



## **Monografia / 1**

**Analisi delle serie storiche di dati sulle stazioni dei corsi d'acqua superficiali, per l'individuazione degli indicatori principali, delle criticità, dell'andamento dei carichi in transito e di eventuali trend**



**Redazione**

Dott.ssa Rosalba Padula  
Dott. Massimo Guidi

**Contributi****Validazione**

Dott.ssa Linda Cingolani

**Verifica**

Dott. Giancarlo Marchetti  
Dott. Alberto Micheli  
Dott. Adriano Zavatti

**Versione:**

*Luglio 2005*

1.	SINTESI .....	1
2.	INTRODUZIONE.....	1
3.	OBIETTIVI DELL'ANALISI E ELEMENTI SIGNIFICATIVI A SUPPORTO DEL PTA.....	3
4.	STATO DELLE CONOSCENZE PREGRESSE .....	3
5.	LE ATTIVITA' SVOLTE.....	4
5.1	Rivalutazione dei dati storici .....	4
5.1.1	La qualità delle acque.....	4
5.1.2	Variazioni nel tempo .....	7
5.2	Bilanci di materia .....	9
5.2.1	Fiume Tevere tratto d'asta 2180-TVR1_2181-TVR2 .....	10
5.2.2	Fiume Tevere tratto d'asta 2181-TVR2_2182-TVR3 .....	10
5.2.3	Fiume Tevere tratto d'asta 2182-TVR3_2183-TVR4 .....	12
5.2.4	Fiume Tevere tratto d'asta 2183-TVR4_6934-TVR6 .....	14
5.2.5	Fiume Tevere tratto d'asta 6934-TVR6_2186-TVR5 .....	16
5.2.6	Fiume Tevere tratto d'asta 2186-TVR5_2189-TVR7 .....	16
5.2.7	Fiume Chiascio tratto d'asta 2095-CHS2_2097-CHS3.....	17
6.	ANALISI DEI DATI.....	18
7.	IL QUADRO AMBIENTALE RISULTANTE.....	23
7.1	Sottobacino Alto-Tevere.....	23
7.2	Sottobacino Medio-Tevere .....	24
7.3	Sottobacino Basso-Tevere.....	24
7.4	Sottobacino Chiascio .....	25
7.5	Sottobacino Topino .....	25
7.6	Sottobacino Nestore.....	26
7.7	Sottobacino Trasimeno .....	26
7.8	Sottobacino Paglia-Chiani.....	26
7.9	Sottobacino Nera .....	26
8.	CRITICITA' CONOSCITIVE E PROPOSTE PER L'INTEGRAZIONE DELLE CONOSCENZE.....	27

## 1. SINTESI

L'indagine sulla qualità delle acque del fiume Tevere e dei suoi affluenti si è avvalsa di dati chimici provenienti da 38 stazioni di monitoraggio. I parametri considerati sono stati: temperatura, conducibilità, N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, P-PO<sub>4</sub>, Ptot, O<sub>2</sub>(acq), Cl, SO<sub>4</sub>, BOD<sub>5</sub>, COD, Fenoli, MBAS, *E.coli* e IBE.

Il quadro conoscitivo non è stato omogeneo sia per la qualità che la quantità di informazioni. Tuttavia è stato possibile definire un quadro ambientale, così come previsto dal D.Lgs. 152/99 per il periodo 1997-2003. Le informazioni ottenute sono state integrate con dati antecedenti che coprono, anche se in modo non omogeneo, il periodo 1977-1996. Le tecniche impiegate per l'elaborazione dei dati sono state sia quelle della statistica descrittiva che quelle della statistica multivariata ed in particolare l'analisi delle componenti principali che ha consentito di riconoscere 4 fattori che rappresentano rispettivamente gli scarichi fognari, il contenuto di ossigeno disciolto, la salinità e il contenuto di nitrati. Sono stati poi effettuati bilanci di materia per alcuni tratti del Tevere con i dati disponibili per l'anno 2003 e per alcuni tratti del Chiascio-Topino con i dati disponibili per l'anno 2001.

I campioni che mostrano maggiore contaminazione per scarichi fognari di vario tipo, sono quelli del Nestore e del Maroggia. Quest'ultimo, insieme al Teverone, presenta anche le minori quantità di ossigeno. Il mantenimento di alti valori di BOD, COD, NH<sub>3</sub> e Cloruri misurati nel fiume Tevere, sottobacino del Medio Tevere, è dovuto principalmente agli apporti diretti o indiretti di questi corsi d'acqua particolarmente compromessi.

I parametri che presentano le maggiori criticità per la maggior parte dei corsi d'acqua sono il Fosforo totale e l'*E.coli*. Questo è indice di:

- presenza di scarichi di tipo fognario non ancora trattati;
- assenza e/o cattivo funzionamento di impianti di trattamento terziario di acque fognarie;
- presenza di allevamenti i cui reflui non sono opportunamente trattati.

Anche se non possiamo affermare che nel suo complesso la situazione ambientale del Tevere sia migliorata nel tempo, tuttavia l'analisi dei dati storici ha messo in evidenza che a partire dagli anni 90 non si registrano più, almeno nell'alto Tevere, situazioni critiche di anossia. Se restringiamo l'attenzione al periodo 1997-2003 peggiorano però la loro qualità il Topino a valle di Foligno e il fiume Corno. Viceversa si osservano miglioramenti sul tratto alto del fiume Tevere, ma anche più in generale del Paglia e del Chiani.

Le elaborazioni presentate propongono studi aggiuntivi per avere un quadro più dettagliato dello stato ambientale del fiume Tevere e dei suoi principali affluenti. In particolare è necessario:

- valutare con maggiore precisione gli effetti del Cerfone, del Nestore e del Paglia sul Tevere e del Topino sul Chiascio;
- chiarire il ruolo del lago di Corbara nei processi autodepurativi del fiume Tevere;
- migliorare le misure di portata estendendole a tutto il Tevere e ai suoi principali affluenti.

Solo dopo tali studi sarà possibile dare indicazioni sulla eventuale integrazione della rete di monitoraggio, anche se fin da ora possiamo ritenere che quella sul fiume Cerfone possa entrare a far parte permanentemente della rete primaria.

## 2. INTRODUZIONE

Il presente rapporto effettua l'elaborazione di tutti i risultati analitici chimico-fisici e biologici ottenuti dal monitoraggio effettuato sulle stazioni localizzate sui corsi d'acqua superficiali umbri e rappresentati nella figura 1. Ciò ha comportato lo studio dei dati disponibili:

1. dal 1997 al 2003, secondo i criteri definiti dal D.Lgs. 152/99
  - a. studiando complessivamente 26 stazioni;
  - b. utilizzando il calcolo del 75° percentile per tutti e sette i macrodescrittori;
  - c. calcolando il valore medio annuale dell'IBE, reso disponibile anche dalle carte ittiche regionali;
2. dal 1977 al 2003, secondo criteri statistici
  - a. partendo da una banca dati di 6244 records e 52 campi;
  - b. considerando un numero di stazioni pari a 38.

L'elaborazione delle informazioni disponibili, ha subito evidenziato che i parametri misurati e la frequenza di campionamento nell'intero periodo considerato non fossero omogenei. È stato ritenuto opportuno utilizzare le tecniche della statistica descrittiva (calcolo delle medie, ma soprattutto delle mediane e dei percentili, tabelle di frequenza, Box-Whisker riportanti il valore della mediana, del I° e III° quartile e dei massimi e minimi, grafici bivariati per il confronto dei dati) e di quella multivariata (matrice di correlazione, calcolo delle



componenti principali ed estrazione dei fattori, modelli di regressione lineare multipla). L'estrazione delle componenti principali e la selezione di pochi fattori di chiaro significato ambientale, ha consentito di descrivere le variazioni di chimismo del fiume Tevere nello spazio e nel tempo in modo sintetico e facendo uso di un numero limitatissimo di grafici.

L'irregolarità temporale dei campionamenti non ha permesso invece l'utilizzo degli strumenti propri della analisi delle serie temporali quali l'autocorrelazione, la cross-correlazione, l'analisi di Fourier, ecc.

Relativamente ai dati quantitativi, vista la disponibilità dei valori di portata su un ragionevole numero di stazioni, si è ritenuto significativo elaborare statisticamente solo per l'anno 2003.

In entrambe le elaborazioni, dovendo trattare anche i dati chimico-fisici pari al limite di deteazione è stata scelta l'opzione di sostituire il valore "< di" con lo zero "0".

Fig. 1: Individuazione delle stazioni utilizzate nelle elaborazioni



### 3. OBIETTIVI DELL'ANALISI E ELEMENTI SIGNIFICATIVI A SUPPORTO DEL PTA

Lo scopo di questo rapporto è quello di studiare le serie storiche dei dati disponibili per mettere in evidenza le criticità individuate per ogni sottobacino e gli eventuali andamenti nel tempo di ogni parametro ritenuto utile all'interpretazione dei fenomeni di inquinamento dei corsi d'acqua superficiali. A tal fine sono stati utilizzati due metodi con approccio molto diverso:

- la VALUTAZIONE DEGLI INDICI ATTRAVERSO LE INDICAZIONI DEL D.LGS. 152/99, che ha interessato tutte le stazioni localizzate sui corsi d'acqua naturali per il periodo 1997-2003;
- l'ANALISI STATISTICA, che ha elaborato i dati raccolti con la rete di monitoraggio sui corsi d'acqua, nel periodo 1977-2003.

### 4. STATO DELLE CONOSCENZE PREGRESSE

In tabella 1 si individuano i corsi d'acqua considerati ai fini delle diverse elaborazioni.

Tab. 1: Elenco delle stazioni di monitoraggio

Sottobacino	CODICE		Corso d'acqua	PUNTO DI PRELIEVO	Stazione oggetto di studio secondo	
	ARPA				D.Lgs. 152/990	Analisi statistica
Alto Tevere	2180	TVR1	TEVERE	Inizio tratto umbro - Pistrino	X	X
	2181	TVR2	TEVERE	A valle di Città di Castello - S.Lucia	X	X
	2182	TVR3	TEVERE	A valle di Umbertide - Montecorona	X	X
	2183	TVR4	TEVERE	Ponte Felcino	X	X
	6934	TVR6	TEVERE	A monte confluenza Chiascio - Torgiano		X
	1534	SOA1	SOARA	A monte confluenza Tevere		X
Medio Tevere	2186	TVR5	TEVERE	A valle confluenza Chiascio - Ponte Nuovo	X	X
	2189	TVR7	TEVERE	A monte del lago di Corbara - Pontecuti	X	X
Basso Tevere	8724	TRV8	TEVERE	A valle confluenza Paglia - Baschi	X	X
	2191	----	TEVERE	A valle confluenza Paglia - Baschi		X
	2192	TVR9	TEVERE	A valle del Lago di Alviano - Attigliano	X	X
	8725	TVR10	TEVERE	A valle confluenza Nera Orte	X	X
	2193	----	TEVERE	A valle confluenza Nera Orte		X
Nestore	2139	NES1	NESTORE	A monte di Marsciano	X	X
	2140	NES2	NESTORE	A monte confluenza Tevere	X	X
Chiascio	2092	CHS1	CHIASCIO	A valle del lago di Valfabbrica	X	X
	2095	CHS2	CHIASCIO	A monte confluenza Topino - Ponte Rosciano	X	X
	2097	CHS3	CHIASCIO	A monte confluenza Tevere - Ponte Nuovo	X	X
Topino-Marroggia	1517	CLT1	CLITUNNO	Campello – sorgente delle Fonti del Clitunno		X
	8047	CLT2	CLITUNNO	Casco dell'Acqua		X
	1518	MNT1	Menotre	c/o Parcheggi Hotel- Ponte S.Lucia		X
	2215	TOP1	TOPINO	A monte Foligno Capodacqua	X	X
	2217	TOP2	TOPINO	A valle Foligno Corvia	X	X
	2220	TOP3	TOPINO	A monte confluenza Chiascio-Passaggio Bettona	X	X
	8217	TVN1	TEVERONE	A monte confluenza Clitunno - Bevagna		X
	8223	MAR1	MARROGGIA	A monte confluenza fosso Alveolo		X
Paglia-Chiani	2213	TIM1	TIMIA	A monte confluenza Topino - Cannara	X	X
	2089	CHN1	Chiani	A monte confluenza Paglia	X	X
	2246	PGL1	Paglia	Inizio tratto umbro - Allerona Fonti di Tiberio	X	X
	2151	PGL2	Paglia	A monte confluenza Tevere - Orvieto	X	X
Nera	2108	CRN2	CORNO	A monte confluenza Nera - Balza tagliata	X	X
	2130	NER1	Nera	Inizio tratto umbro - Pontechiusita	X	X
	6994	NER2	Nera	A valle confluenza Corno - Borgo Cerreto		X
	2126	NER4	Nera	A monte confluenza Velino - Casteldilago	X	X
	2128	NER5	Nera	A monte di Terni - Pentima		X
	2127	NER6	Nera	A valle di Terni - Maratta	X	X
	2229	VEL1	Velino	A monte lago di Piediluco - Greccio	X	X
Chienti	1535	SNT1	SENTINO	Inizio tratto umbro		X

L'elenco dei parametri determinati è invece mostrato in tabella 2. Nella stessa tabella si evidenzia, tra l'altro, anche il numero di misure al di sotto del limite di rilevabilità, indicate spesso nei documenti come "< di". In particolare la percentuale di metalli con valore di concentrazione minore del limite di rilevabilità è elevatissima. La stessa cosa si può dire per gli organici il cui elenco però, non è stato riportato. L'uso prevalente di descrittori quali la mediana e il 75° percentile ha consentito ugualmente l'utilizzo dei dati "< di" per la maggior parte delle variabili considerate, sostituendo il valore dato con "O" (zero). Ciò non è stato possibile ovviamente per i metalli e per gli organici.

Tab. 2: Numero di misure ed incidenza dei "< di" sul totale di 2683 campioni considerati

Parametro	N° misure	N° di < di
Portata	258	0
Temperatura dell'aria	857	0
Temperatura dell'acqua	2158	0
pH	2153	0
Conducibilità a 25°C	2054	0
Ossigeno disciolto	2153	0
BOD <sub>5</sub>	2153	0
COD	2053	123
N_NO <sub>3</sub>	2068	13
N_NO <sub>2</sub>	1630	42
N_NH <sub>4</sub>	2053	181
N totale	747	21
SO <sub>4</sub>	2052	4
P-PO <sub>4</sub>	1719	218
P totale	884	71
Cl	2053	1
MBAS	1177	648
Fenoli	1105	983
I.B.E.	278	0
Solidi Sospesi	2022	174
Durezza totale	783	0
Solidi Sedimentabili	987	749
Cadmio-Cd	1369	1296
Cromo-Cr	1329	872
Arsenico-As	248	247
Mercurio-Hg	310	309
Rame-Cu	1329	1264
Ferro-Fe	857	785
Nichel-Ni	1329	1264
Piombo-Pb	1329	1263
Znco-Zn	858	743
Coliformi totali	392	8
Coliformi fecali	625	40
Escherichia coli	1278	15
Streptococchi fecali	392	43
Salmonella	761	0

Dall'analisi della tabella appare evidente che il numero di parametri controllati negli anni cambia. Poiché i parametri misurati e la frequenza di campionamento nell'intero periodo considerato non sono omogenei, le considerazioni di qualità più propriamente legate al D.Lgs. 152/99 sono state effettuate sulla serie temporali 1997-2003. In particolare si è confrontato il periodo 1997-2000 con quello 2001-2002 e 2002-2003 per verificare possibili variazioni nelle classi di qualità.

## 5. LE ATTIVITA' SVOLTE

### 5.1 Rivalutazione dei dati storici

#### 5.1.1 La qualità delle acque

Il quadro così tracciato evidenzia che i metodi di indagine non consentono di utilizzare tutti i dati realmente disponibili a partire già dal 1977, in quanto i parametri sono incompleti, le serie temporali non sono su base mensile, la posizione dei punti di prelievo si modifica nel tempo. Ciò è rilevabile anche nella tabella 3: per ogni stazione considerata (vedi codice ARPA) diverso è il numero dei campioni disponibili per ogni mese dal 1977 al 2003 e quindi il numero totale di campioni utilizzabili.

Tab. 3: Distribuzione mensile dei campionamenti disponibili dal 1977 al 2003

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Tot
2180-TVR1	16	12	20	11	16	21	17	12	21	18	13	13	190
2181-TVR2	16	12	20	11	15	21	17	12	21	18	13	13	189
2182-TVR3	15	13	20	11	15	20	18	12	21	18	13	13	189
2183-TVR4	15	11	20	10	15	23	21	15	22	18	14	14	198
2092-CHS1	9	6	7	6	7	4	6	4	6	6	5	5	71
2095-CHS2	9	6	7	6	6	4	7	4	6	7	5	5	72
2220-TOP3	10	8	10	9	9	7	9	7	11	9	8	7	104
1518-MNT1	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	40
2215-TOP1	6	6	8	5	7	6	6	6	8	6	6	5	75

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Tot
2217-TOP2	6	6	8	5	7	5	7	4	9	6	6	5	74
2213-TIM1	6	7	7	6	6	6	6	5	8	7	6	5	75
1517-CLT1	2	2	2	3	2	2	1	1	1	1	1	1	19
2097-CHS3	17	13	19	9	14	17	18	12	20	16	13	13	181
2186-TVR5	14	11	20	11	13	18	19	13	22	15	14	12	182
2139-NES1	7	7	7	7	6	5	8	5	6	8	5	6	77
2140-NES2	17	14	20	12	17	23	22	16	22	21	13	16	213
2189-TVR7	10	10	17	9	13	19	16	13	19	15	12	10	163
2191*-----	8	8	13	7	10	18	13	11	17	12	11	8	136
2192-TVR9	10	9	18	8	12	19	15	12	17	15	12	10	157
2193*-----	6	8	11	7	9	16	10	11	15	10	9	7	119
1534-SOA1	0	0	0	1	3	1	0	0	5	1	0	0	11
1535-SNT1	0	0	0	2	4	1	0	0	5	0	0	0	12
8725-TVR10	1	2	1	2	1	1	2	1	2	2	2	2	19
8724-TVR8	1	2	1	1	2	1	2	1	1	3	1	2	18
8047-CLT2	1	2	1	2	1	2	3	3	2	4	2	2	25
8217-TVN1	1	2	1	2	1	2	2	3	2	4	2	2	24
8223-MAR1	1	2	1	2	1	1	3	3	2	4	2	1	23
6934-TVR6	1	2	1	2	2	3	3	2	4	3	2	2	27
Tot	208	184	263	170	218	270	254	191	299	251	193	182	2683

\*Stazioni trasferite

In particolare: dal 1977 al 1989 i campionamenti sono concentrati nel periodo giugno-settembre, dal 1990 al 1993 hanno invece cadenza trimestrale, a partire dal mese di gennaio e solamente dal 1994 iniziano ad essere mensili, anche se con importanti interruzioni, dal 2000 si può parlare di campionamenti regolari su base mensile. La differente densità dei campioni può comportare problemi allorché si vogliono studiare variazioni temporali su base annuale. I valori medi annuali possono essere infatti influenzati dalla distribuzione del campionamento e non è rigoroso confrontare medie annuali se la distribuzione dei campioni sui mesi non è simile.

Il mese più completo è risultato essere quello di giugno. Nel periodo considerato, 1977-2003, mancano per tale mese solamente i dati degli anni 1982, 1983, 1986, 1989 e 1992.

Le tabelle n.4 5 e 6, riportano i valori della mediana, i valori massimi e minimi (quando possibile) dei parametri ambientali considerati e sintetizzano i risultati ottenuti utilizzando l'intero insieme di dati disponibili. I colori evidenziano le situazioni di maggiore (in viola) e minore (in blu) criticità.

Tab. 4: Riepilogo dati - intervallo valori in cui ricade la mediana

Stazioni	PUNTO DI PRELIEVO	BOD <sub>5</sub>	COD	OD	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P_tot	E_Coli
1517 CLT1	Campello - sorgente delle Fonti del Clitunno	0-2		7-9			<0.07	
1518 MNT1	S.Lucia	0-2		>9			<0.07	
1534 SOA1	A monte confluenza Tevere	0-2		>9		0.3-1.5	<0.07	
1535 SNT1	Inizio tratto umbro	0-2		>9		1.5-5	<0.07	
2092 CHS1	A valle del lago di Valfabbrica	0-2	5-10	>9	0.1-0.5	1.5-5	<0.07	100-1000
2095 CHS2	A monte confluenza Topino - Ponte Rosciano	2-4	10-15	>9	0.1-0.5	1.5-5	0.07-0.15	1000-5000
2097 CHS3	A monte confluenza Tevere - Ponte Nuovo	6-8	10-15	>9	0.5-1.5	1.5-5	0.15-0.3	1000-5000
2139 NES1	A monte di Marsciano	6-8	20-25	>9	>1.5	1.5-5	>0.6	1000-5000
2140 NES2	A monte confluenza Tevere	0-2	20-25	>9	>1.5	1.5-5	>0.6	1000-5000
2180 TVR1	Inizio tratto umbro - Pistrino	2-4	5-10	>9	0.1-0.5	0.3-1.5	0.07-0.15	1000-5000
2181 TVR2	A valle di Città di Castello - S.Lucia	2-4	5-10	>9	0.1-0.5	1.5-5	0.07-0.15	1000-5000
2182 TVR3	A valle di Umbertide - Montecorona	2-4	10-15	>9	0.1-0.5	1.5-5	0.07-0.15	5000-20000
2183 TVR4	Ponte Felcino	2-4	10-15	>9	0.1-0.5	1.5-5	0.07-0.15	1000-5000
2186 TVR5	A valle confluenza Chiascio - Ponte Nuovo	2-4	10-15	>9	0.1-0.5	1.5-5	0.15-0.3	1000-5000
2189 TVR7	A monte del lago di Corbara - Pontecuti	2-4	10-15	>9	0.1-0.5	1.5-5	0.15-0.3	1000-5000
2191* - - - - -	A valle confluenza. Paglia, Baschi	2-4	10-15	>9	0.1-0.5	0.3-1.5	0.07-0.15	1000-5000
2192 TVR9	A valle del Lago di Alviano - Attigliano	2-4	10-15	>9	0.1-0.5	1.5-5	0.07-0.15	1000-5000
2193* - - - - -	A valle confluenza Nera, Orte Scalo	2-4	5-10	>9	0.1-0.5	0.3-1.5	<0.07	100-1000
2213 TIM1	A monte confluenza Topino - Cannara	2-4	5-10	>9	0.1-0.5	1.5-5	0.3-0.6	1000-5000
2215 TOP1	A monte Foligno Capodacqua	0-2	10-15	>9	<0.03	0.3-1.5	<0.07	1000-5000
2217 TOP2	A valle Foligno Corvìa	0-2	10-15	>9	<0.03	0.3-1.5	<0.07	1000-5000
2220 TOP3	A monte confluenza Chiascio-Passaggio Bettona	2-4	10-15	>9	0.1-0.5	1.5-5	0.3-0.6	1000-5000
6934 TVR6	A monte confluenza Chiascio - Torgiano	2-4	10-15	>9	0.1-0.5	1.5-5	0.07-0.15	5000-20000
8047 CLT2	Casco dell'Acqua	0-2	5-10	>9	0.03-0.1	0.3-1.5	0.15-0.3	1000-5000
8217 TVN1	A monte confluenza Clitunno - Bevagna	6-8	15-20	7-9	0.5-1.5	1.5-5	0.3-0.6	5000-20000
8223 MAR1	A monte confluenza fosso Alveolo	>8	>25	5-7	>1.5	0.3-1.5	>0.6	5000-20000
8724 TVR8	A valle confluenza Paglia - Baschi	2-4	10-15	>9	0.03-0.1	1.5-5	0.07-0.15	1000-5000
8725 TVR10	A valle confluenza Nera Orte	0-2	5-10	7-9	0.1-0.5	0.3-1.5	<0.07	1000-5000

\*Stazioni trasferite



Tab. 5: Riepilogo dati - intervallo valori in cui ricadono i massimi

Stazioni	PUNTO DI PRELIEVO	BOD <sub>5</sub>	COD	OD	N-NH <sub>4</sub>	N_NO <sub>3</sub>	P_tot	E_Coli	
1517	CLT1	Campello - sorgente delle Fonti del Clitunno	4-6		>9		0.07-0.15		
1518	MNT1	S.Lucia	2-4		>9		0.07-0.15		
1534	SOA1	A monte confluenza Tevere	0-2		>9		0.3-1.5	0.07-0.15	
1535	SNT1	Inizio tratto umbro	2-4		>9		1.5-5	0.07-0.15	
2092	CHS1	A valle del lago di Valfabbrica	6-8	>25	>9	0.5-1.5	1.5-5	>0.6	>20000
2095	CHS2	A monte confluenza Topino - Ponte Rosciano	>15	>25	>9	>1.5	1.5-5	0.3-0.6	>20000
2097	CHS3	A monte confluenza Tevere - Ponte Nuovo	>15	>25	>9	>1.5	>10	>0.6	>20000
2139	NES1	A monte di Marsciano	>15	>25	>9	>1.5	5-10	>0.6	>20000
2140	NES2	A monte confluenza Tevere	>15	>25	>9	>1.5	5-10	>0.6	>20000
2180	TVR1	Inizio tratto umbro - Pistrino	8-15	>25	>9	>1.5	5-10	>0.6	>20000
2181	TVR2	A valle di Città di Castello - S.Lucia	8-15	>25	>9	>1.5	1.5-5	0.3-0.6	>20000
2182	TVR3	A valle di Umbertide - Montecorona	>15	>25	>9	>1.5	>10	0.3-0.6	>20000
2183	TVR4	Ponte Felcino	>15	>25	>9	>1.5	5-10	0.15-0.3	>20000
2186	TVR5	A valle confluenza Chiascio - Ponte Nuovo	8-15	>25	>9	>1.5	1.5-5	0.3-0.6	>20000
2189	TVR7	A monte del lago di Corbara - Pontecuti	8-15	>25	>9	>1.5	5-10	0.3-0.6	>20000
2191*	----	A valle confluenza. Paglia, Baschi	6-8	>25	>9	>1.5	1.5-5	0.3-0.6	>20000
2192	TVR9	A valle del Lago di Alviano - Attigliano	8-15	>25	>9	>1.5	5-10	>0.6	>20000
2193*	-----	A valle confluenza Nera, Orte Scalo	8-15	>25	>9	>1.5	5-10	0.15-0.3	5000-20000
2213	TIM1	A monte confluenza Topino - Cannara	8-15	20-25	>9	>1.5	5-10	>0.6	>20000
2215	TOP1	A monte Foligno Capodacqua	8-15	>25	>9	0.1-0.5	1.5-5	0.07-0.15	>20000
2217	TOP2	A valle Foligno Corvia	>15	>25	>9	0.1-0.5	1.5-5	0.15-0.3	>20000
2220	TOP3	A monte confluenza Chiascio-Passaggio Bettona	6-8	>25	>9	>1.5	5-10	>0.6	>20000
6934	TVR6	A monte confluenza Chiascio - Torgiano	6-8	20-25	>9	0.5-1.5	1.5-5	0.3-0.6	>20000
8047	CLT2	Casco dell'Acqua	2-4	>25	>9	0.1-0.5	0.3-1.5	>0.6	>20000
8217	TVN1	A monte confluenza Clitunno - Bevagna	>15	>25	>9	>1.5	5-10	>0.6	>20000
8223	MAR1	A monte confluenza fosso Alveolo	>15	>25	>9	>1.5	5-10	>0.6	>20000
8724	TVR8	A valle confluenza Paglia - Baschi	4-6	15-20	>9	0.1-0.5	1.5-5	0.15-0.3	>20000
8725	TVR10	A valle confluenza Nera Orte	4-6	5-10	>9	0.5-1.5	1.5-5	0.15-0.3	5000-20000

\*Stazioni trasferite

Tab. 6: Riepilogo dati - intervallo valori in cui ricadono i minimi

Stazioni	PUNTO DI PRELIEVO	BOD <sub>5</sub>	COD	OD	N-NH <sub>4</sub>	N_NO <sub>3</sub>	P_tot	E_Coli	
1517	CLT1	Campello - sorgente delle Fonti del Clitunno	0-2		5-7		<0.07		
1518	MNT1	S.Lucia	0-2		7-9		<0.07		
1534	SOA1	A monte confluenza Tevere	0-2		7-9		<0.3	<0.07	
1535	SNT1	Inizio tratto umbro	0-2		>9		1.5-5	<0.07	
2092	CHS1	A valle del lago di Valfabbrica	0-2	< l.t.	5-7	<0.03	<0.3	<0.07	0-100
2095	CHS2	A monte confluenza Topino - Ponte Rosciano	0-2	< l.t.	0-3	<0.03	<0.3	<0.07	100-1000
2097	CHS3	A monte confluenza Tevere - Ponte Nuovo	0-2	< l.t.	3-5	<0.03	<0.3	<0.07	0-100
2139	NES1	A monte di Marsciano	0-2	10-15	5-7	0.03-0.1	<0.3	0.15-0.3	0-100
2140	NES2	A monte confluenza Tevere	0-2	< l.t.	3-5	<0.03	<0.3	<0.07	0-100
2180	TVR1	Inizio tratto umbro - Pistrino	0-2	< l.t.	3-5	<0.03	<0.3	<0.07	100-1000
2181	TVR2	A valle di Città di Castello - S.Lucia	0-2	< l.t.	3-5	<0.03	<0.3	<0.07	0-100
2182	TVR3	A valle di Umbertide - Montecorona	0-2	< l.t.	0-3	<0.03	<0.3	<0.07	100-1000
2183	TVR4	Ponte Felcino	0-2	< l.t.	0-3	<0.03	<0.3	<0.07	0-100
2186	TVR5	A valle confluenza Chiascio - Ponte Nuovo	0-2	< l.t.	3-5	<0.03	<0.3	<0.07	0-100
2189	TVR7	A monte del lago di Corbara - Pontecuti	0-2	< l.t.	5-7	<0.03	<0.3	<0.07	0-100
2191*	-----	A valle confluenza. Paglia, Baschi	0-2	< l.t.	5-7	<0.03	<0.3	<0.07	0-100
2192	TVR9	A valle del Lago di Alviano - Attigliano	0-2	< l.t.	7-9	<0.03	<0.3	<0.07	0-100
2193*	-----	A valle confluenza Nera, Orte Scalo	0-2	< l.t.	5-7	<0.03	0.3-1.5	<0.07	0-100
2213	TIM1	A monte confluenza Topino - Cannara	0-2	< l.t.	5-7	<0.03	<0.3	<0.07	100-1000
2215	TOP1	A monte Foligno Capodacqua	0-2	< l.t.	>9	<0.03	0.3-1.5	<0.07	100-1000
2217	TOP2	A valle Foligno Corvia	0-2	< l.t.	5-7	<0.03	<0.3	<0.07	0-100
2220	TOP3	A monte confluenza Chiascio-Passaggio Bettona	0-2	< l.t.	5-7	0.1-0.5	0.3-1.5	0.07-0.15	100-1000
6934	TVR6	A monte confluenza Chiascio - Torgiano	0-2	< l.t.	5-7	<0.03	0.3-1.5	<0.07	1000-5000
8047	CLT2	Casco dell'Acqua	0-2	< l.t.	7-9	<0.03	0.3-1.5	0.07-0.15	100-1000
8217	TVN1	A monte confluenza Clitunno - Bevagna	0-2	5-10	0-3	<0.03	1.5-5	<0.07	100-1000
8223	MAR1	A monte confluenza fosso Alveolo	4-6	10-15	0-3	0.1-0.5	<0.3	<0.07	1000-5000
8724	TVR8	A valle confluenza Paglia - Baschi	0-2	5-10	7-9	<0.03	<0.3	<0.07	0-100
8725	TVR10	A valle confluenza Nera Orte	0-2	< l.t.	5-7	0.03-0.1	<0.3	<0.07	100-1000

\*Stazioni trasferite

Sulla base delle tabelle possiamo confermare il quadro ambientale precedentemente descritto:

- i corsi d'acqua che appaiono maggiormente contaminati sono il Marroggia, il Teverone e il Nestore che si caratterizzano per i più alti valori della mediana di BOD, PO<sub>4</sub>, COD, N\_NO<sub>3</sub> ed N\_NH<sub>4</sub>. I dati riguardanti il Marroggia ed il Teverone non sono sufficienti per elaborare classi di qualità, ma hanno consentito comunque di confrontare i parametri qualitativi con gli altri corsi d'acqua;

- la maggior parte dei corsi d'acqua risulta avere i valori della mediana della funzione 100-%saturazione O<sub>2</sub> positiva e quindi sono sottosaturi rispetto all'ossigeno. I fiumi che presentano percentuali maggiori di sottosaturazione sono il Marroggia, il Teverone e il Clitunno. Non raggiungono gli standard per la vita dei pesci ciprinidi (O<sub>2</sub> <5 mg/l) le stazioni cod.2095-CHS2, cod.2097-CHS3, cod.2140-NES2, cod.2180-TV1, cod.2181-TV2, cod.2182-TV3, cod.2183-TV4, cod.2186-TV5, cod.8217TVN1, cod.8223-MAR1. Viceversa raggiungono gli standard per la vita dei salmonidi (O<sub>2</sub> <7 mg/l) le stazioni cod.1578-MNT1, cod.1534-SOA1, cod.1535-SNT1, cod.2215-TOP1, cod.8047-CLT2 e cod.8724-TV8.
- i dati della stazione a Ponte S.Giovanni, cod. 6934-TV6, il cui inserimento nella rete di monitoraggio è avvenuto solamente nel 2002, ha permesso di evidenziare un notevole peggioramento della qualità del fiume Tevere tra Ponte Felcino e Torgiano. In assenza di questi dati tale peggioramento sarebbe stato addebitato solo ed esclusivamente al fiume Chiascio.

### 5.1.2. Variazioni nel tempo

Per evidenziare più facilmente le variazioni temporali sono state utilizzate variabili diverse da quelle di partenza che godono però delle seguenti proprietà:

- sono combinazioni lineari delle variabili di partenza;
- sono tra loro indipendenti;
- pur essendo in numero inferiore alle variabili originali sono in grado di spiegare una frazione significativa della varianza iniziale.

Tali nuove variabili, ricavate utilizzando il metodo delle componenti principali, possono rappresentare quei fattori in grado di spiegare le variazioni osservate nei parametri misurati. La tabella 7 mostra i coefficienti con i quali ogni variabile misurata contribuisce al "fattore" (pesi dei fattori) e come la varianza dei singoli parametri sia spiegata da ogni fattore (vedi tabella 8).

Tab. 7: Loadings dei fattori

	Fattore 1	Fattore 2	Fattore 3	Fattore 4
pH	-0.064233	-0.900581	0.014041	-0.090136
Cond_25	0.458879	0.143016	0.673321	0.456913
D.O.	-0.144000	-0.859440	-0.110415	0.120015
BOD <sub>5</sub>	0.856515	0.028028	0.023452	0.166535
COD	0.871765	0.014983	0.109162	-0.001265
N-NO <sub>3</sub>	0.095241	-0.051572	0.055551	0.948207
N-NH <sub>4</sub>	0.747560	0.258960	0.102265	0.033589
SO <sub>4</sub>	0.021001	0.019490	0.927838	-0.036393
Cl	0.561802	0.095669	0.445855	0.358208
Var. Sp.	2.613004	1.650400	1.551430	1.288895
Prp.Tot.	0.290334	0.183378	0.172381	0.143211

Tab. 8: Varianza spiegata da ogni singolo fattore

	Da 1 Fattore	Da 2 Fattori	Da 3 Fattori	Da 4 Fattori	Multiplo R-Quadro
pH	0.004126	0.815172	0.815369	0.823494	0.398477
Cond_25	0.210570	0.231024	0.684385	0.893154	0.821670
D.O.	0.020736	0.759374	0.771565	0.785969	0.408017
BOD <sub>5</sub>	0.733618	0.734403	0.734953	0.762687	0.569776
COD	0.759975	0.760199	0.772116	0.772117	0.555468
N-NO <sub>3</sub>	0.009071	0.011730	0.014816	0.913913	0.324655
N-NH <sub>4</sub>	0.558846	0.625906	0.636364	0.637493	0.482403
SO <sub>4</sub>	0.000441	0.000821	0.861704	0.863028	0.448952
Cl	0.315622	0.324774	0.523560	0.651873	0.694445

Il fattore F1 ha un indubbio interesse ambientale in quanto compaiono con coefficienti elevati BOD, COD, N-NH<sub>4</sub> ed infine con un valore più piccolo il Cl<sup>-</sup>. E' il fattore che indica la presenza di sostanze inquinanti che possono derivare da generici scarichi fognari. I coefficienti sono tutti positivi e quindi maggiore è il BOD, COD, N-NH<sub>4</sub> e Cl<sup>-</sup>, maggiore è il punteggio di tale fattore. Il fattore F1 è il più importante dato che spiega il 29% della varianza. L'interpretazione data di F1 è confermata considerando le correlazioni tra F1 e altri parametri (vedi tabella 9) quali i fosfati, i tensioattivi anionici, i fenoli e i batteri *E.coli*.

Tab. 9: Coefficiente di correlazione tra F1 e sostanze

Sostanza	Correlazione con F1
P-PO4	0,61
P-TOT	0,58
N_NO2	0,42
MBAS	0,57
Fenoli	0,36
E.Coli	0,16

Il fattore F2, rappresenta i processi che portano all'arricchimento/impoverimento di ossigeno nelle acque. I coefficienti significativi sono l'ossigeno disciolto ed il pH, entrambi con lo stesso segno, come deve essere quando l'ossigeno è prodotto per attività fotosintetica o consumato per respirazione. I coefficienti sono negativi, per cui, tanto sono maggiori l'ossigeno ed il pH tanto più è negativo il punteggio del fattore. Questo fattore spiega il 18% della varianza totale.

Anche in questo caso, come si evidenzia nella tabella 10, è interessante riportare la matrice di correlazione tra F2 e le altre sostanze inquinanti non incluse nei fattori.

Tab. 10: Coefficiente di correlazione tra F2 e sostanze

Sostanza	Correlazione con F2
P-PO4	0,29
P-Tot	0,28
N-NO2	0,29
MBAS	0,21
Fenoli	0,16
E.Coli	0,10

I coefficienti di correlazione restano significativi per tutte le sostanze. In questo caso maggiore è il punteggio di F2, cioè tanto più basso è l'ossigeno ed il valore di pH, quanto maggiori sono i contenuti di fosforo, nitriti, MBAS, fenoli ed *E.coli*. Il fattore F2 quindi, anche se in misura minore rispetto ad F1, è un indicatore dello stato di degrado dei corsi d'acqua.

Il fattore F3 rappresenta la salinità; i coefficienti significativi sono quelli dei solfati e della conducibilità. Il coefficiente di correlazione tra Cl<sup>-</sup> e F3 è solamente di 0,45 ed è comunque il terzo coefficiente in ordine di importanza. I coefficienti sono positivi, per cui, più elevate sono le concentrazioni di solfati e la conducibilità, maggiore è il punteggio del fattore.

Anche in questo caso sono state calcolate le correlazioni tra fattore F3 e fosfati, fosforo totale ed *E.coli*, che risultano significative, evidenziate nella tabella 11. Non esiste invece, correlazione tra F3 e N-NO2, MBAS e fenoli il cui contenuto dipende in generale dalle condizioni redox e non dalla salinità.

Tab. 11: Coefficiente di correlazione tra F3 e sostanze

Sostanza	Correlazione con F3
P-PO4	0,18
P-Tot	0,14
N-NO2	Non significativo
MBAS	Non significativo
Fenoli	Non significativo
E.Coli	0,07

Il fattore F4, rappresenta invece, solamente i nitrati. Le correlazioni F4-conducibilità e F4-cloruri sono rispettivamente di 0,46 e 0,36. Il fattore F4 può essere interpretato in due modi diversi, che d'altra parte non si escludono. Infatti può rappresentare l'apporto delle acque di scorrimento superficiale, ossidate ma ricche di nitrati e fosfati per la presenza di concimi chimici, ma anche lo stadio finale di processi di ossidazione cui le acque sono soggette. Nella tabella 12 si rappresenta la correlazione del fattore F4 con le altre principali sostanze.

Tab. 12: Coefficiente di correlazione tra F4 e sostanze

Sostanza	Correlazione con F4
P-PO4	0,13
P-Tot	0,10
N-NO2	0,29
MBAS	Non significativo
Fenoli	Non significativo
E.Coli	Non significativo

In conclusione, le due variabili che descrivono esaurientemente lo stato ambientale dei vari corsi d'acqua, sono il fattore F1 ed il fattore F2.

Per ciò che riguarda le variazioni sul Tevere e sugli affluenti Chiascio e Nestore, nei punti di immissione non esiste un andamento comune a tutte le stazioni. I dati, disomogenei, consentono di fare valutazioni principalmente sui mesi estivi. Per le stazioni localizzate sul Tevere, a Pistrino e a valle del Paglia (dopo il lago di Corbara), il fattore F1 tende a crescere nel tempo, mentre per le stazioni localizzate a Città di Castello, Umbertide e Ponte Felcino F1 rimane pressoché costante. Il fattore F1 sembra diminuire invece, nella stazione del Tevere dopo l'immissione del Chiascio. Occorre dire che per il Nestore (stazione cod.2140-NES2) e il Chiascio (stazione cod.2097-CHS3) il fattore F1 ha un andamento decrescente.

Anche il contenuto di ossigeno non ha un andamento univoco nel tempo. Si osservano andamenti crescenti a Pistrino e a Città di Castello e in diminuzione nella stazione di Ponte Felcino. Negli altri punti non si hanno variazioni di rilievo.

Più in particolare si può osservare quanto segue.

- Stazione di Pistrino (cod.2180-TVR1) Nel periodo 1977-2003 il valore della mediana di F1 aumenta passando da valori prossimi a "-1" a valori tra "0" e "-0,5". L'incremento è particolarmente evidente tra il 1978 ed il 1992. Il trend a crescere nel tempo è significativo ed è dovuto principalmente agli aumenti che si registrano nei mesi tra giugno e novembre. La concentrazione di ossigeno misurata a Pistrino subisce importanti variazioni stagionali: nei mesi invernali la maggior parte delle misure supera i 10 mg/l, mentre già a partire dal mese di aprile tale quantità scende tra 8 e 10 mg/l. Negli anni tra il 1976 e 1993 nei mesi di luglio, agosto e settembre si sono avuti valori di ossigeno inferiori a 5 mg/l. A partire dal 1998 la situazione sembra alquanto migliorata almeno per il mese di luglio.
- Stazione di Città di Castello (2181-TVR2) Il valore della mediana di F1 è sempre risultato inferiore a quello calcolato per la stazione di Umbertide, ma superiore a quello calcolato per Pistrino. Non si osservano sostanziali variazioni, anche se l'andamento complessivo di F1 nel tempo è a diminuire. Questo comportamento è particolarmente evidente nel mese di settembre, marzo ed ottobre. Nel mese di giugno si registra viceversa un aumento nel tempo. Anche per Città di Castello l'ossigeno disciolto nelle acque supera i 10 mg/l nel periodo invernale (dicembre, gennaio, febbraio e marzo), mentre nel periodo 1977-1989, durante i mesi estivi, l'ossigeno disciolto è stato inferiore anche a 6 mg/l. Dal 1998 non si è più scesi al di sotto di tali quantità. Considerando le regressioni ossigeno-tempo si può affermare che nel periodo 1977-2003 il contenuto di ossigeno è aumentato. Per Città di Castello quindi si può ritenere che vi sia stato un aumento di ossigeno nel tempo ed una certa riduzione del fattore F1.
- Stazione di Umbertide (2182-TVR3) L'analisi delle mediane di F1 evidenzia una diminuzione particolarmente importante nel periodo 1997-2002, periodo nel quale il valore della mediana passa da "0" a circa "-0,5". Tuttavia la regressione F1-tempo su tutti i dati non è significativa. Considerando le variazioni di F1 categorizzate sui mesi dell'anno si osservano riduzioni significative per il mese di novembre e, con più incertezza, per il mese di agosto. I segni dei modelli di regressione sono comunque per lo più negativi, ad eccezione del mese di gennaio, aprile, maggio e giugno. Anche per Umbertide l'ossigeno è superiore a 10 mg/l nei mesi invernali e a marzo. Considerando i trend su lungo periodo, l'unico mese per il quale si può affermare che vi sia stato un aumento di ossigeno nel tempo è comunque quello di giugno. Per Umbertide quindi non è possibile riconoscere un andamento univoco dell'ossigeno nel tempo e non possiamo parlare di un trend certo verso un miglioramento o peggioramento delle condizioni generali del fiume.
- Stazione di Ponte Felcino (2183-TVR4). La mediana di F1 è sempre inferiore a quella di Umbertide. Tuttavia non è possibile affermare che vi sia stato nel tempo un sostanziale miglioramento ambientale.
- La stazione del Chiascio prima dell'immissione nel Tevere (2097-CHS3) presenta valori di F1 abbastanza variabili: negli anni dal 1978 al 1992 F1 è prevalentemente maggiore di "0", mentre successivamente (1997, 2001 e 2003) il valore è sempre minore di "0", anche se si torna ad osservare un certo peggioramento tra il 2001 ed il 2003.
- La stazione immediatamente a valle dell'immissione del Chiascio (2186-TVR5) presenta variazioni di F1 difficili da interpretare alla luce di quelle riscontrate nel Chiascio medesimo. Infatti, spesso, il Tevere in questa stazione, ha valori di F1 maggiori di quelli misurati nel Chiascio. La spiegazione di tale fenomeno che giustifica il peggioramento delle acque del Tevere nel tratto tra Ponte Felcino e l'immissione del Chiascio, è stato rilevato in seguito ai dati del monitoraggio della stazione sul Tevere a monte dell'immissione del Chiascio (6934-TVR5) avviata però solo a partire dall'anno 2002.
- La qualità delle acque del Nestore, che si immette nel Tevere tra il km 87 ed il km 131, rimane, in tutti i periodi considerati, la peggiore. Comunque, la bassa portata del Nestore, fa sì che l'acqua del Medio Tevere misurata al km 131, non risenta della immissione del fiume.

### **Bilanci di materia**

L'introduzione della stazione sul fiume Tevere prima della confluenza con il fiume Chiascio (cod.6934-TVR6), rende particolarmente significativi i bilanci di materia solamente a partire dall'anno 2003. Inoltre i dati

disponibili consentono di effettuare valutazioni quantitative solo per alcune zone del fiume Tevere e del Chiascio.

Sull' asta del Tevere si possono considerare i seguenti tratti:

- 2180-*TVR1*\_2181-*TVR2* (Pistrino - Città di Castello);
- 2181-*TVR2*\_2182-*TVR3* (Città di Castello - Umbertide);
- 2182-*TVR3*\_2183-*TVR4* (Umbertide - Ponte Felcino);
- 2183-*TVR4*\_6934-*TVR6* (Ponte Felcino - Torgiano);
- 6934-*TVR6*\_2186-*TVR5* (Torgiano - Ponte di Ponte Nuovo, prendendo in considerazione l'immissione del Chiascio);
- 2186-*TVR5*\_2189-*TVR7* (Ponte di Ponte Nuovo - Pontecuti, prendendo in considerazione l'immissione del Nestore).

Sull' asta del Chiascio si può considerare il solo tratto:

- 2095-*CHS2*\_9097-*CHS3* (Ponte Rosciano – Ponte Nuovo).

### 5.2.1 Fiume Tevere tratto d'asta 2180-*TVR1*\_2181-*TVR2*

Non conoscendo la portata del fiume Tevere a Pistrino (cod.2180-*TVR1*) possiamo valutare l'influenza del Cerfone, affluente di destra del Tevere a monte di Città di Castello. Normalmente la portata del Tevere misurata a Città di Castello è più elevata di quella del Cerfone, ma esistono periodi, ad esempio nei mesi di giugno ed ottobre, in cui questa è più bassa di quella dell'affluente. In particolare nel mese di giugno 2003 la differenza di portata tra il Tevere a Città di Castello ed il Cerfone è di  $-3,8 \text{ m}^3/\text{s}$ , mentre a ottobre dello stesso anno è di circa  $-1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ovviamente le perdite di acqua possono essere più grandi di tali quantità. Questo fenomeno può essere dovuto a rilasci d'acqua verso la falda o a emungimenti. Tutto ciò impedisce di valutare la portata del Tevere prima dell'immissione del Cerfone. Non è possibile quindi effettuare valutazioni quantitative.

### 5.2.2 Fiume Tevere tratto d'asta 2181-*TVR2*\_2182-*TVR3*

In tabella 13, sono riportate le variazioni di portata, concentrazione e portata di materia, tra la stazione di Umbertide e quella di Città di Castello.

La portata ad Umbertide è maggiore di quella di Città di Castello solamente a gennaio e a marzo; è sostanzialmente identica nel mese di maggio; mentre per tutti gli altri mesi dell'anno la portata di Umbertide risulta minore di quella misurata a Città di Castello. Il deficit, poco più di  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , può essere dovuto sia a scambi fiume-falda, che a prelievi legati alle attività agricole. La concentrazione dei cloruri resta pressoché costante, tuttavia questo non significa che non vi siano importanti apporti di materia. Infatti nel mese di marzo gli aumenti di portata non comportano una diminuzione di concentrazione di ioni Cl che nelle acque immesse nel tratto considerato può essere compresa tra 14 e 16 mg/l.

Nel mese di gennaio prevale invece un processo di diluizione. La concentrazione di ioni Cl nell'acqua che è immessa nel tratto considerato, è di soli 8 mg/l. Quando la portata diminuisce, la concentrazione rimane costante o tende ad aumentare di poco. L'unica eccezione è il mese di ottobre: la concentrazione di Cl aumenta di 10 mg/l a fronte di una perdita di acqua di  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Per giustificare una perdita di massa di 20,4 g/s occorre che la concentrazione di ioni Cl nell'acqua persa sia di 13 mg/l circa. Tale valore di concentrazione è più basso di quello misurato nelle due stazioni (20 mg/l e 30 mg/l rispettivamente). Occorre quindi pensare a processi molto più complessi di semplici scambi tra il fiume e l'ambiente circostante per spiegare i fenomeni che avvengono quando la perdita di materia è accompagnata da un aumento di concentrazione. Infatti in questo caso si dovrebbe avere sia una perdita di acqua, verso la falda o per emungimento, sia un contributo di immissioni ricche in ioni Cl.

Anche la concentrazione dello ione solfato aumenta sistematicamente da Città di Castello ad Umbertide. Nei mesi di gennaio e marzo, le concentrazioni sono rispettivamente di 32 mg/l e 36 mg/l. Quando si hanno difetti di materia la concentrazione associabile all'acqua che si perde è di circa 30 mg/l, concentrazione molto vicina a quella misurata nel fiume.

In tabella 14 sono riportate le concentrazioni delle sostanze nelle acque immesse o perse nel tratto di fiume considerato per tutti i mesi per i quali sono disponibili i dati. I segni negativi possono indicare errori di misura che interessano i valori di portata e quelli di concentrazione, ma anche essere il riflesso di processi cinetici di trasformazione delle sostanze e/o precipitazione. Non a caso i valori negativi si riscontrano per BOD, COD, ammoniacale e fosfati .



Tab. 13. Variazioni medie mensili delle concentrazioni e di portata tra Umbertide e Città di Castello

Mesi	ΔQ	ΔBOD	ΔQBOD	ΔCOD	ΔQCOD	ΔNtot	ΔQNtot	ΔPtot	ΔQPtot	ΔN_NO3	ΔQNO3	ΔN-NO2	ΔQNO2	ΔNH3	ΔQNH3	ΔCl	ΔQCl	ΔPO4	ΔQPO4	ΔSO4	ΔQSO4
1	25.7	-0.2	28.18	1.3	224.64	0.3	59.37	0	1.28	0.1	30.94	0	0.39	0	1.54	-3.00	229.79	0	0.77	5	1109.
2	14.1	0.5	44.97	-3.3	-39.45	0.2	25.06	0.01	0.9	0.05	12.13	0	0.31	0.02	1.51	1.00	231.34	0.01	0.76	1	458
3	6.03	0.7	26.08	1.4	63.6	0	10.85	0.02	0.73	0.02	5.32	0.01	0.28	-0.03	0.25	0.00	96.4	0.01	0.28	1	221
4	-1.36	0.5	0.38	0.5	-5.72	0.2	-0.69	-0.01	-0.21	-0.03	-1.51	0	-0.03	-0.07	-0.62	1.00	-17.68	-0.02	-0.19	4	-19.2
5	0.36	-0.7	-1.66	1	9.49	1.1	6.66	0	0.12	0.2	1.67	0.04	0.24	-0.2	-0.78	0.00	9.15	-0.03	-0.09	2	24.1
6	-1.02	0.1	-2.1	-2	-16.14	0.3	-2.84	0.05	-0.13	0.1	-1.6	0.04	-0.03	-0.05	-0.27	2.00	-18.6	0.04	-0.08	4	-33.1
7	-1.13	0.9	-1.26	2.3	-6.69	0.6	-2.41	0	-0.2	0.3	-1.43	-0.01	-0.05	-0.01	-0.09	3.00	-19.91	0	-0.13	4	-50.6
8	-1.11	0.3	-1.55	-1	-16.2	-0.6	-3.31	-0.01	-0.15	0.1	-1.47	-0.01	-0.05	0.06	-0.03	3.00	-21.01	-0.01	-0.13	2	-36.1
9	-2.16	-0.9	-6.77	-1.4	-23.7	0.3	-4.28	0.01	-0.29	0.4	-2.18	0	-0.15	-0.11	-0.69	0.00	-38.8	0.03	-0.17	3	-60.
10	-1.5	-0.7	-5.76	0	-16.46	0.1	-4.85	0.06	-0.18	0.7	-1.73	0.03	-0.11	-0.06	-0.42	10.00	-20.4	0.07	-0.11	6	-39.
11	-0.93	-0.1	-2.58	1	-4.93	-0.2	-3.02	0.01	-0.04	-0.2	-2.18	0	-0.03	-0.11	-0.67	-3.00	-30.82	0.01	-0.02	-1	-42
12	-0.5			0.2		-0.1		-0.01		0		0.01		-0.09		1.00		-0.01		3	

La portata di acqua è espressa in m<sup>3</sup>/s, quella di materia in g/s. Le concentrazioni sono in mg/l. I composti dell'azoto sono espressi come mg/l di N, quelli del fosforo come mg/l di P

Tab. 14. Concentrazioni (mg/l) nelle acque immerse nel fiume o perse da fiume. In rosso sono riportati i valori negativi

BOD	COD	Ntot	Ptot	N-NO3	N-NO2	N-NH3	Cl	PO4	SO4
1	1.10E+00	8.73E+00	2.31E+00	4.97E-02	1.52E-02	5.99E-02	8.93E+00	2.99E-02	4.31E+01
2	3.18E+00	-2.79E+00	1.77E+00	6.36E-02	2.19E-02	1.07E-01	1.64E+01	5.37E-02	3.24E+01
3	4.33E+00	1.05E+01	1.80E+00	1.21E-01	4.64E-02	4.15E-02	1.60E+01	4.64E-02	3.66E+01
4	-2.79E-01	4.21E+00	5.07E-01	1.54E-01	2.21E-02	4.56E-01	1.30E+01	1.40E-01	1.41E+01
5	-4.61E+00	2.64E+01	1.85E+01	3.33E-01	6.67E-01	-2.17E+00	2.54E+01	-2.50E-01	6.69E+01
6	2.06E+00	1.58E+01	2.78E+00	1.27E-01	2.94E-02	2.65E-01	1.82E+01	7.84E-02	3.25E+01
7	1.12E+00	5.92E+00	2.13E+00	1.77E-01	4.42E-02	7.96E-02	1.76E+01	1.15E-01	4.48E+01
8	1.40E+00	1.46E+01	2.98E+00	1.35E-01	4.50E-02	2.70E-02	1.89E+01	1.17E-01	3.25E+01
9	3.13E+00	1.10E+01	1.98E+00	1.34E-01	6.94E-02	3.19E-01	1.80E+01	7.87E-02	2.78E+01
10	3.84E+00	1.10E+01	3.23E+00	1.20E-01	7.33E-02	2.80E-01	1.36E+01	7.33E-02	2.61E+01
11	2.77E+00	5.30E+00	3.25E+00	4.30E-02	3.23E-02	7.20E-01	3.31E+01	2.15E-02	4.47E+01

### 5.2.3 Fiume Tevere tratto d'asta 2182-*TVR3*\_2183-*TVR4*

In tabella 15 sono riportate le variazioni di portata, concentrazione e portata di materia, tra la stazione di Ponte Felcino ed Umbertide. In tabella 16, sono invece riportati i valori di concentrazioni delle acque che si immettono nel fiume o che ne fuoriescono.

La portata a Ponte Felcino è sempre più elevata di quella misurata ad Umbertide, ad eccezione di gennaio, agosto, novembre e dicembre, quando la concentrazione di BOD diminuisce. Ciò può essere dovuto sia a processi di autodepurazione (questo sembra molto probabile nel mese di gennaio) sia a ingressi di acqua il cui contenuto di BOD è comunque inferiore a quello medio misurato ad Umbertide.

Fenomeni di consumo di  $\text{NH}_3$  ed  $\text{NO}_3$  sembrano avvenire nel periodo marzo-giugno.

Tutto questo conferma le capacità autodepurative del fiume nel tratto considerato e comunque l'importanza dei processi biologici. I valori di concentrazione dello ione cloruro nelle acque che si immettono nel fiume sono in buon accordo con quelli misurati nel fiume medesimo, mentre i solfati hanno concentrazioni più elevate.

Tab. 15. Variazioni medie mensili delle concentrazioni e di portata tra Ponte Felcino ed Umberide

Mesi	ΔQ	ΔBOD	ΔQBOD	ΔCOD	ΔQCOD	ΔNItot	ΔQNItot	ΔPItot	ΔQPItot	ΔN_NO <sub>3</sub>	ΔQN_NO <sub>3</sub>	ΔN-NH <sub>3</sub>	ΔQN-NH <sub>3</sub>	ΔCI	ΔQCI	ΔPO <sub>4</sub>	ΔQPO <sub>4</sub>	ΔSO <sub>4</sub>	ΔQSO <sub>4</sub>	
1	12.1	0.3	35.0	-1.7	-20	0.3	43.4	0	0.61	0.1	19.7	0	0.12	0.09	0	145	0.01	1.01	4	716
2	6.3	-0.4	-8.9	0.2	42	0.1	13.6	0.01	0.79	0.12	11.1	0	0.06	0.38	0	88	0.01	0.72	1	243
3	9.3	-0.2	16.9	-0.1	61	-0.1	13.6	-0.02	0.03	0.12	11.4	-0.01	-0.13	-0.44	0	148	0	0.18	1	346
4	1.9	-0.4	1.7	2.1	32	-0.3	0.7	-0.01	0.09	0	1.8	0	0.04	-0.10	1	45	-0.01	-0.04	5	116
5	3.5	-1.3	4.7	2	63	-1.7	-0.5	-0.13	0.01	-0.8	0.2	-0.06	-0.02	-1.29	-5	45	-0.04	0.15	3	167
6	1.3	-0.7	1.1	0	15	0.3	5.5	-0.02	0.27	0.2	3.0	-0.06	0.00	-0.1	0	31	-0.01	0.21	1	59
7	1.8	-0.6	3.2	2	23	-0.1	5.4	-0.03	0.22	-0.2	2.6	-0.01	0.02	0.05	2	46	-0.03	0.12	3	75
8	2.4	1.1	8.0	1	34	0.7	7.0	-0.02	0.22	0.1	3.9	0	0.07	0.62	3	67	-0.01	0.21	3	95
9	2.0	-0.2	2.4	-0.1	17	0.1	5.3	0.02	0.36	0	3.3	-0.03	0.03	0.15	1	39	0.03	0.36	2	72
10	0.4	-0.3	0.8	-1.1	3	0.2	1.8	-0.02	0.07	0	1.0	-0.06	-0.03	0.04	-2	10	-0.02	0.06	0	16
11	3.3	0.6	11.7	0	36	0.4	9.9	0.05	0.70	0.1	4.7	0.02	0.28	0.45	2	67	0.04	0.57	4	157
12	2.1	0.2	4.4	-0.1	14	0.1	5.9	0	0.17	0.3	5.4	-0.01	0.04	0.03	1	46	0	0.15	3	103

La portata di acqua è espressa in m<sup>3</sup>/s, quella di materia in g/s. Le concentrazioni sono in mg/l. I composti dell'azoto sono espressi come mg/l di N, quelli del fosforo come mg/l di P.

Tab. 16. Concentrazioni (mg/l) nelle acque immesse nel fiume o perse da fiume. In rosso sono riportati i valori negativi

Imese	BOD	COD	NItot	PItot	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	CI	PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>
1	2.89E+00	-1.63E+00	3.59E+00	5.02E-02	1.63E+00	1.00E-02	7.22E-03	1.20E+01	8.32E-02	5.92E+01
2	-1.42E+00	6.71E+00	2.15E+00	1.26E-01	1.77E+00	9.24E-03	6.02E-02	1.40E+01	1.15E-01	3.85E+01
3	1.83E+00	6.57E+00	1.46E+00	3.33E-03	1.23E+00	-1.40E-02	-4.74E-02	1.60E+01	1.95E-02	3.74E+01
4	8.94E-01	1.67E+01	3.45E-01	4.69E-02	9.39E-01	2.22E-02	-5.11E-02	2.35E+01	-2.29E-02	6.05E+01
5	1.32E+00	1.79E+01	-1.53E-01	2.27E-03	4.69E-02	-5.75E-03	-3.66E-01	1.28E+01	4.31E-02	4.73E+01
6	8.52E-01	1.10E+01	4.12E+00	2.01E-01	2.22E+00	2.91E-03	-6.66E-02	2.30E+01	1.57E-01	4.41E+01
7	1.81E+00	1.30E+01	3.05E+00	1.28E-01	1.50E+00	1.26E-01	3.09E-02	2.59E+01	6.75E-02	4.24E+01
8	3.33E+00	1.43E+01	2.91E+00	9.29E-02	1.63E+00	3.08E-02	2.58E-01	2.79E+01	8.82E-02	3.99E+01
9	1.24E+00	8.41E+00	2.68E+00	1.85E-01	1.70E+00	1.52E-02	7.61E-02	1.98E+01	1.83E-01	3.65E+01
10	1.75E+00	7.45E+00	4.01E+00	1.55E-01	2.29E+00	-5.97E-02	8.79E-02	2.35E+01	1.28E-01	3.57E+01
11	3.61E+00	1.10E+01	3.04E+00	2.17E-01	1.44E+00	8.55E-02	1.38E-01	2.07E+01	1.74E-01	4.84E+01
12	2.05E+00	6.83E+00	2.78E+00	7.92E-02	2.53E+00	2.08E-02	1.52E-02	2.18E+01	7.05E-02	4.83E+01

#### 5.2.4 Fiume Tevere tratto d'asta 2183-TVR4\_6934-TVR6

Questo tratto d'asta comprende il tratto di fiume tra Ponte Felcino e l'immissione del Chiascio nel Tevere. Non esiste un misuratore di portata per quest'ultima stazione, viceversa abbiamo a disposizione la portata del Chiascio (2097-CHS3) e quella del Tevere dopo l'immissione del Chiascio (stazione cod.2186-TVR5). La portata della stazione sul Tevere a monte della confluenza con il Chiascio (cod.6934-TVR6) potrebbe dunque essere calcolata supponendo che sia uguale a quella misurata nel punto localizzato a valle dell'immissione del Chiascio meno quella determinata per il Chiascio. Un altro modo per valutare la portata è fare il bilancio di massa su specie conservative, supponendo che non vi siano perdite verso la falda o ingressi di acqua diversa da quella del Chiascio. Per tali bilanci sono stati scelti i solfati ed i cloruri.

In tabella 17 sono riportati i dati utilizzati ed i risultati ottenuti. Q indica la portata in m<sup>3</sup>/s

Tab. 17. Calcolo della portata nella stazione 6934-TVR6

mesi	Qchiascio	Q2186	Q2186- QChiascio	SO <sub>4</sub> 6934	SO <sub>4</sub> Chiascio	SO <sub>4</sub> 2186	Q6934 (*)	Cl 6934	Cl Chiascio	Cl 2186	Q6934 (**)
	m3/s	m3/s	m3/s	mg/l	mg/l	mg/l	m3/s	mg/l	mg/l	mg/l	m3/s
1	66	132	66	40	55	46	60	18	25	17	32
2	26	88	62	31	49	42	78	16	21	11	27
3	32	68.	36	36	51	43	36	18	20	22	48
4	12	24	12	41	69	n.d.		23	20	23	13
5	5.2	23	17.8	45	85	57	19	26	22	23	16
6	5.2	9.9	4.7	43	89	61	3.3	26	20	22	4.4
7	1.1	4.6	3.5	43	113	67	4.4	31	27	30	3.5
8	0.71	4.6	3.89	43	103	64	5.1	36	27	34	3.8
9	0.88	3.9	3.02	40	120	78	4.9	30	27	26	2.6
10	2.9	7	4.1	34	73	54	4.8	31	25	29	4.2
11	5.2	16	10.8	43	76	57	12	26	22	28	13
12	6.6	14	7.4	45	74	61	8.	25	22	23	7

(\*) portata calcolata con il dato di concentrazione dei solfati.

(\*\*) portata calcolata con il dato di concentrazione dei cloruri.

La portata calcolata con le differenze tra le portate misurate nella stazione cod.2186-TVR5 (Tevere a valle confluenza Chiascio) e quella misurate sul Chiascio (prima della confluenza con il Tevere, cod.2097-CHS3), sono in buon accordo con quelle determinate con gli ioni Cl per i mesi da aprile a dicembre, mentre per gennaio, la portata ottenuta dai bilanci di massa dei cloruri è circa la metà. Occorre osservare tuttavia che i cloruri misurati nel mese di gennaio a valle dell'ingresso del Chiascio non hanno i valori che ci si aspetterebbe, salvo non pensare ad immissioni di acque molto impoverite in Cl. Possiamo ritenere quindi che vi siano errori nella determinazione dei Cl.

I valori di portata ricalcolata con i solfati sono invece più vicini a quelli ottenuti dalle portate misurate, a conferma di quanto detto precedentemente. Questa verifica autorizza ad avvalersi dei dati di portata calcolati dalle differenze di Q2186-QChiascio. Utilizzando tali valori è stata costruita la tabella 18, che riporta le variazioni di concentrazione e massa nell'asta di fiume considerata.

Le portate aumentano in tutti i mesi dell'anno, ad eccezione di settembre, mese in cui questa diminuisce anche se la sua variazione è così piccola da poter essere trascurabile.

In quasi tutti i mesi dell'anno le quantità di sostanza in transito dalla stazione cod.6934-TVR6 (Tevere sul ponte della provinciale per Torgiano) aumentano, a dimostrazione che la concentrazione delle sostanze considerate contenute nelle acque che si immettono nel Tevere o è la stessa di quella del fiume o è superiore. In tabella 19 sono riportati i valori di concentrazione delle specie considerate nelle acque che entrano e/o escono dal fiume. Tali valori sono più elevati di quelli trovati per i tratti precedentemente analizzati. Da osservare i valori negativi per quasi tutti i costituenti, cloruri compresi, del mese di settembre. Il fatto che la concentrazione di cloruri risulti negativa può indicare errori o nella misura delle portate o nei valori di concentrazione. Lo stesso si può dire nel caso dei risultati ottenuti per lo ione solfato il cui valore di concentrazione risulta negativo nel mese di gennaio.

Tab. 18. Variazioni medie mensili delle concentrazioni e di portata tra Torgiano e Ponte Felcino.

Mesi	ΔQ	ΔBOD	ΔQBOD	ΔCOD	ΔQCOD	ΔNtot	ΔQNtot	ΔPtot	ΔQPtot	ΔN_NO3	ΔQN_NO3	ΔN-NO2	ΔQN-NO2	ΔN-NH3	ΔQN-NH3	ΔCI	ΔQCI	ΔPO4	ΔQPO4	ΔSO4	ΔQSO4
1	1.2	1.4	93	3.3	223	-0.3	-17	0.01	0.7	0.10	8.0	0.01	0.7	0.05	3.3	6.0	407	0.01	0.7	-2.0	-78.9
2	8.2	0.8	63	2.6	204	0.4	36	0.00	0.4	0.03	8.9	0.01	0.7	0.04	3.0	2.0	239	0.00	0.3	0.0	253.8
3	5.4	-0.2	5.2	1.1	77	0.9	42	0.08	3.2	0.85	36.1	0.02	0.8	0.08	3.3	2.0	160	0.02	0.8	1.0	226.6
4	2.6	0.7	14	3.7	65	0.5	9.2	0.03	0.5	0.26	5.3	0.02	0.3	0.03	0.4	3.0	85	0.03	0.4	-2.0	88.5
5	9.1	0.7	42	7.0	261	1.6	49	0.02	2.1	0.40	18.0	0.03	1.3	0.14	3.5	6.0	289	0.03	1.4	2.0	427.6
6	1.9	2.4	14	2.0	31	0.2	8.3	0.02	0.5	0.10	4.3	0.01	0.2	0.10	0.5	3.0	59	-0.02	0.2	0.0	83.0
7	0.9	1.3	6.5	-2.3	3.0	0.4	4.3	0.08	0.4	0.10	1.8	0.03	0.1	0.08	0.3	6.0	44	0.06	0.3	2.0	44.9
8	0.8	0.6	4.6	5.0	30	0.5	4.0	0.08	0.4	0.30	2.4	0.03	0.1	-0.02	0.1	9.0	56	0.07	0.3	4.0	45.6
9	-0.5	0.3	0.2	0.9	-1.7	1.0	1.6	0.13	0.3	0.70	1.2	0.03	0.1	0.05	0.1	11.0	23	0.09	0.2	5.0	-3.3
10	2.7	3.3	20	6.1	51	0.9	13	0.06	0.8	0.30	7.3	0.09	0.5	0.50	2.4	3.0	87	0.05	0.7	-2.0	87.6
11	3.1	1.6	26	5.0	88	0.4	12	0.11	1.7	0.20	6.2	0.04	0.6	0.16	2.1	8.0	142	0.11	1.6	0.0	134.6
12	1.5	-0.1	1.8	0.9	17	-0.1	3.1	0.06	0.6	0.30	5.1	0.03	0.3	0.26	2.1	5.0	66	0.05	0.5	2.0	77.7

La portata di acqua è espressa in m3/s, quella di materia in g/s.

Le concentrazioni sono in mg/l .

I composti dell'azoto sono espressi come mg/l di N, quelli del fosforo come mg/l di P

Tab. 19. Concentrazioni (mg/l) nelle acque immerse nel fiume o perse dal fiume. In rosso sono riportati i valori negativi

imese	BOD	COD	Ntot	Ptot	N-NO3	N-NO2	N-NH3	Cl	PO4	SO4
1	7.57E+01	1.80E+02	-1.36E+01	5.79E-01	6.49E+00	5.39E-01	2.70E+00	3.30E+02	5.69E-01	-6.39E+01
2	7.66E+00	2.49E+01	4.43E+00	5.00E-02	1.09E+00	8.57E-02	3.63E-01	2.91E+01	4.00E-02	3.10E+01
3	9.58E-01	1.42E+01	7.74E+00	5.87E-01	6.65E+00	1.44E-01	6.07E-01	2.94E+01	1.54E-01	4.17E+01
4	5.34E+00	2.54E+01	3.57E+00	2.10E-01	2.07E+00	1.07E-01	1.50E-01	3.30E+01	1.40E-01	3.43E+01
5	4.56E+00	2.86E+01	5.41E+00	2.29E-01	1.98E+00	1.38E-01	3.82E-01	3.17E+01	1.58E-01	4.69E+01
6	7.44E+00	1.59E+01	4.29E+00	2.69E-01	2.24E+00	9.44E-02	2.84E-01	3.03E+01	1.21E-01	4.30E+01
7	7.07E+00	3.21E+00	4.63E+00	4.46E-01	1.98E+00	1.35E-01	3.46E-01	4.79E+01	3.09E-01	4.86E+01
8	6.03E+00	3.92E+01	5.22E+00	5.04E-01	3.11E+00	1.81E-01	1.29E-01	7.24E+01	4.43E-01	5.92E+01
9	-3.23E-01	3.33E+00	-3.14E+00	-5.77E-01	-2.32E+00	-1.32E-01	-1.87E-01	-4.42E+01	-3.57E-01	6.28E+00
10	7.43E+00	1.92E+01	4.97E+00	2.91E-01	2.76E+00	1.97E-01	9.12E-01	3.26E+01	2.46E-01	3.30E+01
11	8.30E+00	2.82E+01	3.88E+00	5.28E-01	1.99E+00	1.98E-01	6.60E-01	4.55E+01	4.98E-01	4.30E+01
12	1.20E+00	1.15E+01	2.10E+00	3.79E-01	3.50E+00	1.90E-01	1.42E+00	4.49E+01	3.19E-01	5.30E+01



### 5.2.5 Fiume Tevere tratto d'asta 6934-TVR6\_2186-TVR5

Questo tratto fluviale si caratterizza per l'immissione del Chiascio.

In tabella 20 sono riportati i contributi del Chiascio alla quantità di materia che transita dalla stazione 2186-  
TVR5. I contributi sono calcolati come frazioni, in altri termini: nella colonna Q della tabella si restituisce il  
rapporto tra portata del Chiascio e la portata misurata nella stazione 2186-  
TVR5; nella colonna BOD il rapporto tra la quantità di BOD che transita per secondo nel Chiascio e la stessa quantità calcolata nella  
stazione 2186-  
TVR5; e così di seguito.

Tab. 20. Contributi del Chiascio alla portata ed alla quantità totale di materia calcolata nella stazione 2186-  
TVR5

	Q(*)	BOD	COD	N-tot	P-tot	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	Cl	PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>
1	0.50	1.00	0.56	0.65	1.08	0.97	1.00	1.81	0.74	1.00	0.60
2	0.29	0.36	0.35	0.28	0.49	0.66	0.58	0.67	0.56	0.58	0.34
3	0.47	0.61	0.59	0.71	0.93	0.70	0.74	0.75	0.42	0.77	0.55
4	0.53	0.72	0.49		0.78				0.46		
5	0.23	0.20	0.19	0.28	0.44	0.23	0.38	0.33	0.22	0.42	0.34
6	0.53	0.21	0.39	0.46	0.80	0.44	0.53	0.41	0.48	0.87	0.77
7	0.23	0.11	0.19	0.23	0.32	0.20	0.43	0.50	0.21	0.37	0.39
8	0.15	0.12	0.33	0.15	0.20	0.14	0.19	0.17	0.12	0.20	0.25
9	0.23	0.20	0.21	0.23	0.31	0.20	0.23	0.20	0.24	0.30	0.35
10	0.42	0.52	0.45	0.35	0.64	0.28	0.42	0.59	0.36	0.59	0.57
11	0.33	0.31	0.33	0.37	0.36	0.36	0.24	0.25	0.26	0.44	0.44
12	0.48	0.63	0.56	0.57	0.75	0.53	0.54	0.79	0.45	0.71	0.58

I contributi sono calcolati come frazioni.

(\*) Rapporto tra portata del Chiascio e portata del Tevere a valle della immissione

I dati del mese di gennaio riflettono indubbiamente errori sia nella determinazione delle portate che delle  
concentrazioni. L'indicazione qualitativa è che in tale mese il carico complessivo di materia, con riferimento  
alle sostanze che determinano lo stato di qualità del fiume, è addebitabile quasi completamente al Chiascio.  
Questo non è più vero per gli altri mesi dell'anno e specie in quelli estivi durante i quali prevale il contributo  
del Tevere a monte dell'immissione del Chiascio, sia considerando le portate d'acqua che quelle di materia.  
Si conferma quindi che il Chiascio pur fornendo un importantissimo apporto di materia al Tevere non ne  
determina da solo la qualità a valle della sua immissione. L'influenza del Chiascio sembra poi più importante  
nei mesi invernali e per sostanze come i fosfati.

### 5.2.6 Fiume Tevere tratto d'asta 2186- TVR5\_2189- TVR7

In questo tratto di fiume si immette il fiume Nestore. In tabella 21 sono riportati i contributi dell'affluente alla  
portata ed alle quantità di materia rispetto alla stazione 2189-  
TVR7 (Tevere, a monte del Lago di Corbara).  
Per il calcolo di tali quantità vale quanto detto precedentemente per il fiume Chiascio.

Tab. 21. Contributo del Nestore alle portate e quantità di materia

	Q(*)	BOD	COD	N-tot	P-tot	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	Cl	PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>
1	0.08	0.24	0.30	0.15	0.17	0.13	0.21	0.49	0.16	0.17	0.10
2	0.03	0.07	0.05	0.08	0.13	0.07	0.14	0.23	0.10	0.16	0.04
3	0.04	0.10	0.14	0.15	0.31	0.06	0.10	0.35	0.11	0.35	0.06
4	0.10	0.14	0.14	0.16	0.21	0.13	0.34	0.21	0.23	0.26	0.10
5	0.23	0.45	0.36	0.30	0.69	0.25	0.55	0.30	0.50	0.71	0.21
6	0.31	2.74	0.54	0.53	0.65	0.53	1.25	3.65	0.64	0.43	0.19
7	0.08	0.25	0.46	0.24	0.31	0.37	0.50	0.03	0.20	0.59	0.06
8	0.05	0.11	0.15	0.05	0.12	0.05	0.11	0.22	0.14	0.11	0.04
9	0.10	0.21	0.20	0.19	0.29	0.22	0.24	0.14	0.27	0.30	0.13
10	0.22	0.57	0.37	0.45	0.64	0.55	1.12	0.72	0.51	0.66	0.17
11	0.05	0.08	0.09	0.08	0.11	0.05	0.07	0.15	0.11	0.13	0.05
12	0.07	0.21	0.13	0.16	0.25	0.11	0.17	0.34	0.18	0.25	0.09

I contributi sono calcolati come frazioni. (\*)

Rapporto tra portata del Nestore e portata del Tevere a valle della immissione.

La tabella evidenzia contributi importanti alla portata del fiume principalmente nei mesi di maggio, giugno ed  
ottobre. Alti valori del rapporto per il BOD, COD, N-totale, N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, P totale e P-PO<sub>4</sub> e Cloruri,  
ne evidenziano l'influenza, sempre negli stessi mesi di maggio, giugno e ottobre, anche dal punto di vista  
qualitativo. In particolare nel mese di giugno alcuni di questi rapporti sono maggiori di 1, è il caso del BOD,  
dell'azoto ammoniacale e nitroso.

In tabella 22 sono invece riportati i bilanci di materia.

Tab. 22. Bilanci di materia nell'asta considerata

mesi	ΔQ	ΔQ BOD	ΔQ COD	ΔQ NTot	ΔQ Ptot	ΔQ NO <sub>3</sub>	ΔQ NO <sub>2</sub>	ΔQ NH <sub>3</sub>	ΔQ Cl	ΔQ PO <sub>4</sub>	ΔQ SO <sub>4</sub>
1	7.36	-124	-732	54	0.84	89	0.93	-3.96	39	0.87	901
2	1.12	55	195	-132	3.54	40	-0.25	8.97	188	1.86	361
3	8.43	257	288	123	5.82	41	1.64	40	4.77	4.34	386
4	-7.67	-2.4	-65	71	-0.26	33	1.28	20	-175	2.47	964
5	-18.96	-98	-363	-60	-4.63	-33	-2.93	-7.35	-447	-3.81	
6	-5.8	-101	-163	-30	-3.03	-12.7	-2.3	-6.69	-160	-1.8	-249
7	-0.12	-11	-44	-6.3	-1.45	-4.14	-0.18	0.15	-9.23	-1.44	44
8	0.59	15	23	2	-0.71	-2.23	-0.08	-0.21	35	-0.95	134
9	1.05	-1.8	-2.1	2.8	-0.42	2.15	-0.1	-0.47	47	-0.36	60
10	-1.08	-23	-33	-5.5	-1.48	-7.15	-1.19	-2.55	-61	-1.35	55
11	4.37	-52	81	43	2.54	23	1.42	11	223	1.43	274
12	1.05	-15	-1.9	0.09	-0.12	6.82	0.36	-1.62	48.	0.07	165

Ancora i mesi di maggio e giugno registrano un forte decremento della portata e questo potrebbe spiegare il motivo per cui si osservano importanti perdite di materia per tutte le sostanze considerate.

In tabella 23 sono invece riportati i valori di concentrazione attesi per la stazione 2189-*TVR7* tenendo conto delle concentrazioni e portate misurate nel punto 2186-*TVR5* e 2140-*NES2* (Nestore).

Quando la sostanza è conservativa, come nel caso dei cloruri e dei solfati, i valori attesi non sono così distanti da quelli misurati anche quando si hanno importanti perdite di acqua. La stessa cosa non succede per BOD e COD. Questo fa ritenere che il fiume abbia una certa capacità di autodepurazione nel tratto considerato. Quindi le perdite di materia osservate potrebbero anche essere dovute a fenomeni di autodepurazione.

Tab. 23: Valori di concentrazione calcolati e misurati nella stazione 2189-*TVR7*

Mesi	Bod mis	Bod calc	COD mis	COD cal	Ntot mis	N tot calc	Ptot mis	P tot calc	NO <sub>3</sub> mis	NO <sub>3</sub> calc	NO <sub>2</sub> mis	NO <sub>2</sub> calc	NH <sub>3</sub> mis	NH <sub>3</sub> calc	Cl mis	Cl calc	PO <sub>4</sub> mis	PO <sub>4</sub> calc	SO <sub>4</sub> mis	SO <sub>4</sub> calc
1	1.9	2.9	2.5	7.7	3.8	3.6	0.08	0.08	2.4	1.9	0.03	0.03	0.12	0.15	18	19	0.07	0.07	51	47
2	2.9	2.3	8.4	6.3	2.7	4.2	0.11	0.07	1.7	1.3	0.03	0.03	0.3	0.20	14	12	0.07	0.05	46	43
3	7.7	5.0	15.0	12.7	4.7	3.4	0.24	0.19	2	1.7	0.07	0.06	1.3	0.90	21	23	0.2	0.16	44	44
4	5.0	3.6	19.0	15.8	4.8	0.5	0.27	0.20	2.2	0.2	0.11	0.03	1.4	0.20	27	26	0.19	0.03	61	
5	3.5	4.8	15.0	18.3	3.7	3.3	0.26	0.25	2.1	1.8	0.22	0.17	0.25	0.36	31	25	0.22	0.20	64	57
6	1.9	9.6	13.0	20.5	3.9	4.5	0.36	0.44	2.2	2.2	0.14	0.27	0.16	0.65	27	27	0.32	0.31	74	59
7	5.0	7.2	13.0	21.5	1.9	3.1	0.17	0.46	0.8	1.6	0.04	0.08	0.13	0.10	33	34	0.06	0.35	77	66
8	5.8	3.3	15.0	12.1	2.7	2.6	0.15	0.31	0.9	1.5	0.05	0.07	0.1	0.16	41	39	0.07	0.27	82	64
9	2.1	3.0	11.0	14.1	3.6	3.8	0.23	0.38	2.4	2.5	0.07	0.11	0.09	0.22	37	35	0.2	0.33	76	81
10	2.6	5.0	12.0	14.4	5	5.0	0.35	0.48	2.8	3.3	0.15	0.27	0.31	0.57	38	40	0.31	0.43	69	54
11	5.7	4.1	14.0	12.9	5.1	3.9	0.36	0.30	3.2	2.7	0.16	0.12	0.95	0.53	35	31	0.25	0.23	58	57
12	3.0	4.2	8.2	8.9	3.8	4.1	0.21	0.23	3	2.8	0.1	0.08	0.58	0.73	28	27	0.19	0.20	69	63

### 5.2.7 Fiume Chiascio tratto d'asta 2095-*CHS2*\_2097-*CHS3*

Per il tratto compreso tra le stazioni 2092-*CHS1*\_2095-*CHS2* non è possibile effettuare valutazioni di bilancio di materia per mancanza di dati significativi.

Per il tratto compreso invece, tra le stazioni 2095-*CHS2*\_2097-*CHS3*, compresa l'immissione del fiume Topino è possibile effettuare un'analisi completa per il solo l'anno 2001. Occorre dire, tuttavia, che le portate non sono state misurate su tutte e tre le stazioni ma quella della stazione 2095 è stata ricavata dalle misure delle altre due, come si può vedere dalla tabella 24, che riporta anche i bilanci da materia.

Tab. 24: Bilanci di materia

mesi	ΔQ	ΔQBOD	ΔQCOD	ΔQN-Tot	ΔQP-Tot	ΔQ-NO <sub>3</sub>	ΔQ-NO <sub>2</sub>	ΔQ-NH <sub>3</sub>	ΔQ-Cl	ΔQ-PO <sub>4</sub>	ΔQ-SO <sub>4</sub>
1	0	39.61	84.09	12.71	1.84	1.81		5.68	10.73	1.18	9.98
2	0	-10.51	-8.35	-3.63	-0.36	2.17		-0.7	7.23	0.18	-47.22
3	0	-4.11	32.94	-3.76	-0.12	4.49		-1.93	-22.26	-0.45	-27.37
4	0	37.88	122.23	13.13	0.46	-0.28		9.64	-3.7	0.73	-67.76
5	0	85.47	72.51	6.35	1.57	2.26		0.23	15.89	0.43	-33.47
6	0	-5.89	19.03	0.49	-0.05	0.98		-1.07	9.74	-0.19	44.99
7	0	-2.57	-0.3	0.9	0.11	2.22		-1.73	-4.12	0.06	180.4
8	0	5.79	-9.81	-0.52	0.49	0.63		-1.99	-9.81	0.4	215.17
9	0	0.24	-6.4	0.95	0.04	1.12		-0.17	-8.63	0.14	154.61

10	0	0.6	-128.72	0.69	-0.4	-0.12		-1.36	-12.22	-0.34	-0.92
11	0	-5.81	-5.39	-1.81	-0.02	0.54		-1.62	-23.92	0.12	134.32
12	0	-2.34	-1.68	5.8	0.27	1.93		-0.59	4.02	0.25	5.62

Una riprova che l'approssimazione effettuata è accettabile viene dal confronto tra i valori dei cloruri e dei solfati calcolati e misurati, mostrati in tabella 25. In tabella 26 sono riportati invece gli apporti del fiume Topino sia alle portate che alle quantità di materia.

Nei mesi invernali la portata del Topino rappresenta più della metà di quella del Chiascio dopo l'immissione. Il fiume è molto importante anche per i contributi di materia. Il rapporto tra fosforo trasportato dal Topino e fosforo totale nel Chiascio, a valle dell'immissione, supera il valore di 0,5 nei mesi di febbraio, marzo, aprile, giugno, ottobre, novembre e dicembre, in tutti gli altri periodi dell'anno non scende mai al di sotto di 0,42 per P-tot e 0,46 per P-PO4. L'influenza del Topino è particolarmente evidente nel mese di ottobre quando, pur avendo una portata pari al 38% di quella totale del Chiascio, fornisce il 90% di COD, il 62% di N-tot, il 91% di P-tot, il 90% di P, ecc. Il contributo al BOD è molto variabile essendo il rapporto compreso tra 0.12 del mese di aprile e 1.33 del mese di ottobre. I rapporti maggiori di 1 non si osservano per Cl e SO4, ma solamente per quelle sostanze che non sono conservative e questo potrebbe indicare, escludendo errori di tipo analitico, la presenza di processi chimici e biologici che ne riducono le quantità presenti in soluzione.

Tab. 25: Concentrazioni calcolate e misurate nella stazione 2095-CHS2

mesi	BOD mis	BOD calc	COD mis	COD calc	N-tot mis	N-tot calc	P-tot mis	P tot calc	N-NO <sub>3</sub> mis	N-NO <sub>3</sub> alc	N-NH <sub>3</sub> mis	N-NH <sub>3</sub> calc	Cl mis	Cl calc	P-PO <sub>4</sub> mis	P-PO <sub>4</sub> calc	SO <sub>4</sub> mis	SO <sub>4</sub> calc
1	2.8	1.0	8.4	4.6	4.7	4.1	0.19	0.11	3.3	3.2	0.54	0.29	14	14	0.14	0.09	53	53
2	1.2	1.6	5.2	5.5	4	4.1	0.07	0.08	2.9	2.8	0.21	0.24	17	17	0.05	0.04	57	59
3	1.1	1.3	6.2	4.7	3.1	3.3	0.08	0.09	2.5	2.3	0.08	0.17	14	15	0.05	0.07	55	56
4	4.8	3.4	8.1	3.5	5	4.5	0.14	0.12	3.4	3.4	0.59	0.23	16	16	0.12	0.09	57	60
5	7.3	1.9	12	7.4	2.9	2.5	0.23	0.13	2.1	2.0	0.18	0.17	15	14	0.14	0.11	57	59
6	1.5	2.1	10	8.1	2.8	2.7	0.12	0.12	2.3	2.2	0.02	0.13	19	18	0.06	0.08	65	60
7	2.2	2.6	11	11.0	3	2.9	0.19	0.17	1.9	1.5	0.27	0.55	19	20	0.16	0.15	108	79
8	3.6	2.4	11	13.0	4.1	4.2	0.27	0.17	1.6	1.5	0.76	1.16	24	26	0.21	0.13	115	72
9	2.3	2.3	10	11.0	2.4	2.2	0.18	0.17	1.4	1.2	0.22	0.25	19	21	0.16	0.13	99	72
10	4.3	4.3	19	30.0	2.9	2.8	0.18	0.21	1.8	1.8	0.08	0.19	17	18	0.16	0.19	60	60
11	1.2	2.2	8.2	9.1	4.5	4.8	0.23	0.23	3.5	3.4	0.26	0.54	22	26	0.21	0.19	110	87
12	2.5	2.8	7.6	7.8	4.7	3.9	0.23	0.19	3	2.7	0.42	0.51	22	21	0.2	0.16	94	93

Tab. 26: Apporti del fiume Topino alle portate d'acqua e di materia misurate nella stazione 2097-CHS3

Q	BOD	COD	N-Tot	P-Tot	NO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	Cl	PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>
1	0.52	0.30	0.41	0.54	0.46	0.58	0.40	0.52	0.66
2	0.57	0.95	0.86	0.71	0.90	0.69	0.93	0.61	0.73
3	0.57	0.78	0.59	0.68	0.85	0.59	1.49	0.61	0.69
4	0.71	0.52	0.22	0.77	0.71	0.86	0.30	0.76	0.84
5	0.58	0.12	0.34	0.50	0.48	0.55	0.45	0.54	0.74
6	0.50	0.56	0.34	0.52	0.75	0.52	4.40	0.45	0.65
7	0.48	0.71	0.43	0.44	0.52	0.45	0.53	0.40	0.52
8	0.34	0.24	0.34	0.38	0.42	0.43	0.31	0.34	0.37
9	0.43	0.41	0.38	0.43	0.46	0.37	0.90	0.36	0.52
10	0.38	0.28	0.90	0.62	0.91	0.59	2.23	0.40	0.66
11	0.53	1.33	0.62	0.68	0.69	0.53	1.97	0.51	0.61
12	0.60	0.72	0.57	0.50	0.72	0.52	1.11	0.52	0.78

I rapporti maggiori di 1 possono indicare o banali errori analitici o effetti di consumo del prodotto tra il punto di immissione e la stazione di monitoraggio a valle

## 6. ANALISI DEI DATI

La procedura di classificazione ai sensi del D.Lgs. 152/99, operata secondo specifici criteri analitici e di elaborazione, ha prodotto i risultati riassunti nella tabella 27, dalla cui lettura si rileva che, la maggior parte dei corsi d'acqua mantiene nel tempo la stessa classificazione, e il giudizio prevalente è quello di acque moderatamente inquinate (Stato Ambientale SACA sufficiente).

1. Dal 1997 al 2003 si osservano però alcune variazioni nelle classi di qualità, dovute sia al LIM che all'IBE. In particolare si rileva che

**IBE**

Peggiora			Migliora		
Topino - TOP2	10	→ 7	Alto Tevere - TVR4	4	→ 6
Paglia/Chiani - PGL1	8	→ 7	Medio Tevere - TVR7	4	→ 6
Paglia/Chiani - CHN1	8	→ 7	Basso Tevere - TVR9	6	→ 8
			Basso Tevere - TVR10	5	→ 6
			Chiascio - CHS3	5	→ 6

**LIM**

Peggiora			Migliora		
Nera - CRN2	2	→ 3	Topino/Marroggia - TIM1	4	→ 3
			Paglia/Chiani - PGL1	3	→ 2
			Paglia/Chiani - CHN1	3	→ 2
			Nera - NER4	3	→ 2
			Velino - VEL1	3	→ 2

Complessivamente, lo stato ecologico tende al peggioramento nelle stazioni sul fiume Topino a valle di Foligno (2217-TOP2) e sul fiume Corno in località Balza Tagliata (2108-CRN2), mentre migliora sul fiume Tevere nelle stazioni di Ponte Felcino (2183-TVR4), Pontecuti (2189-TVR7), e Orte (2193- TVR10), sul fiume Chiascio alla confluenza con il fiume Tevere (2097-CHS3), sul fiume Timia prima della confluenza con il Topino (2213-TIM1) e sul fiume Nera prima della confluenza con il fiume Velino (2126-NER4).

2. Nel periodo compreso tra il 2002 e il 2003 invece, si classificano di qualità
- buona, i fiumi Clitunno e il tratto medio-alto dei fiumi Topino e Nera;
  - sufficiente, il tratto medio-basso dei fiumi Topino, Marroggia e Nera, i fiumi Corno, Paglia, Chiani, Chiascio e Tevere;
  - scadente, i fiumi Nestore, Teverone e Velino;
  - pessima, il torrente Marroggia.

Nella Regione Umbria non sono stati classificati corsi d'acqua, o tratti di corsi d'acqua, in qualità elevata.

Tab. 27: Elaborazioni ai sensi del D.Lgs. 152/99

Sottobacino	periodo	100-OD%	Punteggio	BOD5 Punteggio	COD Punteggio	NH4 Punteggio	NO3 Punteggio	P-tot Punteggio	E.Coli Punteggio	IBE	LIM/SECA	SACA					
Alto Tevere	1997-2000	25,70	20	4,00	12,00	0,63	10	1,50	40	0,20	20	8.475	10	6 160	III	Sufficiente	
	2001-2002	15,55	40	2,23	10,25	0,08	40	0,95	40	0,23	20	2.913	20	7 260	III	Sufficiente	
	2002-2003	14,01	40	2,05	11,00	0,09	40	0,91	40	0,27	20	4.050	20	7 260	III	Sufficiente	
	1997-2000	22,40	20	3,00	15,80	0,40	20	2,90	20	0,13	40	21.750	5	7 155	III	Sufficiente	
	2001-2002	14,74	40	2,35	10,25	0,13	20	1,63	20	0,22	20	5.150	10	7 210	III	Sufficiente	
	2002-2003	15,93	40	3,10	10,25	0,14	20	1,70	20	0,24	20	9.825	10	7 170	III	Sufficiente	
	1997-2000	18,00	40	2,40	12,80	0,20	20	2,50	20	0,08	40	8.000	10	7 230	III	Sufficiente	
	2001-2002	9,14	80	2,65	10,00	0,13	20	1,75	20	0,12	40	3.550	20	7 260	III	Sufficiente	
	2002-2003	9,64	80	2,70	11,25	0,16	20	1,80	20	0,15	40	5.038	10	7 230	III	Sufficiente	
	1997-2000	14,40	40	2,20	12,00	0,13	20	2,40	20	0,04	80	2.300	20	4 280	IV	Scadente	
	2001-2002	9,90	80	2,33	10,00	0,10	40	1,70	20	0,11	40	3.363	20	6 320	III	Sufficiente	
	2002-2003	11,46	40	2,40	11,00	0,14	20	1,70	20	0,12	40	5.325	10	6 230	III	Sufficiente	
	1997-2000	18,10	40	4,10	15,00	0,20	10	3,10	20	0,25	20	24.000	5	6 145	III	Sufficiente	
	2001-2002	14,08	40	4,63	12,25	0,26	20	2,23	20	0,43	10	6.400	10	6 140	III	Sufficiente	
2002-2003	18,08	40	4,73	14,00	0,34	20	2,35	20	0,15	10	13.313	10	7 140	III	Sufficiente		
Medio Tevere	1997-2000	20,90	20	4,20	18,00	0,39	20	3,60	20	0,17	20	2.300	20	4 130	IV	Scadente	
	2001-2002	16,04	40	4,88	16,00	0,38	20	2,73	20	0,60	10	2.743	20	6 140	III	Sufficiente	
	2002-2003	17,39	40	5,10	15,00	0,36	20	2,83	20	0,66	5	3.875	20	6 145	III	Sufficiente	
	1997-2000	13,00	40	3,70	16,80	0,30	20	2,20	20	0,07	40	5.275	10	7 180	III	Sufficiente	
	2001-2002	7,39	80	3,03	13,00	0,13	20	1,70	20	0,12	40	6.625	20	7 240	III	Sufficiente	
	2002-2003	6,47	80	3,23	15,00	0,14	20	2,00	20	0,12	40	5.088	10	7 230	III	Sufficiente	
	1997-2000	12,20	40	3,10	14,80	0,24	20	2,90	20	0,07	40	910	40	6 220	III	Sufficiente	
	2001-2002	8,14	80	3,95	14,00	0,12	20	2,20	20	0,22	20	1.350	20	7 220	III	Sufficiente	
	2002-2003	7,08	80	4,43	14,25	0,15	20	2,30	20	0,31	10	1.523	20	8 190	III	Sufficiente	
	1997-2000	23,30	20	2,00	11,00	0,47	20	1,60	20	0,03	80	2.300	20	5 260	IV	Scadente	
	2001-2002	11,81	40	2,33	7,83	0,05	40	1,00	40	0,21	20	1.004	20	5 280	IV	Scadente	
	2002-2003	15,97	40	2,30	8,65	0,07	40	0,91	40	0,24	20	2.175	20	6 280	III	Sufficiente	
	1997-2000	18,70	40	7,90	24,50	1,93	5	6,20	10	0,57	10	12.150	10	6 105	IV	Scadente	
	2001-2002	21,10	20	9,55	32,25	0,82	10	4,05	20	2,08	5	3.963	20	6 90	IV	Scadente	
2002-2003	22,47	20	9,70	33,25	0,94	10	4,33	20	3,10	5	8.650	10	6 80	IV	Scadente		
Nestore	1997-2000	16,10	40	9,40	30,50	1,73	5	5,90	10	0,53	10	24.000	5	5 85	IV	Scadente	
	2001-2002	13,77	40	10,25	33,00	0,79	10	4,35	20	2,23	5	8.725	10	5 100	IV	Scadente	
	2002-2003	16,85	40	11,25	33,25	0,84	10	4,40	20	2,83	5	34.000	5	5 95	IV	Scadente	
	1997-2000	9,10	80	2,80	19,00	0,38	20	2,60	20	0,04	80	900	40	7 290	III	Sufficiente	
	2001-2002	5,16	80	1,93	11,00	0,06	40	2,05	20	0,13	40	1.025	20	7 300	III	Sufficiente	
	2002-2003	4,66	80	2,03	11,25	0,09	40	2,40	20	0,14	40	1.195	20	7 300	III	Sufficiente	
	1997-2000	28,90	20	4,90	25,00	1,0	3,10	20	0,19	20	0,49	20	24.000	5	7 135	III	Sufficiente
	2001-2002	15,85	40	3,45	12,25	0,16	20	2,55	20	0,48	10	7.488	10	6 160	III	Sufficiente	
	2002-2003	15,85	40	4,83	13,75	0,22	20	2,53	20	0,48	10	17.375	10	6 140	III	Sufficiente	
	1997-2000	12,70	40	4,70	22,00	0,52	10	3,40	20	0,33	10	15.000	10	5 120	IV	Scadente	
	2001-2002	13,11	40	4,73	12,00	0,39	20	2,93	20	0,61	5	5.763	10	6 135	III	Sufficiente	
	2002-2003	14,50	40	5,05	14,00	0,52	10	2,80	20	0,65	5	17.238	10	6 125	III	Sufficiente	
	1997-2000	6,70	80	1,70	6,80	0,02	80	1,10	40	0,01	80	6.000	10	10 410	III	Buono	
	2001-2002	2,89	80	1,43	5,80	0,03	40	1,03	40	0,02	80	1.688	20	9 380	II	Buono	



Sottobacino	periodo	100-OD%	Punteggio BOD5	COD Punteggio	NH4 Punteggio	NO3 Punteggio	P-tot Punteggio	E.Coli Punteggio	IBE	LIM/SECA	SACA							
	TOP1)	2,45	80	7,83	40	1,05	40	0,02	80	2.266	20	9 380 II	Buono					
	1997-2000	4,20	80	9,80	40	1,10	40	0,01	80	5.550	10	10 370 III	Buono					
	A valle Foglino - Convia (2217-TOP2)	2,31	80	7,20	40	0,03	40	0,02	80	2.175	20	7 380 III	Sufficiente					
	2002-2003	7,04	80	11,00	20	0,04	40	0,07	80	4.688	20	7 360 III	Sufficiente					
	A monte confluenza	8,00	80	14,30	20	0,48	20	0,28	20	9.300	10	6 210 III	Sufficiente					
	Chiascio Passaggio	9,21	80	12,25	20	0,39	20	0,79	5	12.600	10	7 195 III	Sufficiente					
	Bettونا (2220-TOP3)	13,33	40	13,25	20	0,51	10	0,85	5	15.000	10	7 125 III	Sufficiente					
	2002-2003	12,80	40	4,40	20	10	0,67	10	4,50	20	2,40	20	0,52	10	24.000	5	7 115 IV	Scadente
	A monte confluenza	14,37	40	4,53	20	10,00	40	0,46	20	3,43	20	0,79	5	2.375	20	7 165 III	Sufficiente	
	Topino - Cannara (2213-TIM1)	16,44	40	6,03	20	12,25	20	0,52	10	3,15	20	1,03	3	6.688	10	7 125 III	Sufficiente	
	2002-2003	5,30	80	8,50	10	14,30	20	0,23	20	2,40	20	0,21	20	4.000	20	8 190 III	Sufficiente	
	Inizio tratto umbro - Allerona Fonti di Tiberio (2246-PGL1)	12,15	40	4,30	20	14,35	20	0,16	20	1,78	20	0,05	20	1.300	20	7 220 III	Sufficiente	
	2002-2003	12,07	40	2,80	40	10,15	20	0,14	20	2,16	20	0,04	20	80	750	40	7 260 III	Sufficiente
A monte confluenza	20,00	20	7,50	20	19,00	10	0,35	20	2,40	20	0,22	20	4.300	20	7 130 III	Sufficiente		
Tevere - Orvieto (2151-PGL2)	11,07	40	8,05	10	16,08	10	0,32	20	2,07	20	0,13	20	40	5.125	10	7 150 III	Sufficiente	
2002-2003	17,97	40	6,25	20	14,28	20	0,30	20	2,40	20	0,14	20	40	5.125	10	7 170 III	Sufficiente	
A monte confluenza	10,40	40	5,10	20	18,00	10	0,25	20	2,10	20	0,17	20	3.965	20	8 150 III	Sufficiente		
2001-2002	13,08	40	3,95	40	14,00	20	0,14	20	1,61	20	0,05	20	80	2.600	20	7 240 III	Sufficiente	
2002-2003	13,03	40	1,90	80	12,10	20	0,12	20	2,01	20	0,05	20	80	1.038	20	7 280 III	Sufficiente	
Paglia- Chiani	Inizio tratto umbro - Pontechiusa (2130- NER1)	16,30	40	3,20	40	8,00	40	0,10	40	0,70	40	0,17	20	2.300	20	9 240 II	Buono	
	1997-2000	17,67	40	1,93	80	8,93	40	0,06	40	0,79	40	0,06	40	80	700	40	8 360 III	Buono
	2001-2002	16,36	40	1,60	80	8,45	40	0,05	40	0,73	40	0,07	40	688	40	8 320 II	Buono	
	2002-2003	12,00	40	2,30	40	9,20	40	0,10	40	1,00	40	0,18	20	9.300	10	9 230 III	Sufficiente	
	A monte confluenza	16,28	40	2,60	40	8,10	40	0,11	20	0,90	40	0,05	40	10.000	10	9 270 II	Buono	
	Velino-Casteldiogo (2126-NER4)	12,12	40	2,20	80	6,53	40	0,09	40	1,00	40	0,05	40	80	9.625	10	9 330 III	Buono
	1997-2000	28,70	20	6,40	20	11,80	20	1,31	10	1,30	40	0,22	20	65.000	5	7 135 III	Sufficiente	
	2001-2002	38,74	10	5,40	20	14,00	20	1,04	10	1,41	40	0,15	40	40	23.250	5	6 145 III	Sufficiente
	A valle di Temi - Maratta (2127-NER6)	35,81	10	5,25	20	13,85	20	0,88	10	1,41	40	0,14	40	20.000	10	6 150 III	Sufficiente	
	2002-2003	25,30	20	3,90	40	4,20	80	0,41	20	1,40	40	0,17	20	2.300	20	8 240 II	Buono	
	A monte confluenza	31,31	10	5,03	20	11,00	20	0,40	20	1,20	40	0,11	40	563	40	8 190 III	Sufficiente	
	Nera - Baizatagliata (2108-CRN2)	30,45	10	5,30	20	9,25	40	0,38	20	1,29	40	0,12	40	40	525	40	8 210 III	Sufficiente
	2002-2003	25,30	20	4,10	20	11,00	20	0,27	20	0,90	40	0,10	40	5.790	10	5 170 IV	Scadente	
A monte lago di Piediluco - Greccio (2229-VEL1)	27,68	20	2,35	80	9,25	40	0,19	20	0,65	40	0,04	40	80	4.250	20	5 300 IV	Scadente	
2002-2003	26,28	20	1,80	80	9,25	40	0,21	20	0,66	40	0,04	40	80	3.626	20	5 300 IV	Scadente	

Dalla lettura della tabella è inoltre possibile dedurre alcune informazioni utili per stabilire quali possono essere gli interventi più urgenti per rispondere a quanto previsto dal D.Lgs 152/99 (art.4). La tabella 28 riassume i parametri che nel 2003 sono risultati particolarmente critici, o comunque, non hanno raggiunto gli obiettivi stabiliti dal decreto per il 2015 (SECA buono), di basso livello di alterazione.

Tab. 28: Parametri critici, priorità di intervento

Sottobacino	Corso d'acqua	Stazione	OD %	BOD5 mg/l	COD mg/l	N-NH4 mg/l	N-NO3 mg/l	P mg/l	E.coli ufc/100 ml
Alto Tevere	Tevere	Inizio tratto umbro - Pistrino			X			X	X
		A valle di Città di Castello - S.Lucia			X	X	X	XX	XX
		A valle di Umbertide - Montecorona			X	X	X		XX
		Ponte Felcino			X	X	X	X	XX
Medio Tevere	Tevere	A valle confluenza Chiascio - Ponte Nuovo			X	X	X	XX	XX
		A monte del lago di Corbara - Pontecuti			X	X	X	XX	X
Basso Tevere	Tevere	A valle confluenza Paglia - Baschi			XX	X	X		XX
		A valle del Lago di Alviano - Attigliano		XX	X	X	X	XX	XX
		A valle confluenza Nera Orte						XX	X
Nestore	Nestore	A monte di Marsciano	X	XX	XX	XX	X	XX	X
		A monte confluenza Tevere		XX	XX	XX	X	XX	XX
Chiascio	Chiascio	A valle del lago di Valfabbrica			X	X	X		X
		A monte confluenza Topino - Ponte Rosciano			X	X	X	XX	XX
		A monte confluenza Tevere - Ponte Nuovo		X	X	XX	X	XX	XX
Topino-Marroggia	Topino	A monte Foligno Capodacqua							X
		A valle Foligno Corvia			XX				X
		A monte confluenza Chiascio Passaggio Bettona		X	X	XX	X	XX	XX
	Timia	A monte confluenza Topino - Cannara		X	X	XX	X	XX	XX
Paglia-Chiani	Paglia	Inizio tratto umbro - Allerona Fonti di Tiberio			X	X	X		XX
		A monte confluenza Tevere - Orvieto		X	X	X	X		XX
	Chiani	A monte confluenza Paglia			X	X	X		X
Nera	Nera	Inizio tratto umbro - Pontechiusita							X
		A monte confluenza Velino - Casteldilago							XX
	Corno	A valle di Terni - Maratta	XX	X	X	XX			XX
		A monte confluenza Nera - Balza tagliata	XX	X		X			
Velino	A monte lago di Piediluco - Greccio	X			X			X	

X = parametro da migliorare (LIM 3), stato ecologico sufficiente

XX = parametro da migliorare con priorità (LIM 4), stato ecologico scadente

**XX = parametro estremamente critico sul quale intervenire urgentemente (LIM 5)**

Come si osserva il *fosforo totale* ha valori particolarmente elevati nelle stazioni poste sul Nestore, Chiascio e Topino. Ciò può derivare sia dalle attività di allevamento zootecnico, sia da scarichi fognari diffusi, sia dalla presenza di depuratori che non abbattano con sufficiente rendimento il fosforo dei reflui. Altro parametro sul quale è necessario intervenire è l'*E.coli*, quasi sempre presente con concentrazioni superiori a 20.000 ufc/100 ml. Anche in questo caso si può pensare ad un cattivo funzionamento dei sistemi di depurazione e/o a scarichi fognari diffusi e ancora non ben controllati.

L'analisi statistica dei dati storici ha diversamente consentito di aggiungere molte altre stazioni non considerate nella trattazione precedente e di completare quindi l'indagine. E' stato infatti possibile completare il quadro conoscitivo con le informazioni che derivano dall'aver considerato corsi d'acqua quali il Marroggia, il Teverone, il Clitunno, il Soara, il Sentino, ma anche il tratto di Tevere tra Ponte Felcino e l'immissione del Chiascio. Seppure sommarie le informazioni disponibili hanno integrato il quadro ambientale tracciato e hanno permesso di evidenziare se i problemi sopra esposti sono nati negli ultimissimi anni o erano preesistenti.

Le conclusioni a cui giungono i due tipi di elaborazione, per lo stesso tratto fluviale e con riferimento allo stesso periodo temporale, sono qualitativamente comparabili. L'elaborazione dei dati pregressi attraverso le analisi statistiche sopra riportate permettono di aggiungere le seguenti considerazioni:

1. La mancanza dei dati di portata a Pistrino non consente dunque di valutare la quantità di materia che transita in ingresso all'area di studio; ciò non permette di verificare se i minori contenuti di ossigeno rilevati in tale stazione sono da addebitare alla bassa portata. Il Cerfone, affluente del Tevere nel tratto Pistrino - Città di Castello, dà un contributo non trascurabile alla la portata del corso d'acqua per cui diviene importante stabilire come tale fiume influenzi anche la qualità del Tevere dopo la sua immissione.
2. L'inserimento dal 2002 della stazione cod.6934-TVR5 (Tevere prima della confluenza con il fiume Chiascio) ha permesso di evidenziare gli apporti antropici legati al territorio perugino. Anche in questo caso, tuttavia, sarebbe opportuno avere una misura indipendente di portata legata direttamente alla stazione di Ponte S.Giovanni.
3. I bilanci di materia confermano l'importanza degli affluenti Chiascio e Nestore, ma anche l'effetto degli scarichi specie nel tratto tra Ponte Felcino e Torgiano. Gli apporti di fosforo aumentano lungo tutto il corso del Tevere ed è indubbio il ruolo che gioca il sottobacino del Chiascio, ed in particolare il Topino sui bilanci di materia di tale sostanza.

## **7. IL QUADRO AMBIENTALE RISULTANTE**

I dati elaborati permettono di trarre alcune conclusioni, qui di seguito aggregate per sottobacino.

### **7.1 Sottobacino Alto-Tevere**

Il sottobacino comprende 5 stazioni sul fiume Tevere localizzate a Pistrino, a valle di Città di Castello, a valle di Umbertide, a Ponte Felcino e sul ponte della Provinciale per Torgiano prima della confluenza con il fiume Chiascio, che chiude il sottobacino stesso.

Tra Pistrino e Città di Castello si immette il fiume Cerfone che contribuisce in modo apprezzabile alla portata del Tevere, ma non sono disponibili dati chimici di tale affluente.

Complessivamente la lunghezza del tratto del fiume Tevere che ricade nel sottobacino dell'alto Tevere è di circa 85 km. Il monitoraggio dei primi quattro punti è iniziato a partire dal 1977, mentre l'ultima stazione è stata aggiunta alla rete solamente nell'anno 2002.

L'analisi secondo i criteri del D.Lgs. 152/99 evidenzia negli anni 1997-2003:

- per le stazioni di Pistrino, Città di Castello e Umbertide (SACA sufficiente), che individuano il tratto iniziale dell'area di studio, una buona stabilità dei parametri chimici, biologici e macrobentonici, ma un peggioramento della situazione ambientale dovuto probabilmente a scarichi di tipo civili (aumento dell'*E.coli*, di BOD e COD);
- per la stazione di Ponte Felcino un miglioramento della qualità biologica ed un peggioramento di quella chimica (SACA scadente/sufficiente);
- per il tratto fluviale compreso tra Pistrino e Ponte Felcino si hanno anche evidenze di contaminazioni di origine agricola per i valori più elevati di NO<sub>3</sub>;
- La situazione ambientale del fiume peggiora poi decisamente nell'ultimo tratto del sottobacino, tra Ponte Felcino e il prima della confluenza con il fiume Chiascio.

Considerando il periodo 1977-2003, le condizioni generali del fiume Tevere sembrano essere migliorate, soprattutto a partire dagli inizi degli anni 90. In particolare, a partire da tale periodo, non si sono più registrati casi in cui l'ossigeno disciolto è sceso al disotto dei 6,0 mg/l. Ciò è avvenuto principalmente nei mesi estivi e nelle stazioni di Pistrino (O<sub>2</sub> < 5,0 mg/l nel periodo 1976-1993), Città di Castello (O<sub>2</sub> < 6,0 mg/l, periodo

1977-1989) e Ponte Felcino. In generale comunque, la parte alta del sottobacino, rappresentata dalle stazioni di Pistrino e Città di Castello, si caratterizza per concentrazioni di ossigeno disciolto non eccellenti.

La stazione di monitoraggio posta prima della confluenza con il fiume Chiascio, pur disponendo di una serie limitata di dati, evidenzia condizioni ambientali critiche nel tratto a monte dell'immissione del Chiascio.

## 7.2 Sottobacino Medio-Tevere

Il sottobacino si estende dall'immissione del fiume Chiascio fino a monte del lago di Corbara e comprende 2 stazioni di controllo: a Ponte Nuovo e in località Pontecuti. Nell'asta si immettono il Chiascio e il Nestore. Il Tevere alimenta il lago di Corbara. La lunghezza complessiva del tratto considerato è di circa 70 km.

L'analisi dei dati disponibili per il periodo 2000-2003, elaborati secondo i criteri del D.Lgs. 152/99, rileva un peggioramento dei valori del P totale in tutte e due le stazioni. Tuttavia, considerando l'intero periodo 1977-2003 l'analisi statistica indica una diminuzione del contenuto di fosfato nelle acque a partire dagli anni '90. La stazione di Ponte Nuovo presenta inoltre, per il periodo 1997-2003, una forte contaminazione di origine fecale.

I dati relativi alle due stazioni non differiscono molto tra di loro, anche considerando i dati storici. Complessivamente la qualità delle acque del fiume Tevere nel sottobacino considerato è peggiore, in termini qualitativi, rispetto a quelle dell'alto Tevere.

Il Chiascio, affluente in sinistra idrografica pur influenzando chiaramente il comportamento del Tevere a valle dell'immissione, non è l'unica causa del peggioramento della qualità dell'acqua del fiume, alla quale contribuisce prepotentemente l'area a monte della sua confluenza. I bilanci di materia e le variazioni di concentrazione osservate confermano tale fatto.

Il Chiascio gioca un ruolo importante per quantità di acqua e contributo di materia sia nei mesi invernali sia in quelli primaverili, mentre nei mesi estivi ed autunnali l'apporto è sicuramente meno importante. Il Nestore d'altra parte, immette nel Tevere acque di scarsa qualità, con elevato contenuto di fosforo e BOD, e povere di ossigeno.

Gli apporti di materia presentano dunque, importanti variazioni stagionali. I massimi contributi si hanno nei mesi estivi e riguardano principalmente il BOD, il COD ed i prodotti dell'azoto. Per i fosfati appare complessivamente più importante l'apporto del Chiascio, anche se il contributo del Nestore diventa ad esso confrontabile nei mesi di marzo ed ottobre. Nonostante gli apporti del Chiascio e del Nestore la qualità del fiume Tevere non peggiora ulteriormente rispetto a quella misurata nel punto localizzato alla chiusura dell'Alto Tevere (stazione 6934-TV6). Ciò dimostra che il fiume mantiene una certa capacità di autodepurazione.

Nel sottobacino considerato non si sono mai verificati casi in cui l'ossigeno disciolto misurato sia sceso sotto la soglia dei 3 mg/l. Ciò è dovuto principalmente agli importanti valori di portata misurati anche nei mesi estivi.

## 7.3 Sottobacino Basso-Tevere

Il sottobacino ha inizio con l'immissione del fiume Paglia e giunge ai confini regionali. Questo tratto di fiume, comprende 3 stazioni: la prima è localizzata a Baschi, dopo la confluenza del fiume Paglia, la seconda ad Attigliano, a valle del lago di Alviano, e l'ultima ad Orte dopo l'immissione del fiume Nera. La lunghezza del tratto considerato è di circa 55 km.

La stazione di Baschi, posta all'ingresso del sottobacino, dopo la confluenza con il fiume Paglia è recipiente anche delle acque in uscita dal lago di Corbara. Per tale tratto fluviale, si evidenzia un netto miglioramento della qualità chimica delle acque rispetto a quella individuata dalla stazione posta a monte del lago di Corbara, nel sottobacino del Medio Tevere. Infatti le concentrazioni di BOD, COD, dell'azoto nelle sue varie forme e dei fosfati diminuiscono significativamente, mentre il contenuto di ossigeno aumenta. Viceversa i valori di *E.coli* risultano abbastanza elevati.

Tali caratteristiche si mantengono costanti nel periodo 1997-2003.

Il lago di Corbara sembra svolgere dunque, un ruolo importante nei processi di autodepurazione delle acque del fiume Tevere: infatti i dati qualitativi relativi agli apporti del fiume Paglia non sembrano giustificare i miglioramenti della qualità delle acque del Tevere riscontrati nel tratto compreso tra Pontecuti e Baschi.

Occorre comunque verificare il ruolo che gioca il fiume Paglia, poiché il miglioramento dei parametri qualitativi a valle del lago e prima dell'immissione di tale fiume potrebbero essere anche superiori a quelli registrati.

Mancando i dati di portata all'uscita del lago non è possibile effettuare bilanci di materia che potrebbero spiegare i problemi di eutrofizzazione del sistema lacustre considerato.

Nella stazione di Attigliano, a valle del lago di Alviano, si osserva invece un significativo incremento del contenuto di fosforo totale, che, con riferimento al D.Lgs. 152/99, passa da una classe II, nel periodo 1997-2000, ad una classe III nel periodo 2001-2002 e ad una classe IV nel periodo 2002-2003. Anche per il BOD è apprezzabile un peggioramento soprattutto negli ultimi anni 2001-2003. Lo stato qualitativo risulta invece essere in netta ripresa dopo la confluenza con il fiume Nera.

L'immissione del Nera modifica il chimismo delle acque del Tevere e migliora complessivamente tutti i parametri qualitativi. Anche per questo tratto fluviale l'assenza dei dati di portata impedisce l'analisi di tipo quantitativo sui carichi di materia.

#### **7.4 Sottobacino Chiascio**

Il sottobacino, dalla diga di Valfabbrica alla confluenza con il fiume Tevere, è controllato attraverso 3 stazioni. La prima stazione è posta nel medio corso del fiume Chiascio, la seconda è localizzata a monte dell'immissione del Topino, mentre l'ultima è in località Ponte Rosciano, prima della confluenza con il fiume Tevere.

Nel tratto medio-alto del Chiascio, anche se si rilevano contaminazioni di origine agricolo/civile, le acque risultano essere di buona qualità, soprattutto per i parametri chimico-fisici. La qualità peggiora invece, nel tratto successivo e si aggrava ulteriormente dopo l'immissione delle acque del Topino: lo stato qualitativo raggiunto in chiusura di bacino è molto vicino alla classe "scadente".

Anche considerando l'intero periodo 1977-2003, la stazione che presenta le migliori caratteristiche qualitative è quella di Valfabbrica, per poi gradualmente peggiorare. Se consideriamo però i dati storici del solo mese di giugno, la qualità delle acque a monte dell'immissione del Topino risulta essere peggiore di quella determinata in località Ponte Rosciano, prima dell'immissione nel Tevere. In tale punto si sono nel passato registrati valori di ossigeno al di sotto di 3 mg/l. Nel tratto successivo tale limite negativo non è stato mai raggiunto. Questo potrebbe essere un effetto legato alle basse portate del fiume Chiascio a monte dell'immissione del Topino.

#### **7.5 Sottobacino Topino**

La rete di campionamento del sottobacino è costituita da 3 stazioni poste sul fiume Topino, 3 sull'asta del Marroggia ed una sul Clitunno. Dati storici, di lungo periodo, sono però disponibili solamente per i tre punti localizzati sul Topino e per la stazione sul torrente Marroggia, in località Cannara. Gli altri punti di campionamento sono stati aggiunti alla rete solo in tempi recenti.

Le acque del Topino, prima dell'immissione del Marroggia, risultano di buona qualità sia dal punto di vista chimico-fisico sia biologico. La diffusa contaminazione microbiologica rilevata dagli alti valori di *E.coli*, dimostra però un inquinamento di tipo civile dovuto prevalentemente a diffusi scarichi fognari. La qualità del fiume peggiora decisamente verso valle, sia in conseguenza dell'immissione del Marroggia sia per gli effetti degli scarichi civili.

I tratti fluviali del Marroggia e del Teverone, risultano essere quelli che in termini di qualità presentano le acque peggiori di tutto il bacino del Tevere. In particolare:

- il Marroggia ha un valore della mediana di BOD maggiore di 8 mg/l e di COD maggiore di 25 mg/l; la mediana dell'ossigeno disciolto è compresa tra 5 e 7 mg/l, il valore di ammoniaca è maggiore di 1,5 mg/l e quello di fosforo totale di 0,6 mg/l. Inoltre sono elevati i valori di *Escherichia coli*. Complessivamente la qualità delle acque del Marroggia sono peggiori di quelle del Nestore.
- il Teverone ha caratteristiche qualitative migliori di quelle del Marroggia: l'ossigeno disciolto è compreso tra 7 e 9 mg/l, anche si sono registrati numerosi casi in cui sia il Teverone che il Marroggia hanno avuto valori di ossigeno inferiori a 3 mg/l. La maggiore quantità di ossigeno del Teverone, spiega probabilmente il più alto contenuto di nitrati (tra 1,5 e 5,0 mg/l) misurati in questo corso d'acqua, rispetto al Marroggia.



## 7.6 Sottobacino Nestore

Il sottobacino è monitorato attraverso 2 stazioni poste nel tratto finale del corso d'acqua e situate rispettivamente a monte e a valle dell'abitato di Marsciano.

Già a monte dell'area urbanizzata però lo stato qualitativo denota grande sofferenza per tutti i parametri esaminati e in tutti gli anni oggetto d'analisi. E' interessante rilevare che tra le due stazioni non esistono significative differenze per nessun parametro esaminato tranne che per l'ossigeno disciolto, il cui valore è aumentato negli anni più recenti (2001-2003).

La qualità delle acque del Nestore, che si immette nel medio Tevere al km 104, rimane in tutti i periodi considerati di qualità scadente. In particolare, le acque di tale fiume si caratterizzano per un contenuto di fosfati particolarmente elevato, soprattutto tra il 1977 ed il 1990. La loro origine non è direttamente riconducibile a scarichi poco depurati: Questa considerazione è rafforzata dal fatto che, rispetto alla "normale relazione" accertata per le acque del bacino del Tevere, nel caso del Nestore si è misurato un valore molto più elevato di fosforo totale. Il fosforo totale misura non solo la concentrazione di ortofosfato ma anche dei fosfati condensati (piro-, meta ed altri polifosfati), del fosforo legato a composti organici e del fosforo adsorbito su particelle o presente nel particolato come apatite o altro minerale insolubile. Si potrebbe supporre quindi un apporto anomalo di particolato e/o di polifosfati e fosforo legato a prodotti organici. Ciò potrebbe indicare il prevalere di attività collegate all'allevamento.

Se confrontiamo i valori attuali con quelli degli anni 80 si osserva tuttavia una diminuzione significata delle concentrazioni di fosforo nel corso d'acqua. La portata del Nestore è bassa, tuttavia il contributo di fosfati e di fosforo totale è spesso confrontabile, se non superiore a quello del Chiascio, specie nei mesi estivi. Il comportamento del Nestore si spiega solamente pensando alla presenza di un carico pressoché costante di fosforo che viene più o meno diluito. Nei periodi estivi in cui la portata diminuisce, la concentrazione di fosforo aumenta. La stessa cosa non sembra accadere per il Chiascio. In questo caso il contenuto di fosforo sembra più collegato a pratiche agricole.

## 7.7 Sottobacino Trasimeno

I corsi d'acqua tributari del lago Trasimeno non sono stati fino ad oggi studiati e classificati ai sensi del D.Lgs. 152/99 All.1. Lo stato qualitativo del lago è invece, disponibile a seguito del monitoraggio eseguito dal 2000 su tre sezioni sullo specchio lacustre. L'analisi di tali risultati non è oggetto di questa elaborazione in quanto riferita ai soli corsi d'acqua superficiali.

## 7.8 Sottobacino Paglia-Chiani

Nel sottobacino sono presenti 2 stazioni sul fiume Paglia ed una sola stazione sul suo affluente principale, il torrente Chiani. Entrambi i corsi d'acqua sono stati classificati in base ai dati acquisiti con sezioni poste nel tratto medio-basso del fiume.

In tutte i punti si sono rilevati alti valori di NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> e COD, ma di notevole rilievo è stato soprattutto il decadimento della qualità microbiologica nel tratto finale del Paglia. Ciò può essere attribuito non tanto all'immissione delle acque del fiume Chiani, quanto piuttosto alla presenza di insediamenti e attività produttive sparse nel territorio dell'orvietano.

Anche dal punto di vista chimico la qualità complessiva del fiume, che peggiora da monte a valle, riflette gli effetti delle attività antropiche concentrate nella città di Orvieto.

## 7.9 Sottobacino Nera

Nel sottobacino esistono diverse stazioni di controllo avviate però in tempi diversi, soprattutto quelle localizzate nel suo tratto terminale. Per questo motivo l'analisi della serie storica dei dati è stata fatta solo per alcune stazioni e limitatamente al periodo 1997-2003.

Il monitoraggio ha riguardato non solo il Nera, ma anche suoi affluenti quali il fiume Corno ed il fiume Velino. Le stazioni che denotano maggiori criticità sono quelle localizzate nel tratto medio basso del corso d'acqua e dei suoi affluenti principali. I parametri che presentano maggiori criticità sono quelli biologici (*E.coli* e I.B.E.). Non si evidenziano invece particolari problematiche derivanti dalla presenza di fosforo e nitrati. All'interno del quadro qualitativo assoluto, che fa riferimento ad un arco temporale 1997-2003, risulta evidente che la qualità delle acque del fiume Nera è migliore di quella del fiume Tevere.

Ciò non toglie che, dall'analisi centrata sulle variazioni delle mediane dei parametri chimici considerati, stazioni quali Nera-Terni Maratta e Nera- Ponte d'Augusto, si caratterizzano per contenuto di BOD e COD, azoto totale e cloruri, superiore a quello delle altre stazioni.

Il fiume Corno per i più elevati contenuti di fosforo, sembrerebbe risentire della presenza degli allevamenti ittici.

Il fiume Velino, presenta invece, ad eccezione dell'ammoniaca, caratteristiche chimiche pari a quelle misurate nell'alto Nera. Questa considerazione non sembra valida per l'ossigeno, il cui basso contenuto è confrontabile con quello delle stazioni poste nella parte terminale del fiume Nera.

## 8. CRITICITA' CONOSCITIVE E PROPOSTE PER L'INTEGRAZIONE DELLE CONOSCENZE

Entrambi gli studi hanno evidenziato quali maggiori criticità il fosforo totale e l'*E.coli*. Questo può essere prevalentemente indice di:

- presenza di scarichi di tipo fognario non ancora trattati;
- assenza e/o cattivo funzionamento di impianti di trattamento terziario di acque fognarie;
- presenza di allevamenti i cui reflui non sono opportunamente trattati.

I tratti fluviali più interessati da questo tipo di contaminazione sono risultati quelli del Nestore e del Marroggia.

Anche se non possiamo affermare che nel suo complesso la situazione ambientale del Tevere sia migliorata nel tempo, l'analisi dei dati storici ha messo tuttavia in evidenza che a partire dagli anni 90 non si registrano più, almeno nell'alto Tevere, situazioni critiche di anossia. Se restringiamo l'attenzione al periodo 1997-2003, complessivamente:

- peggiorano la loro qualità il Topino a valle di Foligno ed il Topino a passaggio Bettona
- migliorano la loro qualità le stazioni di Pistrino, Città di Castello e Baschi sul Tevere, ma anche più in generale i fiumi Paglia e Chiani.

Le discordanze riscontrate tra le informazioni fornite dai dati chimico-fisici e microbiologici (LIM) e quelle biologiche dedotte dall'IBE, devono essere ancora spiegate. In futuro occorrerà dunque, verificare l'importanza della scelta dei punti di campionamento nel determinare sia i valori di IBE che di LIM.

Nella figura 2 si rappresenta l'attuale rete di monitoraggio e gli affluenti che danno il maggior contributo in termini di portata di acqua e di materia al Tevere. Dalla lettura della carta e alla luce di quanto finora esposto, si possono fare alcune osservazioni in merito anche ad un'eventuale proposta di miglioramento della rete di monitoraggio sulle acque superficiali.

1. nel sottobacino dell'alto Tevere il Cerfone ha portate spesso confrontabili con quelle del corso d'acqua principale a monte della sua immissione, e quindi dà un contributo importante alla portata del Tevere misurata a Città di Castello. Per questo affluente secondario, non si hanno dati di chimismo, per cui si propone di monitorare il Cerfone, per meglio spiegare le variazioni osservate tra le stazioni di Pistrino (cod.2180-TVR1) e Città di Castello (cod.2181-TVR2). A Pistrino, inoltre, mancano dati di portata che sarebbero utilissimi per dar conto delle variazioni di ossigeno che potrebbero essere messe in relazione a quelle del flusso d'acqua in transito. Infine, si condivide la scelta di inserire nella rete di controllo la stazione a monte dell'immissione del Chiascio (cod.6934-TVR6), perché ha permesso di evidenziare gli apporti antropici legati direttamente al territorio perugino. Anche in questo caso sarebbe opportuno però avere una misura indipendente di portata legata direttamente alla stazione;
2. nel sottobacino del Topino si suggerisce di approfondire gli apporti del Marroggia aggiungendo una stazione di monitoraggio a valle dell'immissione del Marroggia nel Topino. Questo consentirebbe di capire se lo stato di qualità registrato nella stazione cod.2220-TOP3 (Topino a Passaggio di Bettona prima della confluenza con il fiume Chiascio) dipende esclusivamente dall'immissione del Marroggia o anche da altre attività presenti nell'area di interesse;
3. nel sottobacino del Chiascio si constata il peggioramento della qualità dell'acqua passando dalla stazione localizzata a valle di Valfabbrica (cod.2092-CHS1), a quella immediatamente a valle della zona industriale di Bastia (cod.2095-CHS2). La distanza tra le due stazioni è di circa 28 Km, ma il tratto di fiume è interessato da molteplici attività soprattutto nella parte finale. Si rileva quindi, la necessità di confermare la qualità del fiume Chiascio prima della presenza degli agglomerati urbani ed industriali;
4. il Nestore si immette nell'asta del Tevere nel tratto compreso tra Ponte Nuovo (cod.2186-TVR5) e Pontecuti (cod.2189-TVR7), che distano tra loro circa 40 Km. Si propone di analizzare meglio il ruolo del Nestore nel determinare le variazioni sull'asta principale. Il fiume Nestore nonostante la scarsa qualità

delle acque non sembra influenzare molto la qualità di quelle del Tevere. Questo però, potrebbe essere l'effetto della capacità autodepurativa del fiume stesso. Ciò conferma la necessità di monitorare il fiume Tevere almeno dopo l'immissione dell'affluente.

5. per approfondire i meccanismi di depurazione del Tevere, e la funzione specifica dell'invaso di Corbara, si ritiene indispensabile studiarlo in modo circostanziato, attraverso campionamenti chimici e la misura di portata sia a monte che a valle del lago. Si potrebbe così valutare, con un'apposita campagna di monitoraggio, se la stazione in località Pontecuti (cod.2189-TVR7) possa essere considerata rappresentativa della qualità del fiume su tutto il tratto inferiore del Medio Tevere. L'aggiunta della stazione a valle del lago di Corbara, permetterebbe inoltre, di studiare con grande dettaglio gli effetti del fiume Paglia sulla qualità del fiume Tevere;
6. le nuove stazioni poste sul bacino del Nera offrono una buona conoscenza qualitativa del fiume, ma la mancanza di misure di portata non consente valutazioni di tipo quantitativo. Lo stesso dicasi per il sottobacino del Paglia-Chiani, del Basso e Medio Tevere e del Topino-Marroggia;
7. la caratterizzazione chimica del fiume Corno denota una possibile influenza da parte degli scarichi degli allevamenti ittici. Questo fa sì che, si proponga una migliore localizzazione della stazione esistente e l'introduzione di almeno una nuova sezione di analisi a valle del fiume Sordo.

Fig. 2: Schema di individuazione delle stazioni e delle loro distanze

