l'analisi quantitativa e qualitativa sia della morfologia del rilievo, per la presenza di curve di livello o isoipse, sia delle caratteristiche e utilizzo del territorio, per la presenza di tratteggi e simboli specifici⁴¹. Nel caso in esame sono state utilizzate le tavole dal n°12 al n°25, in scala 1:10.000, del piano stralcio elaborato dall'Autorità di Bacino del fiume Tevere, relativo alle aree di esondazione che interessano il tratto del fiume in esame (Castel Giubileo-Torrita Tiberina), come mostrato in **Figura 6**.

⁴¹ M.Quoiani, , cap. 3 “*La descrizione dell'ambiente*”, pp.194

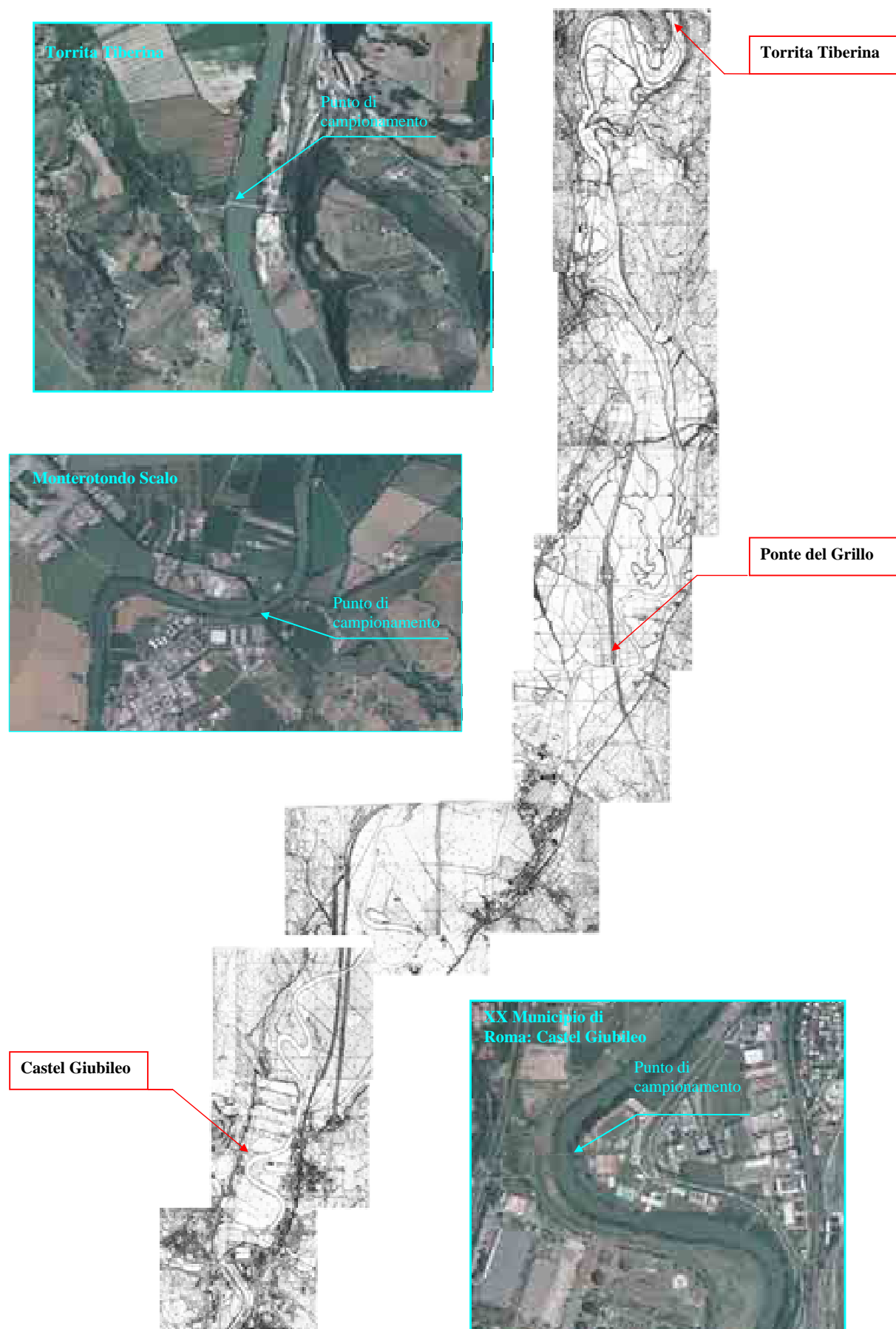


Figura 6: Rappresentazione cartografica nella scala 1:10000 del tratto del fiume Tevere in studio (Castel Giubileo-Ponte del Grillo-Torrita Tiberina)

Nella **Figura 6** è riportato un dettaglio della zona Castel Giubileo-Torrita Tiberina con l'indicazione delle località e dei punti di rilevamento dei parametri fisici, chimici e biologici, oltre alle corrispondenti ortofoto.

E' possibile analizzare, attraverso lo studio delle carte geologiche pregresse, come effettivamente il paesaggio sia stato modificato nel tempo dall'uomo. Questo sviluppo e la pianificazione territoriale sono documentati dalla cartografia storica, considerata tale se confrontata con gli attuali e moderni mezzi di rappresentazione cartografica del territorio, quali foto aeree, ortofoto, foto da satellite, ed altre, che permettono la visione del presente in tempo reale. Dal confronto delle due cartografie menzionate, storica (**Figura 7a**) ed attuale (**Figura 6 ed 8**), è possibile cogliere come l'antropizzazione abbia modificato la morfologia del territorio con conseguenti ripercussioni sulla qualità dell'ambiente, soprattutto per quanto riguarda gli aspetti idrologici ed idrogeologici, morfologici e costieri.⁴²



Figura 7a: Carta geologica del Lazio in scala 1: 100.000, Foglio 144

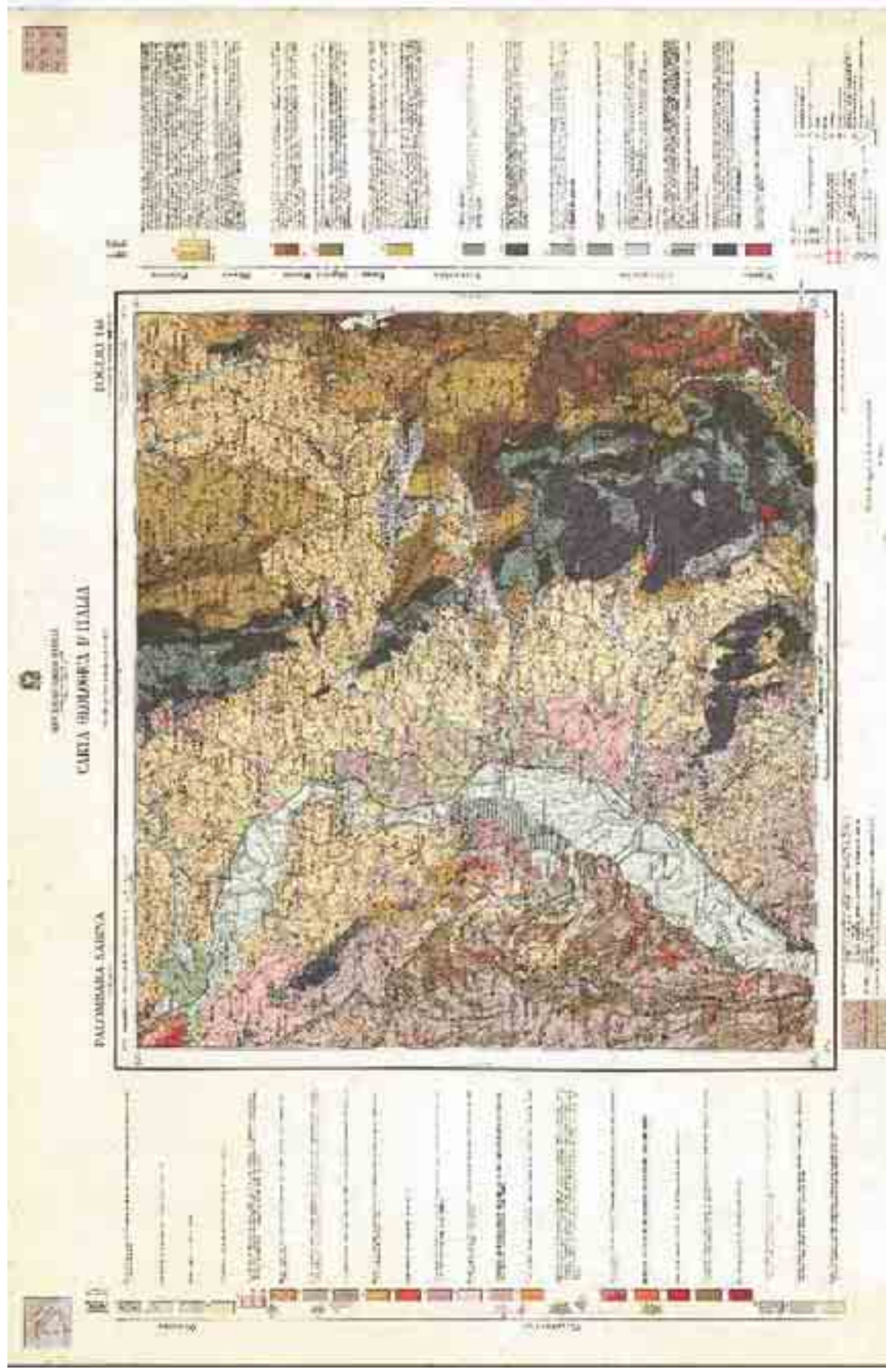


Figura 7b: Foglio 144 "Palombara Sabina"

Dall'analisi della carta geologica in scala 1: 100.000 di **Figura 7b**, con particolare attenzione al tratto extraurbano posto a monte del fiume Tevere (**Figura 7a**), risulta che in prossimità dell'alveo, su entrambe le sponde, si hanno prevalentemente alluvioni fluviali ghiaiose debolmente cementate a stratificazione incrociata, alternate a livelli di sabbie gialle e contenenti sacche argillose e sabbiose. Man mano che ci si allontana dalla sponda sinistra del fiume, da monte verso valle del tratto in esame, quindi dal comune di Monopoli Sabina al comune di Mentana, si notano lembi in cui si alternano tufi di colore ocraceo, tufi litoidi gialli, lapilli, cineriti, minute scorie leucititiche e pomici bianche, a piccoli lembi di tufi incoerenti avana, rosso ruggine, grigi, in più livelli sovrapposti, generalmente pedogenizzati (Vulcano Laziale), a depositi palustri e lacustri recenti. Allontanandosi sempre più dalla sponda sinistra si fa prevalente la presenza di sabbie gialle, talvolta concrezionate, livelli conglomeratici più o meno cementati, verso l'alto della formazione e sabbie argillose, argille grigie più o meno sabbiose, alla base. Le sabbie gialle si ritrovano anche sulla sponda destra del fiume, presso il comune di Torrita Tiberina. All'altezza di Passo Corese, sempre allontanandosi dalla sponda destra del fiume, si rilevano alluvioni fluviali cui si accosta un'ampia zona a travertini, a depositi travertinosi misti a sacche concrezionali con resti vegetali, a ghiaie e conglomerati intercalati a vari livelli nelle formazioni vulcaniche. A valle del tratto in esame si intercalano tra loro le stesse unità litologiche individuate lungo la sponda sinistra del fiume, insieme a tufi granulari di colore variabile dal grigio chiaro a biancastro, tufi pisolitici, pomici, lapilli e lenti alluvionali intercalate.



Figura 8: Foto aerea aggiornata del tratto di fiume in esame

Dal confronto della carta geologica relativa agli anni settanta (**Figura 7a**) con la corrispondente foto aerea aggiornata(**Figura 8**), dello stesso tratto del fiume Tevere, si nota che i terreni alluvionali che lambiscono le sponde del fiume sono quelli maggiormente modificati dall'intervento antropico, in quanto sfruttati dall'agricoltura per la coltivazione di seminativi. Inoltre, da monte verso valle del tratto fluviale risulta rilevante l'addensamento urbano, soprattutto in prossimità di Castel Giubileo (**Figura 9**), che fa parte del XX Municipio di Roma ed è quindi la zona più prossima al tratto urbano. Mentre in corrispondenza di metà della sezione pilota, all'altezza di Ponte del Grillo, presso Monterotondo Scalo, (**Figura 10**) si nota un minor addensamento urbano, in cui si inseriscono aree agricole ed industriali. Infine la zona più a monte, presso il comune di Torrita Tiberina, è prevalentemente agricola e spesso interrotta dalla vegetazione.(**Figura 11**)



Figura 9: Zona Castel Giubileo



Figura 10: Zona Ponte del Grillo



Figura 11: Zona Torrita Tiberina

⁴² Dott. G. Giardini, luglio 2004, Idea Ambiente.

4.1.4. Raccolta di dati storici esistenti

L'ultima fase della caratterizzazione del sito è rappresentata dalla raccolta dei dati storici esistenti, disponibili presso gli enti pubblici ed ufficiali (Provincia, Regione), quali l'ARPA (Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente) Lazio, per i dati qualitativi dei parametri fisici e microbiologici delle acque del fiume; il Servizio Idrografico, per il reticolo idrografico e la disponibilità di ortofoto inerenti all'area d'interesse; l'ISTAT (Istituto Nazionale Statistiche), per l'acquisizione dei dati territoriali: popolazione, attività produttive ed uso del suolo; previa valutazione della predisposizione cartografica di dettaglio del tratto fluviale in esame, incluso il reticolo idrografico, che ha permesso di individuare il contesto in cui operare, rappresentato dai terreni (o comuni) che insistono sul tratto extra-urbano del fiume Tevere che si estende da Castel Giubileo (municipio XX) a Torrita Tiberina (a valle della riserva Farfa). L'analisi dei parametri monitorati dall'ARPA Lazio negli anni precedenti al 2005 rappresentano un'indagine conoscitiva pregressa, volta a valutare l'andamento nel tempo dei parametri caratterizzanti lo stato di qualità del fiume.

Acquisizione dei dati storici qualitativi

I dati storici qualitativi, relativi alle acque del fiume Tevere nel tratto oggetto di studio, sono stati reperiti presso l'Agenzia Regionale Protezione Ambiente. Si tratta dei dati chimici, fisici e biologici definiti nell'allegato 2 "Monitoraggio dei corsi d'acqua destinati alla vita dei pesci" della normativa sulle acque, D. Lgs. 152/99. Sono stati presi in esame sia i parametri macrodescrittori (Ossigeno disciolto, *Escherichia Coli*, fosforo totale, BOD₅, COD, azoto ammoniacale, azoto nitrico), utilizzati per la classificazione delle acque, sia i parametri chimici (metalli pesanti: cromo totale, nichel, piombo, rame, cadmio, zinco, mercurio, arsenico; oltre ad idrocarburi, fenoli, tensioattivi, cloro residuo), sia fisici (pH, SST, portata), che biologici (SST, sostanza organica, *Escherichia Coli*) utilizzati per l'interpretazione delle caratteristiche di qualità e di vulnerabilità dei corsi d'acqua superficiale.

Dall'entrata in vigore del Decreto Legislativo 152/99 alla messa in atto delle attività di monitoraggio finalizzate alla tutela dell'ambiente, sono passati degli anni. I primi risultati dei parametri rilevati durante i monitoraggi del Tevere risalgono al 2002. Pertanto il reperimento dati ricopre un arco temporale che va dal 2002 al 2004, in corrispondenza delle stazioni di Castel Giubileo, Ponte del Grillo ed infine Passo Corese, laddove non sono disponibili i corrispondenti dati della stazione di Confluenza Farfa, vicino il comune di Torrita Tiberina.

I dati relativi al monitoraggio dell'anno **2002** sono disponibili soltanto per i mesi da luglio a dicembre, non sempre per tutti e sei i mesi menzionati e soltanto per alcuni dei parametri contemplati dalla normativa. Per questo motivo non sono stati presi in considerazione per il confronto con i corrispondenti parametri degli anni successivi: 2003, 2004 e 2005.

I dati del **2003** riguardano i campioni prelevati con cadenza mensile presso le stazioni di monitoraggio di Castel Giubileo, Ponte del Grillo e Confluenza Farfa, che è la stazione più vicina a Torrita Tiberina.

I dati del **2004** sono relativi sempre a campionamenti mensili, però effettuati presso le stazioni di monitoraggio di Castel Giubileo, Ponte del Grillo e Passo Corese, quest'ultima individuata al posto della stazione Confluenza Farfa per i motivi sopra detti. La scelta della stazione di Passo Corese è dettata dal fatto che si trova tra Torrita Tiberina, da cui dista circa 30 km, e Ponte del Grillo, quindi nell'ambito del tratto fluviale in esame. Per quanto riguarda la stazione di Castel Giubileo, i dati nei mesi da settembre a novembre non sono stati rilevati.

I dati del **2005** sono stati campionati in collaborazione con l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" e sono oggetto della sperimentazione in esame. Sono stati riportati, quando possibile, nello stesso grafico dei dati qualitativi reperiti per gli anni 2003 e 2004 dalla banca dati dell'ARPA Lazio ed analizzati nel capitolo 6.

Acquisizione di dati storici territoriali:

a. popolazione

Il reperimento dati, relativo alla fase di caratterizzazione, include come mezzo di studio ed analisi anche l'acquisizione di dati territoriali, quali *popolazione* ed *attività produttive* che

insistono sul tratto extra-urbano d'interesse, Castel Giubileo –Torrita Tiberina, del fiume Tevere. Tali informazioni sono state acquisite accedendo alla banca dati, on-line, dell'Istat (Istituto Nazionale Statistiche), in cui sono disponibili sia i dati dell'ultimo censimento della popolazione (1991-2001) che abita i terreni limitrofi al fiume, sia i dati del censimento delle attività produttive (agricoltura, allevamento, attività industriale), svolte nelle stesse aree.

L'intero bacino del fiume Tevere comprende un territorio di 17.156 Km², ricadente in sei Regioni: Emilia Romagna, Toscana, Marche, Umbria, Abruzzo, e Lazio. Di queste, solo alcune delle loro province rientrano nei confini del bacino del fiume Tevere (**Tabella 9**)

Tabella 9: Regioni e Province del bacino del fiume Tevere

Regione	Provincia
Abruzzo	L'Aquila
Emilia Romagna	Forlì
Lazio	Frosinone
	Rieti
	Roma
	Viterbo
Marche	Macerata
Toscana	Arezzo
	Grosseto
	Siena
Umbria	Perugia
	Terni

Il bacino idrografico è suddiviso in 181 sottobacini afferenti ai principali affluenti del Tevere, di cui soltanto due sottobacini: quello del Tevere a monte e quello dell'Aniene, convogliano le loro acque nel tratto del fiume che si estende da Castel Giubileo a Torrita Tiberina. Si tratta rispettivamente dei sottobacini n°140 e parte del n°150 della carta dei sottobacini rilevati dall'Autorità di Bacino del fiume Tevere, mostrata in **Figura 12**.⁴³

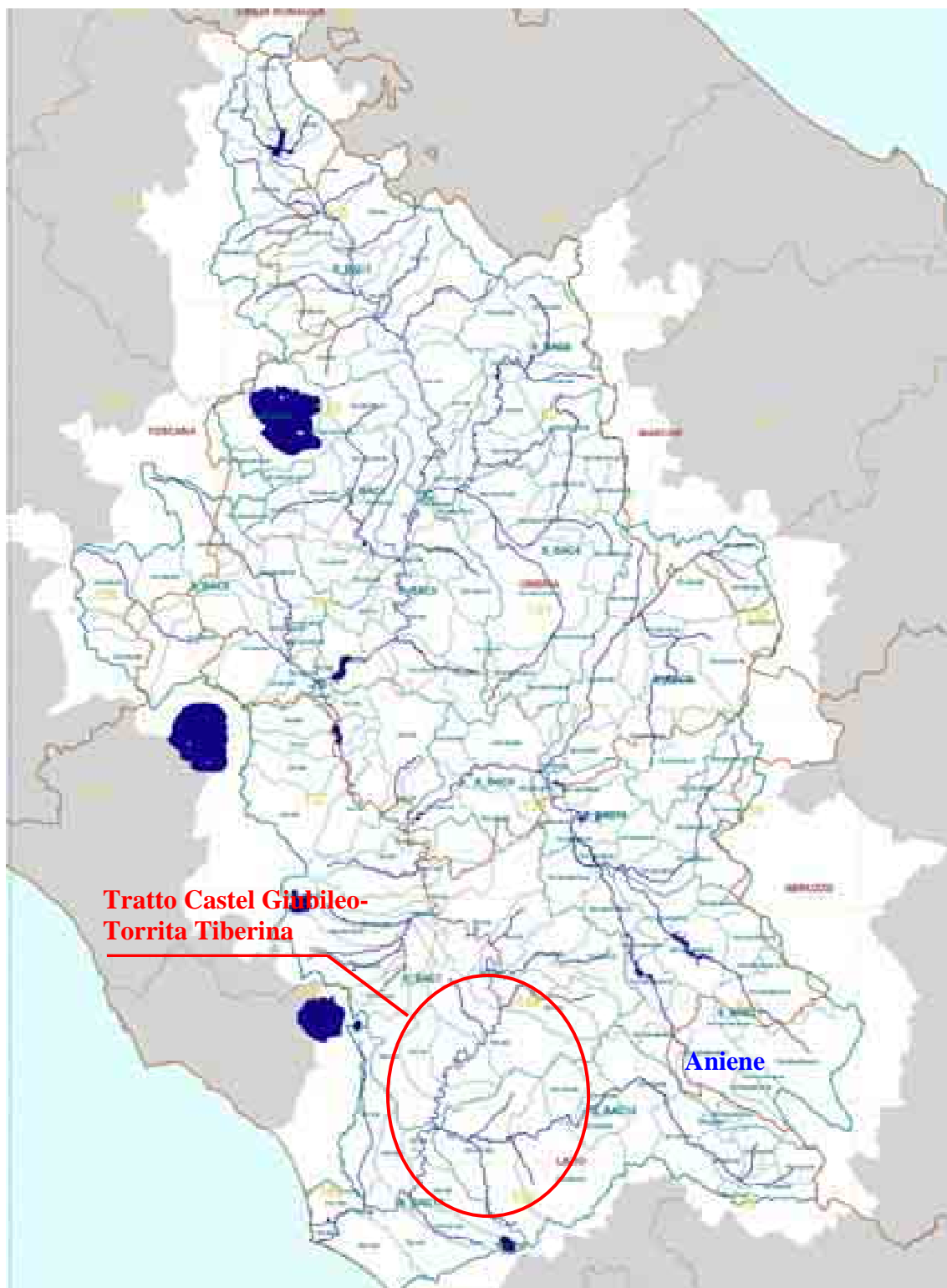


Figura 12: Autorità di Bacino del fiume Tevere: carta dei sottobacini del fiume Tevere

Dei 335 comuni più la città del Vaticano che ricadono nel bacino del Tevere si considerino soltanto quelli del tratto del fiume in studio, nonché quelli dei sottobacini già menzionati.

Ai fini del reperimento dei dati di popolazione, in prossimità dell'area in esame, è stata effettuata un'analisi del bacino idrografico con l'ausilio di informazioni topografiche relative a possibili comuni e frazioni che insistono su tale area. Ciò è stato possibile disponendo della carta della regione Lazio in scala 1:250.000 e del reticolo idrografico del bacino del fiume, nella stessa scala, entrambe reperite presso il Servizio Idrografico di Roma on-line.

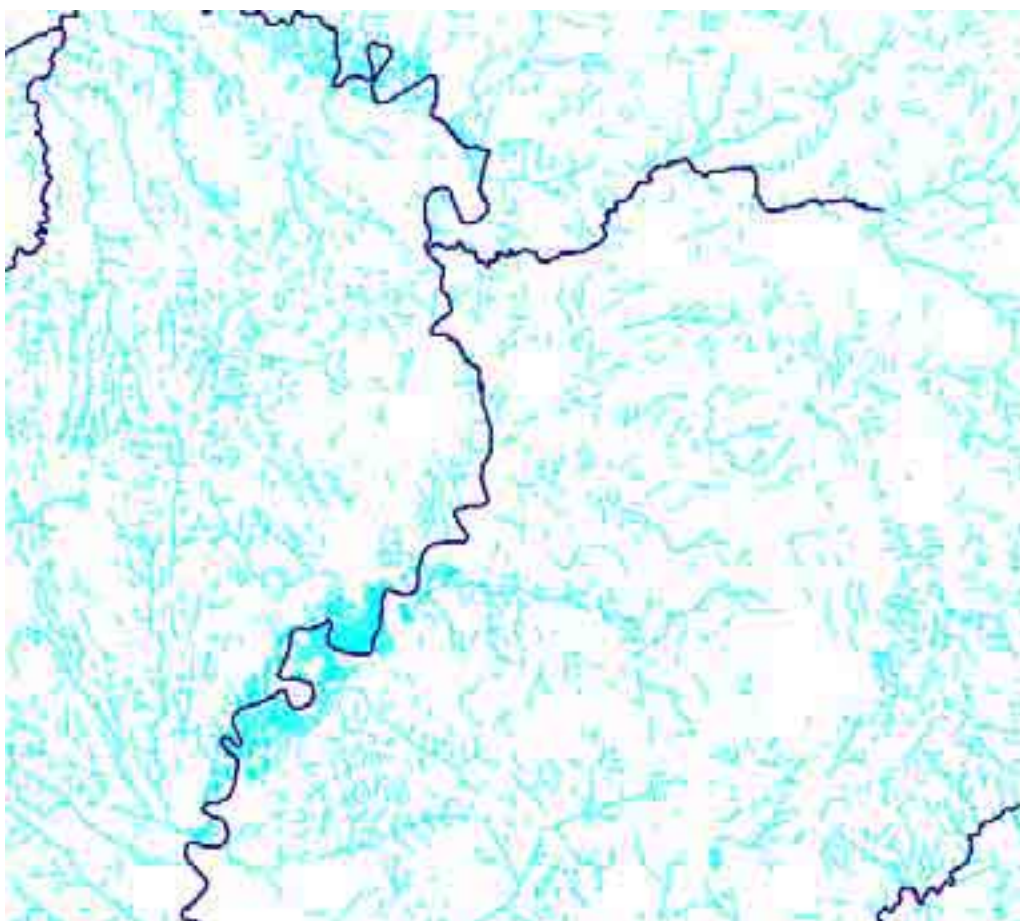


Figura 13: Reticolo idrografico del bacino del fiume Tevere, tratto Castel Giubileo-Torrita tiberina

Il reticolo idrografico del bacino (**Figura 13**) ha permesso di individuare con chiarezza i diversi canali che confluiscono nel fiume Tevere, per poi individuarli sulla carta della regione Lazio e specificare, così, i comuni che realmente insistono sulla zona limitrofa il tratto di fiume in esame, i cui estremi sono evidenziati in rosso in **Figura 14**.

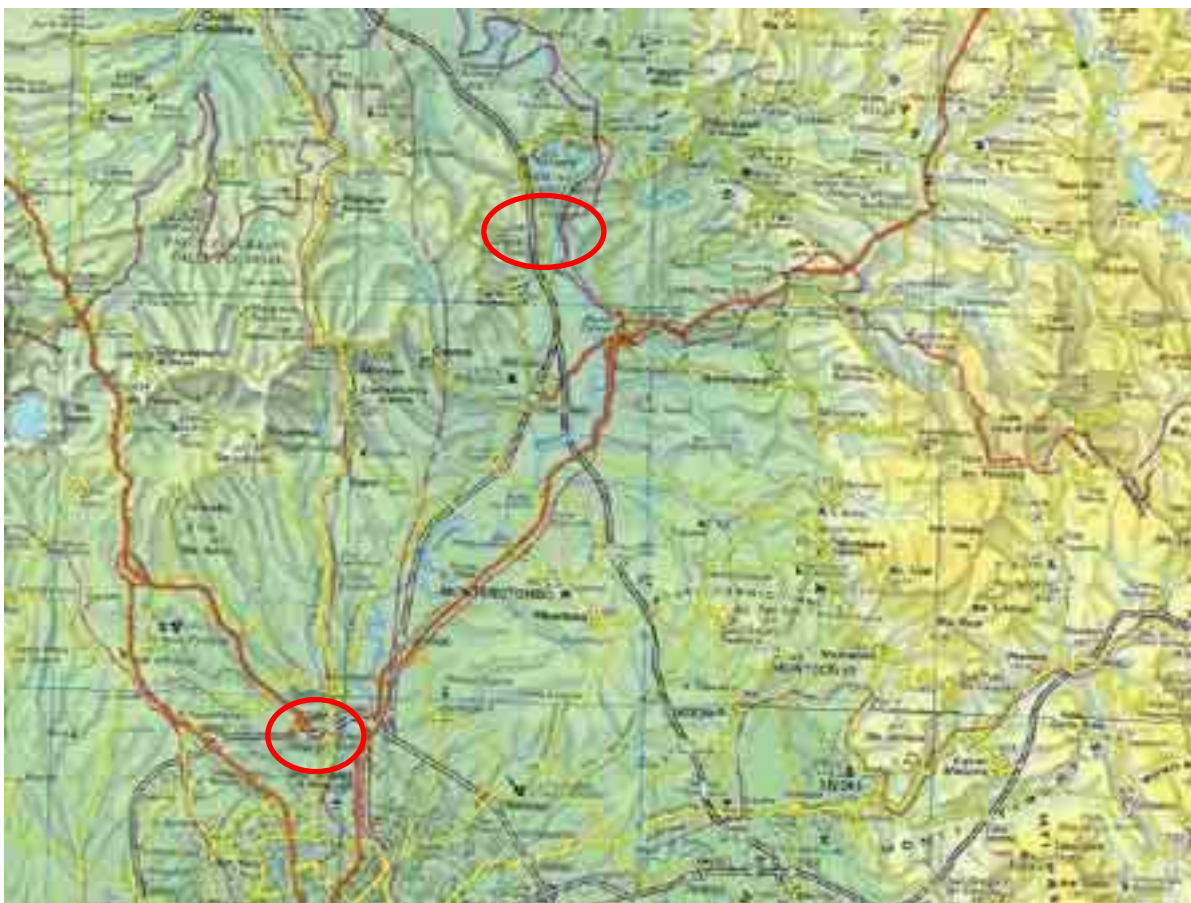


Figura 14: Servizio Idrografico –Carta della regione Lazio, scala 1:250.000, tratto Castel Giubileo-Torrina Tiberina (evidenziati in rosso)

E' possibile notare che Castel Giubileo è situato in prossimità della zona Prima Porta, la quale fa parte della XX Circoscrizione e i cui limiti geografici si estendono dal Foro Italico a Cesano, da Ponte Milvio a Prima Porta, da Corso Francia a Santa Cornelia. Pertanto nel censimento è stato contemplato anche il suddetto Municipio.⁴³

Torrina Tiberina si trova tra il comune di Montopoli di Sabina (sinistra idraulica) e S.Oreste (sinistra idraulica), come indicato in **Figura 14**.

Il fiume Tevere costituisce un confine territoriale naturale tra il XX e IV Municipio di Roma (**Figura 15**), che sono siti rispettivamente sulla destra e sulla sinistra idraulica del Tevere.⁴³

Al fine di un'analisi completa della popolazione si tiene conto anche dei suddetti municipi, i quali rientrano nel tratto di studio in esame.



Figura 15: Piano Regolatore di Roma suddiviso per Municipi.

Il **XX Municipio di Roma**, situato a nord-nord est di Roma, è il più grande fra i diciannove Municipi romani: ha una superficie di 18.670,49 ettari, pari a quella del Comune di Milano, abitata da 146.318 persone e con una densità di appena 7,8 abitanti per ettaro.⁴³

Il **IV Municipio di Roma**, compreso tra il Tevere, l'Aniene, la via Nomentana e la via Salaria, è vasto 9.781 ettari. Con i suoi 202.791 residenti ha una densità di 20,7 persone per ettaro, grazie al grande polmone verde del Parco della Marcigliana.⁴⁴

Dall'analisi delle mappe reperite, emerge che i comuni limitrofi il tratto extra-urbano del fiume Tevere in studio fanno parte del territorio della provincia di Roma e della provincia di Rieti. Non considerando il XX ed il IV municipio di Roma che contano rispettivamente 146.318 e 202.791 residenti, i diversi comuni censiti presentano i valori di popolazione mostrati in **Tabella 10 e 11**.

Tabella 10: Dati di popolazione e densità abitativa dei comuni della provincia di Roma

COMUNI	Popolazione residente	Popolazione presente	Densità abitativa (ab/kmq)	Stranieri per 100 residenti
Provincia di Roma				
Campagnano di Roma (1)	8708	8641	189	458,0408
Capena	5826	6058	198	255,1788
Castelnuovo di Porto	7181	7190	233	254,9255
Civitella San Paolo	1547	1503	75	99,9362
Fiano Romano	7924	8163	191	290,0184
Fonte Nuova	22676	22835	1125	1040,828
Formello	9271	9166	298	399,5801
Mentana	16288	16184	676	<u>498,4128</u>
Monteflavio	1372	1313	80	30,0468
Montelibretti	4823	4976	110	73,7919
Monterotondo	34376	33872	848	<u>969,4032</u>
Montorio Romano	1829	1808	79	21,948
Morione	2354	2318	117	39,0764
Morlupo	6654	6598	279	234,2208
Nazzano	1251	1257	102	40,032
Nerola	1419	1477	76	39,0225
Palombara Sabina	10659	10826	142	251,5524
Riano	6486	6406	256	<u>330,1374</u>
Rignano Flaminio	6857	6821	177	207,7671
Sacrofano	5691	5652	200	<u>422,2722</u>
Sant'Angelo Romano	3078	3084	143	140,049
Torrita Tiberina	932	311	36	42,0332

Tabella 11: Dati di popolazione, densità abitativa dei comuni della provincia di Rieti

COMUNI	Popolazione residente	Popolazione presente	Densità abitativa (ab/kmq)	Stranieri per 100 residenti
Provincia di Rieti				
Casaprota	686	661	47	12,005
Castelnuovo di Farfa	929	902	103	10,0332
Fara in Sabina	10810	10780	197	<u>321,057</u>
Frasso Sabino	632	626	143	35,0128
Mompeo	563	554	52	9,008
Monteleone Sabino	1274	1254	68	10,9564
Montenero Sabino	345	345	15	5,0025
Montopoli di Sabina	3698	3706	98	83,9446
Poggio Moiano	2510	2475	94	41,917
Poggio Nativo	2049	2036	125	56,9622
Poggio San Lorenzo	523	515	60	7,0082
Pozzaglia Sabina	411	384	16	2,0139
Salivano	552	560	32	8,004
Scandriglia	2426	2375	38	41,9698
Toffia	905	885	81	13,032
Torricella in Sabina	1216	1154	47	26,0224

⁴³ www.abtevere.it, 14/04/06, “carta_181_sottobacini”.

⁴⁴ www.urbanistica.comune.roma.it, 14/04/06, “XX Municipio”; “IV Municipio”.

b. Attività produttive

I dati relativi alle attività produttive, che caratterizzano le sponde del fiume nel tratto in esame, sono stati reperiti dalla banca dati, on-line, dell'Istat e successivamente correlati al territorio, mediante l'utilizzo di opportune carte tematiche che contribuiscono, peraltro, a delineare l'utilizzazione del suolo.

Nella rappresentazione di **Figura 16**, ottenuta sovrapponendo le tavolette tematiche numero 5, 10, 15, in scala 1: 50.000, nell'ordine in cui sono state menzionate, è stato ricostruito l'intero corso del tratto di interesse, da Torrita Tiberina a Castel Giubileo.

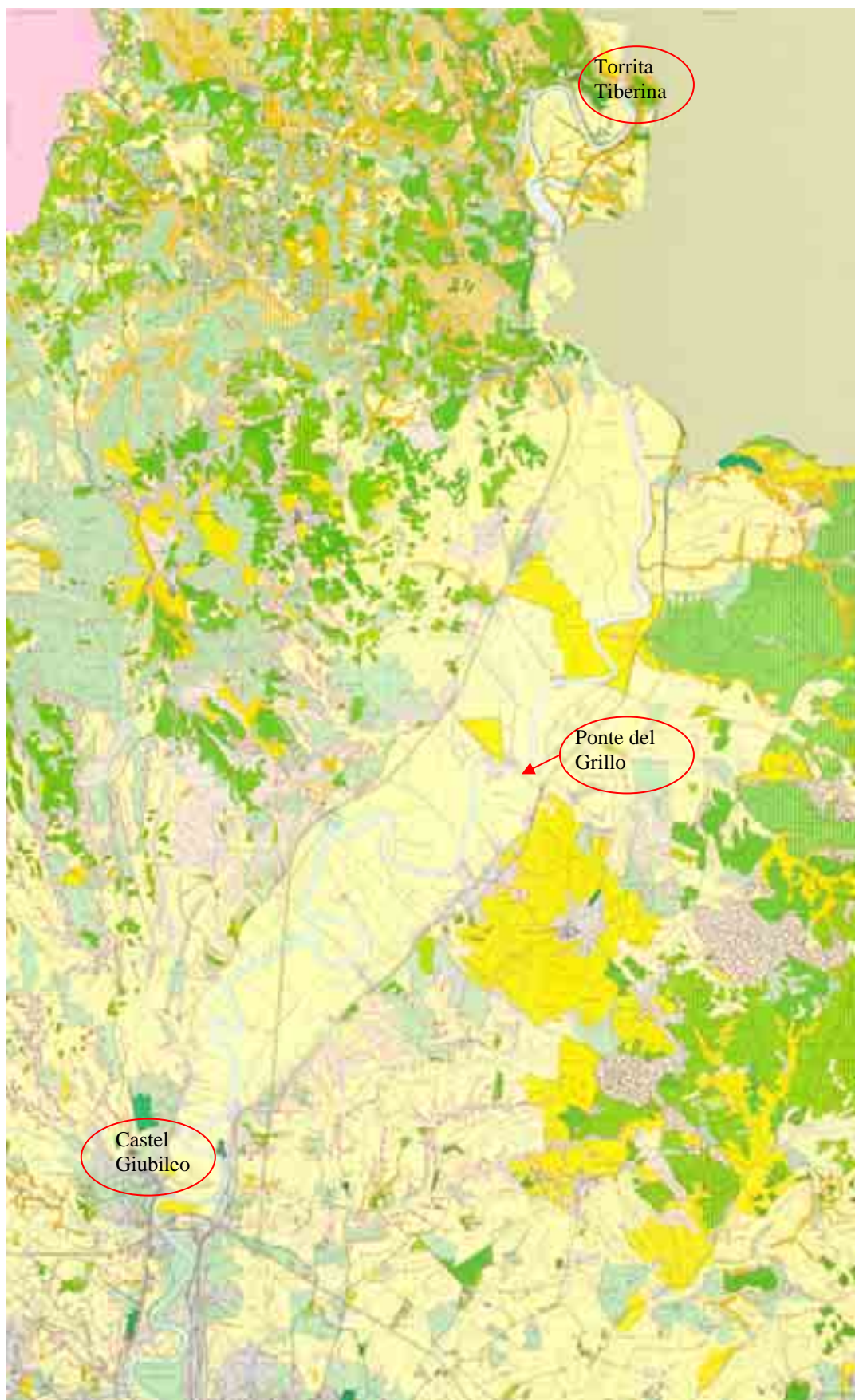


Figura 16: Ricostruzione, mediante carte agroforestali, del tratto Torrita Tiberina- Castel Giubileo del fiume Tevere evidenziando in rosso.le stazioni considerate per il monitoraggio ed il campionamento

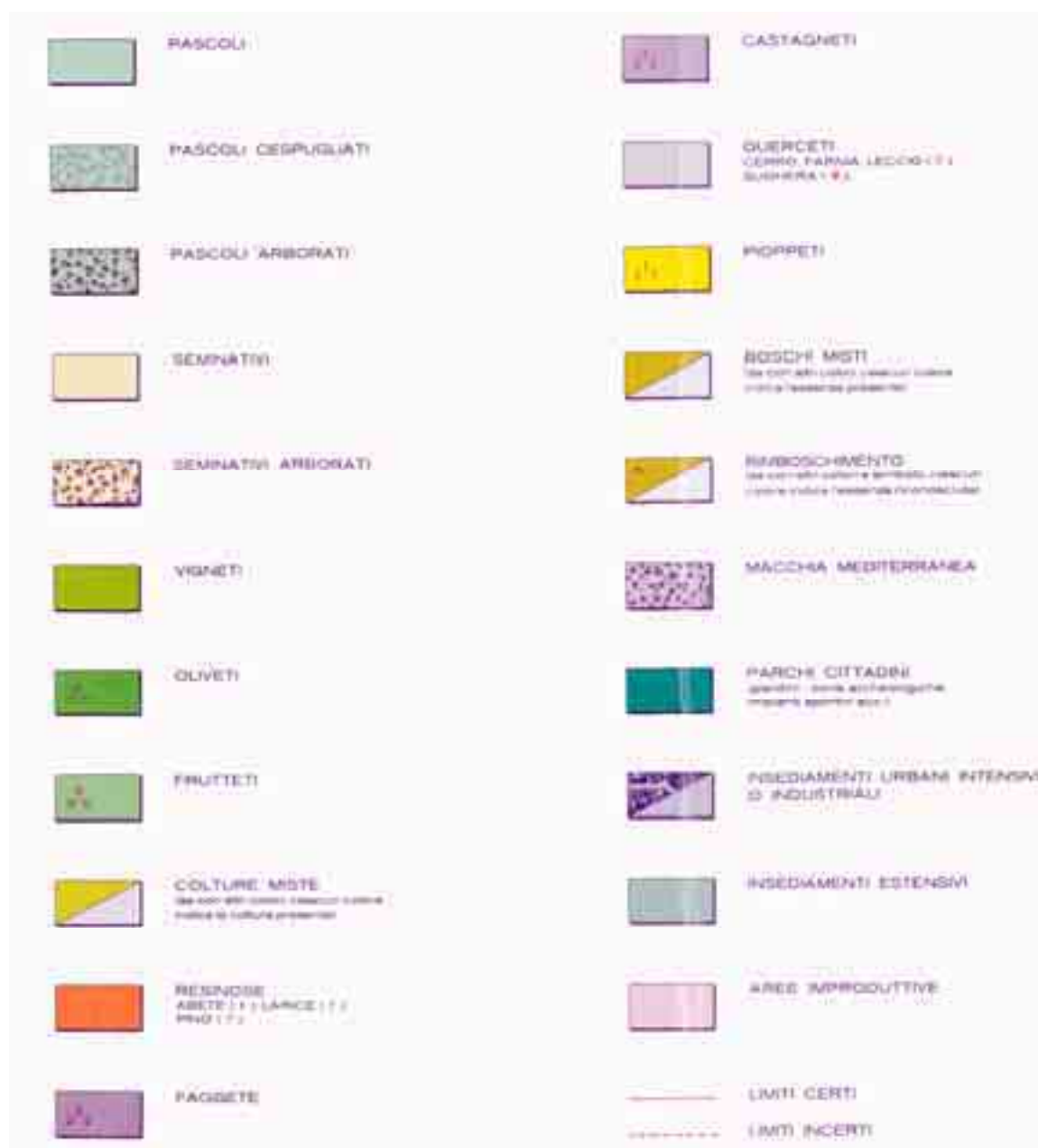


Figura 17: Legenda della carta agroforestale

Disponendo della legenda (**Figura 17**) è possibile interpretare le diverse colorazioni e simbologie riportate sulla carta tematica di tipo agroforestale reperita, presso la Facoltà di Architettura “Valle Giulia”. Dall’analisi della carta si nota una diversa utilizzazione del suolo tra la zona alla destra e quella alla sinistra idraulica del fiume Tevere. In particolare sulla destra idraulica prevalgono superfici piantate ad olivo, zone sparse di colture miste e soprattutto seminativi, cioè superfici coltivate, regolarmente arate e generalmente sottoposte ad un sistema di rotazione; sono inoltre presenti aree di macchia mediterranea. Nella zona limitrofa la sinistra idraulica, invece, si hanno soprattutto pascoli (semplici,

cespugliati ed arborati), frutteti ed alcuni insediamenti estensivi, oltre ai seminativi, che hanno estensione prevalente ed omogenea lungo quasi tutta la sponda del fiume, sia destra che sinistra. Per frutteti si intendono impianti di alberi o arbusti fruttiferi: colture pure o miste di specie produttrici di frutta o alberi da frutto in associazione con superfici stabilmente erbate; ne fanno parte anche i castagneti da frutto e i noccioleti.

A partire dalla zona Nord-Ovest della carta tematica, nell'area che si estende dal comune di Rignano Flaminio fino alla destra idraulica del Tevere, il paesaggio è caratterizzato da macchie di oliveti, oliveti misti a vigneti, alternate a macchie di pascoli, pascoli arborati, seminativi e seminativi arborati, tutti separati tra loro da piccole aree allungate di boschi misti (formazioni vegetali, costituite principalmente da alberi ma anche da cespugli ed arbusti, dove non dominano né latifoglie, né conifere) ed aree più estese di querceti (cerro, farnia, leccio e sugheria) unitamente a boschi misti. Nella zona a Sud di Rignano Flaminio, verso Morlupo, si ha prevalenza di pascoli e pascoli cespugliati rispetto a lembi di terreno destinati a seminativi, oliveti singoli e accoppiati a colture miste, insediamenti estensivi, macchia mediterranea e zone boschive miste a querceti. Nei pressi del comune di Morlupo si hanno soprattutto pascoli cespugliati e superficie adibite a colture miste. Nelle vicinanze del comune di Capena il paesaggio è molto variegato per la presenza di oliveti, oliveti misti a vigneti, colture miste ed aree di macchia mediterranea. Tale aspetto del territorio si estende per un breve tratto, in quanto tutta l'area che costeggia la destra idraulica del fiume Tevere è a seminativi, di rado interrotti da piccoli oliveti, limitate aree improduttive e pascoli.

Nella zona Nord-Est della carta tematica, a parte una piccola area di seminativi e boschi misti in prossimità del fiume, è presente un'ampia zona di terreno appartenente alla provincia di Rieti, indicata in grigio sulla carta. Quest'area costeggia la sponda del fiume estendendosi per tutta la zona Nord fino a Torrita Tiberina. Qui il paesaggio assume aspetto diverso per la presenza dominante di seminativi, nella zona più vicina alla sinistra idraulica del Tevere, e di oliveti misti a viti man mano che ci si allontana dal fiume. In quest'ambiente si trovano anche tratti di boschi misti, colture miste e parchi cittadini (giardini, zone archeologiche, impianti sportivi).

La zona centrale della carta tematica è la tavoletta del foglio n° 10, comune di Mentana. Nella zona più ad ovest di questa tavoletta l'ambiente è prevalentemente adibito a pascoli cespugliati in cui si inseriscono lembi di macchia mediterranea, piccole aree con oliveti

singoli o misti a vigneti, seminativi. Questi ultimi ricoprono zone di terreno più ampie in prossimità del comune di Castelnuovo di Porto, dove il paesaggio è molto vario per la presenza, oltre che di seminativi, anche di oliveti, boschi misti e colture miste. Tuttavia, non molto lontano da questo insediamento urbano si fanno nuovamente preponderanti i pascoli, i pascoli cespugliati e i seminativi, i quali sono presenti soprattutto man mano che ci si avvicina alla sponda del fiume. In questo ambiente si inseriscono anche lembi di macchia mediterranea, piccole superfici di oliveti, vigneti, insediamenti estensivi, oliveti misti a vigneti ed aree improduttive. Sulla destra idraulica del fiume Tevere si notano prevalentemente seminativi e colture miste, quest'ultime soltanto in alcuni tratti, estendendosi, però, anche sulla destra idraulica del fiume. A sud del comune di Castelnuovo di Porto, nella zona più ad ovest della carta tematica in esame, il paesaggio sembra assumere aspetto diverso, in quanto i pascoli cespugliati lasciano il posto ad oliveti, seminativi e querceti, insieme a superfici di dimensioni inferiori di macchia mediterranea, pascoli, pascoli cespugliati. In prossimità del comune di Riano si notano nuovamente oliveti, querceti e seminativi. In particolare i seminativi li troviamo in aree allungate e sparse, in cui si inseriscono macchie, spesso di estensioni minori, di pascoli cespugliati, pascoli arborati, aree improduttive e seminativi arborati. Di rado, si trovano anche piccole aree di vigneti, colture miste ed insediamenti estensivi. In corrispondenza della sponda del fiume si hanno, come già notato più volte, esclusivamente seminativi. Dalla zona sud-ovest rispetto al comune di Riano, fino alla destra idraulica del fiume Tevere, il terreno risulta prevalentemente adibito a seminativi, in cui si intercalano venature più o meno estese di macchia mediterranea. In questo paesaggio si inseriscono anche i querceti, concentrati soprattutto nella zona sottostante Riano e nella zona ancora più a sud, laddove la macchia mediterranea si fa più rada. Ci sono, inoltre, aree regolari di insediamenti estensivi, piccoli pascoli, piccolissimi appezzamenti sparsi di oliveti, colture miste ed un parco cittadino presso "La Mandriaccia". Nella zona est della parte centrale della carta tematica fino alla sponda del fiume, il paesaggio è caratterizzato dalla presenza di boschi misti in cui si inseriscono piccole aree di pascoli arborati, di viti e oliveti, che diventano prevalenti man mano che ci si avvicina al fiume, in particolare al comune di Montelibretti. Questa zona è caratterizzata dalla presenza di un grande oliveto misto a frutteti, di rado interrotto o da vigneti, o da colture miste, da lembi di boschi misti, oppure da pascoli e pascoli cespugliati. In corrispondenza della sinistra idraulica del fiume si hanno prevalentemente colture miste, ma soltanto per un breve tratto perché subito più a sud prevalgono i seminativi, nei quali si individuano zone adibite a pascoli, vigneti, querceti (leccio),

macchia mediterranea. Ad elevata distanza dal fiume si mantiene il paesaggio caratterizzato da oliveti misti a frutteti, già descritto (con piccole aree di vigneti, macchia mediterranea e colture miste). Nei pressi del comune di Monterotondo sono particolarmente prevalenti le colture miste, le quali si estendono sia in direzione del comune di Castelchiodato, sia verso il comune di Mentana, situato più vicino e in basso rispetto al comune di Monterotondo. Nelle vicinanze del comune di Castelchiodato il paesaggio è più articolato per la presenza, da ovest verso est, di seminativi, macchia mediterranea, oliveti, colture miste, oliveti insieme a frutteti, disposti nell'ordine in cui sono stati menzionati. Il territorio del comune di Mentana è prevalentemente adibito a colture miste, ma nelle zone limitrofe, soprattutto a sud di Castelchiodato, sono presenti anche vaste aree di oliveti insieme a frutteti in cui si estendono, sottoforma di venature lungo i canali di irrigazione o di aree più regolari, zone destinate a colture miste. Infine, si notano anche aree di seminativi, di macchia mediterranea, insediamenti estensivi e querceti. Man mano che ci si avvicina alla sinistra idraulica del fiume Tevere il territorio è costituito prevalentemente da seminativi, oltre ad aree adibite a pascoli, pascoli cespugliati, estensioni molto limitate di oliveti, superfici allungate di querceti o macchia mediterranea. In corrispondenza del fiume il paesaggio diventa più omogeneo per la sola presenza di seminativi.

La zona Sud della carta tematica, riferita alla tavoletta del foglio n° 5, Municipio IV e XX del comune di Roma, è caratterizzata in maniera rilevante dalla presenza di seminativi, i quali si estendono nelle zone limitrofe le sponde del fiume Tevere, insieme ad altre tipologie di terreno. In particolare nella parte sud-ovest della carta tematica si rilevano aree per pascoli, pascoli cespugliati, pascoli arborati, macchia mediterranea, zone improduttive sparse, qualche resinosa ed un parco cittadino, soprattutto nella zona più a sud, laddove ci si avvicina al tratto urbano di Roma. Qui si fanno sempre più numerosi gli insediamenti urbani intensivi o industriali, alcuni dei quali in prossimità del fiume. La destra idraulica del fiume è costituita, in corrispondenza di Prima Porta, da seminativi, mentre a Castel Giubileo, da boschi misti e, nel tratto che va fino all'aeroporto della città, da pascoli, seminativi ed insediamenti urbani o industriali. La sinistra idraulica del fiume è prevalentemente adibita al pascolo, tranne che in prossimità di Castel Giubileo dove appaiono colture miste ed insediamenti urbani o industriali. In tutta la zona che si estende dalla suddetta sponda del fiume fino alla parte più ad est della carta tematica e che rientra nell'area del XX Municipio, si hanno prevalentemente seminativi, interrotti da superfici

sparse di pascoli, oliveti, frutteti, insediamenti intensivi, vigneti, piccoli lembi di macchia mediterranea, querceti e di rado piccole aree improduttive. Sono presenti anche ampie di colture miste, pascoli, oliveti misti a vigneti, tutte situate principalmente nel tratto extra-urbano di Roma, in particolare ad est di Castel Giubileo.

Per quanto riguarda la zona della provincia di Rieti che costeggia la sinistra idraulica del fiume e che non è disponibile come carta agroforestale in scala 1:25.000, è stata presa in esame la “carta dell'utilizzazione del suolo” in scala 1:200.000, (**Figura 18**), la quale fornisce, anche se meno dettagliate, informazioni del paesaggio e della morfologia delle zone limitrofe al fiume, nel tratto in esame.



Figura 18: Tratto Civitella San Paolo-Torrita Tiberina, della carta dell'utilizzazione del suolo

Dall'analisi della carta tematica si nota che anche il paesaggio della provincia di Rieti, che interessa i comuni che si estendono sulla sinistra idraulica del fiume, da Montelibretti fino a Poggio Mirteto, è caratterizzato prevalentemente dalla presenza di seminativi e seminativi arborati, che lasciano il posto, man mano che ci si sposta ad est della carta tematica, ad uliveti misti a piccoli lembi di seminativi e seminativi arborati, ad alcuni pascoli ed incolti produttivi anche se utilizzati parzialmente o temporaneamente a seminativo e, a tratti di bosco ceduo, soprattutto verso Poggio Moiano e Monteleone.

c. Agricoltura

A conferma dell'intenso uso agricolo delle sponde del fiume nella maggior parte del tratto Castel Giubileo-Torrita Tiberina, come rilevato dalla carta tematica analizzata, si considerino i dati relativi alla superficie utilizzata dalle aziende o adibita all'agricoltura, rispetto alla superficie totale di ciascun comune del bacino idrografico afferente nel tratto del fiume in esame, come mostrato nel grafico di **Figura 19**.

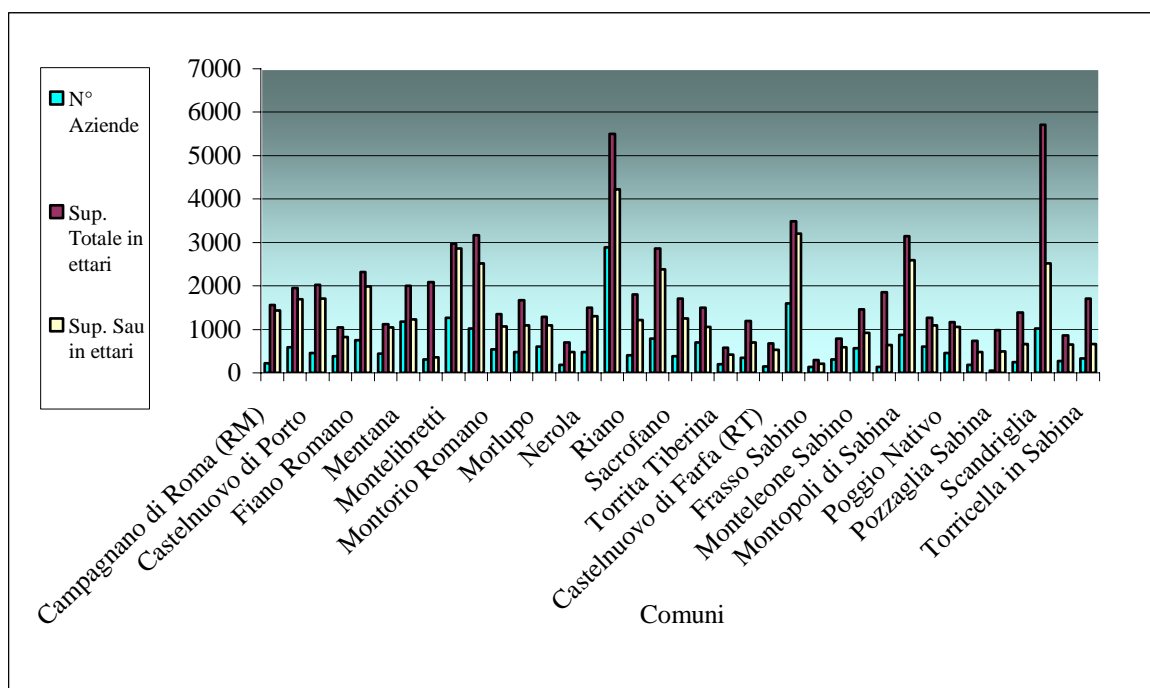


Figura 19: Rappresentazione grafica della superficie utilizzata per l'agricoltura (SAU) e del numero delle aziende e della superficie totale in ettari

Analizzando il grafico si nota un prevalente sfruttamento del suolo ad uso agricolo rispetto ad altre attività produttive, rappresentate dal numero di aziende rilevato per singolo comune. Ciò accade soprattutto nei grandi comuni, laddove c'è maggior disponibilità di territorio, come Montelibretti, con 2.865 ettari di superficie agricola utilizzata, Monterotondo, con 2.520. ettari SAU, Palombara Sabina, con 4.229 ettari SAU, Fara in Sabina, con 3.210 ettari SAU, Montopoli di Sabina, con 2.594 ettari SAU e Scandriglia, con 2.515 ettari SAU. Gli stessi comuni presentano anche il più alto numero di aziende.

Sulla base della considerazione che la maggior attività produttiva o comunque la più estesa sia l'agricoltura, è stata valutata l'estensione in ettari della superficie agricola utilizzata per la coltivazione principale, intendo per essa i seminativi, le coltivazioni miste di orzo, l'avena, il grano, il frumento, ecc. come riportato in **Figura 20**.

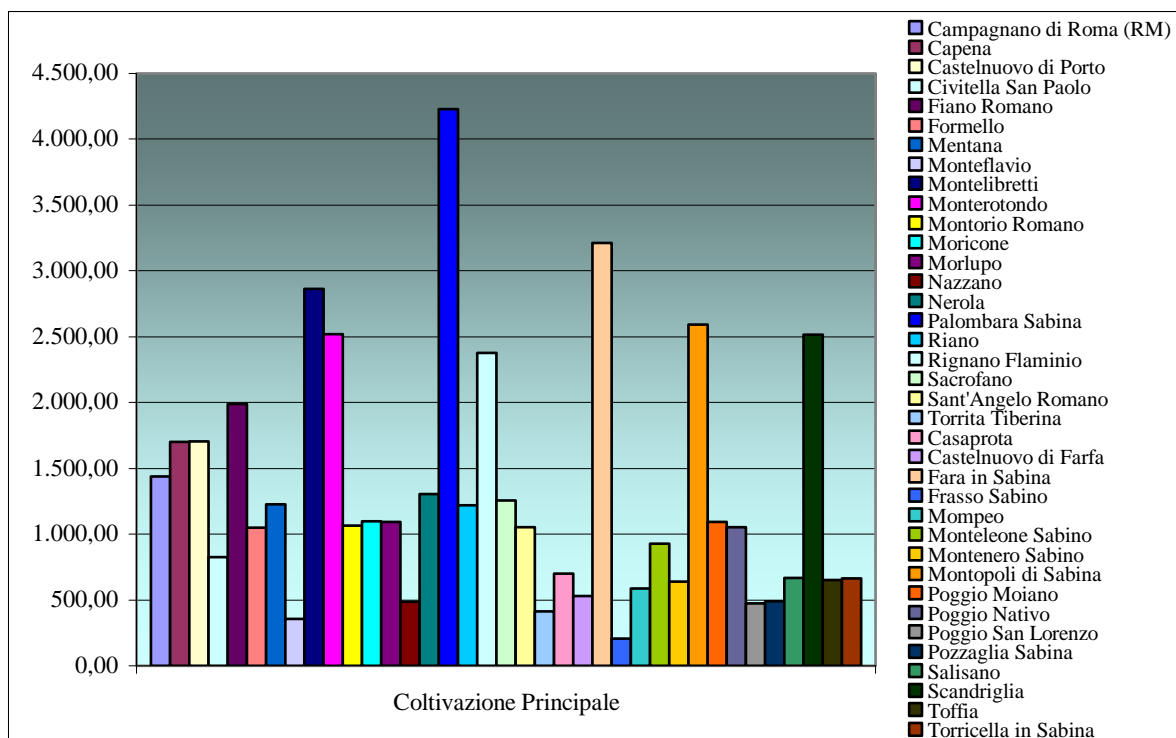


Figura 20: Rappresentazione grafica della ripartizione della SAU tra coltivazioni principali e secondarie

Come si può notare dal grafico la coltivazione principale è particolarmente attuata nei comuni di: Palombara Sabina, Fara in Sabina, Mentana, Monopoli di Sabina, Scandriglia, Rignano Flaminio, Monterotondo, Fiano Romano, Morlupo, Castelnuovo di Porto e Capena. Inoltre, confrontando i suddetti dati relativi all'estensione della superficie utilizzata a tale scopo, con quelli riguardanti la superficie agricola utilizzata per ciascun comune, si nota che essi coincidono.

d. Produzioni biologiche e zootecniche

Tra le attività produttive che interessano il tratto in esame vi sono molti allevamenti zootecnici, come emerso tra l'altro dall'analisi delle carte tematiche. Tuttavia risultano in

numero molto basso, rispetto al totale, le aziende che si occupano di questo specifico settore di produzione, come mostrato dai dati del grafico di **Figura 21**.

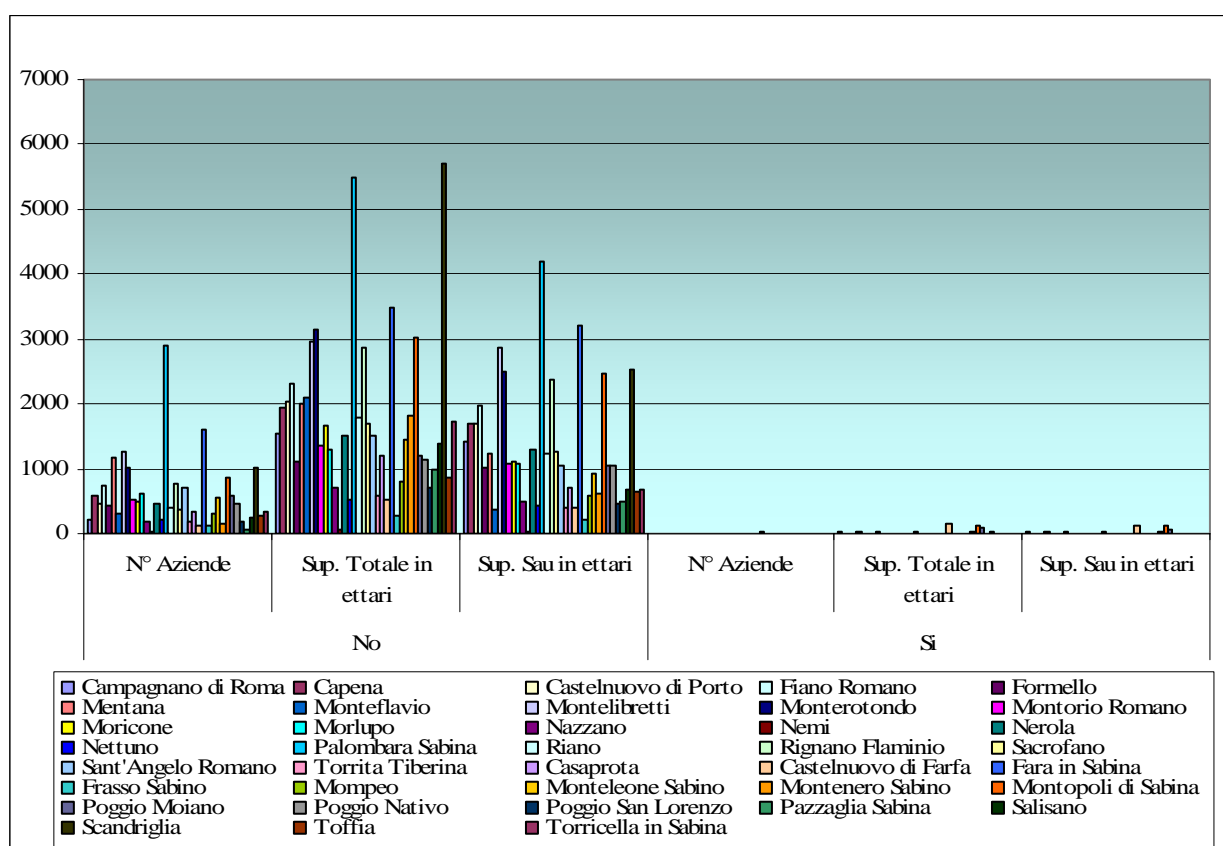


Figura 21: Rappresentazione grafica della distribuzione tra territorio e produzioni biologiche zootecniche

La **Figura 21** mostra chiaramente che la maggior parte delle aziende presenti sulla superficie totale dei comuni in esame, non si occupano delle produzioni biologiche e zootecniche. Analoga situazione emerge per le aziende che si occupano delle produzioni vegetali, rispetto al totale delle aziende censite e attive sul territorio in studio (**Figura 22**)

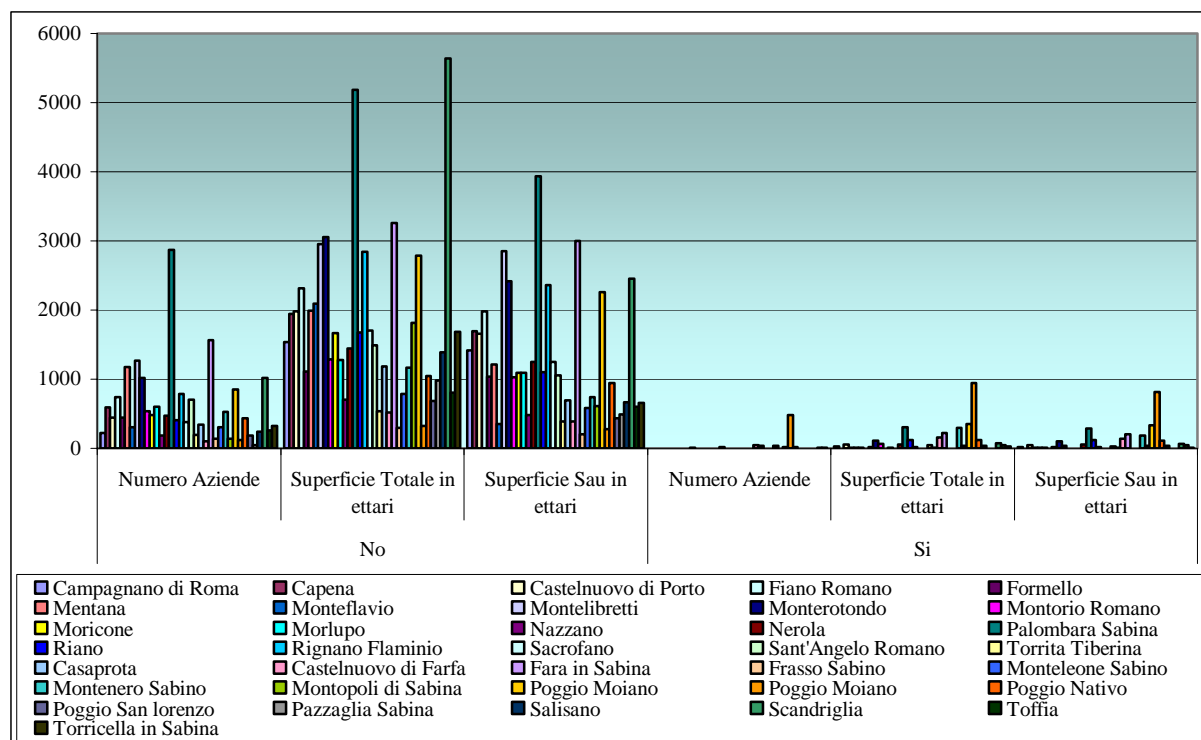


Figura 22: Rappresentazione grafica della distribuzione tra territorio e produzioni vegetali

Capitolo 5

ANALISI DELLE FONTI DI INQUINAMENTO ORGANICO

La caratterizzazione del sito ha permesso di individuare le possibili fonti di inquinamento organico del corpo idrico superficiale in studio rappresentate dagli insediamenti civili, gli insediamenti industriali e le attività agricole e zootecniche. Di particolare interesse, per il carico organico ad esso associato, sono le acque di scarico urbane.¹⁴

Infatti sulla base del monitoraggio degli *Escherichia Coli* per gli anni 2003, 2004 e 2005, è emerso (cap.6) che essi superano spesso il limite fissato dalla normativa (5.000 UFC/100ml) pertanto, la contaminazione di origine urbana, sostanze organiche e microrganismi fecali, rappresenta un aspetto importante dello stato di inquinamento delle acque. Ai fini della quantificazione del contributo all'inquinamento organico dei diversi scarichi civili, industriali, agricoli e zootecnici, nei paragrafi successivi sono stati calcolati i rispettivi carichi organici, sulla base dei dati censiti. Si tratta dei carichi organici teorici che possono riversarsi in tutto il tratto di fiume in esame, senza distinzione della quota parte del carico che compete a ciascuna stazione di monitoraggio scelta, in quanto non si conosce la portata di ogni canale afferente al fiume, nonché la superficie in ettari che compete a ciascun canale e ad ogni stazione di monitoraggio.

¹⁴ A. Misiti, 1995, cap. 5 “*Le fonti di inquinamento*”, pp.78, 79, 80.

5.1. Carico civile

Per quantificare la specifica fonte di inquinamento costituita dalle acque di scarico urbane si può seguire la via diretta, attraverso opportune campagne di misura, oppure la via indiretta, attribuendo a ciascuno degli utenti della fognatura contributi specifici tratti dall'esperienza e a cui si è fatto riferimento.¹⁴ Sulla base della popolazione censita al livello comunale dall'ISTAT (14° Censimento Generale della Popolazione), si ottiene la stima dei carichi generati dal comparto civile per i principali inquinanti, a partire dalla conoscenza dei relativi coefficienti unitari, espressi come grammi giorno. La **Tabella 12** riporta i coefficienti indicati nel Piano di Risanamento.

Tabella 12: Coefficienti per abitante equivalente

BOD₅	60	g/ab*giorno
TSS	80-100	g/ab*giorno
Azoto	12,33	g/ab*giorno
Fosforo	1,84	g/ab*giorno

Attraverso il BOD₅ è possibile calcolare la popolazione equivalente, intendendo per essa una produzione media di 60 g di BOD₅ al giorno, equiparata a quella di un abitante residente⁴⁵. L'equivalenza si può riferire anche al carico dei solidi sospesi, ma in genere si rapporta al carico organico espresso come BOD₅, che, nel caso specifico, è stato assunto pari a 60 g/ab giorno, analogamente a quanto riportato nel rapporto dell'ARPA, sezione provinciale di Parma, "Indicatori di pressione sulle acque superficiali: carichi organici, carichi di azoto e di fosforo".

La misurazione della capacità di inquinamento di uno scarico e quindi delle necessità depurative viene fatta attraverso il calcolo dell'abitante equivalente, effettuato a partire dalla popolazione residente dei comuni in esame, considerando che al carico inquinante contribuiscono anche gli immigrati ed i pendolari.⁴⁵ (**Tabella 13**).

Tabella 13: Carichi civili dei comuni del tratto Torrita Tiberina-Castel Giubileo in esame del bacino del Tevere, divisi per provincia, Roma e Rieti.

COMUNI	BOD ₅	N	P
Provincia di Roma	g/giorno	g/giorno	g/giorno
Campagnano di Roma	812642,4	166998	24921,04
Capena	540010,7	110972,2	16560,33
Castelnuovo di Porto	662515,5	136146,9	20317,14
Fiano Romano	742801,1	152645,6	22779,23
Fonte Nuova	2093630	430240,9	64204,64
Formello	871714,8	179137,4	26732,59
Mentana	1494025	307022,1	45816,76
Monteflavio	117902,8	24229,03	3615,686
Montelibretti	423587,5	87047,23	12990,02
Monterotondo	3165144	650437,1	97064,42
Montorio Romano	158876,9	32649,2	4872,224
Morione	209104,6	42970,99	6412,541
Morlupo	608833,2	125115,2	18670,89
Nerola	123541,4	25387,75	3788,601
Palombara Sabina	955233,1	196300,4	29293,82
Riano	599828,2	123264,7	18394,73
Rignano Flaminio	623866	128204,5	19131,89
Roma	2,35E+08	48333078	7212722
Sacrofano	538516,3	110665,1	16514,5
Sant'Angelo Romano	273062,9	56114,43	8373,93
TOTALE	250212294	51418627	7673177

COMUNI	BOD ₅	N	P
Provincia di Rieti	g/giorno	g/giorno	g/giorno
Casaprota	54540,3	11208,03	1672,569
Castelnuovo di Farfa	81781,99	16806,2	2507,981
Fara in Sabina	973563,4	200067,3	29855,94
Frasso Sabino	55980,77	11504,05	1716,744
Mompeo	46680,48	9592,839	1431,535
Monteleone Sabino	108837,4	22366,08	3337,68
Montenero Sabino	25920,15	5326,591	794,8846
Montopoli di Sabina	327836,7	67370,44	10053,66
Poggio Moiano	222415	45706,29	6820,727
Poggio Nativo	182157,7	37433,41	5586,17
Poggio San Lorenzo	43800,49	9001,001	1343,215
Pozzaglia Sabina	29340,83	6029,541	899,7856
Salisano	46380,24	9531,139	1422,327
Scandriglia	207298,2	42599,78	6357,144
Toffia	78661,92	16165,02	2412,299
Torricella in Sabina	103921,3	21355,84	3186,921
TOTALE	2589116,9	532063,5	79399,59

Alla popolazione totale, somma della popolazione residente, straniera e pendolare dei comuni afferenti nel tratto Torrita Tiberina-Castel Giubileo del bacino del fiume Tevere, competono i valori di carico mostrati in **Tabella 14.**

Tabella 14: Dati di carico civile totale, somma dei corrispondenti carichi civili dei comuni di Roma e di Rieti

	BOD₅	P	N
	g/giorno	g/giorno	g/giorno
<i>Carico Civile</i>	252801411	51950690	7752577

Nel calcolo dei carichi civili è stata inclusa anche la popolazione pendolare, in quanto ha un peso sul totale della popolazione pari a circa il 50%. Il carico civile totale è riferito alla somma dei carichi dei singoli comuni, di Rieti e di Roma, che interessano il tratto Castel Giubileo – Torrita Tiberina, individuati nella fase di caratterizzazione.

⁴⁵ ACEA, 2002, Relazione sullo stato dell'ambiente, "L'inquinamento da scarichi civili e industriali".

5.2. Carico agricolo

Dall'utilizzazione dei terreni a scopo agricolo si origina un inquinamento diffuso, in genere abbastanza diluito, dovuto alla lisciviazione da parte delle acque meteoriche che si arricchiscono dei prodotti immessi sul terreno per migliorare la resa agricola, quali concimi organici ed i moderni fertilizzanti chimici (insetticidi, erbicidi, fungicidi,...) e pesticidi. La quantità di azoto e fosforo ceduti teoricamente dai terreni agricoli può essere calcolata attraverso coefficienti specifici, che variano a seconda del terreno considerato ed in funzione della sua utilizzazione.⁴⁶ (**Tabella 15**)

Tabella 15: Coefficienti unitari utilizzati per le tipologie colturali in esame

Tipo colturale	P [kg/ha y]	N[kg/ha y]
Frumento	60	200
Altri seminativi	60	100
Cereali diversi	60	100
Vite	25	75
Fruttiferi	20	120
Prati permanenti	25	80
Pioppete	10	20
Superfici diverse	5	10

Per quanto riguarda i suoli non coltivati, questi cedono, sempre attraverso il meccanismo di dilavamento superficiale, alcuni dei propri costituenti all'ambiente circostante.⁴⁶

Nel caso in esame, in accordo con quanto riportato nel rapporto dell'Arpa in merito agli "Indicatori di pressione sulle acque superficiali", i carichi di azoto e fosforo distribuiti in agricoltura sono stati calcolati applicando alla superficie agricola occupata dai diversi gruppi colturali le quote dei fertilizzanti chimici (azotati e fosfatici) sparse sui terreni nella normale pratica agricola. A tale scopo sono stati utilizzati i dati del "5° Censimento Generale dell'Agricoltura" dell'ISTAT, in cui sono presentati per singola tipologia colturale, quindi sono stati raggruppati tra loro come mostrato in **Tabella 16** e graficati in **Figura 23**.

Tabella 16: Dati di carico agricolo totale per tipologia culturale, somma dei corrispondenti carichi dei comuni di Roma e di Rieti

Tipo culturale		Torrita Tiberina		Tutti gli altri comuni in esame		Valori totali	
		P [kg/ y]	N [kg/ y]	P [kg/ y]	N [kg/ y]	P [kg/ y]	N [kg/ y]
Frumento		420	700	202329	337215	202749	337915
Altri seminativi	Patata	0	0	316,2	527	316,2	527
	Sementi	0	0	4784,4	7974	4784,4	7974
Cereali diversi	Orzo	300	500	15225	25375	15525	25875
Vite		549,25	1581,84	74061,25	213296,4	74610,5	214878,2
Fruttiferi	Melo	37,6	225,6	5195,6	31173,6	5233,2	31399,2
	Pesco	66,4	398,4	35598,6	213591,6	35665	213990
	Pero	40,4	242,4	3065,8	18394,8	3106,2	18637,2
	Albicocco	28,8	172,8	3623	21738	3651,8	21910,8
	Castagneto	0,4	2,4	392,6	2355,6	393	2358
	Vivai-Fruttiferi	0	0	41,2	247,2	41,2	247,2
Prati Permanenti		1378,5	4411,2	107199,3	343037,6	108577,8	347448,8
Pioppete		0	0	340,5	681	340,5	681
Superficie diverse	Superficie non utilizzata	35,7	71,4	12478,45	24956,9	12514,15	25028,3
	altra superficie	130,65	261,3	8605,8	17211,6	8736,45	17472,9

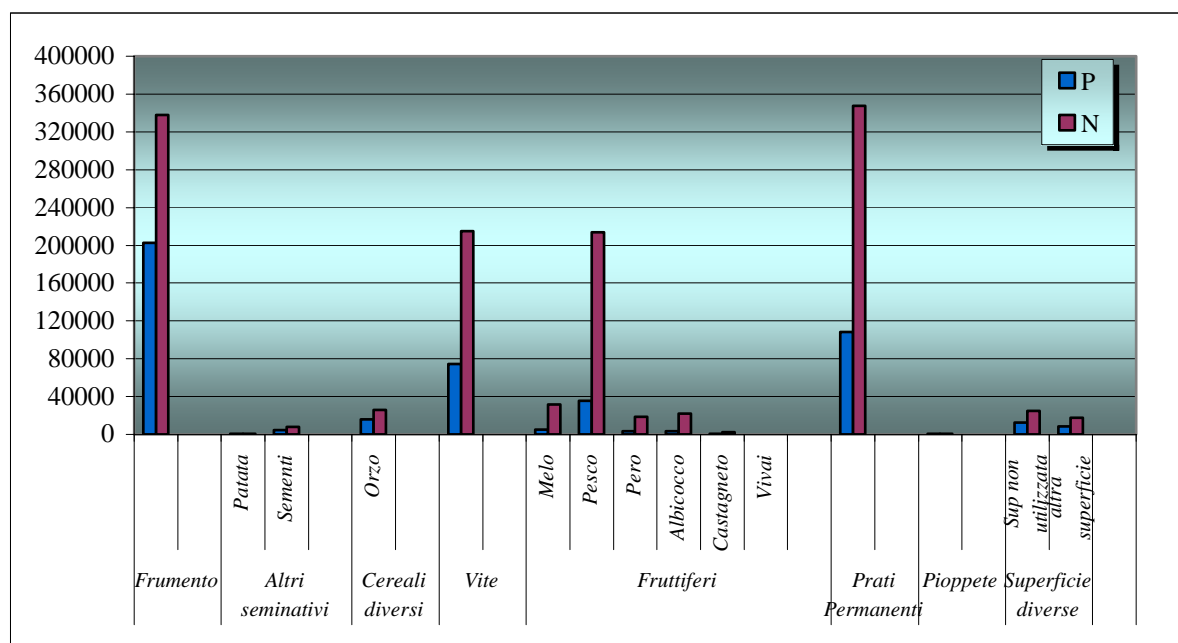


Figura 23: Carichi di fosforo e di azoto per tipologia culturale, relativi ai comuni in esame del bacino del fiume Tevere

Dall'analisi del grafico emerge che il carico di azoto è superiore al corrispondente carico di fosforo. Inoltre i valori più alti di azoto sono riferiti ai prati permanenti e al frumento.

Il carico totale di azoto e fosforo proveniente dal settore di produzione agricola, è dato dalla somma dei singoli carichi di ciascuna tipologia colturale e per ogni comune insistente sul tratto del fiume Tevere in esame. Inoltre è stato applicato, al fabbisogno colturale calcolato per la SAU (Superficie Agricola Utilizzata), un coefficiente che tiene conto della zona altimetrica dell'area in studio. In tal caso, trattandosi prevalentemente di pianura è stato utilizzato 1,2, eccetto per Torrita Tiberina, per la quale si usa il coefficiente relativo alla zona altimetrica di collina, pari a 0,95. (**Tabella 17**).

Tabella 17: Dati di carico agricolo totale per SAU, somma dei corrispondenti carichi agricoli dei comuni di Roma e di Rieti

<i>Carico agricolo totale per SAU</i>		
	P [kg/ y]	N [kg/ y]
Torrita Tiberina	2838,315	8138,973
Tutti gli altri comuni in esame	567908	1509330,4
TOTALE	570746,3	1517469

Per quanto riguarda i suoli incolti l'ISTAT non dà alcuna definizione, ma si assume di determinarne il carico agricolo includendo nel calcolo tutte le superfici del SAT (Superficie Agricola Totale) tranne la SAU e le pioppete, come indicato nel rapporto: "Indicatori di pressione sulle acque superficiali: carichi organici, carichi di azoto e di fosforo", dell'ARPA della sezione provinciale di Parma (**Figura 24**). Pertanto la SAT risulta costituita da boschi e superfici diverse.

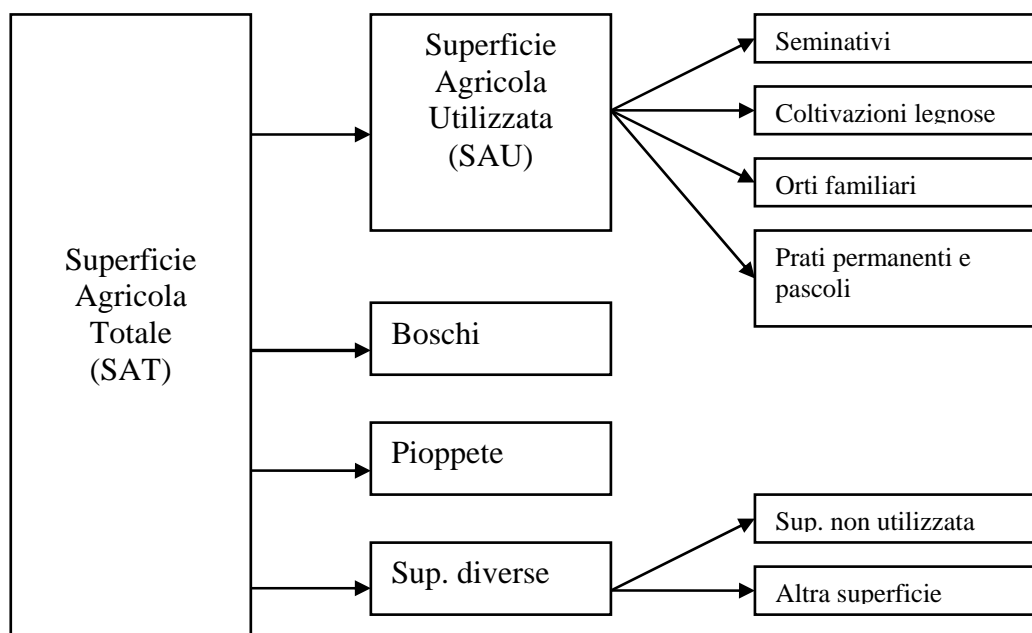


Figura 24: Attribuzione delle singole tipologie colturali censite dall'ISTAT alle macro categorie considerate nel calcolo dei carichi agricoli.

Poiché nel caso specifico non ci sono dati relativi ai “boschi” concorrono alla determinazione dei carichi agricoli relativi ai terreni incolti soltanto le “Superfici diverse” (Tabella 18).

Tabella 18: Dati di carico agricolo totale per terreni incolti, somma dei corrispondenti carichi agricoli dei comuni di Roma e di Rieti per altimetria

<i>Carico totale per terreni incolti</i>		
	P [kg/y]	N [kg/y]
Superfici diverse	25459,13	50918,27

Sommando i contributi di carico agricolo sia per superficie agricola utilizzata che per terreni incolti, si ottengono i valori mostrati in Tabella 19.

Tabella 19: Dati di carico agricolo totale, somma dei corrispondenti carichi agricoli dei comuni di Roma e di Rieti per altimetria

<i>Carico agricolo totale</i>		
	P [kg/ y]	N [kg/ y]
Carico totale per SAU	570746,3	1517469
Carico totale per terreni incolti	25459,13	50918,27
TOTALE	596205,43	1568387,3

⁴⁶A. Misiti, 1995, Fonti di inquinamento, pp.97, 98.

5.3 Carico industriale

La composizione delle acque industriali varia a seconda del settore produttivo considerato, del particolare processo produttivo adottato ed analogamente a quanto visto per le acque di scarico urbane, per caratterizzarle si ricorre al metodo indiretto di valutazione approssimata mediante opportuni coefficienti tratti dalla letteratura (**Tabella 20**), che permettono di convertire forza lavoro o beni prodotti in portata e carico inquinante.¹⁴

Tabella 20: Coefficienti per addetto, riferiti ai codici ISTAT delle attività ritenute idroinquinanti e/o idroesigenti

ATTIVITA' MANIFATTURIERE	BOD ₅ [g/add*d]	P [g/add*d]	N [g/add*d]
Produzione, lavoraz. e conservazione di carne e di prodotti a base di carne	3840	40	300
Lavorazione e conservazione di frutta e ortaggi	2650	40	300
Fabbricazione di oli e grassi vegetali e animali	2650	40	300
Industria lattiero-casearia	3420	40	300
Lavorazione delle granaglie e di prodotti amidacei	90	40	300
Fabbricazione di altri prodotti alimentari	1440	110	385
Industria delle bevande	8400	200	900
Preparazione e filatura di fibre tessili	1080	20	80
Tessitura di materie tessili	1080	20	80
Finissaggio dei tessili	1080	20	80
Confezione di altri articoli di vestiario ed accessori	36	0	0
Preparazione e tintura di pellicce; confezione di articoli in pelliccia	1720	0,1	175
Preparazione e concia del cuoio	3420	0,2	350
Fabbricazione di fogli da impiallacciatura, compensato e pannelli vari	96	3	10
Fabbric. altri prodotti in legno, sughero, paglia e materiali da intreccio	96	3	10
Fabbricazione di articoli di carta e di cartone	3600	5	60
Editoria	3600	5	60
Stampa e attivita' dei servizi connessi alla stampa	3600	5	60
Riproduzione di supporti registratati	120	0,1	7
Fabbricazione di prodotti chimici di base	4080	20	183
Fabbricazione di pitture, vernici,	4080	20	183

inchiostri da stampa e mastici			
Fabbric. prodotti farmaceutici, chimici e botanici per usi medicinali	4080	20	183
Fabbric. di saponi e detergenti, di prod. per la pulizia, profumi e toletta	4080	20	183
Fabbricazione di altri prodotti chimici	4080	20	183
Fabbricazione di articoli in gomma	900	1	4
Fabbricazione di articoli in materie plastiche	900	1	4
Fabbricazione di vetro e di prodotti in vetro	90	2	10
Fabbricazione di prodotti ceramici	90	2	10
Fabbric. di piastrelle e lastre in ceramica per pavimenti e rivestimenti	90	2	10
Fabbricazione di mattoni tegole ed altri prod. per l'edil. in terracotta	90	2	10
Produzione di cemento, calce, gesso	90	2	10
Fabbricazione di prodotti in calcestruzzo, cemento o gesso	90	2	10
Taglio, modellatura e finitura della pietra	90	2	10
Fabbricazione di altri prodotti in minerali non metalliferi	90	2	10
Fabbricazione di tubi	138	3	700
Altre attiv. di prima trasf. di ferro e acciaio; prod. ferroleghie non CECA	138	3	700
Fusione di metalli	120	3	300
Fabbricazione di elementi da costruzione in metallo	120	3	54
Fabbric. cisterne e contenitori in metallo; radiatori e caldaie centraliz.	120	3	54
Fucinatura, imbutitura, stampaggio e profilatura metalli; metall. polveri	120	3	54
Trattamento e rivestimento dei metalli, lavoraz. meccanica generale per c/t	120	3	54
Fabbric. di articoli di coltelleria, utensili e oggetti diversi in metallo	120	3	54
Fabbricazione di altri prodotti metallici	120	3	54
Fabbric. macchine e appar. per energia meccan., escluso motori per veicoli	60	2	6
Fabbricazione di altre macchine di impiego generale	60	2	6
Fabbricazione di macchine per l'agricoltura e la silvicoltura	60	2	6
Fabbricaz. macchine utensili e parti; installaz., manut. e riparazione	60	2	6
Fabbricazione di altre macchine per impieghi speciali	60	2	6
Fabbricazione di armi, sistemi d'arma e munizioni	60	2	6
Fabbricazione di apparecchi per uso domestico n.c.a.	60	2	6

E' possibile valutare l'incidenza dell'attività industriale sull'apporto inquinante di tipo organico immesso nel tratto del fiume Tevere in esame analizzando il carico per addetto

per ciascun settore di produzione delle aziende censite, per ogni comune afferente nel suddetto tratto. Pertanto è stato moltiplicato il numero di addetti di ciascun settore di produzione, per i corrispondenti coefficienti. Sommando i contributi dei diversi comuni si ottiene il carico industriale totale riportato in **Tabella 21**.

Tabella 21: Dati di carico industriale totale, somma dei corrispondenti carichi industriali dei comuni di Roma e di Rieti

	BOD	P	N
	[g/giorno]		
<i>Carico industriale totale</i>	1045410	37290,4	159745

¹⁴ A. Misiti, 1995, Fonti di inquinamento, pp.78, 85, 90, 97

5.4 Carico zootecnico

Per valutare un eventuale contributo inquinante al corpo idrico superficiale proveniente dall'attività zootecnica, sono stati reperiti i dati relativi al numero di capi per tipo di allevamento (**Figura 25**).

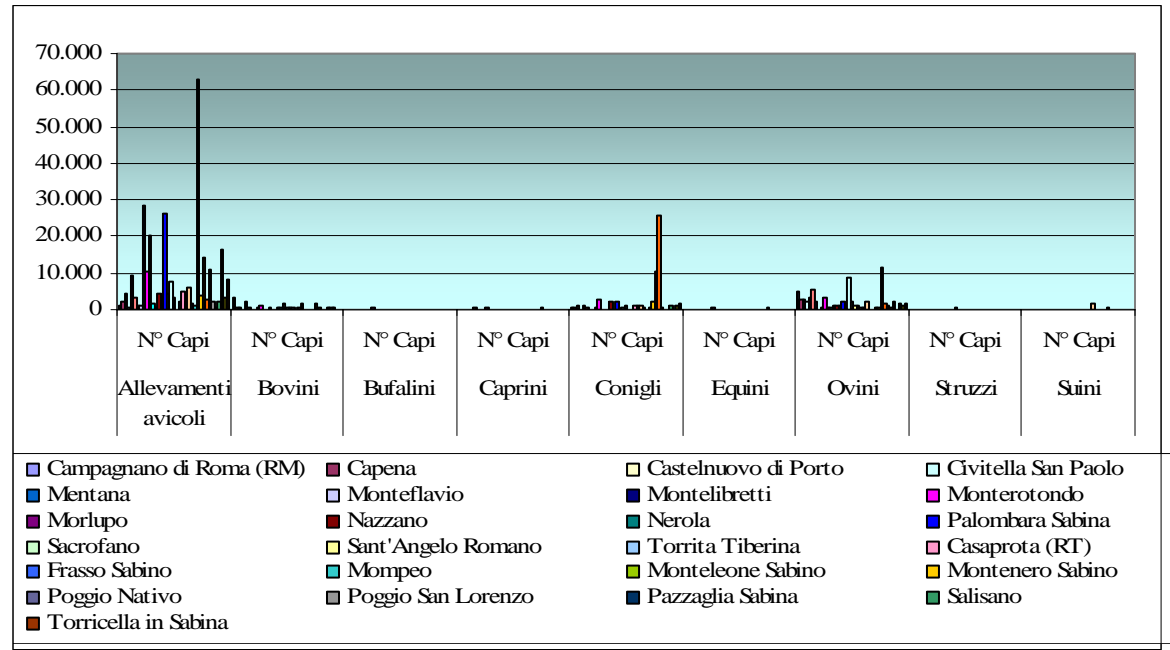


Figura 25: Allevamenti per numero di capi e tipo, per i diversi comuni in esame

Dall'analisi del grafico risulta che la tipologia di allevamenti prevalenti nelle zone limitrofe il tratto del fiume che si estende dal Castel Giubileo a Torrita Tiberina sono soprattutto di tipo avicolo. Rilevante è anche il numero di allevamenti di conigli e di ovini. Tuttavia se si rapportano tali dati alla popolazione equivalente per allevamenti animali, la situazione cambia notevolmente. Infatti, considerando gli abitanti equivalenti è possibile esprimere il carico organico attribuibile agli allevamenti animali, in termini omogenei e confrontabili con le utenze civili, ottenendo i valori mostrati in **Figura 26**.

Si considerino, pertanto, i seguenti dati di popolazione equivalente per allevamenti animali, riferita al carico organico espresso come BOD₅ (**Tabella 22**)

Tabella 22: Coefficienti di popolazione equivalente per gli animali di maggior interesse zootecnico

Animali	Coefficienti
Bovini	16,4
Equini	11,3
Suini	3,0
Ovini e caprini	2,45
Pollame e simili	0,0014

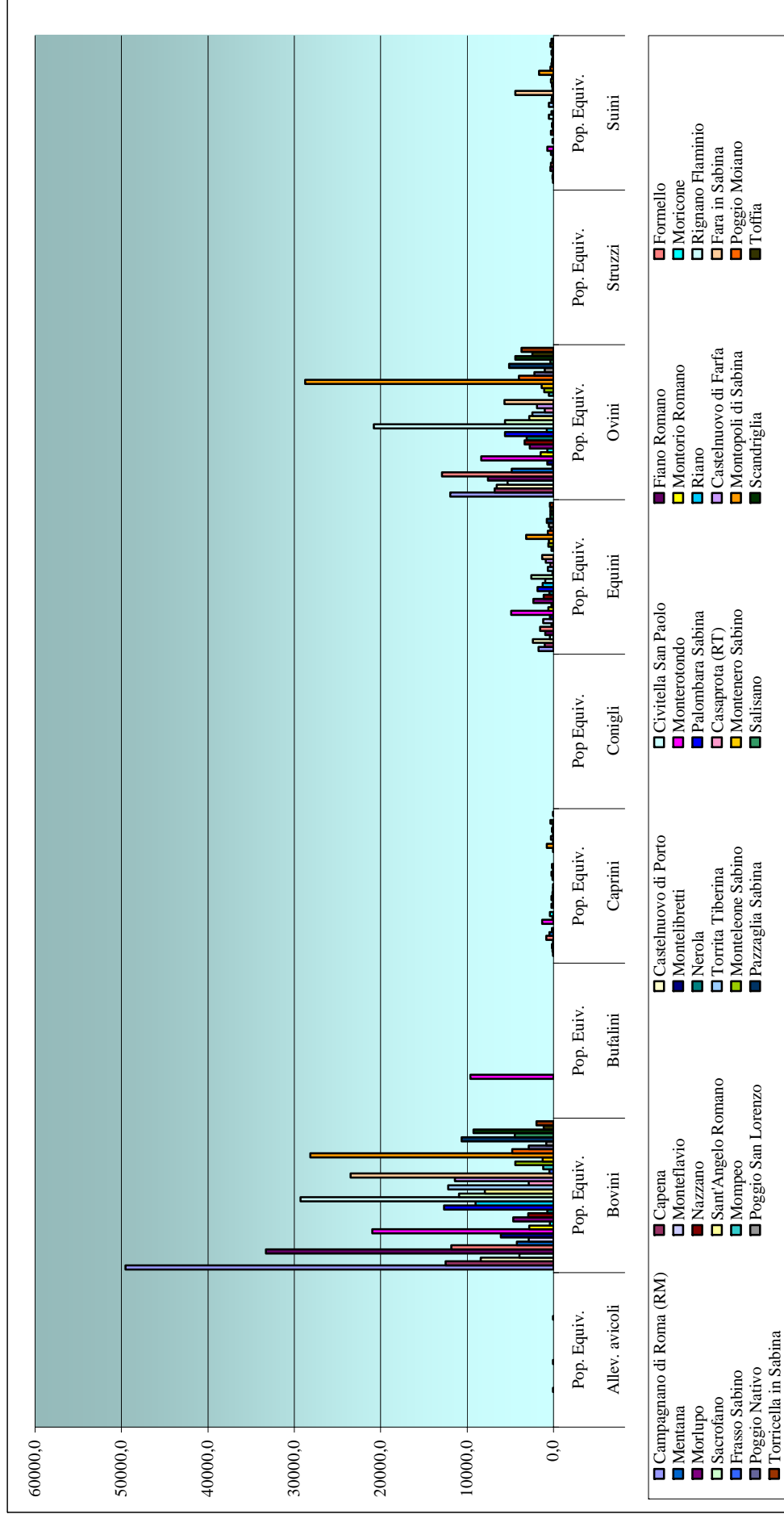


Figura 26: Popolazione equivalente per allevamenti animali

Dal grafico emerge che, in base ai valori degli allevamenti animali per popolazione equivalente, il maggior contributo organico al fiume proviene dalla popolazione di bovini e poi a seguire, in senso decrescente, dalla popolazione di ovini, equini e poi suini e caprini, come evidenziato anche dal grafico di **Figura 27**, in cui sono riportati i valori di abitante equivalente per carico organico totale.

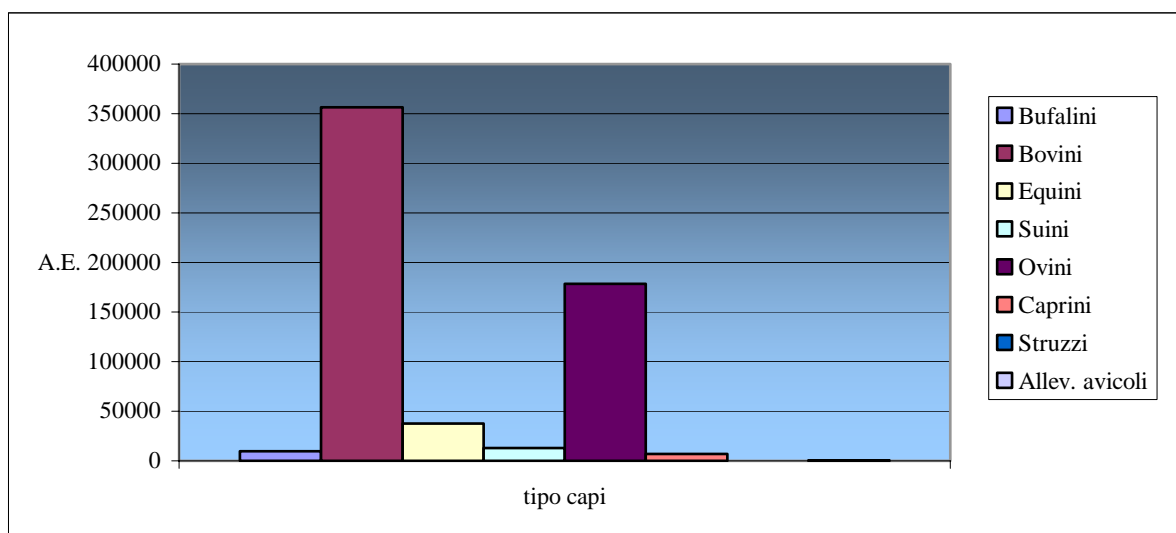


Figura 27: Abitanti equivalenti, per tipo di capo di allevamento, relativi ai comuni del tratto extraurbano del fiume Tevere in esame

Il carico organico, che è stato espresso come abitanti equivalenti zootecnici, determinati a partire dai capi di bestiame allevati, è possibile esprimerlo anche come quantitativo teorico di fosforo ed azoto prodotti dalla suddetta fonte di generazione, utilizzando specifici coefficienti presi da letteratura (**Tabella 23**). Questi ultimi permettono di trasformare in quantità di fosforo e di azoto annue il numero di capi di allevamento che concorrono con i loro scarichi alla formazione del carico stesso. Sommando i contributi del carico zootecnico calcolati per ciascuno dei comuni di interesse, si ottiene il carico zootecnico totale mostrato in **Tabella 24**.

Tabella 23: Carichi unitari utilizzati per gli animali di maggior interesse zootecnico

Animali	P [Kg/anno]	N [kg/anno]
Bovini (Bufalini)	7,4÷15,7	54,8÷112,5
Equini	8,9	59,7
Suini	3,8÷1	4,9÷12
Ovini (caprini)	8÷1	4,9÷12
polli e simili (struzzi)		0,17

Nota: nel caso in esame, per i carichi unitari che presentano un range di variabilità è stato utilizzato il valore medio corrispondente.

Tabella 24: Dati di carico zootecnico totale, somma dei corrispondenti carichi dei comuni di Roma e di Rieti

Animali	n° capi	P [kg/anno]	N[kg/anno]	A.E.
Bufalini	586	6768,3	49018,9	9610,4
Bovini	21740	251097	1818551	356536,0
Equini	3348	29797,2	199875,6	37832,4
Ovini	72790	327555	615075,5	178335,5
Caprini	2906	13077	24555,7	7119,7
Suini	4378	10507,2	36994,1	13134,0
Struzzi	890		151,3	1,2
Allev.avicoli	276880		47069,6	387,6
TOTALE	383518	638801,7	2791291,7	602956,9

Si analizzino i grafici corrispondenti, mostrati nelle **Figure 28 e 29**

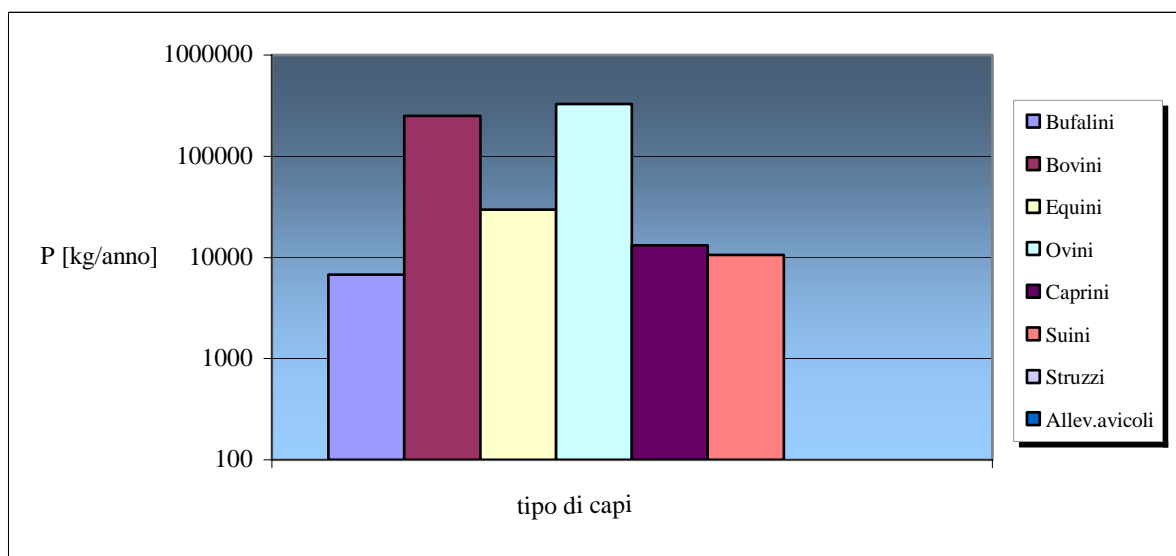


Figura 28: Quantitativo teorico di Fosforo per tipo di capo di allevamento relativo ai comuni del tratto extraurbano del fiume Tevere in esame

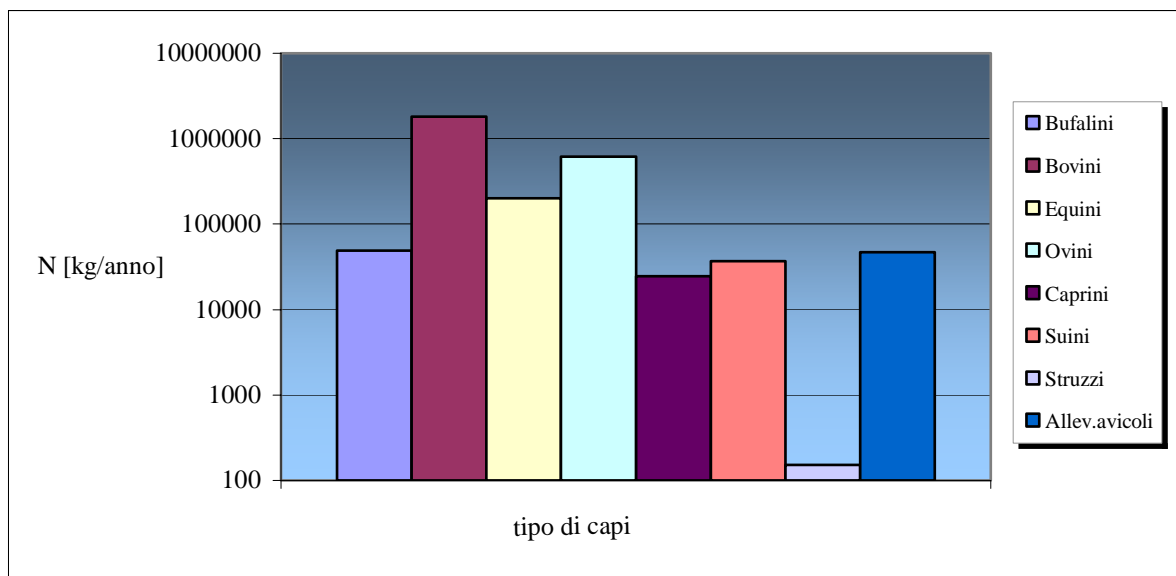


Figura 29: Quantitativo teorico di Azoto per tipo di capo di allevamento relativo ai comuni del tratto extraurbano del fiume Tevere in esame

Dall'analisi del grafico di **Figura 28** emerge che, il maggior contributo di fosforo, legato all'attività zootecnica, proviene dagli allevamenti ovini, con 327.555 kg/anno e a seguire dai bovini, con 251.097 kg/anno. Per quanto riguarda l'azoto (**Figura 29**) risulta che il maggior carico è dovuto agli stessi allevamenti visti per l'analisi del fosforo, ma nell'ordine che segue: bovini, con 18.181.551 kg/anno ed ovini, con 615.075,5. E' tuttavia notevole anche il contributo degli altri allevamenti, eccetto per quello di struzzi, che contribuisce in minima parte solo per il carico di azoto. Anche gli allevamenti avicoli incidono sul carico zootecnico in termini di kg/anno di azoto ma con un contributo notevole, equiparabile a quello dei bufalini.

In conclusione il carico organico zootecnico teorico, in termini di BOD₅, di fosforo e di azoto è dovuto prevalentemente alla presenza di allevamenti di ovini e bovini.

⁴⁵ L. Masotti, 2002, "Concetti e definizioni ricorrenti, pp.1

Capitolo 6

RICOGNIZIONE PRELIMINARE: ATTIVITA' DI MONITORAGGIO DEL FIUME TEVERE NELLA SEZIONE PILOTA *TORRITA TIBERINA* – *CASTEL GIUBILEO*

Lo sviluppo dell'attività di ricerca delle fonti di inquinamento organico del fiume e la valutazione dello stato di qualità ambientale del corpo idrico superficiale in oggetto si attua nella fase di ricognizione, successiva alla fase di caratterizzazione, considerando la situazione pratica di rilevamento dei dati fisico-biologici in campionamenti condotti in campo, presso le tre stazioni di misura di Torrita Tiberina, Ponte del Grillo e Castel Giubileo, la cui distribuzione lungo l'asta fluviale in esame tiene conto della presenza di insediamenti urbani e delle attività produttive. A partire da queste misure protratte nel tempo con cadenza regolare e programmata, si ricostruisce il trend evolutivo dei diversi parametri in esame, al fine dell'elaborazione di un preliminare giudizio di qualità.

6.1. Definizione delle sezioni di campionamento

Sulla base di una prima analisi del territorio, *fase di caratterizzazione*, sono state scelte tre stazioni per il campionamento, che fossero il più possibile rappresentative delle diverse realtà morfologiche e paesaggistiche che caratterizzano il tratto del fiume Tevere in esame e da cui poter effettuare il campionamento da ponte. Si tratta delle stazioni di:

1. Torrita Tiberina (comune di Torrita Tiberina, provincia di Roma);
2. Ponte del Grillo (tra il comuni Monterotondo e Capena, provincia di Roma);
3. Castel Giubileo (XX Municipio del comune di Roma);

Si tratta delle stesse stazioni, almeno per Castel Giubileo e Ponte del Grillo, dalle quali sono noti i parametri fisico-chimici e biologici delle acque, rilevati in continuo dall'ARPA, nell'arco temporale 2002-2004. La stazione di Torrita Tiberina è stata scelta in sostituzione alla stazione di Passo Corese, inizialmente individuata sulla mappa di dettaglio come

possibile zona per il campionamento per la presenza di un ponte autostradale, di cui successivamente è stato verificato l'accesso. In seguito all'ispezione su campo, il ponte non è risultato idoneo per lo scopo, pertanto è stato sostituito dalla più accessibile stazione del comune di Torrita Tiberina (provincia di Roma), a circa 30 km Nord da Passo Corese.

Come già emerso dall'analisi delle carte tematiche e poi confermato dai sopralluoghi su campo, le tre stazioni sono rappresentative di realtà morfologiche diverse. La zona di Torrita Tiberina, in cui è situata la stazione a monte della sezione pilota, è caratterizzata da una presenza cospicua di vegetazione, estendendosi dai versanti collinari fino alle sponde del fiume. Inoltre in prossimità dell'alveo la presenza delle strutture insediative, produttive e residenziale, è quasi nulla, come mostrato in **Figura 30**.



Figura 30: Sponda del fiume Tevere nella zona di Torrita Tiberina

Diversamente si presenta il paesaggio nell'area della stazione di Ponte del Grillo (**Figura 31**), in quanto caratterizzato da una ridotta copertura vegetale sulle sponde e da intense attività agricole estese fino all'alveo del fiume, in cui si inseriscono anche degli insediamenti, la cui presenza aumenta notevolmente man mano che ci si avvicina alla stazione di Castel Giubileo, situata a sud della sezione pilota.



Figura 31: Sponda del fiume Tevere in una zona limitrofa a Ponte del Grillo

Infatti, essendo una zona interna ai confini comunali di Roma, Castel Giubileo presenta ridotta vegetazione ripariale, la cui continuità è frequentemente interrotta da insediamenti residenziali e produttivi, oltre che dall'agricoltura. Quest'ultima ha contribuito notevolmente a ridurre lo spessore della superficie ricoperta da vegetazione naturale lungo tutte le sponde del fiume (**Figura 32**).



Figura 32: Sponda del fiume Tevere nella zona di Castel Giubileo

La scelta della posizione delle stazioni è stata effettuata sulla base di quanto menzionato nell'allegato 1 del decreto Legislativo 152/99 :“ *Criteri per la scelta delle stazioni di prelievo*” in cui, in funzione della tipologia del corso d'acqua e della superficie del bacino imbrifero, si fissa un numero minimo di stazioni di prelievo, come indicato nella **Tabella 25**

Tabella 25: Numero stazioni nei corsi d'acqua naturali

Area del bacino (km ²)	Numero stazioni	
	<i>Corsi d'acqua di 1° ordine</i>	<i>Corsi d'acqua di 2° ordine</i>
200-400	1	
401-1000	2	1
1001- 5000	3	2
5001- 10.000	5	4
10.001-25.000	6	-
25.001-50.000	8	-
>50.001	10	

Per il caso in esame, essendo il Tevere un corso d'acqua di primo ordine con un bacino idrografico di 17.156 km², la normativa prevede sei stazioni di monitoraggio. In realtà ne sono state definite soltanto tre, essendo l'oggetto di studio un tratto del fiume lungo 56,551 km rispetto ai 405 km di lunghezza dell'intero corso del fiume. Il numero delle stazioni può aumentare in presenza di particolari valori naturalistici e/o paesaggistici o per particolari utilizzazioni in atto o in tutte le situazioni in cui questo sia ritenuto necessario.

Le stazioni di prelievo sono distribuite lungo l'intero tratto di studio del Tevere tenendo conto della presenza degli insediamenti urbani, degli impianti produttivi e degli apporti provenienti dagli affluenti. Pertanto, come stabilito dalla normativa, è stato scelto di ubicare le stazioni nelle realtà morfologiche sopra descritte e in modo tale da trovarsi il più possibile ad una distanza dalle immissioni sufficiente ad avere la garanzia del rimescolamento delle acque, almeno dove realizzabile. Questo al fine di valutare la qualità del corpo recettore e non quella degli apporti ad esso confluenti. Tuttavia il tratto in esame è caratterizzato dalla presenza di due dighe, rispettivamente la diga di Castel Giubileo e la diga di Nazzano finalizzate alla produzione di energia elettrica. Anche se le stazioni di monitoraggio sono state poste a sufficiente distanza dalle suddette, le difficoltà di accesso

ai ponti a monte della diga di Castel Giubileo hanno reso inevitabile la scelta di una sezione a valle di essa, con possibili alterazioni dei valori delle misure effettuate. Quindi per i campioni prelevati presso la stazione di Castel Giubileo ci si aspettano migliori condizioni dello stato di “salute” del fiume, soprattutto in termini di ossigeno disciolto, a causa della regolare e periodica apertura della diga in determinate ore della giornata, che determina maggior turbolenza e rimescolamento. Tuttavia la presenza di un ulteriore stazione di campionamento a monte della diga, quale Ponte del Grillo, permette di avere un’idea dei reali valori. Per quanto riguarda la diga di Nazzano, questa si trova a distanza sufficientemente elevata rispetto al ponte scelto per i campionamenti, in quanto la zona in esame è Torrita Tiberina, circa a 4 km più a Nord di Nazzano. Tuttavia si può asserire che inevitabilmente la presenza delle dighe influenza i valori dei parametri misurati nelle sezioni ad esse più vicine.

6.2. Strumenti utilizzati

La concentrazione dei parametri fisici, chimici e biologici delle acque del fiume Tevere è stata rilevata mediante l’utilizzo di opportuni strumenti: un ossimetro, un conduttimetro ed un campionatore orizzontale. Quest’ultimo è uno strumento cilindrico non metallico dotato di aperture alle due estremità per il flusso dell’acqua e di un meccanismo che gli permette di rimanere aperto durante la calata in acqua; la chiusura del campionatore può essere effettuata mediante un sistema manuale o automatico. Nel primo caso il campionatore legato ad un cavo variabile (5-8 mm) viene calato aperto; una volta raggiunta la profondità richiesta e riempito di acqua, la sua chiusura viene effettuata tramite l’invio lungo il cavo di un messaggero (cilindro metallico) che, urtando l’estremo superiore di un meccanismo, lo fa sganciare provocando la chiusura del cilindro. Il campione di acqua così prelevato, viene poi versato in appositi contenitori, di materiale diverso in funzione del tipo di analisi da effettuare.

Ai fini dell’analisi chimica e biologica dell’acqua del fiume Tevere è stato utilizzato il suddetto campionatore orizzontale, calato per ogni prelievo in corrispondenza del punto centrale del ponte, poiché rappresentativo delle condizioni qualitative del fiume. L’acqua prelevata con il campionatore è stata versata negli appositi contenitori in polietilene, sia per il campione destinato alle analisi di pH, SST, BOD, tensioattivi e nitrati, sia per quello

destinato alle analisi di COD, ammoniaca ed azoto ed infine il contenitore in vetro, per la determinazione dei metalli pesanti. Il campione destinato alle analisi di COD, ammoniaca ed azoto, viene preso separatamente perché successivamente conservato acidificando con H_2SO_4 fino a $pH < 2$.

Per effettuare l'analisi completa di un campione d'acqua è necessario eseguire, al momento del prelievo, alcune determinazioni in situ, che permettono di evitare alterazioni significative dei seguenti parametri: temperatura, conducibilità elettrica, ossigeno disciolto. A tale scopo, si è utilizzato un recipiente munito di corda in cui sono stati immessi l'ossimetro Oxi 330i con sensore analitico CelloX 325 e il conduttimetro Cond 330i con sonda TetraCon 325/S e sono state eseguite rispettivamente le misure di ossigeno disciolto e conducibilità elettrica. La prima sonda ha permesso la misura dell'ossigeno disciolto sia in mg/l sia in percentuale di saturazione, la seconda, la misura della conducibilità in $\mu S/cm$. Entrambi, inoltre, eseguono la misura della temperatura dell'acqua in gradi centigradi. Altro parametro rilevato è il pH, misurato mediante pHmetro.

6.3. Frequenza di campionamento

L'allegato 1 del D.Lgs 152/99, in merito a "Monitoraggio e classificazione: acque superficiali", riferisce che la misura dei parametri chimici, fisici, microbiologici e idrologici di base e di quelli relativi ai parametri addizionali, quando necessari, deve essere eseguita una volta al mese fino al raggiungimento dell'obiettivo di qualità. Nel caso in esame il campionamento da ponte è stato organizzato come segue:

- ✓ uno/due campionamenti mensili al centro (c) dell'asta fluviale effettuato in tre diversi momenti della giornata, nelle tre stazioni scelte, per un totale di 9 prelievi per campionamento; in cui al termine di ciascun turno di prelievo nelle tre stazioni il campione è stato portato in laboratorio per le successive analisi finalizzate al rilevamento delle concentrazioni dei parametri chimici e biologici. A questi si aggiungono altrettanti prelievi per la determinazione immediata, in situ, dei parametri fisici (T, O.D., conducibilità),
- ✓ due campionamenti mensili costituiti da un solo prelievo di campione per stazione, effettuato al centro dell'asta fluviale, per la determinazione dei parametri chimici e

biologici, cui si aggiungono quattro prelievi per stazione eseguiti rispettivamente in corrispondenza della sponda destra (s.d.), mediana destra (m.d.), sponda sinistra (s.s.), mediana sinistra (m.s.) della sezione trasversale al corso del fiume, oltre che nel punto centrale, finalizzati alla misura diretta ed immediata dei principali parametri fisici: ossigeno disciolto, temperatura e conducibilità elettrica, mediante opportune sonde portatili, senza necessità di portare i campioni in laboratorio, come accade per il prelievo dal centro del ponte (c).

I campionamenti sono dunque stati effettuati con cadenza settimanale, alternando le due modalità sopra menzionate e adottando la stessa frequenza per tutte le stazioni di monitoraggio in esame.

Nota: la sponda destra e sinistra sono state individuate su campo dando le spalle al fiume nella direzione della corrente

6.4. Misure sperimentali dei parametri

Le misure dei parametri chimico-fisici e biologici dell'acqua del fiume Tevere sono state effettuate mediante campionamento di tipo istantaneo discreto, cioè prelevando un campionamento ad un determinato istante e conservandolo separatamente in un singolo recipiente. In tal modo ogni aliquota del campione è rappresentativa del tempo in cui è stato effettuato il prelievo, che, come già evidenziato, è stato condotto al centro (c) dell'asta fluviale per la determinazione dei parametri chimici e biologici e lungo il profilo longitudinale del fiume in corrispondenza della sponda destra (s.d.), mediana destra (m.d.), centro (c), sponda sinistra (s.s.), mediana sinistra (m.s.), per la misura dei parametri fisici e loro lettura diretta mediante apposite sonde. Questa modalità di campionamento è stata adottata nello stesso identico modo per tutte e tre le stazioni di monitoraggio individuate lungo il tratto extraurbano dell'asta fluviale in esame e mostrate nelle **Figure 33, 34, 35**.



Figura 33: Torrita Tiberina, indicazione dei punti di campionamento dei parametri fisici lungo la sezione trasversale alla direzione del fiume Tevere

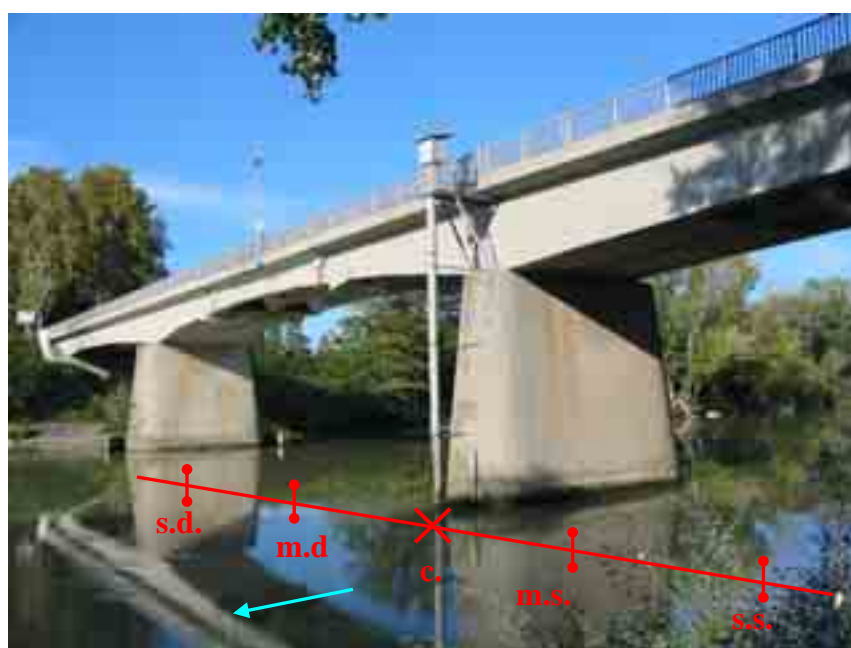


Figura 34: Ponte del Grillo, indicazione dei punti di campionamento dei parametri fisici lungo la sezione trasversale alla direzione del fiume Tevere

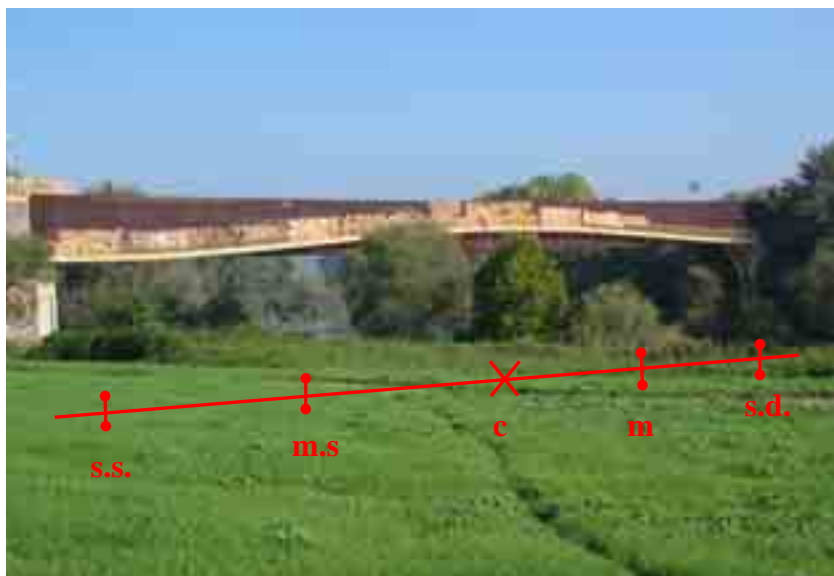


Figura 35: Zona Castel Giubileo: indicazione dei punti di campionamento dei parametri fisici lungo la sezione trasversale alla direzione del fiume Tevere

6.5. Analisi sperimentale dei dati ottenuti dai campionamenti

Analizzando i valori dei parametri rilevati nelle tre stazioni di campionamento nel periodo agosto-dicembre 2005 e quelli reperiti, nell'arco temporale di 24 mesi, cioè 2003 e 2004, presso l'ARPA del Lazio, si nota che:

La *temperatura* (T) segue l'andamento delle stagioni in tutte e tre le stazioni di campionamento: alta in estate e bassa in inverno (**Figura 36**). Si rilevano valori di temperatura massima e minima misurati nell'anno 2003, pari a 6,7°C e 25,7°C, per la stazione di Castel Giubileo, 7,2°C e 25,9°C, per la stazione di Ponte del Grillo e 7,2°C e 24,6°C per la stazione Confluenza Farfa. Nel 2004 i valori misurati si attestano tra 8,7°C e 23,7°C, per la stazione di Castel Giubileo; tra 12,1°C e 24°C per la stazione di Ponte del Grillo e tra 8,3°C e 22,1°C, per la stazione di Passo Corese. Nel 2005 si rilevano valori di temperatura minima e massima rispettivamente pari a 23,4°C e 14,9°C per la stazione di Castel Giubileo, 24°C e 14,9°C, per la stazione di Ponte del Grillo e 23,3°C e 14,1°C, per la stazione di Torrita Tiberina. Inoltre, nell'arco di una stessa giornata, si nota che la temperatura del corpo idrico superficiale, nel tratto in esame, rimane pressoché invariata,

eccetto per la stazione di Torrita Tiberina, per la quale in genere si rileva un leggero aumento di temperatura dalla mattina al pomeriggio.

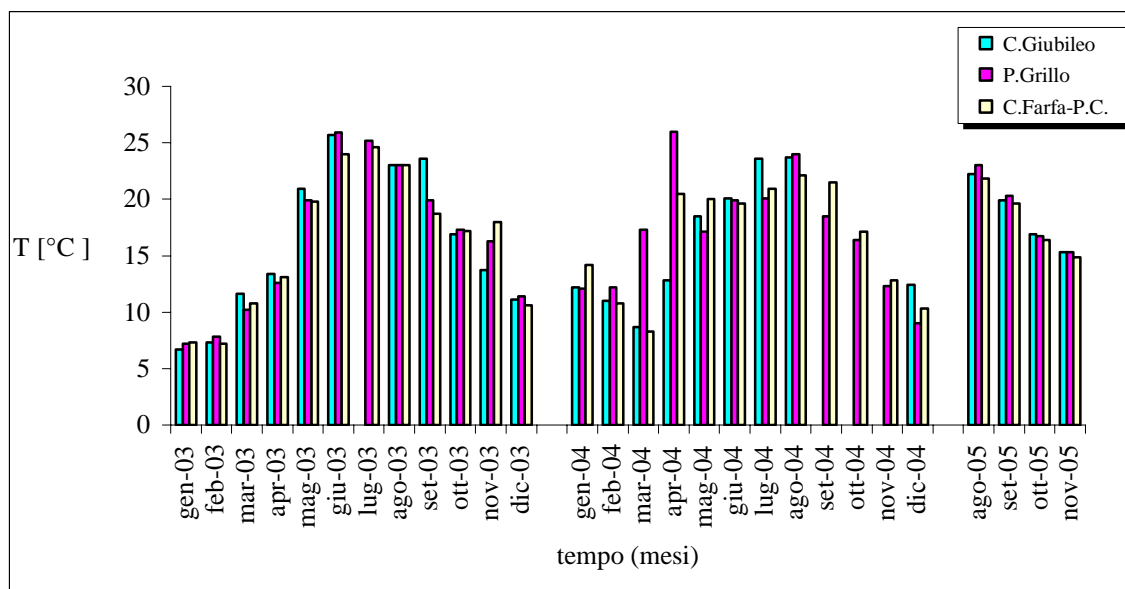


Figura 36: Temperature misurate negli anni 2003, 2004 e 2005, presso le tre stazioni di monitoraggio designate dall'ARPA

- Il *pH* (**Figura 37**) rimane pressoché costante nell'arco temporale 2003-2004, oscillando nel range 7,3-8 per la stazione di Castel Giubileo; 7,4 e 8,2 per la stazione di Ponte del Grillo e 7,3 e 8,2 per la stazione della Confluenza Farfa. Attestandosi generalmente attorno a valori non superiori ad 8, che non è tale da inibire l'azione ossidativa dei batteri nitrificanti, con conseguenti problemi di accumulo di azoto.⁴⁷

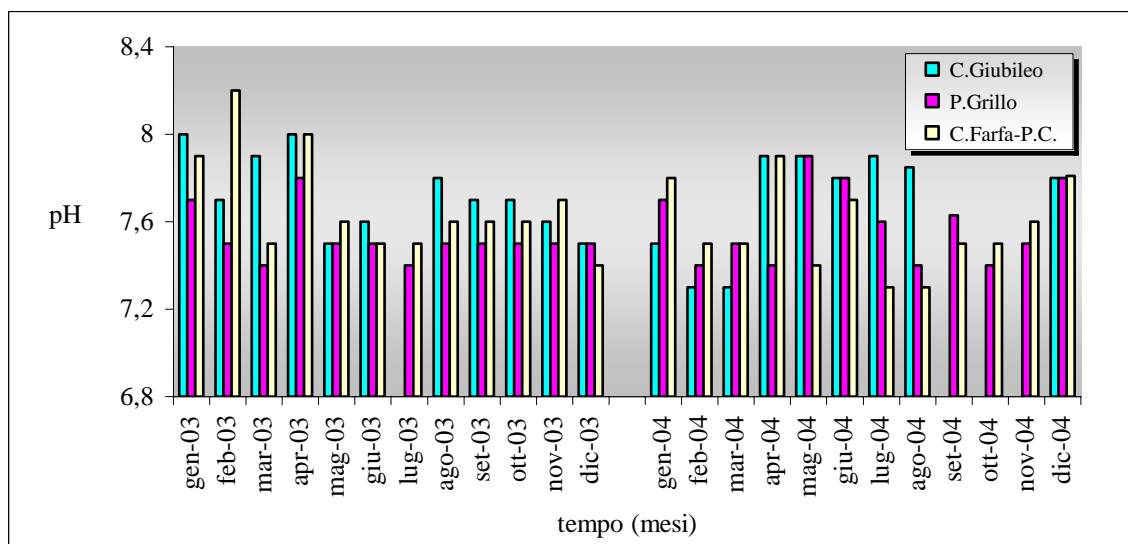


Figura 37: pH misurato negli anni 2003 e 2004, presso le tre stazioni di monitoraggio designate dall'ARPA

Anche dai primi campionamenti effettuati nel 2005 risulta che il pH oscilla sempre in un range che va da 7 a 8, sia per stazione di campionamento sia confrontando le tre stazioni di rilevamento in esame, pertanto la sua misura è stata successivamente omessa, come è stata omessa anche l'analisi dei metalli pesanti, in quanto sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità dello strumento.

- Nelle acque naturali sono presenti, in tracce, molti metalli pesanti, tra i quali il Nichel (Ni), il piombo (Pb), il cromo (Cr), il cadmio (Cd), lo zinco (Zn), il rame (Cu), l'arsenico (As) ed il mercurio (Hg). I loro valori di concentrazione soddisfano i limiti di legge, in quanto:
 - ✓ *Nichel e rame* sono $<10\mu\text{g/l}$.
 - ✓ *Cromo totale, piombo, cadmio, mercurio e arsenico* sono $<1\mu\text{g/l}$.
- I valori dello *zinco*, rispetto a quelli degli altri metalli presenti nelle acque, sono gli unici ad essere superiori a $10\mu\text{g/l}$, ma inferiori al limite di legge di $0,2\text{ mg/l}$
- L'*OD* presenta lo stesso andamento relativamente alla temperatura per tutte le stazioni di monitoraggio in esame (**Figure 38, 40 e 43**), in particolare si ha che “all'aumentare della temperatura diminuisce la solubilità dell'ossigeno, quindi la quantità di ossigeno che si trasferisce all'acqua e vengono accelerate le cinetiche biologiche di consumo dell'ossigeno”.⁴⁸ Ciò accade in maniera abbastanza regolare nel tempo per tutte e tre le stazioni, eccetto per alcuni mesi in cui non

necessariamente all'aumentare della temperatura diminuisce l'ossigeno disciolto, oppure si assiste a dei picchi di tale parametro rispetto ai corrispondenti valori di O.D. per valori di temperatura simili. Questi effetti vanno valutati in relazione ai diversi fattori, oltre alla temperatura, che influenzano la concentrazione dell'ossigeno disciolto, quali: l'attività dei microrganismi, la presenza di azoto, la presenza di fosforo.

In particolare si distinguono i termini che danno luogo ad una richiesta di ossigeno, da quelli che lo producono. I primi sono: l'attività metabolica dei microrganismi aerobici responsabili di un consumo della sostanza organica carboniosa ed azotata (BOD_5); il consumo di ossigeno da parte del fosforo, la respirazione delle piante e dei microrganismi acquatici; il consumo di ossigeno da parte dei microrganismi associati ai sedimenti; le reazioni di ossidazione chimica delle sostanze inorganiche riducenti (COD). Mentre i termini responsabili del rifornimento di ossigeno sono: la riarerazione da parte dell'atmosfera e la fotosintesi clorofilliana delle piante acquatiche. Altri fattori influenti sono: la pressione atmosferica, la salinità ed il regime più o meno turbolento del corso d'acqua, che possono determinare un aumento o meno dell'ossigeno disciolto, in relazione al loro valore.⁴⁹

In base ai dati forniti dall'ARPA ed ai valori medi giornalieri rilevati nel 2005 in collaborazione con l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza", è possibile evidenziare la relazione esistente tra il consumo di ossigeno disciolto e i diversi parametri menzionati, ossia la temperatura, il BOD_5 , il fosforo totale, l'ammoniaca totale. "Non sono disponibili i dati relativi al COD per gli anni 2003 e 2004, che indica la quantità di ossigeno richiesta per l'ossidazione chimica delle specie organiche, sia di quelle biodegradabili sia di quelle refrattarie all'ossidazione biologica, nonché delle specie inorganiche riducenti. Mentre il BOD_5 indica la quantità di ossigeno richiesta dai microrganismi nelle reazioni biochimiche di ossidazione della sostanza organica biodegradabile".⁵⁰

Si considerino i grafici T-O.D e O.D- BOD_5 di **Figura 38 e 39**, riguardanti i valori di concentrazione misurati dalla stazione di monitoraggio dell'ARPA, situata presso "Castel Giubileo".

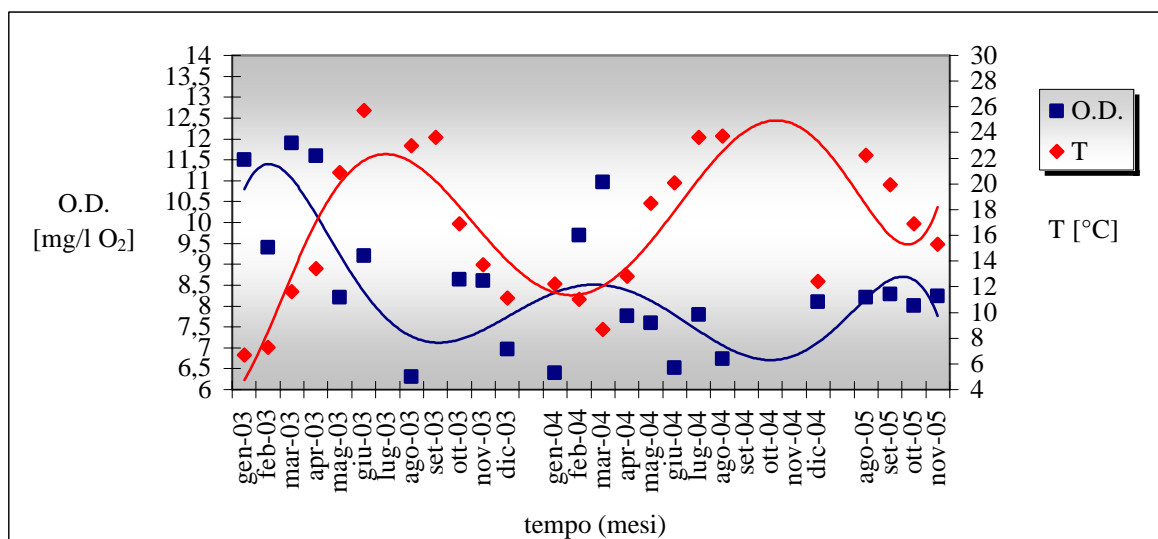


Figura 38: Stazione di Castel Giubileo : profilo temporale dell'O.D. e della T

Nel grafico di **Figura 38** sono rappresentati i valori di ossigeno disciolto e temperatura, rispettivamente interpolati con una polinomiale. Queste curve mostrano un andamento in fase tra i due parametri, in particolare evidenziano come all'aumentare della temperatura diminuisce la concentrazione di ossigeno disciolto e viceversa, tranne nel mese di agosto e dicembre 2003, in cui al diminuire della temperatura diminuisce anche l'ossigeno disciolto, anziché aumentare. Diversamente accade nel mese di giugno, in cui si assiste all'aumento dell'ossigeno disciolto in concomitanza con la temperatura. Nel mese di febbraio, invece, all'aumentare della temperatura, se pur di poco, da 6,7 a 7,3°C, l'ossigeno disciolto diminuisce notevolmente. Nel 2004 l'andamento dell'ossigeno disciolto con la temperatura risulta più regolare, eccetto per il mese di luglio, in cui la temperatura aumenta, ma aumenta anche l'O.D. Dalle misure effettuate nel 2005, risulta che i valori medi mensili di O.D. sono in fase con quelli della T eccetto per il mese di ottobre in cui l'O.D. diminuisce al diminuire della temperatura. Questi effetti, come si può notare dal grafico di **Figura 39**, sono legati al fatto che la concentrazione dell'ossigeno disciolto in acqua è influenzata, oltre che dalla temperatura, dal valore del BOD₅, misura indiretta della concentrazione di biomassa presente nel corpo idrico superficiale.

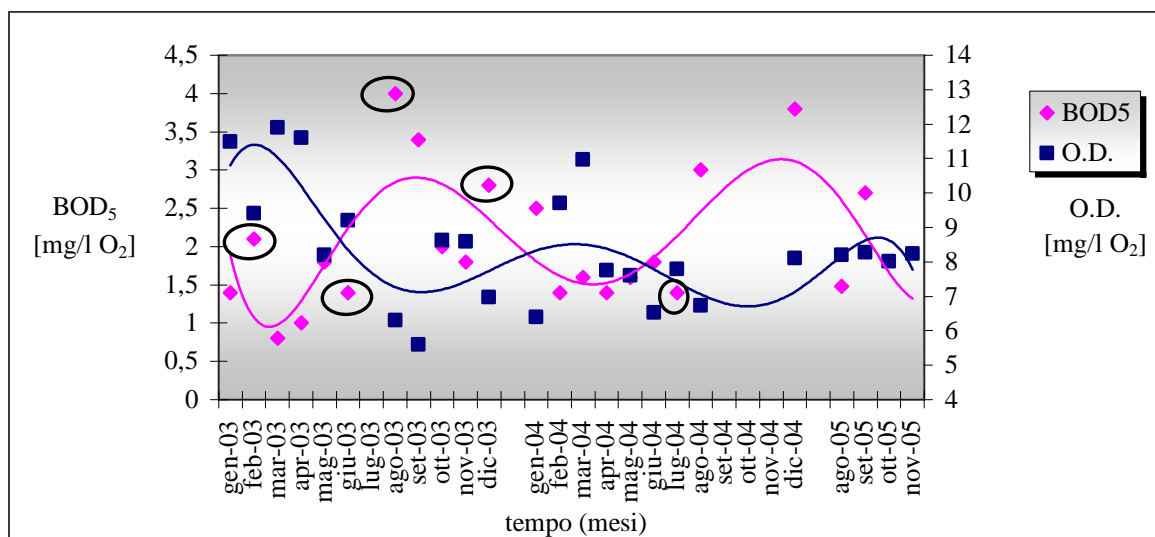


Figura 39: Stazione di Castel Giubileo: profilo temporale dell'O.D. e del BOD₅*

(*): i dati cerchiati rappresentano i valori non in fase con la temperatura, ma il cui valore è correlabile con quello del BOD₅.

Dall'analisi del grafico è evidente che, in corrispondenza di febbraio 2003 e dei sopradetti mesi di agosto e dicembre 2003, la concentrazione della domanda biochimica di ossigeno è elevata, pertanto la quantità di ossigeno disciolto consumata è maggiore, con conseguente riduzione della sua concentrazione, come rilevato nel grafico O.D.-T. Per quanto riguarda il mese di giugno 2003 e luglio 2004, l'aumento dell'ossigeno disciolto, rilevato in corrispondenza di un aumento di temperatura, è anch'esso correlabile al BOD₅, che per il corrispondente valore di O.D. diminuisce notevolmente. In riferimento al mese di ottobre 2005, non essendo disponibili i corrispondenti dati di BOD₅, è possibile pensare di correlare la diminuzione di O.D. all'aumento del corrispondente valore di ammoniacale (Figura 52), essendo un altro parametro che ne influenza la concentrazione in acqua.

Analogamente a quanto visto per la stazione di Castel Giubileo, anche per le stazioni di monitoraggio di Ponte del Grillo e Passo Corese-Confluenza Farfa l'incongruenza dei valori di ossigeno disciolto rispetto ai relativi valori di temperatura (Figura 40 e 43) va analizzata considerando i corrispondenti valori di BOD₅, P_{tot}, azoto ammoniacale e conducibilità elettrica. In particolare, nel grafico O.D.- T di Figura 40, relativo alla stazione di Ponte del Grillo, si rileva che nel mese di febbraio e nei mesi da giugno ad agosto 2003 l'ossigeno disciolto presenta un andamento non in fase con la temperatura, in quanto si

registra una diminuzione del valore di tale parametro al diminuire della temperatura e viceversa. Ciò è legato ai corrispondenti valori del BOD₅, almeno per i mesi di febbraio ed agosto, come mostrato nel grafico di **Figura 41**, da cui si evidenzia, inoltre, che nei mesi giugno e luglio 2003, contrariamente alle aspettative, l'andamento dell'ossigeno disciolto non è correlabile né alla temperatura, né al BOD₅, in quanto questi entrambi aumentano a giugno e diminuiscono a luglio, analogamente a quanto accade per l'ossigeno disciolto. Questo andamento dell'O.D. non è, purtroppo, confrontabile con quello dell'ammoniaca totale, a causa della mancanza di dati. Analizzando infine l'andamento del fosforo totale (**Figura 48**), si nota che anch'esso, almeno per il mese di giugno, non è relazionabile al valore di concentrazione assunto dall'ossigeno disciolto; lo è invece per il mese di luglio (cerchietto tratteggiato), in cui alla diminuzione di ossigeno disciolto corrisponde l'aumento del fosforo totale. Quindi l'unico valore di ossigeno disciolto che non trova correlazione è quello di giugno (cerchietto in rosso) e pertanto definibile anomalo, cioè probabilmente dovuto ad errori di rilevamento. Per il mese di marzo si ha che il valore dell'ossigeno disciolto non è correlabile al corrispondente valore del BOD₅, in quanto entrambi tendono a crescere, mentre lo è alla temperatura, che invece diminuisce.

Per quanto riguarda l'anno 2004, si nota un andamento generalmente in fase tra ossigeno disciolto e temperatura; tuttavia nei mesi di luglio e novembre, a seguito di una diminuzione di temperatura, l'ossigeno disciolto diminuisce, a causa dell'aumento dei corrispondenti valori di BOD₅ (**Figura 41**). Viceversa accade per il mese di settembre. Nel 2005 si rileva un andamento in fase tra i due parametri, eccetto per il mese di novembre, in cui però, la diminuzione di O.D. non correlabile alla temperatura lo è al corrispondente valore di conducibilità elettrica, parametro funzione della concentrazione di sali e che come la temperatura ne influenza la solubilità, (**Figura 42**). Infatti, essendo l'ossigeno un gas poco solubile, la sua solubilità dipende essenzialmente dalla salinità e dalla temperatura; in entrambi i casi la solubilità e quindi la concentrazione di ossigeno disciolto presente in acqua, diminuisce all'aumentare dell'altro parametro

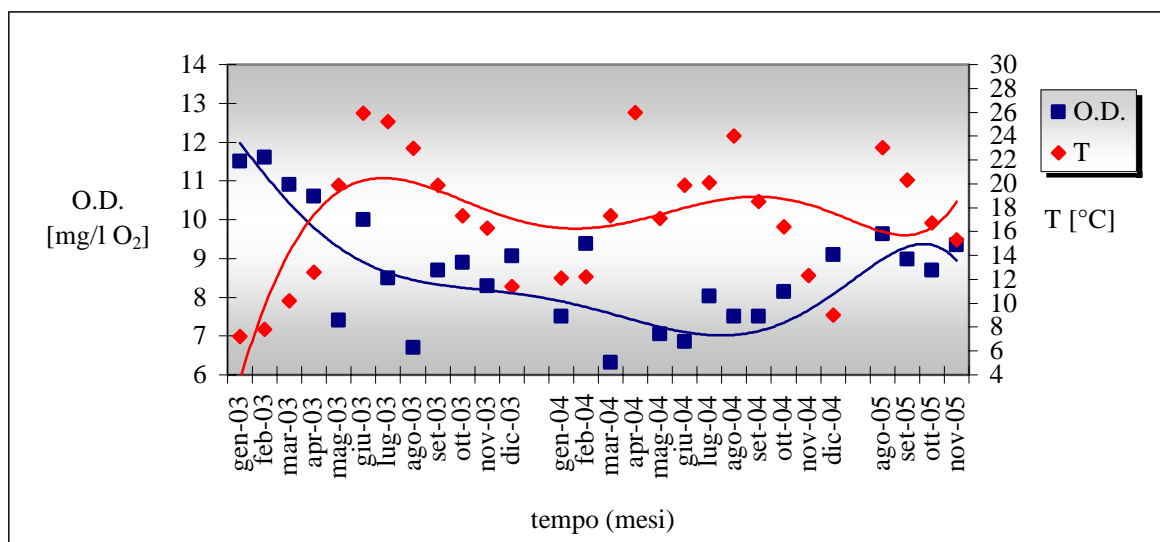


Figura 40: Stazione di Ponte del Grillo: profilo temporale dell'O.D. e della T

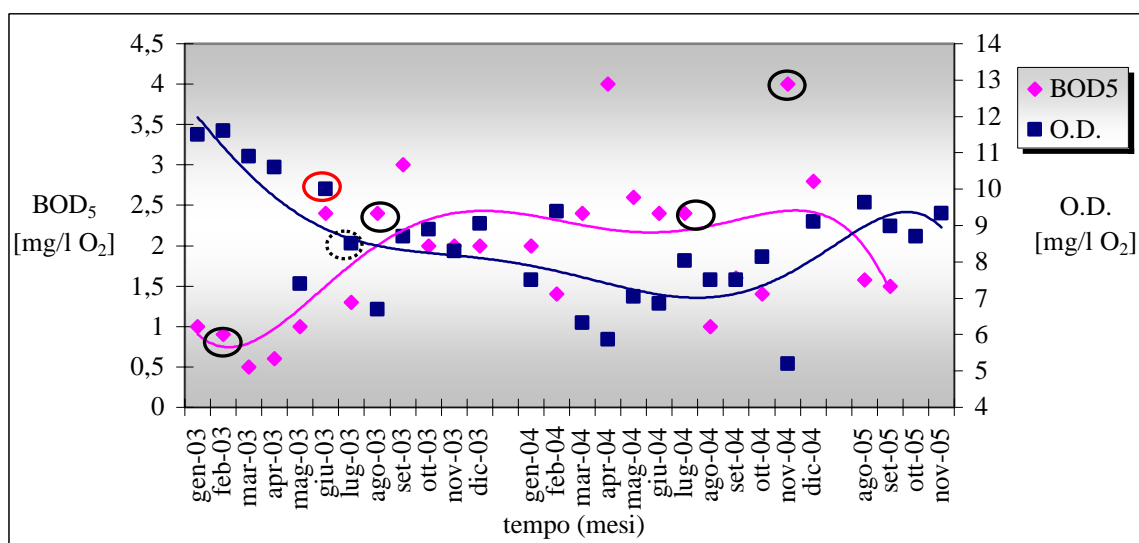


Figura 41: Stazione di Ponte del Grillo: profilo temporale dell'O.D. e del BOD₅*

(*): i dati cerchiati rappresentano i valori non in fase con la temperatura, ma il cui valore è correlabile con quello del BOD₅, se il tratto è continuo; con quello del P_{tot}, se è tratteggiato.

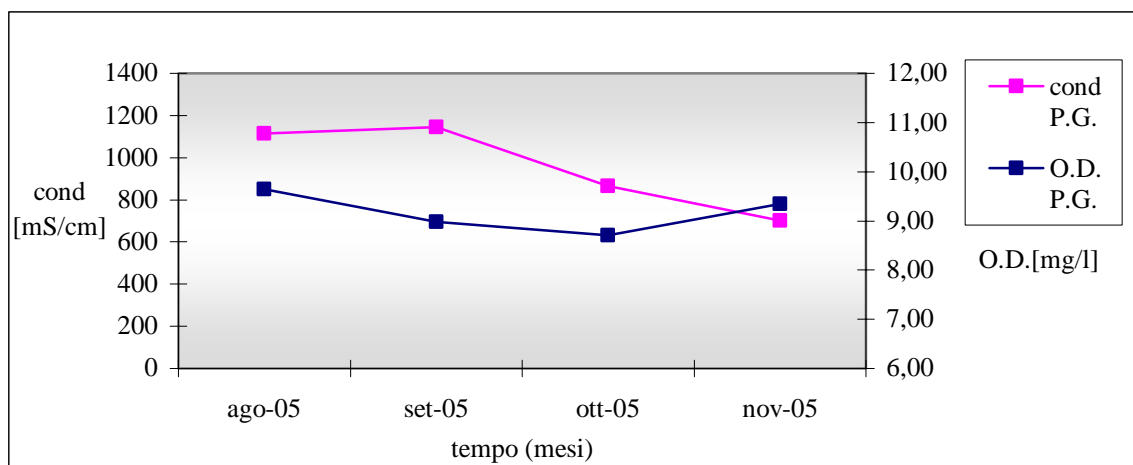


Figura 42: Anno 2005, Stazione di Ponte del Grillo: profilo temporale dell'O.D. e della conducibilità

Per quanto riguarda la stazione della Confluenza Farfa, nel grafico O.D.- BOD₅ di **Figura 43** si notano diversi valori di O.D. non correlabili al BOD₅, ma soltanto alla temperatura. Ciò accade per i mesi da marzo a maggio 2004. Sono inoltre presenti valori di ossigeno disciolto non correlabili né all'andamento della temperatura, né a quello del BOD₅ e né al fosforo totale, per cui definibili anomali (es. cerchietto rosso in **Figura 44**). Infine, in corrispondenza del mese dicembre 2003 si rileva una diminuzione di ossigeno disciolto non correlabile alla temperatura e al BOD₅, ma solo al fosforo totale (**Figura 50**). Invece, nei mesi agosto e settembre 2005, la diminuzione della concentrazione dell'O.D. al diminuire della temperatura è correlabile ai corrispondenti valori di conducibilità elettrica, piuttosto che alla concentrazione dei BOD₅, come rivelato dal grafico di **Figura 44 e 45**.

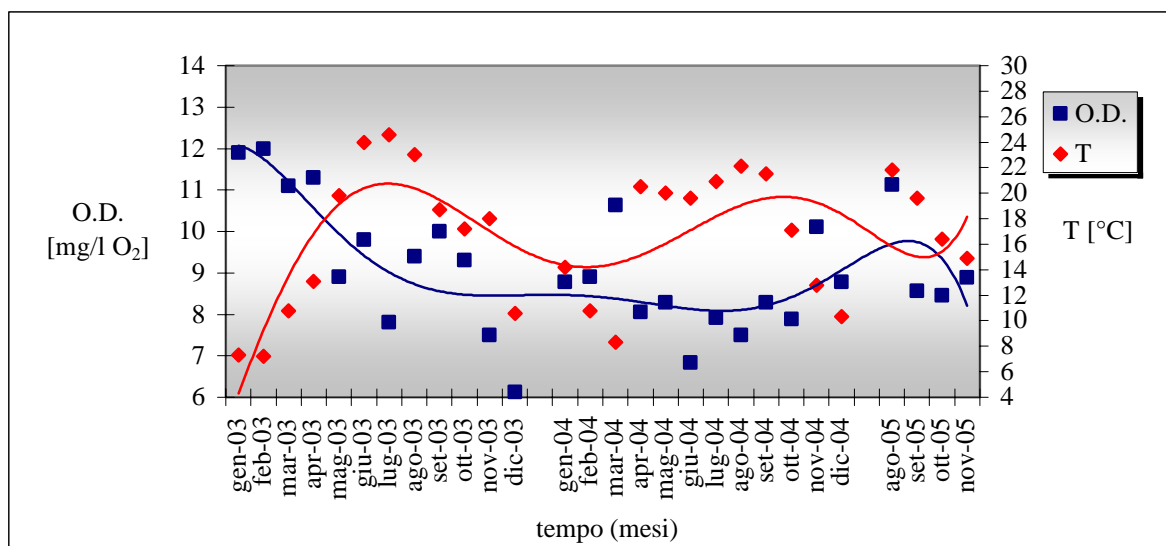


Figura 43: Stazione della Confluenza Farfa: profilo temporale dell'O.D. e della T.

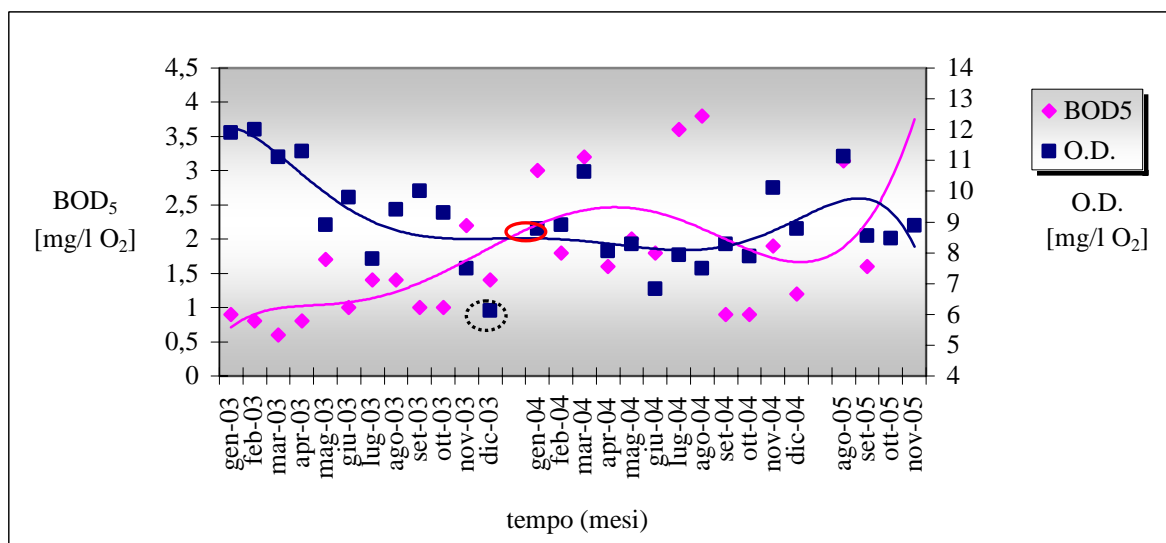


Figura 44: Anni 2003-2004, Stazione di Confluenza Farfa-Passo Corese: profilo temporale dell'O.D. e del BOD₅*

(*): i dati cerchiati con tratteggio discontinuo rappresentano i valori non in fase con la temperatura, ma il cui valore è correlabile con quello del P_{tot} , quelli in rosso, i valori anomali.

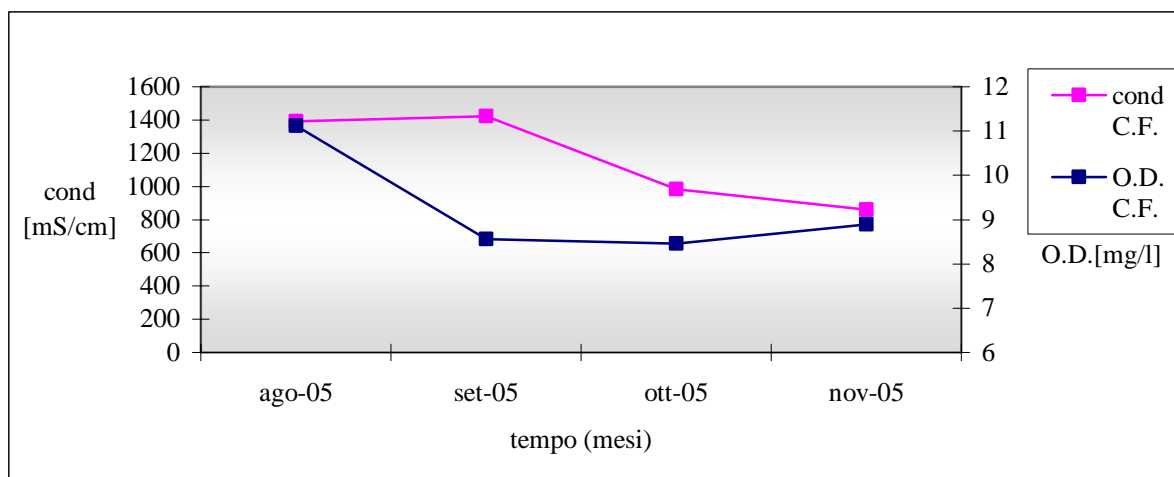


Figura 45: Anno 2005, Stazione di Ponte del Grillo: profilo temporale dell'O.D. e della conducibilità²

Pertanto in tutti i grafici riferiti all'andamento dell'ossigeno disciolto in funzione del BOD₅, per le tre stazioni di campionamento di interesse, si nota come la concentrazione di O.D. rilevato nel corpo idrico superficiale, nell'arco temporale 2003-2005, sia in genere in fase con la richiesta biochimica di ossigeno da parte dei microrganismi, che lo utilizzano nel loro metabolismo. Pertanto all'aumentare del BOD₅ si rileva una diminuzione della concentrazione dell'O.D. presente in acqua.

² tutti i grafici della conducibilità elettrica riportati in questo paragrafo sono riferiti soltanto al periodo sperimentale di campionamento agosto-novembre 2005 in quanto i dati relativi ai monitoraggi degli anni precedenti e condotti da ArpaLazio, non presentano il suddetto parametro.

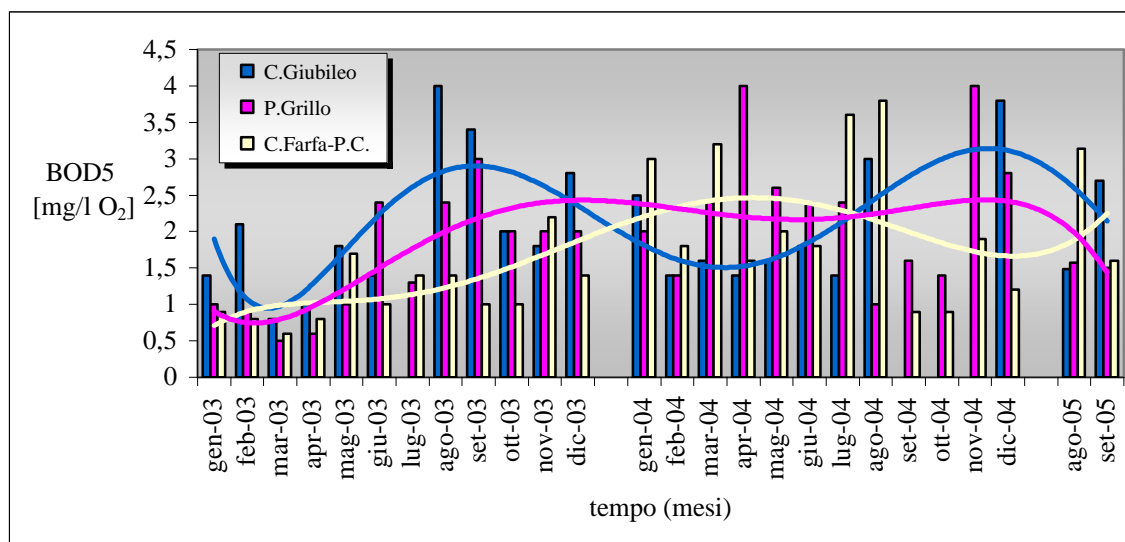


Figura 46: Profilo temporale del BOD₅ nel periodo di osservazione, per le tre stazioni di monitoraggio

Analizzando contemporaneamente la variazione del BOD₅ nel periodo di osservazione in esame, per le tre stazioni di monitoraggio (**Figura 46**), si nota che nell'anno 2003 il BOD₅ rilevato presso la stazione di Castel Giubileo è generalmente maggiore dei corrispondenti valori misurati nello stesso periodo nelle stazioni di Ponte del Grillo e Confluenza Farfa, quest'ultima, invece, caratterizzata dai valori minori. Tuttavia le stazioni in esame presentano un andamento crescente del BOD₅ dai primi mesi dell'anno fino ai mesi più caldi, agosto-settembre, in corrispondenza dei quali si riscontrano dei picchi di concentrazione che possono esser dovuti a condizioni di magra con conseguente aumento della concentrazione di sostanze organiche, come riscontrato dall'analisi dei valori di portata media dedotti attraverso i livelli idrometrici forniti dall'ARDIS e la sezione del fiume presa dal Servizio Idrografico on line. Si osserva, inoltre, che al diminuire della temperatura le suddette concentrazioni diminuiscono, per poi crescere di nuovo nel mese di dicembre.

Nel 2004 la situazione risulta ribaltata, in quanto i minori valori di BOD₅ si registrano presso Castel Giubileo, mentre i maggiori presso Ponte del Grillo e spesso anche in corrispondenza della stazione di Passo Corese. Valutando la concentrazione di BOD₅ nell'intero arco temporale in esame, si nota che questa, nell'anno 2004, è in genere più elevata e le alte concentrazioni si mantengono per un periodo di tempo maggiore rispetto al 2003. Le basse concentrazioni, infatti, per il 2004, si rilevano solo nei mesi di settembre ed ottobre, mentre per il 2003 da febbraio a luglio. Analogamente a quanto visto per l'anno

2003, nel 2004 si nota che la concentrazione riprende a crescere, anche notevolmente, in corrispondenza del mese di dicembre. Questo, non essendo correlabile alla temperatura, è probabilmente attribuibile ad un aumento del carico organico, in quanto si assiste ad una corrispondente diminuzione della concentrazione dell'ossigeno disciolto, come mostrato dal grafico di **Figura 47**, relativo all'andamento dell'O.D. per le tre stazioni di monitoraggio. Nel 2005, similmente ai dati rilevati nel 2004, si notano picchi di concentrazione di BOD₅ nel periodo agosto-settembre, di cui il maggiore però si registra presso la stazione di monitoraggio di Torrita Tiberina, ad agosto, e presso Castel Giubileo, a settembre; mentre a Ponte del Grillo non si rilevano notevoli variazioni.

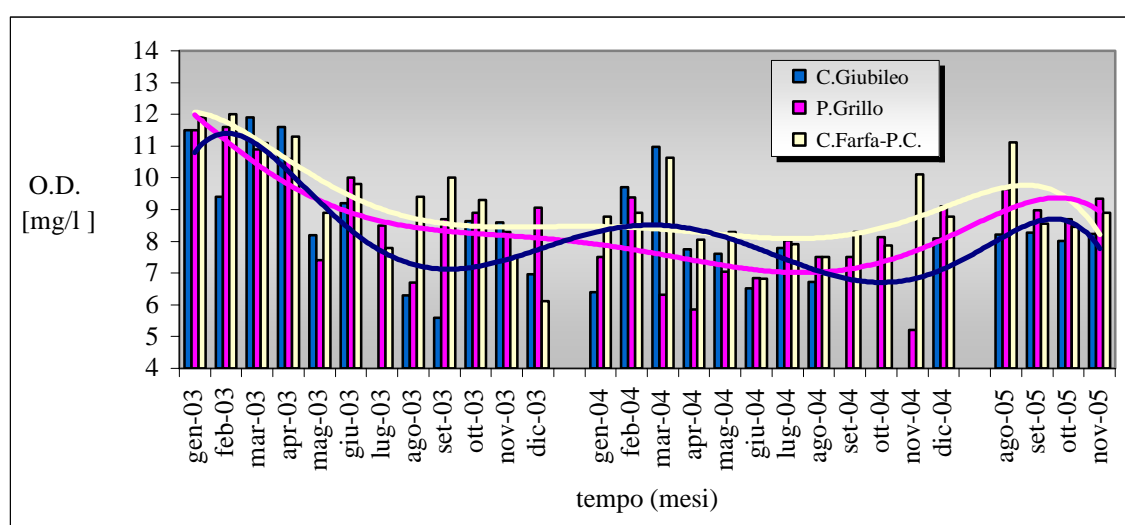


Figura 47: Andamento dell'O.D. nel periodo di osservazione, per le tre stazioni di monitoraggio

In accordo con le aspettative, nel periodo gennaio-maggio 2003, laddove il BOD₅ è più basso, si rilevano elevati valori di concentrazione dell'O.D.; l'opposto si verifica per i mesi caldi (luglio-settembre), in cui il BOD₅ e la temperatura sono più elevati e, poi, nel mese di dicembre, in cui si assiste di nuovo all'aumento del BOD₅. Confrontando l'andamento dell'ossigeno disciolto tra le tre stazioni in esame, per il periodo di osservazione 2003-2005, emerge che in corrispondenza delle zone di Ponte del Grillo, Confluenza Farfa (Torrita Tiberina) e Passo Corese, se pur caratterizzate da realtà paesaggistiche completamente diverse, in quanto la prima parzialmente urbanizzata e le seconde prevalentemente agricole e ricche di vegetazione, sono caratterizzate dalle stesse variazioni di O.D. nel tempo, con l'unica differenza che presso Confluenza Farfa e Passo Corese si registrano valori più elevati di concentrazione, evidenziati dalla corrispondente curva,

leggermente traslata in alto rispetto alla curva di O.D. per Ponte del Grillo. Per quanto riguarda il tratto di fiume in corrispondenza della stazione di Castel Giubileo, questo è caratterizzato da innalzamenti ed abbassamenti della concentrazione di O.D. ed analoghe variazioni BOD₅, molto più marcati rispetto alle altre due stazioni. Ciò potrebbe esser legato alla presenza dell'omonima traversa fluviale, che, venendo aperta periodicamente al fine di mantenere un livello idrico tale da permettere la navigabilità del fiume nel tratto urbano, genera una turbolenza tale da favorire il trasferimento di ossigeno dall'atmosfera all'acqua.

- Il *fosforo totale*, somma delle diverse specie chimiche del fosforo (polifosfati, fosforo organico, ortofosfato) è un parametro importante per quanto riguarda la classificazione dei corpi idrici, in quanto se presente in quantità elevate può contribuire ad innescare il fenomeno di eutrofizzazione.⁵¹

Nel caso specifico il fosforo oscilla, per tutte e tre le stazioni, tra 0,08 e 0,24 mg/l, pertanto il fosforo rispetta il limite di legge definito dal D.Lgs. 152/99, per il quale il fosforo totale deve essere inferiore a 10 mg/l. Il massimo valore rilevato è circa 0,9 mg/l, tuttavia essendo stato un caso isolato, tale valore si può attribuire al non corretto rilevamento puntuale. Il fosforo, insieme all'azoto, rappresenta il nutriente presente nelle acque in maggior quantità e la sua disponibilità per il metabolismo batterico dipende dalla forma chimica nella quale esso si trova. In particolare l'ortofosfato è un composto prontamente utilizzabile dai batteri come nutriente, cui è dunque legato il consumo di ossigeno.⁵¹ Nelle **Figure 48, 49 e 50** si analizza l'andamento del fosforo totale, in funzione dell'ossigeno disciolto, per le tre stazioni di rilevamento in esame.

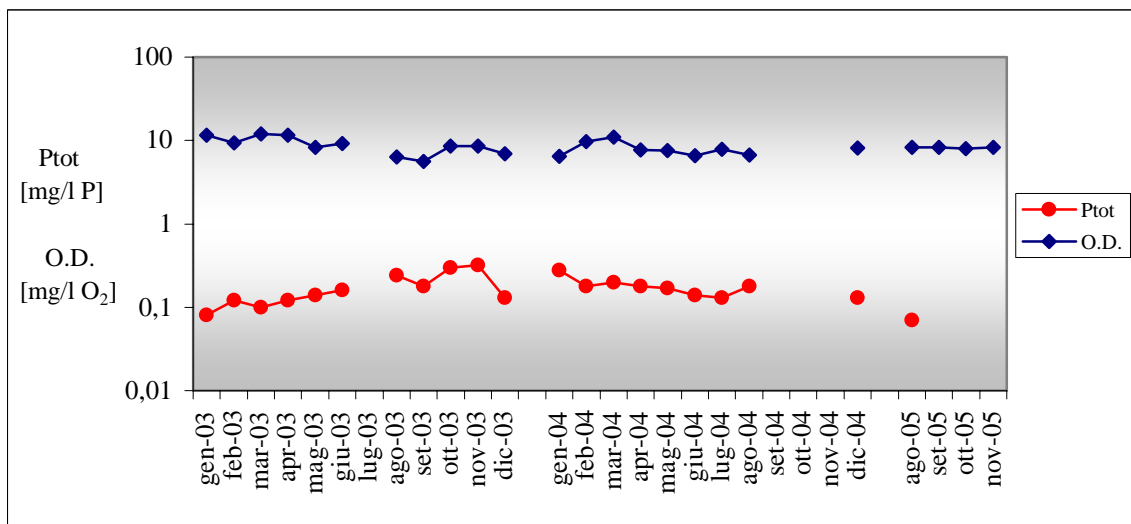


Figura 48: Stazione di Castel Giubileo: profilo temporale del Ptot e dell'O.D.

I

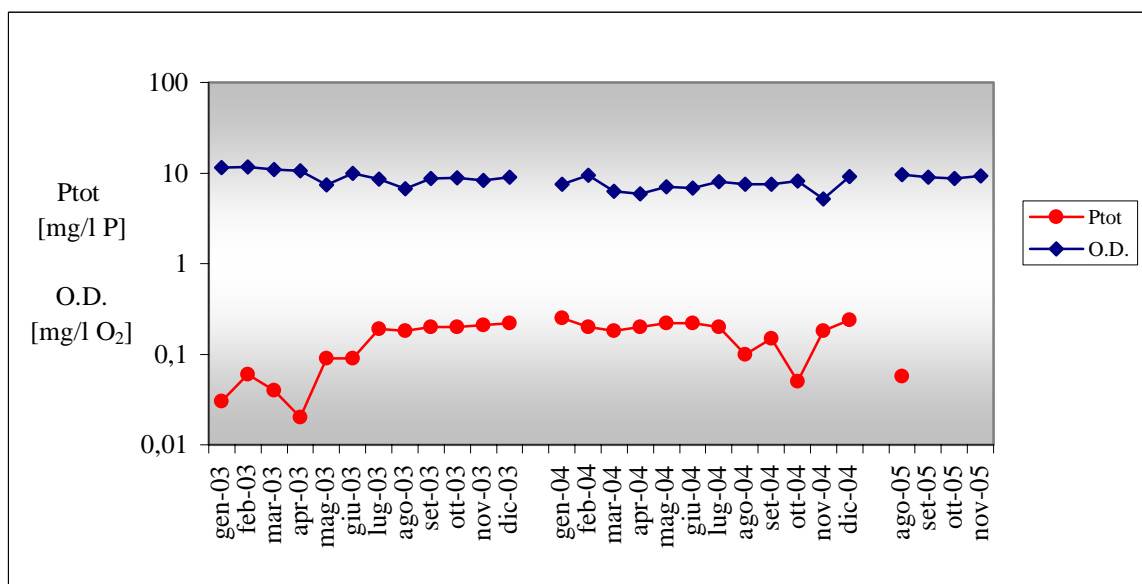


Figura 49: Stazione di Ponte del Grillo: profilo temporale del Ptot e dell'O.D.

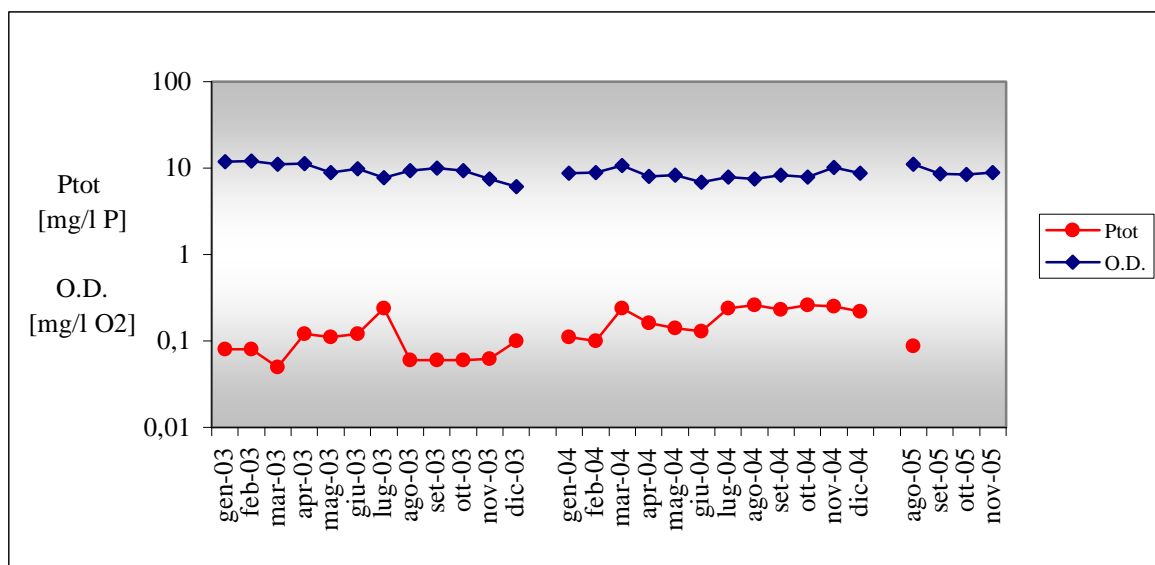


Figura 50: Stazione di Confluenza Farfa-Passo Corese : profilo temporale del Ptot e dell'O.D.

Dall'analisi dell'andamento dei valori di concentrazione di ossigeno disciolto e fosforo totale, opportunamente interpolati, si nota che il trend prevalente per le stazioni di Castel Giubileo e Ponte del Grillo è quello per il quale all'aumentare del fosforo totale diminuisce la concentrazione di ossigeno disciolto presente, e viceversa. Questo perché il fosforo totale è la somma delle diverse frazioni del fosforo incluso quello organico e gli ortofosfati, entrambi facilmente metabolizzabili dai microrganismi, con conseguente consumo di ossigeno e riduzione della sua concentrazione in forma disciolta.

Tuttavia, non essendo nota la quantità di fosforo organico od ortofosfati presenti nel fosforo totale, si rileva occasionalmente che all'aumentare del fosforo totale aumenta l'ossigeno disciolto, piuttosto che diminuire, ad indicare che in quei casi particolari il fosforo totale rilevato non presenta frazione prontamente metabolizzabile dai microrganismi. Questo accade nei mesi da agosto a dicembre 2003, per la stazione di Castel Giubileo; da luglio a novembre 2003 e nei mesi maggio, giugno ed agosto 2004, per la stazione di Ponte del Grillo.

Per quanto riguarda la stazione di Confluenza Farfa-Passo Corese si nota prevalentemente un andamento della concentrazione dell'ossigeno disciolto proporzionale a quello del fosforo totale, contrariamente a quanto visto per le altre due stazioni. In particolare ciò non accade nei mesi luglio, agosto e dicembre 2003 e nei mesi da settembre a novembre 2004, in cui la diminuzione della concentrazione dell'ossigeno disciolto è correlabile all'aumento del fosforo totale.

Si analizzi, inoltre, la variazione del fosforo totale nel periodo 2003-2005, per le tre stazioni di monitoraggio in esame, mostrata in **Figura 51**.

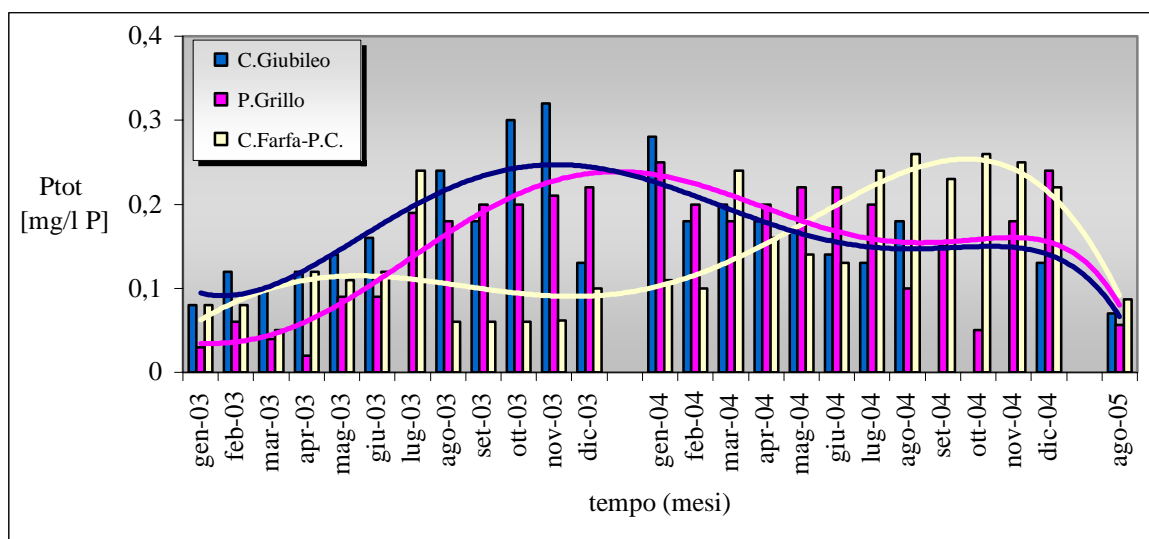


Figura 51: Profilo temporale del Ptot. nel periodo di osservazione, per le tre stazioni di monitoraggio

Il grafico mostra, per la stazione di Castel Giubileo, un andamento del fosforo totale crescente nel tempo con un picco a dicembre dell'anno 2003. Nel successivo anno di osservazione si rileva una diminuzione del fosforo e poi un leggero riaumento. Presso la stazioni di Ponte del Grillo si nota sempre un andamento crescente del fosforo totale che, se pur con valori inferiori a quelli rilevati presso Castel Giubileo, si mantiene anche nel 2004. Presso la stazione di Confluenza Farfa-P.Corese si osservano inizialmente bassi valori di concentrazione, che tendono poi ad aumentare durante tutto il 2004 risultando i più alti tra le tre stazioni. Sostanzialmente presso le stazioni di Castel Giubileo e Ponte del Grillo la concentrazione di fosforo totale segue lo stesso profilo temporale, diversamente accade per la stazione di Confluenza Farfa.

- I valori dell'*ammoniaca* non sempre sono presenti tra i dati forniti dall'ARPA per le tre stazioni, probabilmente perché inferiori ai limiti di rilevabilità dello strumento. L'ammoniaca determina una richiesta di ossigeno, NOD (Nitrogen Oxygen Demand), per le reazioni biologiche di nitrificazione dell'ammoniaca (ottenuto per idrolisi dall'azoto organico), nella forma nitrosa e poi nitrica

rispettivamente ad opera dei Nitrobacter e Nitrosomonas, microrganismi autotrofi nitrificanti.⁵²

E' stato elaborato il grafico che relaziona l'ammoniaca e l'ossigeno disciolto soltanto per le stazioni di Castel Giubileo e Ponte del Grillo (**Figure 52 e 53**), a causa della mancanza di dati per la terza stazione.

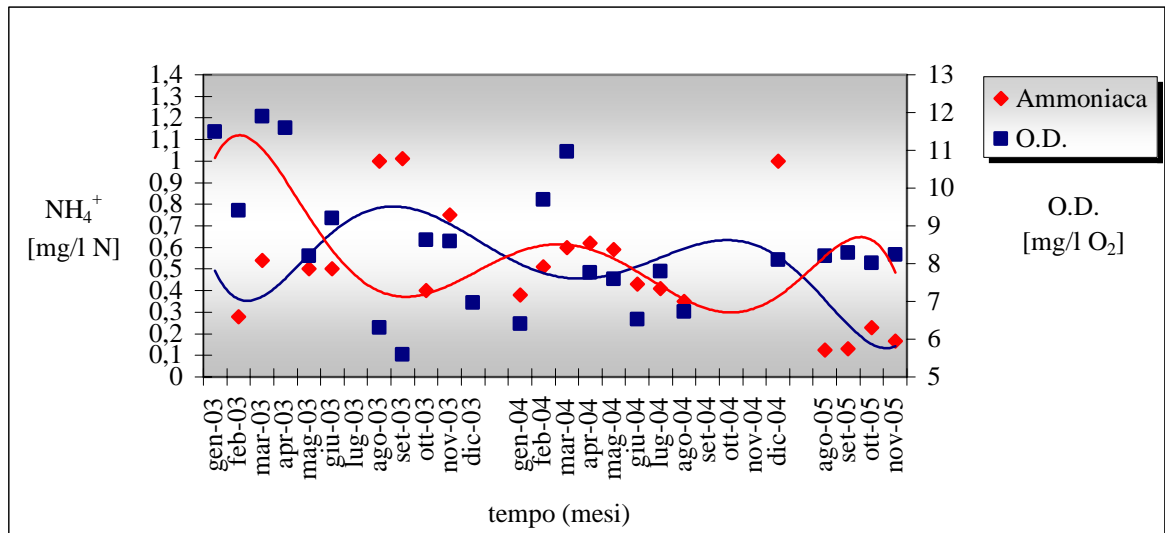


Figura 52: Stazione di Castel Giubileo: profilo temporale dell'O.D. e dell'Ammoniaca

Dall'analisi dei dati rilevati presso la stazione di Castel Giubileo risulta evidente come l'ammoniaca, analogamente a quanto visto per il BOD₅ e per i SST, sia un fattore di consumo dell'ossigeno disciolto presente nel corpo idrico superficiale in esame. Infatti, come mostrato dal grafico di **Figura 52**, per tutto il periodo di osservazione in esame si assiste ad una diminuzione di ossigeno disciolto in relazione all'aumento dell'ammoniaca, utilizzato dalla biomassa per le reazioni di nitrificazione, con conseguente consumo di ossigeno, eccetto per il periodo agosto-dicembre 2004, in cui a causa della mancanza dei dati, sia dell'O.D. che dell'ammoniaca, non si ha la certezza del suddetto andamento.

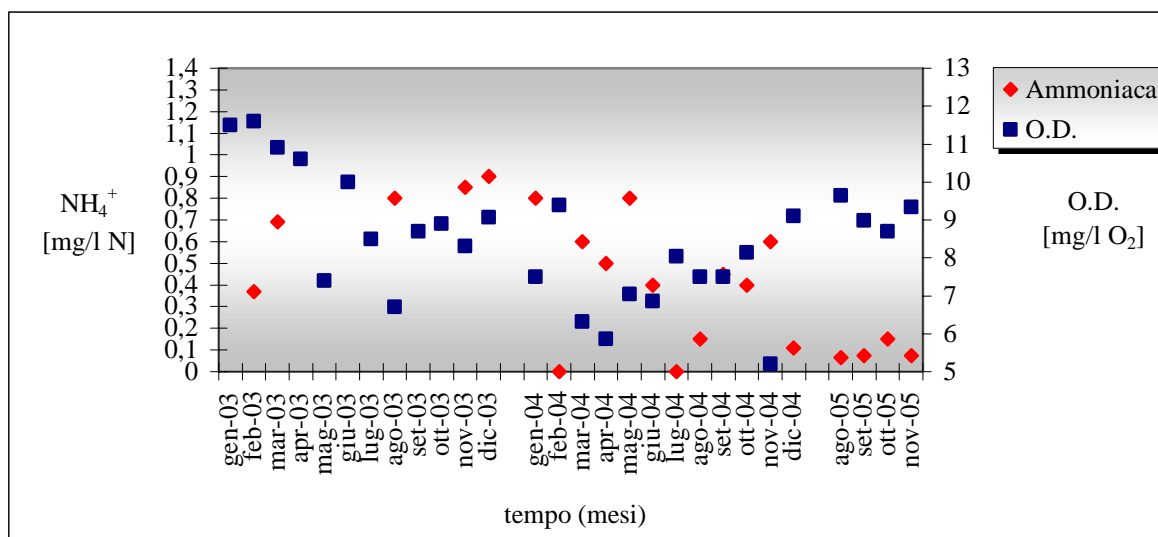


Figura 53: Stazione di Ponte del Grillo: profilo temporale dell'O.D. e dell'Ammoniaca.

Il grafico di **Figura 53** mostra, per la stazione di Ponte del Grillo, un andamento della concentrazione di ammoniaca in funzione dell'ossigeno disciolto analogo a quanto visto per la stazione di Castel Giubileo. Tuttavia per la stazione in esame, oltre all'assenza dei dati per alcuni mesi, si hanno anche valori nulli, i quali rappresentano i valori di ammoniaca totale al di sotto della capacità di rilevabilità del metodo, pari a 0,1mg/l. La stessa situazione si riscontra per i dati rilevati presso la stazione di Confluenza Farfa-P.Corese, per la quale il numero di valori non rilevati e non rilevabili è molto maggiore per cui se ne è omesso il grafico corrispondente.

Nel grafico di **Figura 54** si analizza, invece, la variazione nel tempo dell'ammoniaca rappresentata per le tre stazioni contemporaneamente.

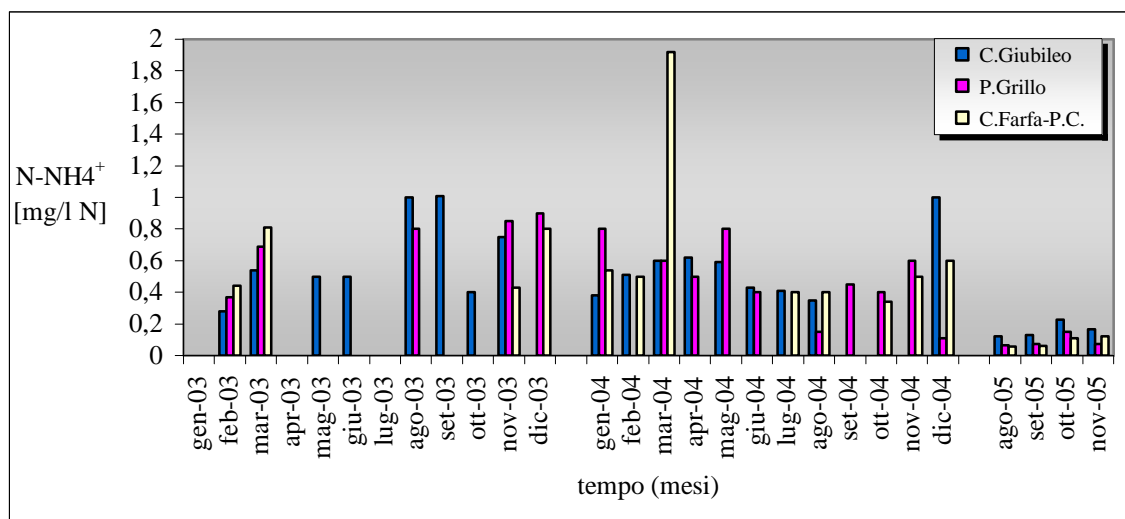


Figura 54: Profilo temporale dell'Ammoniaca nel periodo di osservazione, per le tre stazioni di monitoraggio

A conferma di quanto sopra menzionato, sono molti gli spazi vuoti relativi a dati non rilevati o non rilevabili, la stazione che maggiormente permette di ricostruire un trend significativo di questo parametro è Castel Giubileo, caratterizzata da valori che oscillano tra 0,28 e 1,01 mg/l NH_4^+ , che vanno confrontati con il corrispondente limite di legge riportato nel D.Lgs. 152/99, pari a 15 mg/l di N-NH_4^+ . Pertanto sono stati calcolati i corrispondenti valori di ammoniaca riportati ad azoto ammoniacale, attraverso la relazione che segue:

$$\left[\text{N} - \text{NH}_4^+ \right] = \frac{\left[\text{NH}_4^+ \right]}{P_{\text{molecolare.NH}_4}} \cdot P_{\text{atomico.N}}$$

con N, l'azoto, il cui peso atomico è 14, ed N-NH_4^+ , l'ammoniaca riportata alla forma di azoto.⁵¹

Segue che il range diventa: 0,22-0,79 mg/l N- NH_4^+ , pertanto le concentrazioni rilevate sono inferiori ai limiti di legge.

- Il *cloruro residuo*, parametro che dà informazione di una contaminazione dovuta a scarichi esterni, è basso, poiché costantemente <0.03 per tutte e tre le stazioni di misura dell'ARPA.

- Gli *Escherichia Coli* appartengono alla famiglia dei coliformi, definiti microrganismi indicatori della contaminazione fecale perché presenti in concentrazioni più elevate e di più facile determinazione dei microrganismi patogeni. La presenza dei soli *Escherichia Coli* nelle acque indica una contaminazione di origine animale o umana.⁵³

Si analizza la variazione di concentrazione degli *Escherichia Coli* nel biennio 2003-2004, per le tre stazioni di monitoraggio in esame, come mostrato in **Figura 55**.

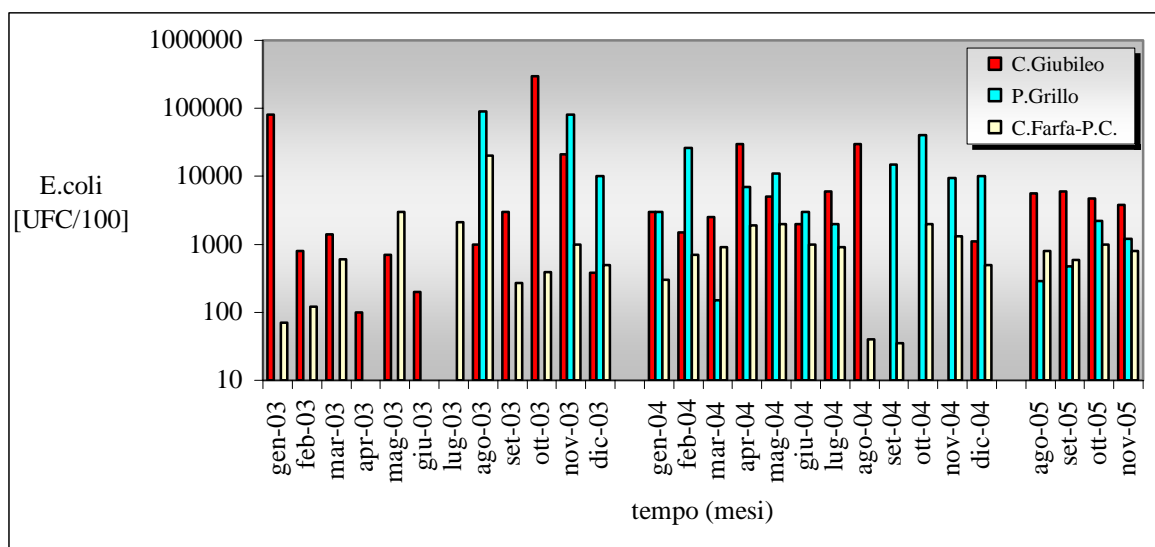


Figura 55: Andamento della concentrazione degli *Escherichia Coli* nell'acqua prelevata presso le tre stazioni di monitoraggio, nel periodo di osservazione.

Dall'analisi del grafico si nota che la concentrazione degli *Escherichia Coli* è elevata presso Castel Giubileo, mentre è più bassa nella stazione di Confluenza Farfa. Per tutte le stazioni di rilevamento spesso si rilevano valori che superano il limite fissato dal D. Lgs.152/99, il quale consiglia un valore non superiore ai 5.000 UFC/100ml, modificabile all'atto dell'approvazione dell'impianto di trattamento delle acque reflue urbane, in relazione alla situazione ambientale e igienico sanitaria del corpo ricettore e agli usi esistenti.

Gli *Escherichia Coli* rappresentano una delle numerose specie di batteri di cui è composta la normale flora intestinale di uomini e animali sani, pertanto un andamento della loro concentrazione nel tempo, analogo a quello del BOD₅, è indice di una contaminazione di

origine animale ed umana delle acque. Per verificare ciò è stato analizzato il profilo temporale degli *Escherichia Coli* con il BOD₅, nei grafici delle **Figure 56, 57 e 58**.

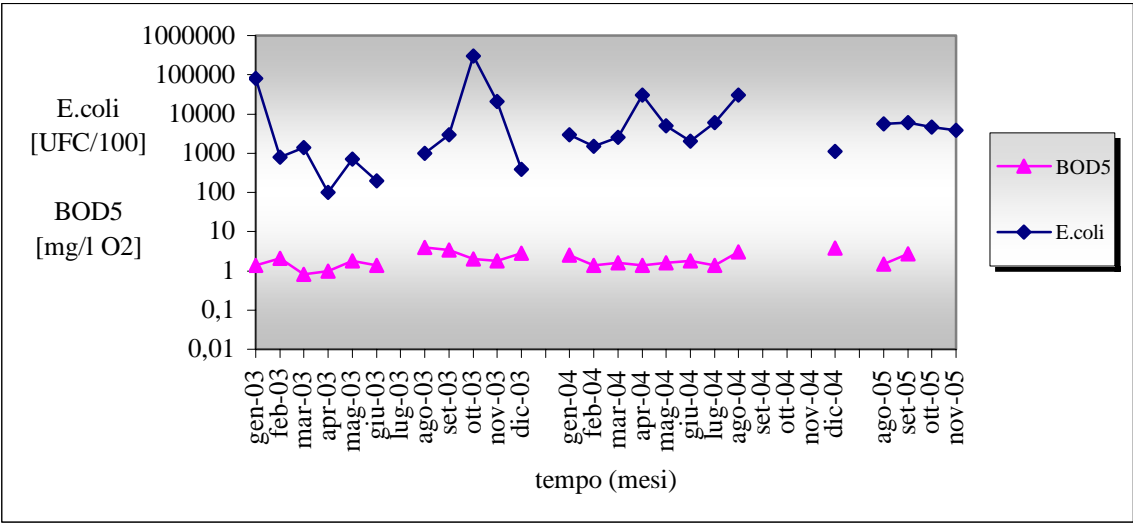


Figura 56: Stazione di Castel Giubileo:profilo temporale degli *E.Coli* e del BOD₅

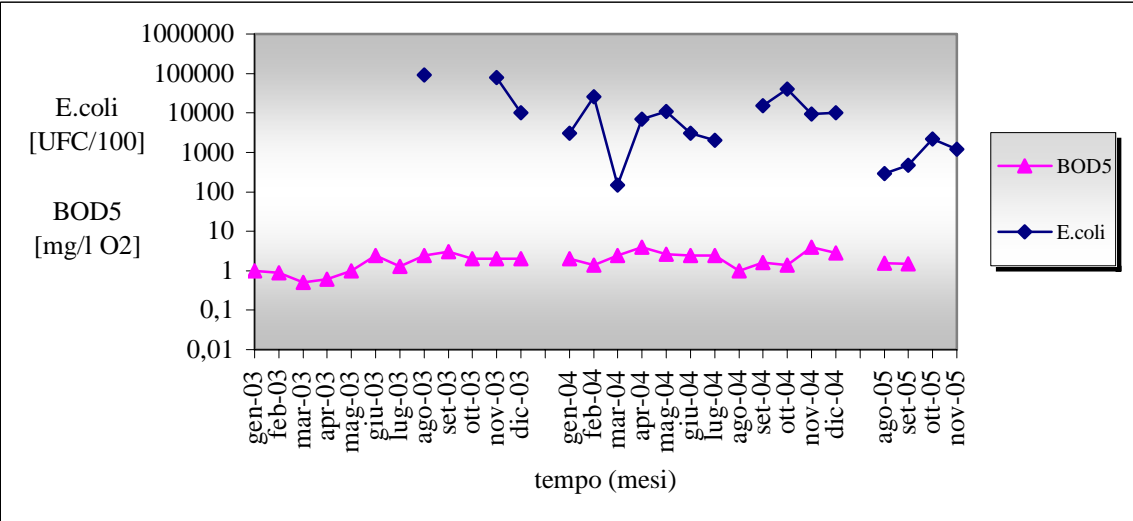


Figura 57: Stazione di ponte del Grillo:profilo temporale degli *E.Coli* e del BOD₅

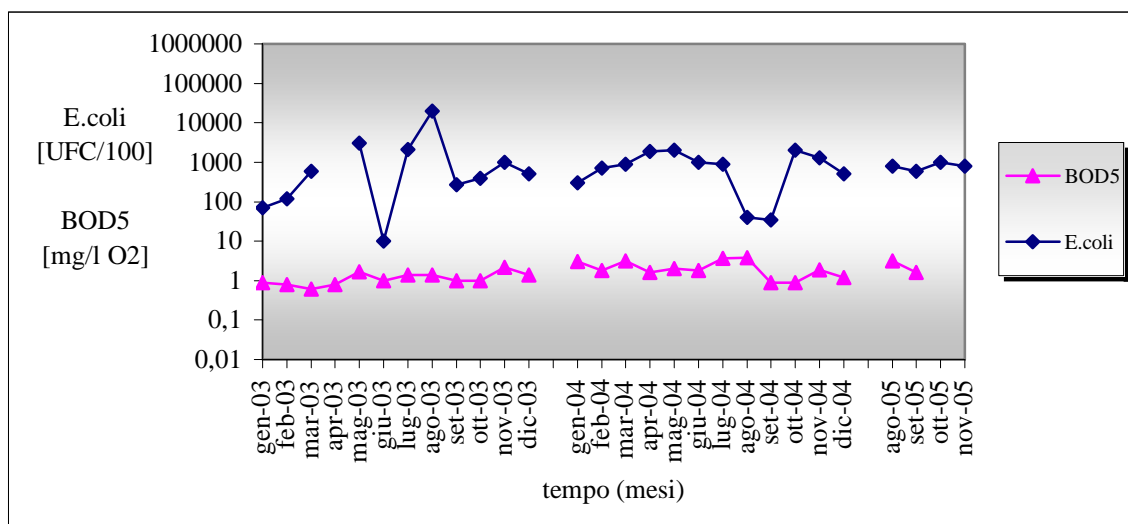


Figura 58: Stazione di Confluenza Farfa- Passo Corese: profilo temporale degli *E.Coli* e del BOD₅

Dall'analisi dei grafici emerge che presso le stazioni di Ponte del Grillo e di Confluenza Farfa-Passo Corese, gli *Escherichia Coli* hanno lo stesso andamento nel tempo del BOD₅, eccetto in alcuni periodi. Poiché essi in generale variano di pari passo con il BOD₅, indice della concentrazione di sostanza organica biodegradabile presente, segue che la contaminazione è associabile a scarichi civili e di allevamenti zootecnici. Per quanto riguarda la stazione di Castel Giubileo accade esattamente il contrario.

⁴⁷ M.R. Boni, 2002, "Dispense di ingegneria Sanitaria Ambientale".

⁴⁸ P. Sirini, 2002, "Parametri di inquinamento e di caratterizzazione dei comparti ambientali", pp.129-140

⁴⁹ A. Misiti, "Le fonti di inquinamento", pp.105

⁵⁰ P. Sirini, 2002, "Parametri di inquinamento e di caratterizzazione dei comparti ambientali", pp.110

⁵¹ P. Sirini, 2002, "Parametri di inquinamento e di caratterizzazione dei comparti ambientali", pp.149,150.

⁵² P. Sirini, 2002, "Parametri di inquinamento e di caratterizzazione dei comparti ambientali", pp.147.

⁵³ P. Sirini, 2002, "Parametri di inquinamento e di caratterizzazione dei comparti ambientali", pp.153.

6.6. Calcolo sperimentale del LIM

Lo stato di qualità ecologico di un corpo idrico superficiale è dato dall'integrazione di due indici: l'Indice Biotico Esteso (IBE) e il Livello di Inquinamento da Macrodescrittori (LIM). Il primo, per il periodo agosto-novembre 2005, in accordo con quanto indicato dalla normativa, non è stato determinato, a causa del regime idraulico del fiume Tevere, spesso in piena nei mesi in cui è stato effettuato il campionamento. Per la valutazione dello stato ecologico del tratto extraurbano in esame, che si estende da Torrita Tiberina a Castel Giubileo, è stato dunque determinato soltanto il valore del LIM, sulla base dei parametri di base definiti nell'Allegato 1 del D. Lgs. 152/99 e campionati durante l'attività di monitoraggio. Il LIM così calcolato è stato poi confrontato, dove possibile, con i corrispondenti valori, sia del tratto extraurbano che urbano (stazione di Ponte Ripetta), relativi al periodo 2002-2004, di cui sono noti l'IBE ed il SECA e i cui valori sono stati forniti dall'ArpaLazio (Tabella 26).

Tabella 26: Indicatori di qualità del basso corso del Tevere 2002-2003 (Dati forniti da Arpalazio ad APAT nel 2003 e 2004)

2002	IBE	LIM	SECA
Passo Corese	4	2	4
Castel Giubileo	4	2	4
Ponte Ripetta		3	
Ponte Galeria	4	3	4
Ponte Mezzocamino	5	2	5
Ponte della Scafa	4	3	4
Capo due Rami	4	3	4
Fiumicino idrometro		3	
2003	IBE	LIM	SECA
Passo Corese	4	2	4
Castel Giubileo	4	2	4
Ponte Ripetta		4	
Ponte Galeria	5	4	5
Ponte Mezzocamino	4	3	4
Ponte della Scafa	4	3	4
Capo due Rami	5	4	5
Fiumicino idrometro		4	

Tabella 27: Classi di qualità definite dall' Allegato 1 del D.Lgs.152/99

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Descrizione	Ottimo	Buono	Sufficiente	Scadente	Pessimo

Il rapporto ArpaLazio, “Il ciclo integrato dell’acqua nelle aree metropolitane: aspetti quantitativi e qualitativi”, come già menzionato nei paragrafi precedenti, riferisce come a monte di Roma il Tevere sembra ancora conservare una certa capacità di diluizione e di autodepurazione, mentre nel tratto urbano la situazione risulta particolarmente grave. In particolare dal confronto dei dati del 2003 con quelli dell’anno precedente si evince un deciso peggioramento dello stato del fiume da Ponte Ripetta alla foce.

Nella **Tabella 28** sono illustrati i parametri di Ossigeno, Nitrati, Fosforo ed *Escherichia Coli* rinvenuti nel 2003 dall’ArpaLazio per le otto stazioni ricadenti nei Comuni di Fara Sabina, Roma e Fiumicino e nelle quali ha determinato il valore degli indici LIM, IBE e SECA, ottenendo le classi di qualità indicate dai colori della **Tabella 27**.

Tabella 28: ArpaLazio: Parametri chimici e batteriologici del basso corso del Tevere

Comune	Località	100-O.D.	BOD ₅	COD	NH ₄	NO ₃	P tot	E.Coli
Fara Sabina	Passo Corese	11,288	1,400	2,93	0,160	1,963	0,113	1.275,000
Roma	Castel Giubileo	34,643	2,450	3,90	0,495	1,680	0,210	12.000,000
Roma	Ponte Ripetta	30,773	6,050	8,10	1,098	1,925	0,265	22.000,000
Roma	Ponte Galeria	46,149	6,000	12,20	1,650	2,305	0,380	87.5000,000
Roma	Ponte Mezzicamino	33,132	4,000	6,75	1,825	2,068	0,300	71.250,000
Fiumicino	Ponte della Scafa	56,022	4,525	6,05	1,525	2,480	0,303	105.000,000
Fiumicino	Capo due Rami	50,542	4,550	5,60	1,698	2,870	0,320	115.000,000
Fiumicino	Fiumicino Idrometro	55,023	5,100	6,25	1,608	2,325	0,365	72.500,000

Il peggioramento generale delle condizioni ambientali a partire dall’entrata del fiume nel territorio urbano è confermato anche dall’aumento dei valori. In particolare la concentrazione di *E. Coli*, che denuncia inquinamento fecale, aumenta di 90 volte fra Passo Corese e Capo Due Rami per poi conseguire un lieve miglioramento che porta la

concentrazione registrabile all'idrometro di Fiumicino ad essere comunque 56 volte superiore a quella rilevata a monte di Roma.³²

I valori del LIM per l'anno 2004 sono stati calcolati secondo la procedura indicata dall'Allegato 1 del D.Lgs 152/99 e utilizzando i valori dei parametri chimici e biologici campionati mensilmente dall'ArpaLazio. Tuttavia si è notato che i dati di alcuni dei 7 parametri definiti dalla normativa per la determinazione del LIM (100-O.D., COD, BOD₅, NH₄, NO₃, Ptot, E.Coli) erano del tutto assenti. In particolare il calcolo, per le stazioni di Castel Giubileo e Torrita Tiberina, avrebbe dovuto includere soltanto 5 dei 7 parametri, per l'assenza di dati di COD e di O.D. a saturazione; mentre per la stazione di Ponte del Grillo l'unico parametro non rilevato dall'ArpaLazio è il COD. In base a tali considerazioni i dati del LIM così calcolati per le tre stazioni sono stati ritenuti non rappresentativi e confrontabili tra loro.

Per il calcolo del LIM relativo all'anno 2005 è stata utilizzata la stessa procedura normativa applicata per il 2004 utilizzando, però, i valori dei macrodescrittori rilevati settimanalmente durante i campionamenti effettuati nel periodo agosto-novembre 2005, ottenendo, così, i valori mostrati in **Tabella 29**, i quali rilevano uno stato di qualità ecologica “Buono” sia per la stazione di Castel Giubileo che per quella di Ponte del Grillo. Per quanto riguarda la stazione di Torrita Tiberina la qualità risultante è soltanto “Sufficiente”.

Tabella 29: Anno 2005, indicatore di qualità dell'alto corso del Tevere

ANNO 2005		
Comune	Località	LIM
Torrita Tiberina	Torrita Tiberina	3
Monterotondo Scalo	Ponte del Grillo	2
Roma	Castel Giubileo	2

Si consideri inoltre il trend evolutivo dello stato ecologico del fiume, nell'arco temporale 2002-2005, sulla base dei valori del LIM menzionati, esclusi quelli del 2004 per i motivi sopra detti (**Figura 59**).

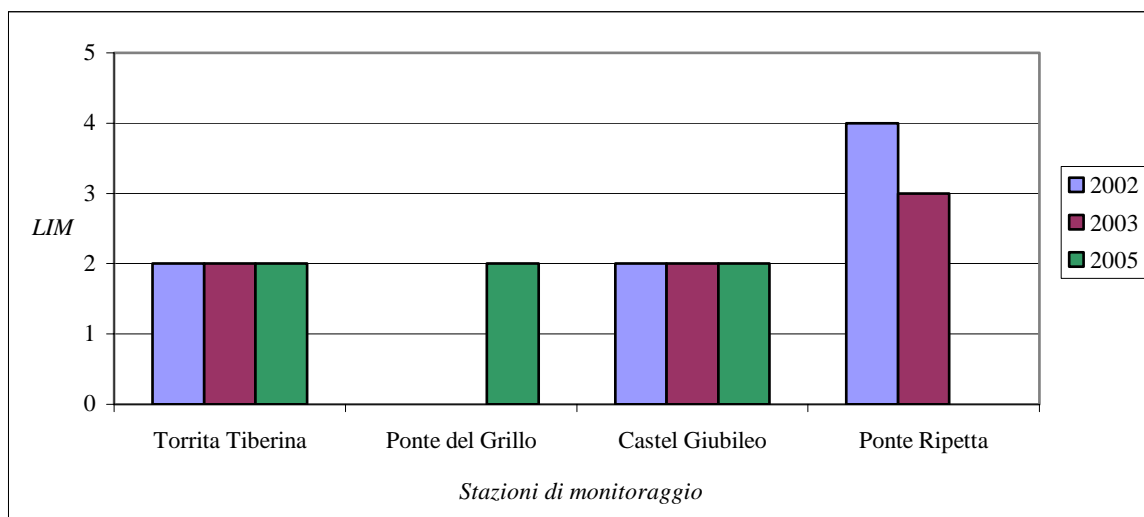


Figura 59: Anni 2002-2005, profilo temporale del LIM per le tre stazioni di monitoraggio

Dal grafico emerge che lo stato di qualità del fiume Tevere nel tratto extraurbano, relativamente al LIM, risulta “Buono” per tutti e tre gli anni di osservazione. Per quanto riguarda il tratto urbano si rileva che la qualità delle acque del fiume peggiora rispetto all’alto corso del Tevere, rilevando classi di qualità “Scadente” e “Sufficiente”, rispettivamente per gli anni 2002 e 2005, rispetto ai corrispondenti giudizi di stato di qualità “Buono” per le stazioni a monte. Ciò, come riferito dall’Arpa, è legato agli apporti inquinanti delle acque dell’Aniene e degli scarichi civili. Questi ultimi, infatti, nel tratto urbano aumentano considerevolmente compromettendo la capacità autodepurativa del fiume, per l’elevato apporto di sostanza organica, azotata e fosfato.

Si consideri il profilo temporale lungo il tratto extraurbano, per l’anno 2005, di alcuni dei parametri macrodescrittori rappresentativi dei fenomeni di deossigenazione, quali COD e ione ammonio e, della contaminazione fecale di origine umana o animale, gli *Escherichia Coli*, attraverso l’analisi del loro valore minimo, medio e massimo. (Figure 60, 61, 62 e 63)

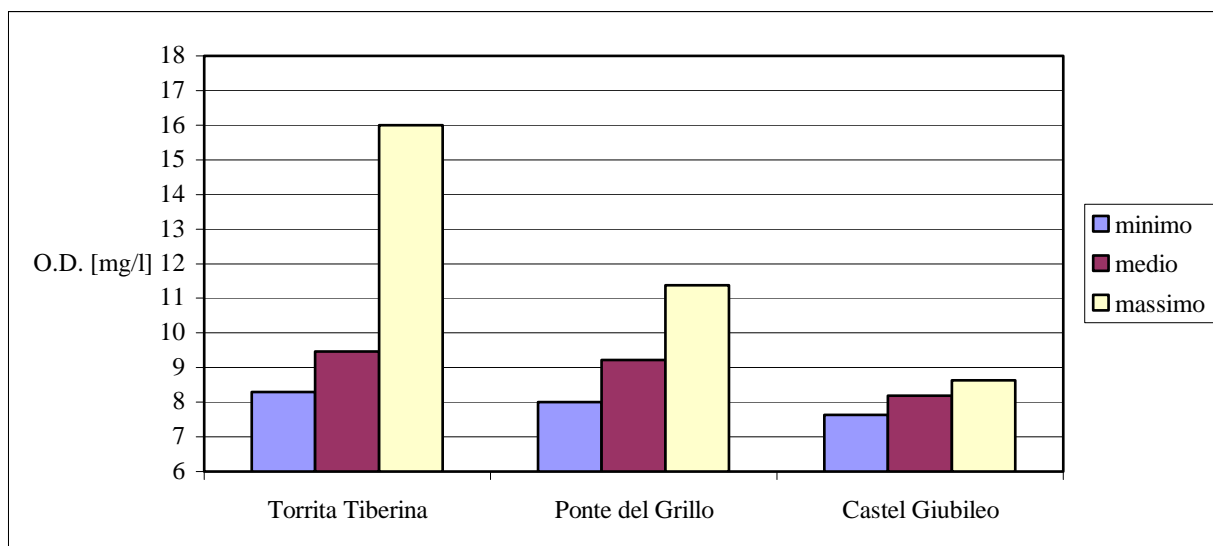


Figura 60: Anno 2005, profilo temporale dell'O.D. per le tre stazioni di monitoraggio.

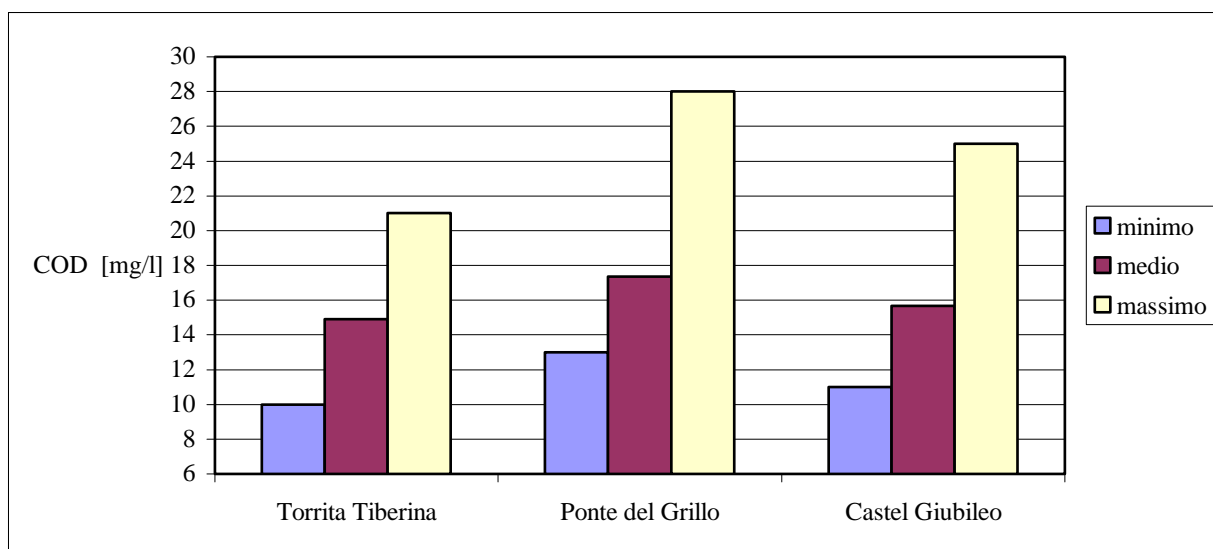


Figura 61. Anno 2005, profilo temporale del COD per le tre stazioni di monitoraggio.

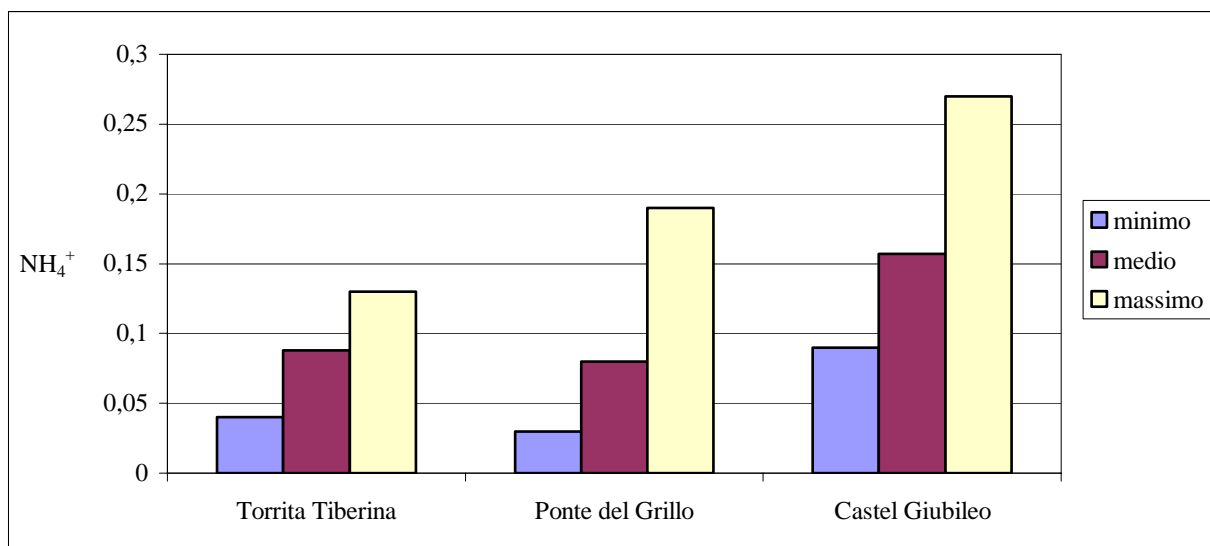


Figura 62: Anno 2005, profilo temporale dell' NH_4^+ per le tre stazioni di monitoraggio.

L'ossigeno disciolto, indispensabile per la vita dei pesci e delle forme viventi presenti nel fiume, definisce lo stato di salute del fiume stesso. Dal grafico di **Figura 60** emerge che la zona con maggior concentrazione di O.D., tra i valori analizzati, è Torrita Tiberina, mentre quella con minore concentrazione è Castel Giubileo. Pertanto relativamente all'ossigeno disciolto per Torrita Tiberina ci si aspetta uno stato di qualità ecologica di classe superiore a quello di Castel Giubileo, diversamente da quanto rilevato dal calcolo del LIM, che è tale da attribuire la stessa classe di qualità ad entrambe le stazioni, essendo un indice che dà una valutazione d'insieme dei diversi macrodescrittori necessari per determinarlo.

Per quanto riguarda il COD, il grafico di **Figura 61** mostra che presso la stazione di Castel Giubileo la concentrazione di COD misurata è minore di quella rilevata a Torrita Tiberina, in accordo con i corrispondenti valori di O.D. analizzati al grafico di **Figura 60**, ma in misura minore alle aspettative. Inoltre emerge che la maggiore concentrazione di COD si ha presso la stazione di Ponte del Grillo, per la quale la corrispondente concentrazione di O.D. non è tra le più basse rilevate.

Molto più sistematica è, per le tre le stazioni di monitoraggio, la relazione tra ossigeno disciolto presente in acqua e i corrispondenti valori di ione ammonio, che, in presenza di O.D., viene ossidato dai microrganismi nitrificanti in azoto nitroso e poi nitrico, con conseguente consumo di ossigeno disciolto. (**Figura 62**).

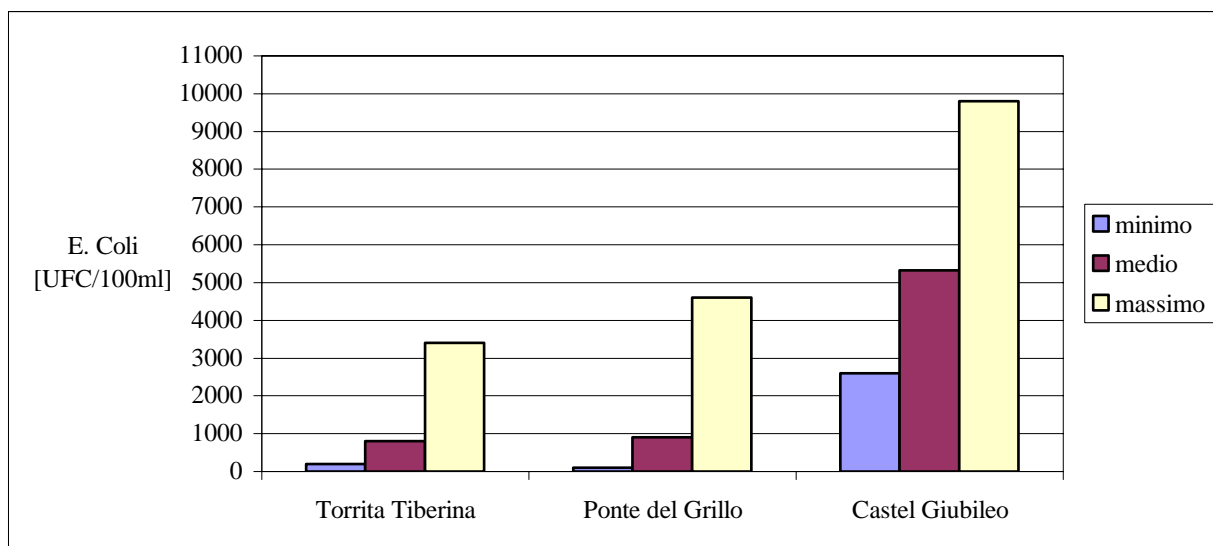


Figura 63: Anno 2005, profilo temporale dell'*Escherichia Coli* per le tre stazioni di monitoraggio.

Dall'analisi del grafico di **Figura 63** emerge che tra tutte Castel Giubileo è la zona con maggior concentrazione di *Escherichia Coli*, relativamente al valore minimo, medio e massimo di concentrazione calcolato. Ciò è probabilmente dovuto al fatto che si tratta della stazione di monitoraggio più vicina al tratto urbano, quindi con maggior pressione antropica e scarichi civili rispetto alle altre due stazioni in esame.

Capitolo 7

CONCLUSIONI

7.1. Stato di qualità ambientale del fiume

In base a quanto esposto sino ad ora si evince che lo stato di qualità ambientale del tratto extraurbano del fiume Tevere, che si estende da Castel Giubileo a Torrita Tiberina e valutato attraverso il LIM, è di classe “Buona”. Tuttavia, in relazione alle diverse realtà paesaggistiche e di antropizzazione che caratterizzano le zone limitrofe le tre stazioni in esame, ci si aspettava una diversificazione del suddetto stato di qualità; in particolare una classe di qualità inferiore per la zona di Castel Giubileo, essendo più vicina al tratto urbano, quindi soggetta ad un maggior carico inquinante da scarichi civili, come dimostrato dagli alti valori di *Escherichia Coli* e di COD rilevati. Quindi, a dispetto di quanto affermato dall’Arpa relativamente al diverso stato di qualità del fiume tra tratto urbano ed extraurbano, a Torrita Tiberina, zona più a monte del tratto fluviale, il LIM è di classe 2, analogamente a quanto rilevato per Castel Giubileo, nello stesso anno. Questo probabilmente perché il LIM è un indice statistico calcolato su più parametri contemporaneamente e che singolarmente danno indicazione di uno specifico stato del fiume. Ciò in riferimento soprattutto ai valori di concentrazione degli *Escherichia Coli*, che sono molto più elevati per Castel Giubileo che non per Torrita Tiberina, se pur appartengano alla stessa classe di qualità. Pertanto il LIM non è del tutto rappresentativo della qualità del fiume in termini di incidenza del singolo parametro, in quanto ne trascura il peso effettivo.

³² www.areemetropolitane.apat.it, 20/03/06.

7.2 Possibili ripercussioni sugli esseri viventi presenti in un fiume

L’ossigeno disciolto è un parametro indice dello stato di salute di un fiume, esso rappresenta la concentrazione di ossigeno molecolare che si trova allo stato di soluzione nell’acqua. La concentrazione di ossigeno disciolto a saturazione, varia, per le acque

superficiali, tra 14,1 e 7,6 mg/l, con temperature variabili da 0 a 30 °C. Si tratta di una grandezza importante in quanto condiziona la vita di tutti gli organismi presenti nell'acqua. I pesci per vivere richiedono certe concentrazioni minime, mentre i vari microrganismi dei processi depurativi biologici, si sviluppano bene a concentrazioni di 1-2 mg/l⁵⁴. La concentrazione dell'O.D. è influenzata dai diversi fattori analizzati nel capitolo 7, quali la temperatura, la conducibilità, il BOD₅, il COD, il fosforo totale, l'ammoniaca e la conducibilità. In particolare l'ossigeno disciolto è indispensabile per l'ossidazione biologica della sostanza organica carboniosa ed azotata (BOD₅), per l'ossidazione chimica dei composti inorganici (COD), per l'ossidazione degli ortofosfoati e del fosforo organico, cioè tutti quei processi ad opera della biomassa che in presenza di elevata sostanza organica generano deossigenazione, che a sua volta, se eccessiva e in condizioni di scarso ricambio idrico, come può accadere soprattutto per un lago o per un tratto del fiume, favorisce il fenomeno dell'eutrofizzazione. Si ha dunque un'abnorme crescita di alghe e macrofite acquatiche, la cui presenza impedisce la penetrazione della radiazione solare nonché la diffusione dell'ossigeno dall'atmosfera all'acqua, con conseguente moria delle specie acquatiche per anossia, insieme a putrefazione e maleodorazione. Tale problema dell'eutrofizzazione, oltre ad esser dovuto ad un eccesso di nutrienti provenienti normalmente dall'atmosfera e dal terreno, negli ultimi anni è stato accelerato da molte attività umane attraverso l'afflusso di acque reflue e di scolo dei terreni agricoli ed industriali. L'inquinamento organico determina dunque l'aumento dei processi di ossidazione ad opera dei microrganismi, nonché l'aumento del consumo di ossigeno che viene quindi sottratto ai pesci, alle piante, all'intero ecosistema fluviale, la cui funzionalità si regge sul delicato equilibrio che si instaura tra consumo e produzione naturale di ossigeno disciolto.

⁵⁴ L. Masotti, 2002, "*Concetti e definizioni ricorrenti*", pp. 8.

7.3. Valutazione dello stato ambientale generato dall'inquinamento organico, nel caso studio in esame

Analizzando le concentrazioni dei macrodescrittori del LIM, per le tre stazioni, in relazione all'Allegato 2/B del D. Lgs. 152/99, "Criteri generali e metodologie per il rilevamento delle caratteristiche qualitative, per la classificazione ed il calcolo della conformità delle

acque dolci superficiali idonee alla vita dei pesci salmonicoli e ciprinicoli” si rileva che l’ossigeno disciolto analizzato presso la stazione di Castel Giubileo ha valori minimo e massimo di poco superiori rispettivamente al valore guida ed imperativo indicato dalla normativa, rispetto ai corrispondenti valori di Torrita Tiberina, che invece sono ampiamente al di sopra del valore guida indicato o obbligatorio per la sopravvivenza dei pesci, come mostrato in **Tabella 30**. Per quanto riguarda le concentrazioni di BOD, NH_4^+ e fosforo totale, per le tre stazioni, esse sono al di sotto sia del limite guida che del limite imperativo indicato nell’allegato 2/B, pertanto l’acqua del fiume risulta di qualità idonea alla vita dei pesci.

Tabella 30: Qualità delle acque idonee alla vita dei pesci salmonidi e ciprinidi

Parametri	Torrita Tiberina	Ponte del Grillo	Castel Giubileo	Ciprinidi	
				Guida	Imperativo
O.D. [mg/l]	8,29 -16	8 - 11,37	7,64 - 8,64	8	7
BOD ₅ [mg/l]	1,3 - 5,3	1,1 -2,4	1,2 - 2,7	6	9
NH_4^+ [mg/l]	0,04 - 0,13	0,03 – 0,19	0,09 - 0,27	0,2	1
Ptot [mg/l]	0,07 - 0,11	0,05 – 0,97	0,05 - 0,08	0,14	

Sviluppi futuri

Alla luce del fatto che le acque di un fiume non sono stazionarie fungendo da veicolo di diffusione dell’inquinamento puntuale generato da una o più fonti di contaminazione, con conseguente pericolo per la fauna e flora fluviale, si potrebbe integrare la gestione qualitativa delle acque definita nel D.Lgs. 152/99 anche in termini di comunicazione e coordinamento tra le arpa delle regioni in cui scorre il fiume Tevere. Ciò permetterebbe una gestione della qualità su più ampia scala con possibilità di individuare più facilmente le possibili fonti e cause di inquinamento, nonché agire tempestivamente per limitarne i danni. Le attività di cui sopra, potrebbero essere coordinate al livello nazionale dall’APAT, analogamente a quanto effettua l’autorità di Bacino del fiume Tevere.

BIBLIOGRAFIA

- Libri:

- Gamba G., Martignetti G., *Dizionario dell'ambiente*, ISEDI - UTET, Torino 1995
- M. Quoiani, 1996, *La rappresentazione nell'ingegneria ambientale, teoria e metodi di rappresentazione del territorio e dell'ambiente*, cap. 3 *La descrizione dell'ambiente*, CISU (Centro di formazione e stampa universitaria).
- APAT, data, *Atlante delle opere di sistemazione fluviale, il bacino idrografico*, Domenico Ligato
- R. Vismara, 1995, *Elementi di ecologia*, cap. Inquinamento e protezione delle acque
- M. Troncone Sigillo, 1999, *Appunti del corso di Ecologia applicata*, cap.7 Inquinamento, E.D.I.S.U. Napoli
- A. Misiti, 1995, *Fondamenti di Ingegneria Ambientale*, cap.5 Fonti di inquinamento, La Nuova Italia Scientifica
- L. Masotti, 2002, "Depurazione delle acque, tecniche ed impianti per il trattamento delle acque di rifiuto", *"Concetti e definizioni ricorrenti"*, Calderini.
- P. Sirini "Ingegneria sanitaria-ambientale, principi, teorie e metodi di rappresentazione", cap.5 *"Parametri di inquinamento e di caratterizzazione dei comparti ambientali"*, §5.2.2.3. Richiesta di ossigeno.
-

- Articoli e riviste:

- Dott. G. Giardini, 2004, "Le acque della Valle dell'Aniene", Idea Ambiente APAT, Luglio.
- ACEA, 2002, Relazione sullo stato dell'ambiente, *"L'inquinamento da scarichi civili e industriali"*, ACEA

- Riferimenti normativi:

- Direttiva CEE 76/464 art. 2 comma "e";
- Decreto Legislativo 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 provenienti da fonti agricole"

- Allegato 1, D.Lgs. 11/05/99, n.152.
- Art. 5, D.Lgs. 11/05/99, n.152.

- Siti internet:

- <http://www.arpalazio.it/acqua/index.php?id=5>, 02/03/06.
- http://www.geologia.com/area_raga/fiumi/fiumi.html, 02/03/06, morfologia fluviale.
- <http://www.encarta.it>, 4/03/06, Microsoft Encarta Enciclopedia 1993-2002, Fiume.
- <http://www.sinanet.apat.it/Fiume>, 03/03/06
- <http://www.lenntech.com/italiano/aquatic/inquinamento-organico.htm>, 03/03/06
- [http://www.sinanet.apat.it/Fonti di inquinamento](http://www.sinanet.apat.it/Fonti_di_inquinamento), 03/06/06.
- [http://www.lenntech.com/italiano/aquatic/inquinamento-organico/composti organici in acqua dolce.htm](http://www.lenntech.com/italiano/aquatic/inquinamento-organico/composti_organici_in_acqua_dolce.htm), 03/03/06.
- <http://www.arpalazio.it/acqua>, 02/03/06.
- http://www.apat.gov.it/site/itIT/Temi/Acqua/Tutela_delle_risorse_idriche/Piani_e_programmi_internazionali/, 15/03/06.
- http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Acqua/Direttiva_quadro_sulle_acque_2000-60-CE, 15/03/06
- http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Acqua/Tutela_delle_risorse_idriche/, 15/03/06.
- http://www.apat.gov.it/site/itIT/Temi/Acqua/Tutela_delle_risorse_idriche/Monitoraggio_e_controllo/, 15/03/06
- <http://www.areemetropolitane.apat.it>, 20/03/06.
- <http://www.encarta.it>, 12/04/06, “Il Tevere”,
- <http://www.abtevere.it>, 12/04/06, cap. 2.3, 2.6, 2.11.2, 1.3, 2.11.3, 2.11.6,
- <http://www.teverefarfa.it>, 12/04/06, “*Idrologia*”
- <http://www.abtevere.it>, 14/04/06, “carta_181_sottobacini”
- <http://www.urbanistica.comune.roma.it>, 14/04/06, “*XX Municipio*”, “*IV Municipio*”
- http://www.geologia.com/area_raga/fiumi/fiumi.html, 02/03/06, Morfologia fluviale
- <http://www.cnr.it>, 03/03/06, Metodi IRSA