

ANALISI DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

Al fine di esaminare i rapporti tra acque superficiali e acque sotterranee nelle aree analizzate e per impostare la valutazione delle risorse idriche dei due bacini idrografici, è stato necessario ricostruire le modalità di circolazione idrica sotterranea relative ai due ambiti spaziali studiati e al loro intorno significativo.

Per l'elaborazione dello schema di circolazione idrica sotterranea del bacino del fiume Marta, è stata considerata la caratterizzazione idrogeologica delle formazioni affioranti (cfr. CAP. 4 e PAR. 7.1.1), si è ricostruita la morfologia piezometrica della falda di base (PAR. 7.1.2) e sono state censite le principali sorgenti all'interno dell'area in esame (PAR. 7.1.3). Nel PARAGRAFO 7.2.1, invece, viene riportata una sintesi della caratterizzazione idrogeologica delle formazioni affioranti nel bacino del torrente Mignone, la ricostruzione delle curve isopiezometriche della falda (PAR. 7.2.2) ed i risultati del censimento delle sorgenti principali (PAR. 7.2.3).

7.1 ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME MARTA

7.1.1 ROCCIA SERBATOIO E SUBSTRATO IMPERMEABILE

La caratterizzazione idrogeologica dei litotipi affioranti nell'area in esame (cfr. PAR. 4.1) ha permesso di raggruppare le diverse formazioni litologiche in complessi idrogeologici, ovvero unità aventi caratteristiche idrogeologiche omogenee.

Sulla base della suddetta caratterizzazione, risulta che le principali rocce serbatoio del bacino sono rappresentate dai complessi di origine vulcanica, ovvero i complessi lavico (cfr. PAR. 4.1.5), piroclastico (cfr. PAR. 4.1.4) e piroclastico incoerente (cfr. PAR. 4.1.3). Le rocce vulcaniche, infatti, sono dotate di caratteristiche intrinseche di permeabilità, dovuta alla presenza di pori e fratture, attraverso le quali si realizza la circolazione idrica; esse sono caratterizzate, inoltre, da significativi spessori, con potenze variabili da alcuni metri fino ad alcune decine di metri (cfr. CAP. 4). Tali rocce sono di età pleistocenica e stratigraficamente sovrapposte alle formazioni sedimentarie, che hanno

un'età compresa tra il Cretacico e il Cenozoico (cfr. PAR. 1.4) e rappresentano quindi il substrato impermeabile dell'acquifero vulcanico. Le formazioni sedimentarie, infatti, hanno una permeabilità relativa molto più bassa rispetto alle rocce vulcaniche: il complesso argilloso-sabbioso-conglomeratico (cfr. PAR. 4.1.6), in cui sono state accorpate le argille plioceniche, rappresenta la roccia impermeabile; il complesso marnoso-calcareo-arenaceo (cfr. PAR. 4.1.7), che comprende il flysch del Cretacico-Paleogene e i calcari marnosi e marne del Paleogene-Miocene, è invece caratterizzato da una permeabilità relativa bassa, poiché nella successione sono compresi, oltre a termini litoidi fessurati, frequenti intercalazioni marnose ed argillose. Nell'ambito dell'area di studio, l'impermeabile relativo affiora ai margini meridionali del bacino e all'interno del bacino stesso, in località Monte Razzano (ovest di Viterbo), dove è sollevato da motivi tettonici (cfr. FIG. 4.1).

Il complesso alluvionale non è significativo dal punto di vista della circolazione idrica sotterranea poiché è caratterizzato da ridotti spessori (cfr. PAR. 4.1.1). Lo stesso può dirsi per il complesso dei travertini (cfr. PAR. 4.1.2).

La situazione stratigrafico-strutturale appena descritta condiziona le modalità di flusso idrico dell'acquifero vulcanico ed i recapiti delle acque sotterranee. Per avvalorare questa tesi, è stata ricostruita la piezometria dell'area di studio.

7.1.2 PIEZOMETRIA

Lo schema di circolazione idrica sotterranea è stato ricostruito utilizzando i dati relativi ai pozzi presenti nell'area di indagine e nel suo intorno. Tali dati sono stati reperiti presso l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (A.P.A.T.), che gestisce il catasto nazionale dei pozzi, e presso gli studi di professionisti operanti sul territorio. Inoltre sono stati raccolti i dati in possesso della Provincia di Viterbo e quelli già presenti in precedenti studi (SIBI, 1998; BAIOCCHI, 2002; LUZZI, 2004; BAIOCCHI *et alii*, 2006).

Per la ricostruzione del reticolo piezometrico sono stati utilizzati 514 pozzi, che si attestano a profondità variabili da 5 a 393 metri (FIG. 7.1) e hanno una portata che varia da 0.1 a 35 l/s (FIG. 7.2).

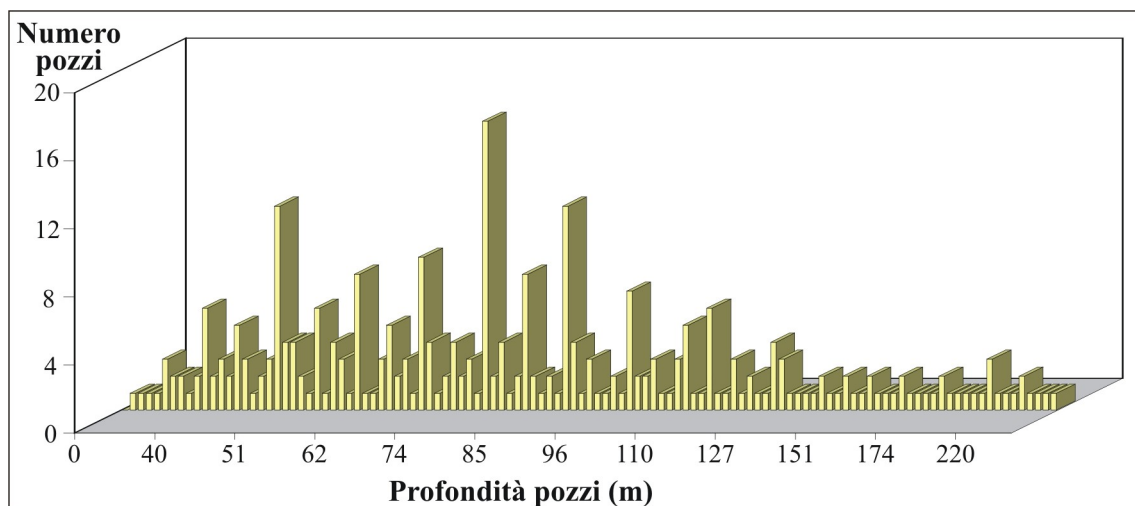


FIGURA 7.1 – Variazione della profondità dei pozzi.

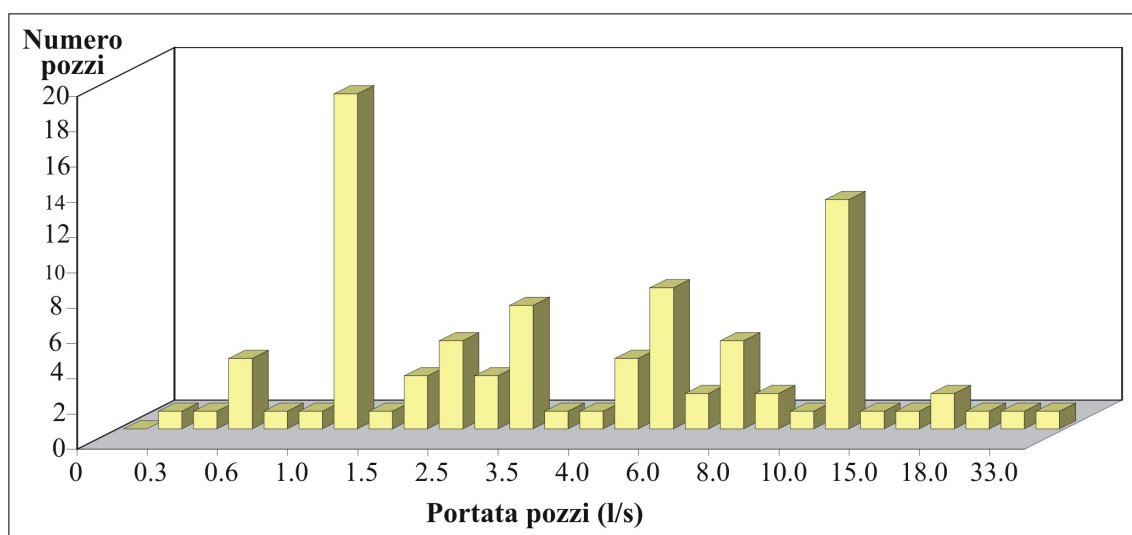


FIGURA 7.2 – Variazione della portata dei pozzi.

I dati raccolti relativamente ai pozzi, immessi in ambiente G.I.S., sono stati ubicati su carte topografiche I.G.M. in scala 1:25000. La distribuzione spaziale dei pozzi è risultata abbastanza omogenea, con una ovvia diminuzione della frequenza in corrispondenza dell'affioramento dell'impermeabile, presso il margine meridionale dell'area di studio (FIG. 7.3).

Sulla base di tali dati, si può ricostruire una piezometria che rappresenta una superficie media su un periodo di una decina di anni (1989-2002), poiché i dati utilizzati per l'elaborazione della stessa provengono da misure effettuate in tempi diversi.

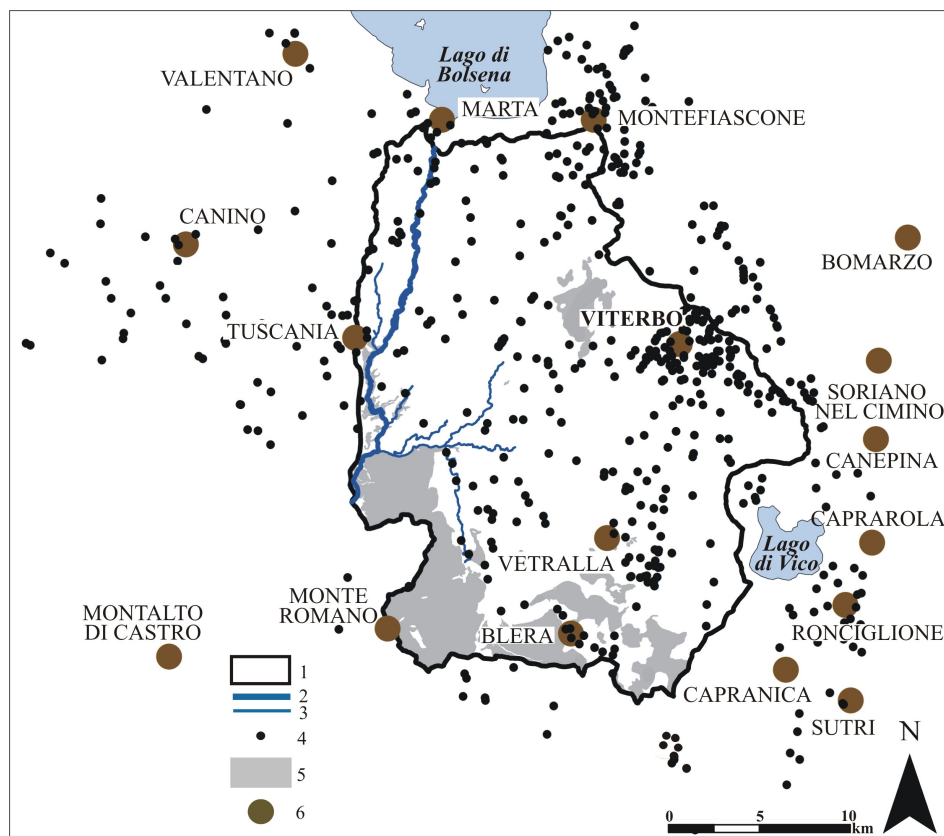


FIGURA 7.3 – Distribuzione spaziale dei pozzi all'interno e nelle vicinanze dell'area in esame (1: area di studio; 2: fiume Marta; 3: principale reticolo idrografico; 4: pozzi; 5: substrato impermeabile; 6: centri urbani).

I livelli statici dei pozzi, ovvero le quote piezometriche non influenzate dai pompaggi riferite al livello del mare, sono state immesse nel programma Surfer®. Ciò ha consentito l'interpolazione dei dati puntuali e la ricostruzione della superficie piezometrica.

Tale interpolazione è stata effettuata tenendo conto dei limiti degli affioramenti dell'impermeabile e delle quote dei livelli idrici dei torrenti drenanti, ovvero i tratti del reticolo idrografico che sono risultati alimentati dalle acque sotterranee.

L'identificazione di tali tratti drenanti è risultata dalla campagna di misure della portata del fiume, svoltasi durante il regime di magra estiva (cfr. TAB. 6.11), andando a verificare la presenza dell'acqua nei diversi tratti fluviali nel periodo non influenzato dalle precipitazioni. I principali torrenti drenanti sono risultati: il fiume Marta, presso dell'abitato di Tuscania, il basso corso del torrente Maschiolo e Biedano, i torrenti Leia, Rigomero e Pantacciano.

A seguito di tali elaborazioni, risulta lo schema di circolazione idrica sotterranea riportato in FIG. 7.4.

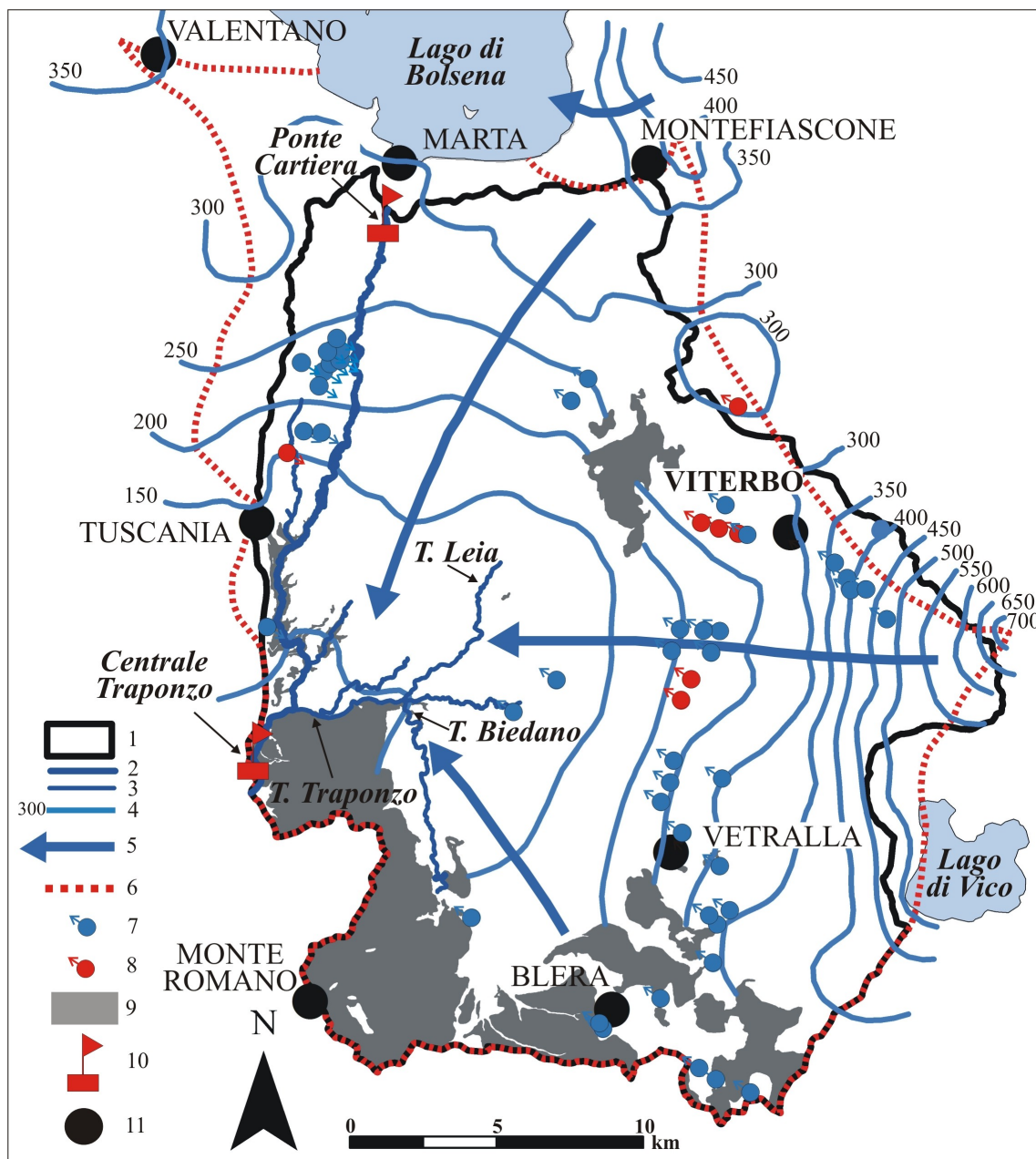


FIGURA 7.4 – Schema della circolazione idrica sotterranea dell'area di studio (1: area di studio; 2: fiume Marta; 3: reticolo idrografico drenante; 4: curve isopiezometriche in metri s.l.m.; 5: principali linee di flusso; 6: limite del bacino idrogeologico; 7: sorgenti minerali; 8: sorgenti termali; 9: substrato impermeabile; 10: stazioni idrometrografiche; 11: centri urbani).

Attraverso le curve equipotenziali, espresse in m. s.l.m., si identificano le principali linee di flusso della falda e, quindi, il bacino idrogeologico sotteso dal tratto di fiume Marta preso in esame, facendo riferimento alla sezione d'alveo della stazione idrometrografica di Centrale Traponzo.

I limiti del bacino idrogeologico in questione vengono definiti dallo spartiacque sotterraneo e dai limiti del bacino idrografico.

Nei settori orientale ed occidentale del bacino, lo spartiacque sotterraneo coincide con le zone di divergenza delle linee di flusso: in particolare, ad est, esso passa attraverso gli alti piezometrici individuati in corrispondenza delle sorgenti termali, presso Viterbo, e dei Monti Cimini. Questi innalzamenti della superficie piezometrica rappresentano, quindi, le aree nelle quali avviene la ricarica della falda. Lungo il margine meridionale, il limite del bacino idrogeologico è definito proprio dallo spartiacque superficiale, essendo presente in questa area l'affioramento dell'impermeabile che limita lateralmente ed inferiormente l'acquifero vulcanico. A nord il bacino idrogeologico risulta condizionato dal lago, poiché risulta aperto in corrispondenza del lago stesso, presso l'abitato di Marta, per una lunghezza di circa 8 km. Si individua, pertanto, un limite di alimentazione, dal lago alla falda.

Come si vede in FIGURA 7.4, bacino idrografico e bacino idrogeologico non corrispondono: quest'ultimo è più esteso nei settori nord-orientale e nord-occidentale, in quanto verso il bacino idrografico convergono le acque sotterranee di zone esterne allo spartiacque superficiale. Il bacino idrogeologico misura circa 640 km², mentre quello idrografico ha una estensione di circa 568 km².

Osservando l'andamento delle linee equipotenziali della superficie piezometrica del bacino, si nota che in corrispondenza della zona di alimentazione precedentemente individuata, localizzata presso i Monti Cimini, il gradiente idraulico è più elevato: qui probabilmente il valore della trasmissività dell'acquifero, è inferiore rispetto agli altri settori del bacino.

Il gradiente idraulico diventa più basso in corrispondenza dei principali torrenti drenanti, che individuano, ovviamente, le zone di recapito della falda, in cui è prevedibile un aumento della trasmissività.

Dall'analisi della piezometria risulta che le linee di flusso mostrano una convergenza verso il tratto terminale del fiume Marta e i suoi tributari di sinistra: ciò conferma quanto derivato dalle analisi dei deflussi superficiali (cfr. CAP. 6). I tratti fluviali drenanti sono quindi da considerarsi delle sorgenti lineari.

7.1.3 SORGENTI

Nell'area di studio, oltre ai torrenti drenanti, le acque sotterranee hanno recapito presso sorgenti localizzate (FIG. 7.5). Anche queste sono state censite facendo riferimento essenzialmente a studi precedenti ed elaborati tecnici disponibili presso strutture pubbliche, quali l'Ambito Territoriale Ottimale (ATO-1) e i Servizi Informativi Regionali Ambientali della Regione Lazio (S.I.R.A.).

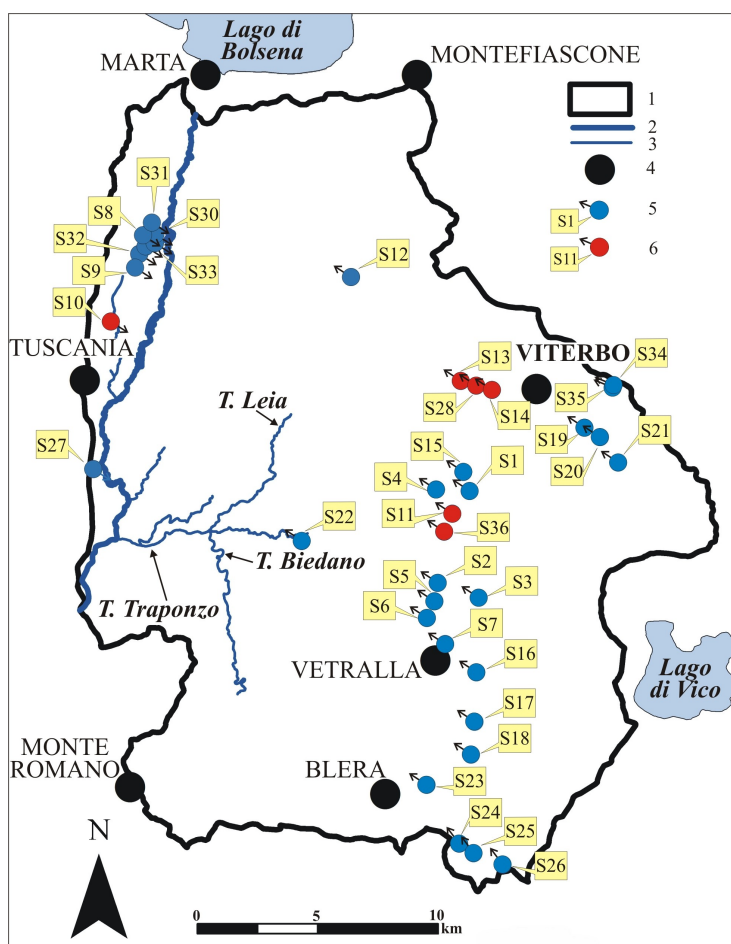


FIGURA. 7.5 – Distribuzione spaziale delle sorgenti nell'area di studio (1: area di studio; 2: fiume Marta; 3: principale reticolo idrografico; 4: centri urbani; 5: sorgenti minerali e relativa sigla, 6: sorgenti termali e relativa sigla).

E' risultato che i dati disponibili non sono omogenei e completi. Tra quelle più significative si distinguono 36 emergenze localizzate aventi una portata compresa generalmente da 0.0005 a 0.040 m³/s (TAB. 7.1).

La loro genesi è riconducibile essenzialmente a falde sospese presenti nell'ambito dell'acquifero vulcanico, laddove la complessa stratigrafia prevede la presenza di intercalari a ridotta permeabilità di limitata continuità spaziale. Solo in corrispondenza

di Tuscania e presso il versante nord-occidentale dei Monti Cimini sono presenti emergenze idriche riconducibili alla falda di base e catalogabili quali sorgenti per locale affioramento della piezometrica.

Complessivamente l'entità del flusso idrico sotterraneo che scaturisce dalla sorgenti è quantificabile in circa 0.327 m³/s. Questa portata in ogni caso ha recapito nella rete idrografica e quindi è inclusa nel deflusso di base del fiume, valutato precedentemente attraverso la scomposizione degli idrogrammi (cfr. PAR. 6.1.1.4).

E' da sottolineare infine che le manifestazioni idrotermali, presenti principalmente presso Viterbo ed in misura minore presso Tuscania, non possono essere ricondotte al più attivo flusso idrico sotterraneo delle vulcaniti oggetto di studio. La loro genesi, come documentato in bibliografia (DUCHI *et alii*, 2003; PISCOPO *et alii*, 2006) è da ricondurre a circuiti idrici sotterranei più profondi e connessi con le anomalie geotermiche che caratterizzano l'area vulcanica dell'alto Lazio (CALAMAI *et alii*, 1976).

SIGLA	QUOTA (m s.l.m.)	UTM X	UTM Y	PORTATA (m ³ /s)	NOME
-------	---------------------	-------	-------	--------------------------------	------

S1	290	258309	4692872	0.025	La Botte
S2	215	256990	4696643	0.030	Vagnano
S3	337	258681	4692258	0.008	Tre Croci
S4	291	256927	4696706	0.040	Le Vene
S5	282	256864	4692118	0.020	Capo d'Acqua
S6	261	256550	4691427	0.020	Fossato Caldo
S7	320	257304	4690358	0.020	Ucciano
S8	223	245082	4707248	0.025	Ficona
S9	240	244693	4706382	0.040	Botte
S10	155	243518	4703614	-	Castelbrocco
S11	247	257597	4695713	0.001	Bagnarello
S12	263	253428	4705439	0.030	La Vena
S13	300	257950	4701169	-	Le Zitelle
S14	298	259238	4700797	0.020	Bullicame
S15	238	258051	4697429	0.002	Pidocchio
S16	300	258590	4689188	0.004	Villa Casta
S17	300	258518	4687162	0.012	Fornaci
S18	350	258369	4685807	0.003	Le Case
S19	386	263050	4699248	0.004	Mensa Bassa
S20	422	263693	4698860	0.0015	Mensa Alta
S21	495	264437	4697811	0.002	Roncone
S22	163	251391	4694585	-	Bicocca
S23	300	256546	4684574	0.0005	Scuffiaccia
S24	290	257887	4682156	0.0029	S.Rocco
S25	311	258473	4681757	0.00075	S. Sebastia
S26	387	259674	4681297	0.0005	Palmarina
S27	134	242800	4697545	0.001	-
S28	284	258581	4700969	-	Carletti
S29	254	245321	4707162	0.020	S Savino Vecchio
S30	255	245313	4707199	0.018	S Savino Nuova
S31	253	245216	4707258	0.040	S Savino
S32	234	244944	4706679	0.035	-
S33	247	245342	4706832	0.005	-
S34	425	264231	4700973	0.010	Respoglio
S35	423	264205	4700902	0.010	Settecannelle
S36	247	257256	4694973	0.001	Bagnarello

TABELLA. 7.1 – Caratteristiche delle sorgenti.

7.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME MIGNONE

7.2.1 ROCCIA SERBATOIO E SUBSTRATO IMPERMEABILE

Dalla caratterizzazione idrogeologica effettuata per il bacino del fiume Mignone si deduce che le modalità di circolazione idrica sotterranea sono fortemente influenzate dalla presenza dei terreni impermeabili, che costituiscono circa il 63 % dell'intera area (cfr. PAR. 4.2).

Le rocce vulcaniche affiorano principalmente nel settore orientale, dove la morfologia digrada verso il lago di Bracciano, ed in quello a nord della città di Allumiere, caratterizzato dalla presenza dei duomi vulcanici della Tolfa.

Queste litologie risultano costituire le principali rocce serbatoio del bacino, la cui circolazione idrica sotterranea risulta non omogenea e frazionata, per l'esteso affioramento delle formazioni pleistoceniche e cretache dei complessi argilloso-sabbioso-conglomeratico (cfr. PAR. 4.2.6) e marnoso-calcareo-arenaceo (cfr. PAR. 4.2.7), che costituiscono anche il substrato impermeabile degli acquiferi vulcanici.

In particolare, nell'ambito dell'area di studio le rocce vulcaniche considerate rientrano nell'acquifero sabatino e vicano ai margini orientali, e in quello tolfetano-cerite, ai margini occidentali.

Il complesso alluvionale (cfr. PAR. 4.2.1) presenta spessori ridotti a pochi metri ed una distribuzione areale limitata al corso principale del fiume Mignone e ad alcuni dei suoi tributari più importanti, ad eccezione dell'ultimo tratto del fiume, dove il complesso affiora più estesamente, influenzando localmente i rapporti acque sotterranee-superficiali.

Per una più dettagliata analisi delle modalità di flusso sotterraneo è stato necessario ricostruire la morfologia piezometrica, tenendo conto del contesto stratigrafico-strutturale dell'area di studio.

7.2.2 PIEZOMETRIA

I dati dei pozzi necessari per ricostruire lo schema di circolazione sotterranea interessano sia l'area di studio che il suo intorno, comprendendo anche il settore settentrionale del bacino del fiume Marta.

Le informazioni sui pozzi sono state acquisite presso l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (A.P.A.T.), presso la Provincia di Viterbo e da

studi precedenti interessanti o tutta o una porzione dell'area (SIBI, 1998; BAIOCCHI, 2002; LUZZI, 2004; BAIOCCHI *et alii*, 2006; CAPELLI *et alii*, 2005).

I pozzi censiti sono 303. Tra tutti i pozzi censiti dall'A.P.A.T. o da altre fonti non sono stati considerati quei pozzi che interessano i complessi poco permeabili (complesso argilloso-sabbioso-conglomeratico e marnoso-calcareo-arenaceo). Si tratta di poche perforazioni che intercettano piccole falde discontinue e di ridotta potenzialità (portata di esercizio massima inferiore ad 1 l/s). Pertanto la ricostruzione piezometrica ha riguardato solo l'acquifero vulcanico cercando di definire una superficie piezometrica media, in quanto i dati in possesso riguardano il periodo compreso tra il 1986 e il 2004. La profondità dei pozzi che interessano l'acquifero vulcanico è variabile da 8 a 278 metri (FIG. 7.6), con una portata minima di 0.0002 m³/s e massima di 0.04 m³/s (FIG. 7.7).

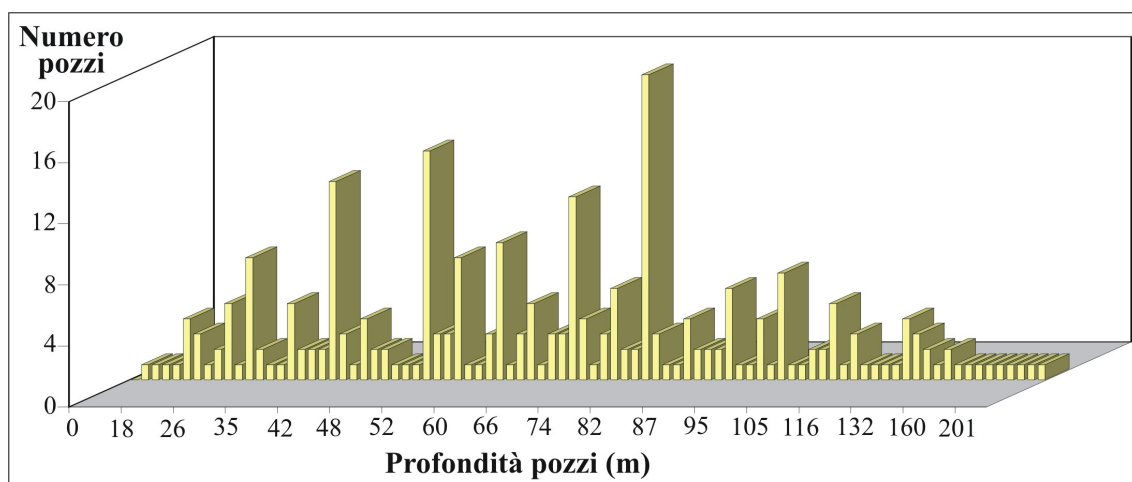


FIGURA 7.6 – Variazione della profondità dei pozzi.

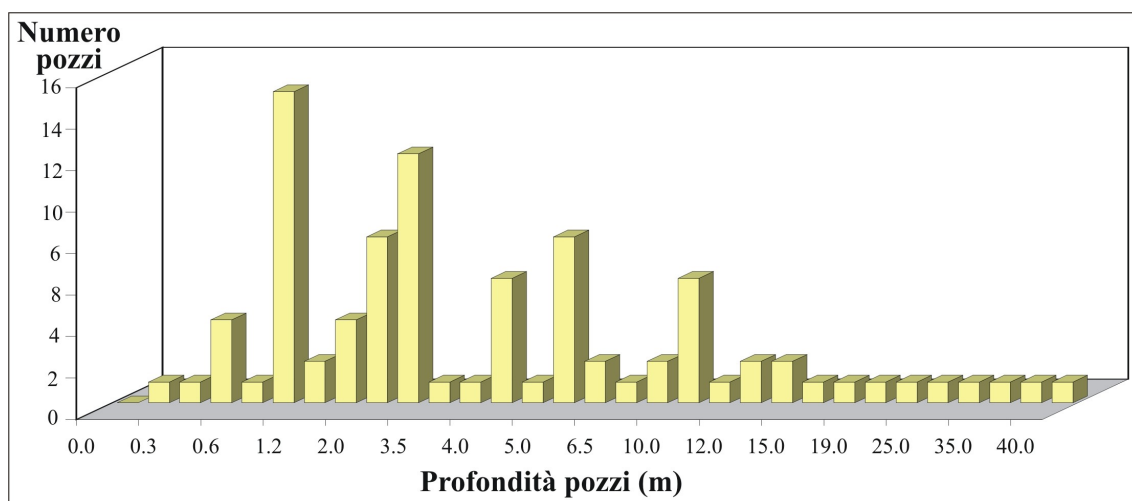


FIGURA 7.7 – Variazione della portata dei pozzi.

In ambiente G.I.S. i pozzi sono stati ubicati su carte topografiche 1:25.000, notando una distribuzione spaziale dei pozzi non omogenea, con una frequenza più alta nei terreni vulcanici e ridotta o nulla negli affioramenti del substrato impermeabile (FIG. 7.8).

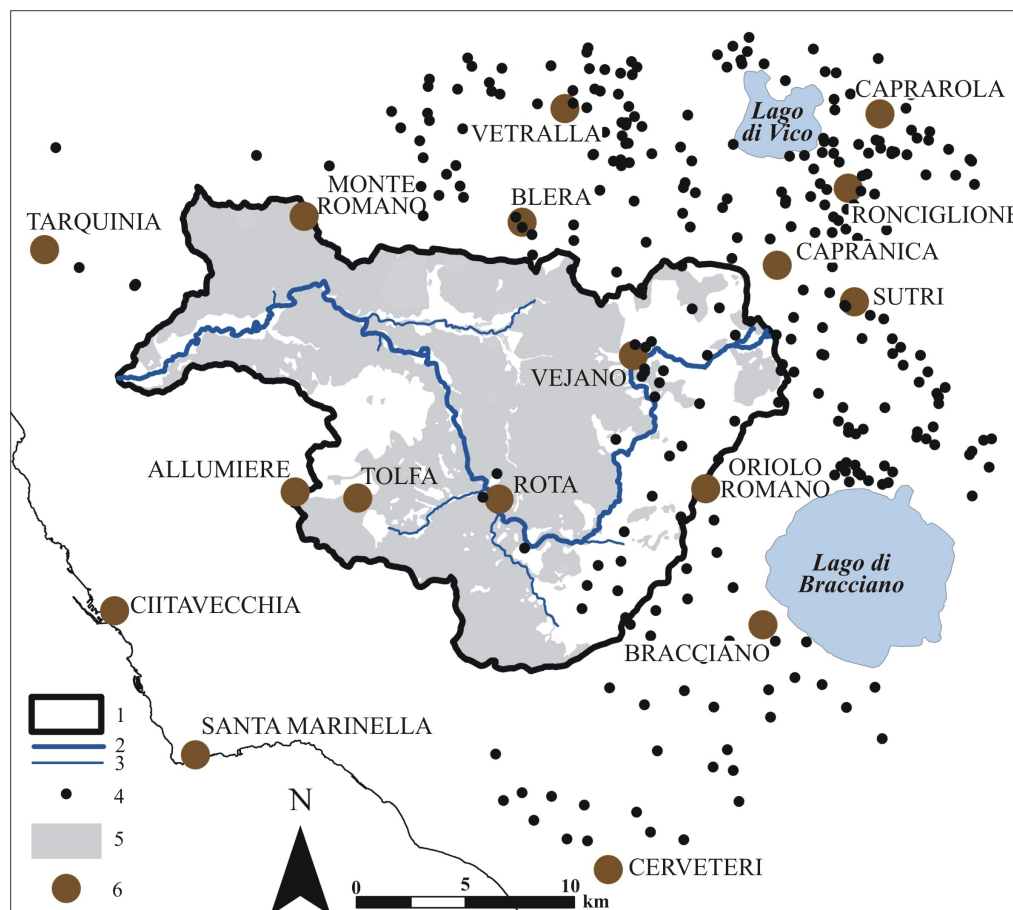


FIGURA 7.8 – Distribuzione spaziale dei pozzi all'interno e nelle vicinanze dell'area in esame (1: area di studio; 2: fiume Mignone; 3: principale reticolo idrografico; 4: pozzi; 5: substrato impermeabile; 6: centri urbani).

L'interpolazione dei dati puntuali relativi alla quota dei livelli statici dei pozzi è stata effettuata con il programma Surfer®, considerando anche le quote del livello del lago di Bracciano (165 m s.l.m.) e dei livelli idrici dei torrenti risultanti alimentati dalla falda, durante le misure di portata in alveo (cfr. TAB. 6.13). I principali torrenti drenanti sono il Lenta e il Verginese, in sinistra orografica, ed il Vesca in destra orografica; essi rappresentano anche i principali tributari del Mignone.

A seguito di tali elaborazioni, deriva lo schema di circolazione idrica sotterranea riportato in FIGURA 7.9, che risulta, come previsto, condizionato dall'affioramento dei terreni poco permeabili. Pertanto, a causa dell'assetto geologico-strutturale dell'area e per la distribuzione disomogenea dei dati, è stato possibile ricostruire la morfologia

piezometrica solo per il settore orientale, dove affiora con maggiore continuità l'acquifero vulcanico.

Per il resto del bacino è da prevedere solo un limitato flusso idrico sotterraneo che interessa la coltre più superficiale ed alterata dei complessi argilloso-sabbioso-conglomeratico e marnoso-calcareo-arenaceo, oppure in profondità laddove esistono lenti e livelli relativamente più permeabili.

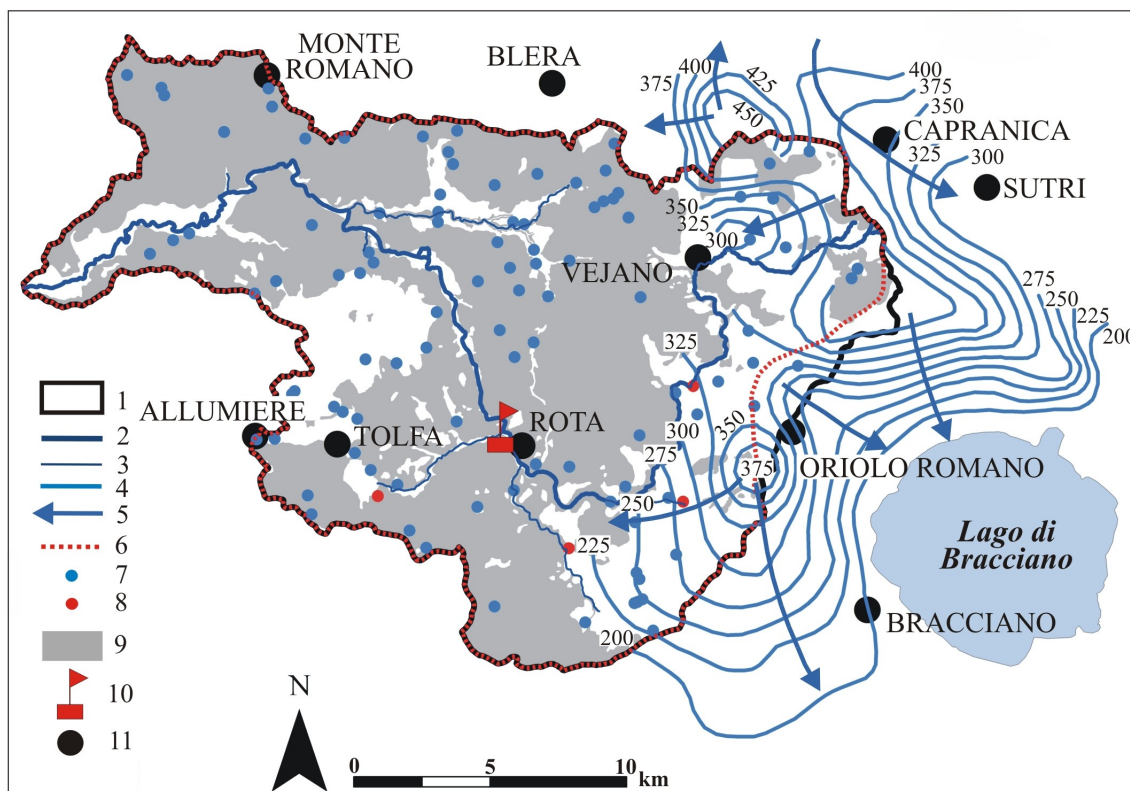


FIGURA 7.9 – Schema della circolazione idrica sotterranea dell'area di studio (1: area di studio; 2: fiume Mignone; 3: reticolo idrografico drenante; 4: curve isopiezometriche in metri s.l.m.; 5: principali linee di flusso; 6: limite del bacino idrogeologico; 7: sorgenti minerali; 8: sorgenti termali; 9: substrato impermeabile; 10: stazioni idrometrografiche; 11: centri urbani).

Le curve isopiezometriche sono state tracciate con equidistanza di 25 metri ed in generale evidenziano un adattamento della morfologia piezometrica alla topografia (FIG. 7.9).

Da un'attenta analisi del reticolo piezometrico è stato definito lo spartiacque sotterraneo che risulta coincidere generalmente con quello superficiale almeno nel settore orientale. Nel dettaglio lo spartiacque attraversa gli alti piezometrici di Monte Calvario (541 m s.l.m.), a sud-est, e Poggio Pusugliano (527 m s.l.m.), ad est. Dallo spartiacque la circolazione idrica sotterranea risulta orientata da una parte verso il Mignone, recapito preferenziale della falda almeno in sinistra orografica, e da una parte verso il lago di Bracciano. Proprio tra i rilievi di Monte Calvario e Poggio Pusugliano lo spartiacque

sotterraneo sembra essere più arretrato rispetto a quello superficiale, consentendo flussi idrici sotterranei verso l'esterno da una piccola porzione dell'acquifero vulcanico interno al bacino superficiale (circa 11 km²). Da Poggio Pusugliano proseguendo verso nord, fino a Monte Calvello, risulta ancora una buona coincidenza tra spartiacque superficiale e sotterraneo. A valle di questi due rilievi, all'interno del bacino idrografico, è presente un settore di acquifero con flusso che converge verso il fiume Mignone e verso alcune sorgenti minerali presenti presso l'abitato di Vejano. In questa porzione orientale del bacino la spaziatura delle isoipse evidenzia un gradiente idraulico generalmente elevato (da 8 % a 10 %) che solo in corrispondenza del Mignone tende a diminuire. Ciò è probabilmente da attribuire alla ridotta trasmissività dell'acquifero, legata anche ad un ridotto spessore della porzione satura.

Per il resto dell'area in esame, considerata la presenza dei terreni poco o per niente permeabili, è da supporre una generale coincidenza tra bacino superficiale e sotterraneo. In definitiva per il fiume Mignone fino alla sezione di chiusura si può considerare il bacino superficiale quale sistema di riferimento per il bilancio idrologico, tenendo conto però dei flussi idrici sotterranei esterni al bacino stesso, in corrispondenza dell'unica zona dove bacino superficiale e sotterraneo non coincidono.

7.2.3 SORGENTI

I recapiti della circolazione idrica sotterranea sono stati individuati oltre, che nelle sorgenti lineari rappresentate dai torrenti drenanti, anche da sorgenti puntuali la cui ubicazione è riportata in FIGURA 7.10.

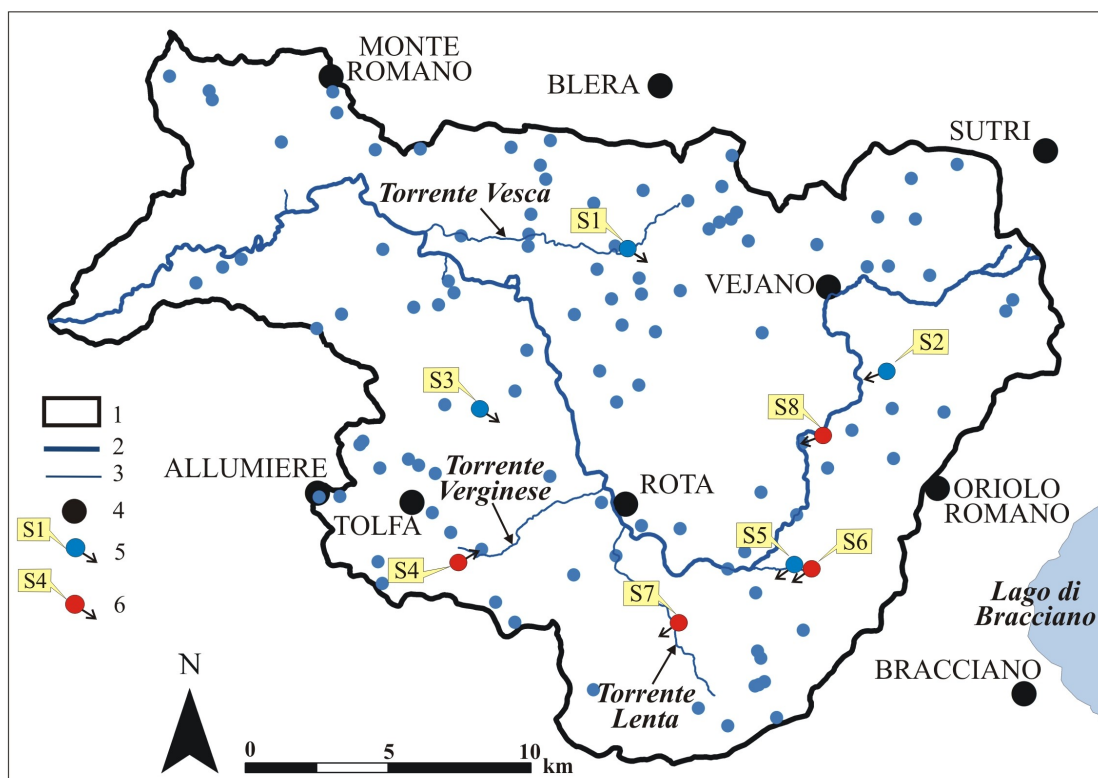


FIGURA. 7.10 – Distribuzione spaziale delle sorgenti nell'area di studio (1: area di studio; 2: fiume Mignone; 3: principale reticolo idrografico; 4: centri urbani; 5: sorgenti minerali e relativa sigla, 6: sorgenti termali e relativa sigla).

Le sorgenti censite sono state selezionate dall'archivio dell'Ambito Territoriale Ottimale (ATO-1), da quello dei Servizi Informativi Regionali Ambientali della Regione Lazio (S.I.R.A.), dalla letteratura (CAPELLI *et alii*, 2005) e alcune rilevate direttamente su carte in scala 1:25.000.

Nell'area esistono tutta una serie di scaturigini diverse fra loro soprattutto per portata, natura, chimismo e temperatura, essendo presenti sia piccoli fontanili che sorgenti sulfuree e termali, come quelle di Stigliano. La maggior parte di queste emergenze influenzano la portata in alveo dei tributari del Mignone, come il fosso Lenta o il fosso Verginese o lo stesso Mignone, che in periodi di siccità è alimentato principalmente dalle acque delle sorgenti.

Sono state riscontrate all'interno dell'area di studio 8 sorgenti con portate comprese tra 0.001 a 0.005 m³/s, dove solo una di queste (S1) è captata per uso potabile (TAB. 7.2). Inoltre sono presenti oltre 100 fontanili con portate non significative (intorno a 0.0001 m³/s; cfr. FIG. 7.9). Per la loro ridotta portata tali emergenze sono da ricollegarsi prevalentemente a falde sospese nell'acquifero vulcanico, dove la variazione di permeabilità verticale ne condiziona la presenza.

SIGLA	QUOTA (m s.l.m.)	UTM X	UTM Y	PORTATA (m ³ /s)	NOME
S1	187	253800	4678983	0.001	Sorgente Lontaneto
S2	355	262086	4675054	0.005	Sorgente Sette Vene
S3	413	249088	4673852	0.005	-
S4	207	248396	4668947	0.001	Il Bagnarello
S5	247	259128	4668886	0.005	Sorgente Ravanello
S6	298	258722	4668925	-	-
S7	179	255451	4667023	-	Bagni di Stigliano
S8	325	260050	4673007	-	Sorgente Solfurea

TABELLA 7.2 – Dati delle sorgenti.

Alcune di queste sorgenti sono da ricollegare a flussi idrici relativamente superficiali nei complessi argilloso-sabbioso-conglomeratico e marnoso-arenaceo-calcareo. Questo è dimostrato dalla presenza frequente di fontanili o emergenze di portata generalmente inferiore a 0.001 m³/s, che confermano peraltro la scarsa permeabilità di questi complessi. Sommando la portata di tutte le sorgenti ricadenti nel bacino in esame si calcola un valore totale di circa 0.017 m³/s. Questa ridotta portata delle sorgenti implica che il recapito sicuramente più importante delle acque sotterranee è il reticolo fluviale, dove invece è stato riconosciuto un flusso di base di 0.68 m³/s per la stazione di Rota, ed incrementi di portata in alveo di 1.0 m³/s, tra la stazione di Rota (stazione A) e la stazione di misura della portata B (cfr. PAR. 6.4 e FIG. 6.24).

Nel bacino del fiume Mignone sono presenti anche delle emergenze di acque termali legate forse a circolazioni di acque sotterranee più profonde.

Famose sono le acque termali dei Bagni di Stigliano (complessivamente non supera 0.005 m³/s), che fuoriescono da 7 emergenze differenti per la temperatura, variabile da 20° a 55°, per le caratteristiche chimiche.

Tra le sorgenti di acqua sulfurea particolari sono quelle ubicate nelle vicinanze di una vecchia miniera di zolfo, nella valle del fosso Biscione, nei pressi dell'abitato di Monterano. Queste scaturigini si manifestano come piccole pozze, alcune accompagnate da acqua sorgiva altre solo con ribollimenti di gas. La portata è intorno a 0.0005 m³/s con una temperatura superiore ai 20° (AA. VV., 1901). Temperatura più elevata hanno invece le acque termo-sulfuree del Bagnarello di Tolfa, presso il fosso Caldano, che supera i 50°.

QUALITA' BIOLOGICA DELLE ACQUE SUPERFICIALI

DEI FIUMI MARTA E MIGNONE

I bacini idrografici dei fiumi Marta e Mignone presentano una grande ricchezza di risorse idriche, ampiamente utilizzate per l'irrigazioni e dall'industria.

Entrambi i reticoli idrografici presentano una spiccata variabilità di ambienti idrici, dipendenti soprattutto dalla tipologia dei terreni attraversati, dove sono presenti anche aree di rilevante valore ricreativo e naturalistico. Di conseguenza si pone l'attenzione sul monitoraggio dello stato di qualità dei corsi d'acqua, attraverso la classificazione dello stato ecologico, utilizzando come metodologia principale quella degli indici biotici (cfr. PAR. 8.2). Tali risultati sono stati considerati per la definizione del deflusso minimo vitale attraverso quei metodi che si basano sulle variabili ecologiche.

In questo quadro, l'Amministrazione Provinciale di Viterbo, precorrendo i contenuti del D. L. 152/99 ha condotto tra il 1996 e il 1998 uno studio sulla qualità biologica dei corsi d'acqua del Lazio, includendo i fiumi Marta e Mignone. Altre analisi sono state condotte della Regione Lazio nel 1999 (MANCINI & ARCÀ, 2000; AA. VV. 2002) e, dopo l'approvazione del Piano di Tutela delle Acque 2004, altre analisi nel periodo 2001-2005, con la collaborazione dell'Agenzia Regionale Protezione Ambiente (A.R.P.A.; AA. VV., 2006)

I sistemi di analisi condotti hanno incluso l'utilizzo dell'Indice Biotico Esteso (I.B.E.), per il fiume Marta e Mignone, e il Biological Monitoring Working Party (B.M.W.P.), applicato solo al Marta. Inoltre è stato applicato per entrambi i corsi d'acqua l'Indice di Funzionalità Fluviale (I.F.F.), per indagare sui processi coinvolti nelle dinamiche fisiche e biologiche dei corsi d'acqua (AA. VV., 2003; AA. VV. 2005). Conformemente a quanto è riportato nel D. L. 152/99, è stato definito anche il Livello Inquinamento da Macrodecriptori (L.I.M.), lo Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua (S.E.C.A.) e lo Stato Ambientale dei Corsi d'Acqua (S.A.C.A.; AA. VV. 2006).

Nel presente capitolo si riporta una breve introduzione sui metodi del monitoraggio biologico (cfr. PAR. 8.1), con riferimento agli indici più usati, quali l'I.B.E. (cfr. PAR. 8.1.1), il L.I.M. (cfr. PAR. 8.1.2), il S.E.C.A. (cfr. PAR. 8.1.3), il S.A.C.A. (cfr. PAR. 8.1.4) e l'I.F.F. (cfr. PAR. 8.1.5). In seguito vengono riassunti i risultati pubblicati dalla

Regione Lazio e dalla Provincia di Viterbo per i fiumi Marta (cfr. PAR. 8.2) e Mignone (cfr. PAR. 8.3), integrati con apposite analisi chimico-fisiche (cfr. PAR. 8.4).

8.1 IL MONITORAGGIO BIOLOGICO

Il biomonitoraggio rappresenta una misura della risposta biologica degli organismi a fenomeni di inquinamento; si fonda sull'evidenza che una qualunque alterazione ambientale determina una variazione di alcuni parametri strutturali e funzionali della biocenosi tipica di un ambiente. Infatti gli organismi animali e vegetali presenti nel comparto acquatico sono in grado di percepire anche piccole variazioni ambientali, in risposta alle quali mostrano vari adattamenti biologici (morfologici, funzionali, comportamentali e biochimici).

Il monitoraggio biologico è il controllo delle risposte biologiche in seguito a cambiamenti ambientali dovuti a fattori naturali o antropici, finalizzato alla misura e al controllo della qualità ambientale (MATTHEWS *et alii*, 1982).

Questa metodologia non è da considerarsi sostitutiva o preferibile a quella chimico-fisica bensì complementare. Infatti, mentre il monitoraggio chimico-fisico consente un'accurata valutazione quali-quantitativa di un evento inquinante, il biomonitoraggio fornisce un quadro dettagliato dell'impatto esercitato sulle biocenosi, fornendo informazioni sullo stato di salute dell'ecosistema.

Nella valutazione della qualità dei corpi idrici, il biomonitoraggio si basa sull'analisi delle componenti fito e zoo-planctoniche, per le acque a carattere lentic, e sull'osservazione delle popolazioni di macroinvertebrati bentonici per le acque a flusso lotico.

Il monitoraggio della qualità degli ambienti acquatici utilizza come strumenti i bioindicatori, il cui uso è ormai regolarizzato dalla normativa nazionale, essendo stati inseriti nel Testo Unico che disciplina il controllo della presenza degli inquinanti nelle acque (Decreto Legislativo 152/99 e successive modifiche e integrazioni).

Nell'ambito della valutazione della qualità degli ambienti dulciacquicoli, i metodi usati hanno la struttura di indici risultanti dalla combinazione di due o più indicatori che esprimono informazioni fornite da varie caratteristiche delle biocenosi. Fanno parte degli indici biologici i cosiddetti indici biotici che si basano sulla struttura della comunità dei macroinvertebrati bentonici, dimostratisi più rappresentativa di altre nel rispecchiare la qualità degli ambienti lotici, essendo una delle categorie di organismi

acquatici più sensibili all'inquinamento e di conseguenza più affidabile nella bioindicazione (ARNOLD & KEITH, 1976; MC NICOL & SCHERER, 1985).

I vantaggi dell'applicazione dei suddetti indici possono essere così sintetizzati (GHETTI & BONAZZI, 1981):

- valutazione degli effetti prodotti nel tempo dagli inquinanti sulla struttura della comunità, fornendo giudizi complessivi sulla qualità ambientale;
- applicabilità attraverso metodologie standardizzate che hanno l'obiettivo di privilegiare il continuum spaziale rispetto a quello temporale, ricostruendo in tal modo la qualità di determinate aree dell'ecosistema;
- individuazione di scarichi inquinanti, altrimenti difficilmente localizzabili, attraverso il riscontro degli effetti sulla comunità.

Lo studio dettagliato di molti ecosistemi acquatici ha rilevato l'esistenza di una bassa diversità di specie negli ambienti inquinati ma poiché la presenza di alcune specie dipende anche dalla posizione geografica, è necessario calibrare gli indici al preciso contesto ambientale in cui vengono applicati.

Nella letteratura internazionale e nazionale sono molti gli indici biotici proposti e applicati a diverse realtà biologiche, ma tra questi l'Extended Biotic Index (WOODWISS, 1978) risulta tra i più applicati. In Italia è stata adottata una versione più confacente alla situazione fluviale nazionale (GHETTI, 1986).

8.1.1 L'INDICE BIOTICO ESTESO (I.B.E.)

L'Indice Biotico Esteso (in seguito citato come I.B.E.) deriva da "Trent Biotic Index" creato da WOODWISS nel 1964, tarato per le caratteristiche dei fiumi britannici e successivamente rielaborato nel 1978 dallo stesso autore come Extended Biotic Index (E.B.I.). In seguito è stato modificato e adattato per l'applicazione standardizzata ai corsi d'acqua italiani (GHETTI & BONAZZI, 1981; GHETTI 1986 e 1995).

Esso fornisce una valutazione sintetica della qualità biologica di un corso d'acqua basandosi sia sulla ricchezza di taxa di macroinvertebrati bentonici che sulla loro diversa sensibilità all'inquinamento.

L'indice si basa sull'analisi della struttura delle comunità di macroinvertebrati che colonizzano i substrati delle differenti tipologie fluviali. Essendo le diverse popolazioni di macroinvertebrati caratterizzate da diversi livelli di sensibilità alle alterazioni ambientali, da ruoli trofici diversi e da cicli vitali relativamente lunghi, l'indice si

presenta particolarmente adatto a rilevare nel tempo gli effetti causati dall'insieme dei fattori di stress sull'ambiente.

La scelta dei macroinvertebrati come indicatori da usare nell'I.B.E. è legata all'adeguatezza del campionamento, alla facilità del riconoscimento e della classificazione e, soprattutto, alle loro proprietà di essere stabili e rappresentativi di una data sezione del corso d'acqua. Pertanto, l'indice si presta ad essere utilizzato come un valido strumento per appurare lo stato di qualità di un determinato tratto fluviale, rappresentando un'integrazione temporale degli effetti di perturbazione fisiche, chimiche e biologiche.

Nella valutazione della qualità delle acque superficiali può essere considerato come un metodo complementare al controllo fisico-chimico e si mostra utile per il monitoraggio in funzione degli usi civili, agricoli, industriali e per la balneazione. Nonostante i limiti si dimostra anche di notevole utilità per effettuare diagnosi preliminari della qualità dei reticoli idrografici e della loro evoluzione nel tempo, per stimare impatti di varia natura, per valutare la capacità autoregolativa di un corso d'acqua e per valutare l'influenza di trasformazioni fisiche in alveo, come quelle che possono causare le variazioni di portata. Pertanto, in molti metodi biologici per la definizione del deflusso minimo vitale, la qualità delle acque viene stimata attraverso l'applicazione dell'I.B.E.

La definizione del valore dell'I.B.E. è fondata su due tipi di indicatori: la presenza dei taxa più sensibili in termini di qualità e la ricchezza totale in taxa della comunità. Il metodo prevede l'utilizzo di una tabella a due entrate (TAB. 8.1): nelle righe sono riportati i gruppi di macroinvertebrati con livello decrescente della rispettiva sensibilità ai fattori di stress ambientale, mentre nelle colonne sono riportati gli intervalli numerici che fanno riferimento al numero totale delle Unità Sistematiche (U.S.) rinvenute nella stazione di campionamento.

Gruppi faunistici che determinano con la loro presenza l'ingresso orizzontale in tabella (primo ingresso)		Numero totale delle Unità Sistematiche costituenti la comunità (secondo ingresso)								
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-...
Plecotteri presenti (Leuctra [°])	più di una U.S.	--	--	8	9	10	11	12	13*	14*
	una sola U.S.	--	--	7	8	9	10	11	12	13*
Efemerotteri presenti (escludere Baetidae caenidae ^{°°})	più di una U.S.	--	--	7	8	9	10	11	12	--
	una sola U.S.	--	--	6	7	8	9	10	11	--
Tricotteri presenti (comprendere Baetidae Caenidae)	più di una U.S.	--	5	6	7	8	9	10	11	--
	una sola U.S.	--	4	5	6	7	8	9	10	--
Gammaridi e/o Atiidae e/o Palemonidae presenti	tutte le U.S. sopra assenti	--	4	5	6	7	8	9	10	--
Asellidi e/o Nifargidi presenti	tutte le U.S. sopra assenti	--	3	4	5	6	7	8	9	--
Oligocheti o Chironomidi	tutte le U.S. sopra assenti	1	2	3	4	5	--	--	--	--
Altri organismi	tutte le U.S. sopra assenti	0	1	--	--	--	--	--	--	--

Legenda:

-: giudizio dubbio, per errore di campionamento, per presenza di organismi di drift non scartati dal computo, per ambiente non colonizzato adeguatamente, per tipologia non valutabile con l'indice (es. sorgenti, acque di scioglimento di nevali, acque ferme, zone deltizie, salmastre).

*: questi valori di indice vengono raggiunti raramente nelle acque per cui occorre prestare attenzione, sia nell'evitare la somma di biotipologie (incremento artificioso della ricchezza in taxa), che nel valutare eventuali effetti prodotti dall'inquinamento, trattandosi di ambienti con una naturale elevata ricchezza di taxa.

°: nelle comunità in cui Leuctra è presente come unico taxon di Plecotteri e sono contemporaneamente assenti gli Efemerotteri (o presenti solo Baetidae e Caenidae), Leuctra deve essere considerata al livello dei Tricotteri per definire l'entrata orizzontale in tabella.

°°: per la definizione dell'ingresso orizzontale in tabella le famiglie Baetidae e Canidae vengono considerate a livello dei Tricotteri.

TABELLA 8.1 – Tabella a doppia entrata per il calcolo dell'I.B.E. (da GHETTI, 1997).

Il valore dell'indice è dato dal valore corrispondente alla casella che si trova all'incrocio della riga di entrata orizzontale con la colonna di entrata verticale: questo valore consente di trasformare le informazioni racchiuse nelle liste dei taxa in un giudizio espresso da un valore numerico.

Attraverso una tabella di conversione (TAB. 8.2) si risale alle 5 Classe di Qualità. Ad ogni classe è associato una colorazione convenzionale in ordine di qualità decrescente (azzurro, verde, giallo, arancione e rosso).

La differente colorazione permette una visualizzazione cartografica della qualità del reticolo idrografico, in modo da poter sintetizzare il risultato dell'indagine in una mappa di qualità complessiva del corso d'acqua. Nella carta di qualità lo spessore del tratto

colorato è direttamente proporzionale alla gerarchia idrologica del corso d'acqua. Infine ad ogni classe corrisponde un Giudizio di Qualità (cfr. TAB. 8.2)

VALORE I.B.E	CLASSE	GIUDIZIO DI QUALITA'	COLORE
10-12	I	ottima qualità	azzurro
8-9	II	lievemente inquinato	verde
6-7	III	inquinato	giallo
4-5	IV	molto inquinato	arancione
1-3	V	fortemente inquinato	rosso

TABELLA 8.2 – Tabella di conversione dei valori I.B.E. in classi di qualità, con relativo giudizio e colore (da Allegato 1 D. L. 152/99).

8.1.2 IL LIVELLO INQUINAMENTO DA MACRODESCRITTORI (L.I.M.)

Il Livello Inquinamento da Macrodescrittori (L.I.M.) è un indice che tiene conto di alcuni importanti parametri chimico-microbiologici. Nello specifico si determinano i nutrienti, le sostanze biodegradabili, l'ossigeno disciolto e l'inquinamento microbiologico. Il L.I.M. si ottiene sommando il 75° percentile per i parametri riportati in TABELLA 8.3, individuando così la colonna in cui ricade il risultato ottenuto dalla somma dei punteggi dei parametri gabellati, assegnando la classe di qualità (da ottimo a pessimo), rappresentate con dei colori convenzionali.

PARAMETRI	LIVELLO 1	LIVELLO 2	LIVELLO 3	LIVELLO 4	LIVELLO 5
100-OD (% sat.)	≤ 10	≤ 20	≤ 30	≤ 50	> 50
BOD₅ (mg/l)	≤ 2.5	≤ 4	≤ 8	≤ 15	> 15
COD (O₂ mg/l)	≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 25	> 25
NH₄	< 0.03	≤ 0.1	≤ 0.5	≤ 1.5	> 1.5
NO₃	< 0.3	≤ 1.5	≤ 5	≤ 10	> 10
Fosforo totale	< 0.07	≤ 0.15	≤ 0.30	≤ 0.60	> 0.60
Escherichia Coli	< 100	≤ 1000	≤ 5000	≤ 20000	> 20000
PUNTEGGIO	80	40	20	10	5
L.I.M.	480-560	240-475	120-235	60-115	< 60

TABELLA 8.3 – Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori (da Allegato 1 D. L. 152/99).

Il L.I.M. fornisce una stima del grado di inquinamento dovuto a fattori chimici e microbiologici e serve ad ottenere l'Indice S.E.C.A., assieme al valore dell'I.B.E., per valutare e classificare la qualità dei corsi d'acqua.

8.1.3 LO STATO ECOLOGICO DEI CORSI D'ACQUA (S.E.C.A.)

Lo Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua (S.E.C.A.) è determinato incrociando i valori del L.I.M. e dell'I.B.E., prendendo in considerazione il risultato peggiore tra i due. Anche in questo caso si attribuisce il valore attraverso le 5 classi di qualità (TAB. 8.4).

	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	CLASSE 5
I.B.E.	≥ 10	8-9	6-7	4-5	1-2-3
L.I.M.	480-560	240-475	120-235	60-115	< 60

TABELLA 8.4 – Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua (da Allegato 1 D. L. 152/99).

8.1.4 LO STATO AMBIENTALE DEI CORSI D'ACQUA (S.A.C.A.)

Per attribuire lo Stato Ambientale dei Corsi d'Acqua (S.A.C.A.), i valori dello stato ecologico (S.E.C.A.) vengono confrontati con i dati relativi alla presenza di microinquinanti, organici o metalli pesanti, come elencato nella Tabella 1 dell'Allegato 1 del D.L. 152/99 (TAB. 8.5). Se la concentrazione di uno solo di questi inquinanti supera il valore soglia previsto, lo stato dell'acqua viene classificato come scadente o pessimo nel caso in cui lo Stato Ecologico fosse stato tale.

CONCENTRAZIONI INQUINANTI	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	CLASSE 5
$\leq$ Valore soglia	Elevato	Buono	Sufficiente	Scadente	Pessimo
$>$ Valore soglia	Scadente	Scadente	Scadente	Scadente	Pessimo

TABELLA 8.5 – Stato Ambientale dei Corsi d'Acqua (da Allegato 1 D. L. 152/99).

8.1.5 L'INDICE DI FUNZIONALITA' FLUVIALE (I.F.F.)

L'Indice di Funzionalità Fluviale (messo a punto dall'A.N.P.A., Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente; SILIGARDI *et alii*, 2000) è stato elaborato come metodo olistico e sintetico di valutazione degli elementi ecosistemici per indagare sull'insieme dei processi coinvolti nelle dinamiche fisiche e biologiche dei corsi d'acqua.

Questo indice racchiude informazioni non solo provenienti dal comparto acquatico, ma dall'intero ecosistema fluviale. La valutazione della qualità complessiva dell'ambiente fluviale deve comprendere l'analisi di tutti i suoi componenti compresi le zone riparie e

il territorio circostante. Tutto l'ambiente che circonda il fiume quindi contribuisce al degrado e all'evoluzione del corso d'acqua. Con l'I.F.F. si estende l'indagine dall'acqua fluente (analisi chimiche e microbiologiche) e dall'alveo bagnato (I.B.E.) a tutto il sistema fluviale.

L'I.F.F. rappresenta un'evoluzione dell'RCE-II (Riparian Channel and Environmental Inventory; SILIGARDI & MAIOLINI, 1993), derivato a sua volta dall'RCE-I (Riparian, Channel, Environmental Inventory), ideato in Svezia alla fine degli anni '80 da PETERSEN (PETERSEN, 1992) per operare una raccolta di informazioni relative alle principali caratteristiche ecologiche dei fiumi svedesi.

Nel 1990 tale metodo è stato applicato a 480 tratti dei principali corsi d'acqua del Trentino (SILIGARDI, 1990). Considerate le caratteristiche morfo-ecologiche dei fiumi italiani sono state apportate delle modifiche alla versione originale. Fu messo a punto RCE-2 dotato di una nuova scheda di valutazione (SILIGARDI & MAIOLINI, 1993).

L'opportunità di valutare la qualità di un ambiente lotico attraverso una metodica in grado di rilevare i livelli di funzionalità ecologica e le interazioni tra ecotopi all'interno di un ecosistema, rende tale metodo un valido strumento di analisi della eterogeneità dei sistemi nello spazio e nel tempo (SILIGARDI, 1990).

L'esigenza di generalizzare il metodo per coprire le varie metodologie italiane ha portato l'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente ad apportare delle modifiche alle domande e alle risposte della scheda dell'RCE-2 (SILIGARDI & MAIOLINI, 1993). Queste variazioni hanno permesso di definire l'Indice di Funzionalità Fluviale, attualmente usato in Italia e applicabile a qualsiasi ambiente lotico.

L'applicazione dell'indice si basa sulla compilazione di una scheda, che segue il rilevamento da effettuare preferibilmente in un periodo compreso tra il regime idrologico di morbida e di magra, in piena attività vegetativa (SILIGARDI, 2000).

La scheda si compone di 14 domande che prevedono la possibilità di definire una data condizione ecologica del corso d'acqua e del territorio adiacente attraverso 4 risposte predefinite; per ogni domanda è possibile esprimere una sola risposta. I dati di corredo richiesti riguardano il bacino idrografico, il corso d'acqua, la località, la larghezza dell'alveo di morbida e la lunghezza del tratto omogeneo in esame (TAB. 8.6).

Le domande possono essere suddivise in quattro gruppi funzionali:

- le domande 1-4 riguardano le condizioni vegetazionali delle rive e del territorio circostante il corso d'acqua;

- le domande 5 e 6 riguardano le informazioni relative alle caratteristiche idrauliche come l'ampiezza dell'alveo bagnato e la struttura fisica e morfologica delle rive;
- le domande 7-11 esaminano la struttura dell'alveo;
- le domande 12-14 rilevano le caratteristiche biologiche.

Ad ogni risposta sono associati punteggi (pesi) raggruppati in 4 classi (con peso minimo 1 e massimo 30) che esprimono le differenze funzionali tra le singole risposte.

Il valore di I.F.F. si ottiene dalla somma dei punteggi parziali relativi ad ogni domanda e può variare da un valore minimo di 14 a un massimo di 300. La sommatoria dei punteggi ottenuti si effettua separatamente per ciascuna sponda, ponendo attenzione a includere nei rispettivi computi anche i pesi attribuiti nella colonna centrale.

SCHEDA I.F.F.		Scheda N°	
Bacino:.....Corso acqua:.....			
Località:.....Codice:.....tratto (metri):.....			
Data:.....Operatori:.....			
	Sponda	Sx	Dx
1) Stato del territorio circostante			
a) Foreste e boschi	25		25
b) Prati, pascoli, boschi, pochi arativi ed incolti	20		20
c) Colture stagionali in prevalenza e/o arativi misti e/o colture permanenti; urbanizzazione rada	5		5
d) Aree urbanizzate	1		1
2) Vegetazione presente nella fascia perifluviale primaria			
a) Formazioni arboree riparie	30		30
b) Formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto	25		25
c) Formazioni arboree non riparie	10		10
d) Vegetazione arbustiva non riparia o erbacea o assente	1		1
2bis) Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria			
a) Formazioni arboree riparie	20		20
b) Formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto	15		15
c) Formazioni arboree non riparie	5		5
d) Vegetazione arbustiva non riparia o erbacea o assente	1		1
3) Ampiezza della fascia di vegetazione perifluviale arborea ed arbustiva			
a) Fascia di vegetazione perifluviale > 30 m	20		20
b) Fascia di vegetazione perifluviale 5-30 m	15		15
c) Fascia di vegetazione perifluviale 1-5 m	5		5
d) Fascia di vegetazione perifluviale assente	1		1
4) Continuità della fascia di vegetazione perifluviale arborea ed arbustiva			
a) Senza interruzioni	20		20
b) Con interruzioni	10		10
c) Interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata	5		5
d) Suolo nudo o vegetazione erbacea rada	1		1
5) Condizioni idriche dell'alveo			
a) Larghezza dell'alveo di morbida inferiore al triplo dell'alveo bagnato		20	
b) Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato (fluttuazioni di portata stagionali)		15	
c) Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato con fluttuazioni di portata frequenti		5	
d) Alveo bagnato molto ridotto o quasi inesistente (o impermeabilizzazioni del fondo)		1	
6) Conformazione delle rive			
a) Rive stabili o trattenute da radici arboree e/o massi	25		25
b) Rive trattenute da erbe e arbusti e/o con interventi di rinaturazione	15		15

c) Rive trattenute da un sottile strato erboso	5		5
d) Rive nude e/o con interventi artificiali	1		1
7) Strutture di ritenzione degli apporti trofici			
a) Alveo con grossi massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati o presenza di fasce di canneto		25	
b) Massi e/o rami presenti con deposito di sedimento o canneto o idrofite rade e poco estese		15	
c) Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene o assenza di canneto o idrofite		5	
d) Alveo di sedimenti sabbiosi privo di alghe o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme		1	
8) Erosione delle rive			
a) Poco evidente e non rilevante	20		20
b) Solamente nelle curve e/o nelle strettoie	15		15
c) Frequente con scavo delle rive e delle radici	10		10
d) Molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1
9) Naturalità della sezione trasversale			
a) Sezione naturale		15	
b) Naturale con lievi interventi artificiali		10	
c) Artificiale con qualche elemento naturale		5	
d) Sezione artificiale		1	
10) Fondo dell'alveo			
a) Irregolare, stabile e diversificato		25	
b) A tratti mobile e con poco sedimento		15	
c) Facilmente mobile		5	
d) Artificiale o cementato		1	
11) Raschi, pozze o meandri			
a) Ben distinti, ricorrenti		25	
b) Presenti a distanze diverse e con successione irregolare		20	
c) Lunghe pozze che separano corti raschi o viceversa, pochi meandri		5	
d) Meandri, raschi e pozze assenti, percorso raddrizzato		1	
12) Componente vegetale in alveo bagnato in acque a flusso turbolento			
a) Periphyton rilevabile solo al tatto e scarsa copertura di macrofite (< del 10 %)		15	
b) Periphyton scarsamente sviluppato e copertura macrofite limitata (tra il 10 % e il 35 %)		10	
c) Periphyton discreto o scarsamente sviluppato con elevata copertura di macrofite (> al 35 %)		5	
d) Periphyton spesso o discreto con elevata copertura di macrofite		1	
12bis) Componente vegetale in alveo bagnato in acque a flusso laminare			
a) Periphyton poco sviluppato e scarsa copertura di macrofite tolleranti		15	
b) Periphyton discreto con scarsa copertura di macrofite tolleranti o scarsamente sviluppato		10	
c) Periphyton discreto o poco sviluppato con significativa copertura di macrofite tolleranti		5	
d) Periphyton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti		1	
13) Detrito			
a) Frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi		15	
b) Frammenti vegetali fibrosi e polposi		10	
c) Frammenti polposi		5	
d) Detrito anaerobico		1	
14) Comunità macrobentonica			
a) Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale 20		20	
b) Sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto a quanto atteso 10		10	
c) Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti all'inquinamento 5		5	
d) Assenza di una comunità strutturata, con pochi taxa piuttosto tolleranti all'inquinamento 1		1	
PUNTEGGIO TOTALE			
LIVELLO DI FUNZIONALITÀ			

TABELLA 8.6 – Scheda per l'applicazione dell'I.F.F. (da SILIGARDI, 2000).

Una volta quantificato l'indice attraverso una tabella di conversione si ricava il corrispondente Livello di Funzionalità che può variare da un grado ottimo (I livello) a un grado pessimo (V livello) (TAB. 8.7). Il metodo prevede anche livelli intermedi al fine

di rendere più graduale il passaggio tra un livello e il successivo. Ad ogni Livello di Funzionalità è associato un relativo Giudizio di Funzionalità e un colore convenzionale per la rappresentazione cartografica.

VALORE I.F.F.	LIVELLO DI FUNZIONALITA'	GIUDIZIO DI FUNZIONALITÀ	COLORE
261-300	I	elevato	azzurro
251-260	I-II	elevato-buono	azzurro verde
201-250	II	buono	verde
181-200	II-III	buono-mediocre	verde giallo
121-180	III	mediocre	giallo
101-120	III-IV	mediocre-scadente	giallo arancione
61-100	IV	scadente	arancione
51-60	IV-V	scadente-pessimo	arancione rosso
14-50	V	pessimo	rosso

TABELLA 8.7 – Tabella per il calcolo dei Livelli di Funzionalità (da Allegato 1 D. L. 152/99).

8.2 MONITORAGGIO DEL FIUME MARTA

Nel seguente paragrafo vengono riportati i risultati dei differenti studi presenti in letteratura sulla qualità biologica del fiume Marta, valutata attraverso l'I.B.E. (cfr. PAR. 8.2.1), e sulla funzionalità fluviale attraverso l'I.F.F. (cfr. PAR. 8.3.1). Particolare attenzione viene posta sull'applicazione dell'I.B.E. effettuata nel periodo 2003-2004 (PRESTINENZI, 2005), in contemporanea alle misure della portata fluviale eseguite dalla scrivente (cfr. PAR. 6.4.1), la cui scelta delle stazioni di rilevamento è stata condotta nell'ottica della definizione del deflusso minimo vitale attraverso metodi biologici.

8.2.1 STUDI PREGRESSI

Nella “Relazione sullo stato dell'Ambiente della Provincia di Viterbo” (AA. VV., 2002), l'Amministrazione Provinciale di Viterbo ha pubblicato i risultati di una serie di azioni atte al monitoraggio della qualità delle acque superficiali del territorio provinciale, includendo anche il fiume Marta. Il periodo di studio è compreso tra il 1996 e il 1997, con più campagne nello stesso anno.

La “Carta della qualità biologica dei corsi d'acqua della Regione Lazio” (MANCINI & ARCÀ, 2000) rappresenta uno studio avviato dalla Regione Lazio, in collaborazione con l'Assessorato Regionale all'Ambiente e l'Istituto Superiore di Sanità (I.S.S.), dove si riportano i risultati dell'I.B.E. del fiume Marta nel 1999.

Nella “Seconda relazione sullo stato dell’Ambiente” (AA. VV. 2003) realizzata dalla Provincia di Viterbo e nel “L’Indice di Funzionalità Fluviale nei principali corsi d’acqua della Provincia di Viterbo” (AA. VV., 2005), si riporta l’applicazione dell’I.F.F. all’asta principale del Marta e ad alcuni dei suoi tributari principali.

Nel “Rapporto sullo stato dell’Ambiente, anno 2006” (AA. VV., 2006) presentato dalla Provincia di Viterbo, si riportano i risultati dell’applicazione degli indici I.B.E., del L.I.M., del S.E.C.A. e del S.A.C.A. ad entrambi i fiumi, negli anni 2001-2005.

A queste ricerche si affianca una tesi di laurea in Scienze Ambientali presso l’Università degli Studi della Tuscia, “Valutazione della qualità biologica delle acque e stima del deflusso minimo vitale del corso medio-alto del fiume Marta” (PRESTINENZI, 2005), il cui lavoro di monitoraggio è stato impostato in parallelo all’analisi idrologica, di cui si riportano nel dettaglio i risultati nel seguente paragrafo.

8.2.2 VALUTAZIONE DELL’I.B.E.

Ai fini della valutazione dell’I.B.E. sono stati presi in considerazione il corso medio-alto del fiume Marta e tre dei suoi affluenti principali, il torrente Maschiolo, il torrente Pantacciano e il torrente Traponzo, che nasce dalla confluenza dei torrenti Rigomero, Biedano e Leia (cfr. FIGG. 3.1 e 3.5).

I periodi di campionamento sono stati scelti al fine di analizzare la qualità biologica in diverse condizioni di stress, sia di origine antropica (scarichi industriali della cartiera o il depuratore di Tuscania) sia di natura idrologica come i periodi di magra. In questa prospettiva sono stati scelti i mesi di ottobre-novembre al fine di evidenziare gli eventuali impatti dovuti al ricircolo degli inquinanti dopo la magra estiva, i mesi aprile-maggio per ottenere un termine di paragone con i periodi di maggiore stress e i mesi di luglio-agosto in modo da rilevare l’influenza dell’incremento nell’uso di sostanze impiegate nelle produzioni agricole dal periodo di magra. I campionamenti sono iniziati nell’autunno del 2003 e terminati nell’estate del 2004.

La scelta delle stazioni è stata condizionata dalla presenza delle centrali idroelettriche e dall’industria cartaria, al fine di valutare l’incidenza delle relative opere di presa sulla funzionalità fluviale e sulla comunità di macroinvertebrati (FIG. 8.1). In particolare le sezioni sull’asta principale sono state scelte a monte e a valle di ogni opera di presa (tratti naturali), e nei tratti sottesi dalle stesse (tratti depauperati). Al contrario le stazioni di campionamento sugli affluenti sono state scelte in relazione all’accessibilità delle

o sezioni. Inoltre è stato esaminato anche il piccolo tributario Fecciaro, caratterizzato dagli scarichi urbani del depuratore della città di Tuscania. La maggior parte delle stazioni di monitoraggio coincidono con le stazioni di misura della portata (cfr. PAR. 6.4.1).

Le stazioni di campionamento sono elencate nella TABELLA 8.8, da monte a valle, riportando alcune caratteristiche importanti, quali le coordinate geografiche, l'uso del suolo dell'area circostante la stazione, la vegetazione riparia e il tipo del substrato, la larghezza media dell'alveo e la profondità media nel periodo autunnale-primaverile ed estivo.

I risultati dell'I.B.E. nelle varie stagioni di campionamento sono riassunti nella TABELLA 8.9 e rappresentati nella FIGURA 8.2 (a), (b) e (c).

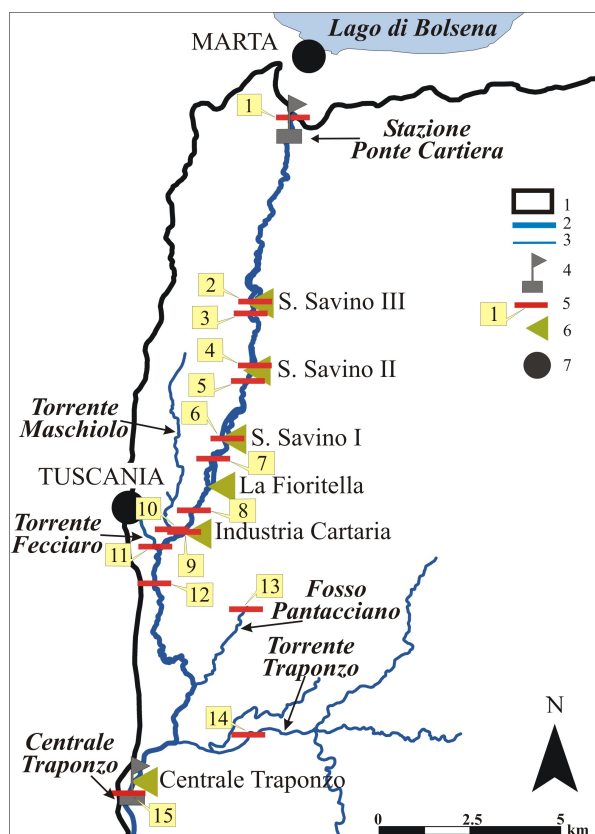


FIGURA 8.1 – Ubicazioni delle stazioni di campionamento (1: area di studio; 2: fiume Marta; 3: principale reticolo idrografico; 4: stazioni idrometrografiche; 5: stazioni di campionamento dell'I.B.E. e relativo numero di riferimento; 6: impatti antropici; 7: centri urbani).

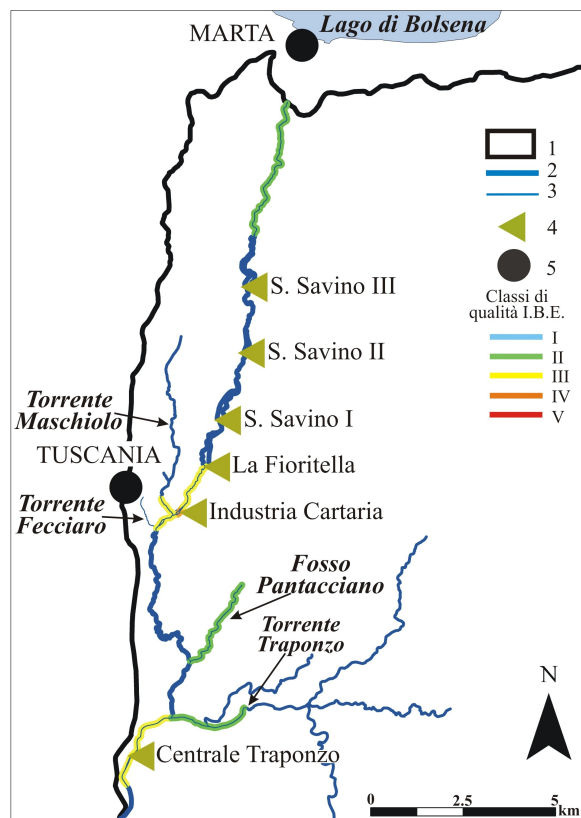


FIGURA 8.2 (a) – Classi di qualità I.B.E. nell'autunno del 2003 (1: area di studio; 2: fiume Marta; 3: principale reticolo idrografico; 4: impatti antropici; 5: centri urbani).

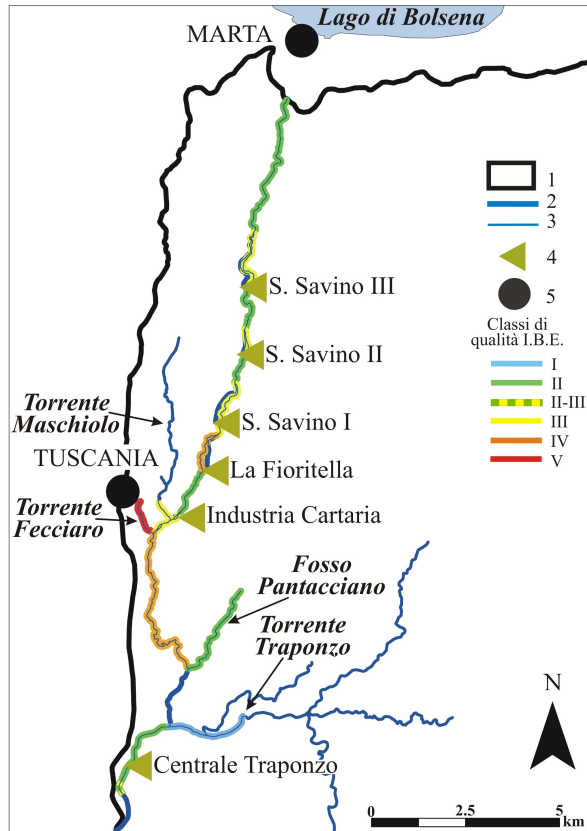


FIGURA 8.2 (b) – Classi di qualità I.B.E. nella primavera del 2004 (1: area di studio; 2: fiume Marta; 3: principale reticolo idrografico; 4: impatti antropici; 5: centri urbani).

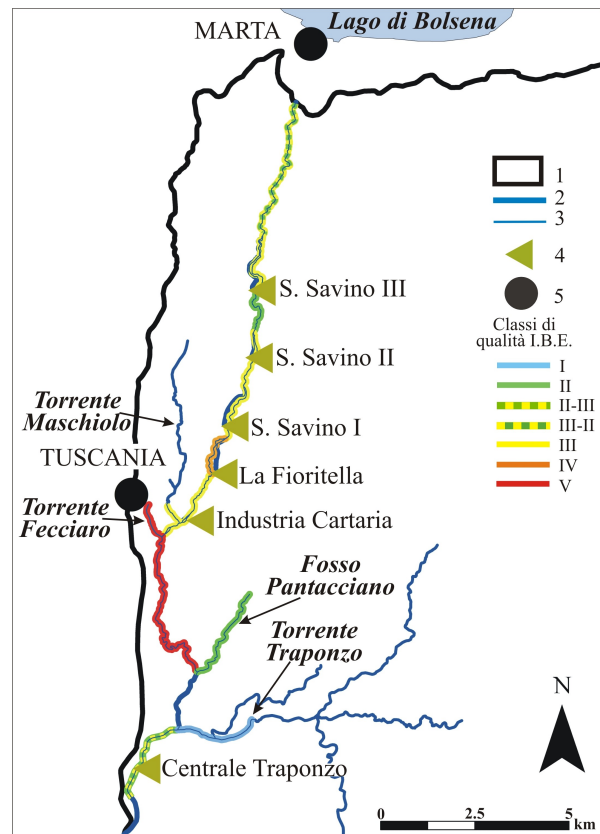


FIGURA 8.2 (c) – Classi di qualità I.B.E. nell'estate del 2004 (1: area di studio; 2: fiume Marta; 3: principale reticolo idrografico; 4: impatti antropici; 5: centri urbani).

STAZIONE	TIPOLOGIA	UTM X	UTM Y	Q	USO DEL SUOLO	VEGETAZIONE RIPARIA	SUBSTRATO	L	P
1 – Centrale S. Savino III	Tratto naturale a monte della centrale	246987	4712042	308	Aree soggette a pascolo, arativi e incolti	Salici, canne, pioppi, rovi ed ortiche	Sabbia, ciottoli, ghiaia e limo. Bassa % di massi. Presenza di alghe filamentose e di uno strato perifitico	5	30 – 50* 20 – 40**
2 – Centrale S. Savino III	Tratto depauperato a valle dell'opera di presa	245943	4706924	258	Sponda sinistra coltivazione intensiva; sponda destra aree coltivate, incolti e boschi	Canne, salici e rovi e in alveo macrofite acquatiche	Sabbia limo, ghiaia, piccoli massi ricoperti da feltro perifitico. Presente detrito organico in sospensione costituito da frammenti fibrosi	< 3	5 – 10
3 – Centrale S. Savino II	Tratto naturale a valle della centrale	245817	4706593	237	Uso prevalentemente agricolo	Pioppi, salici, ortiche, rovi e canne	Ciottoli, ghiaia e sabbia. I sedimenti duri sono colonizzati da alghe crostose	5	20 – 60* 50**
4 – Centrale S. Savino II	Tratto depauperato a valle dell'opera di presa	245932	4705147	228	Colture stagionali e arativi misti	Rovi, salici e canne	Massi ricoperti da un feltro periferico e alghe crostose. Ghiaia, sabbia e limo	1.5	10 – 15
5 – Centrale S. Savino I	Tratto naturale a monte della centrale	245175	4703118	216	Colture stagionali e permanenti	Ontani, rovi, salici e canne	Massi con alghe crostose, sabbia e limo. Presenza di detrito organico, dominato da strutture grossolane	6	40 – 60
6 – Centrale S. Savino I	Tratto depauperato a valle dell'opera di presa	245743	4704717	150	Boschi	Ontani e rovi	Detrito organico composto da frammenti polposi e fibrosi. Massi, sabbia limo	4	20 – 30
7 – Centrale La Fioritella	Tratto depauperato a valle dell'opera di presa	244781	4702558	152	Boschi	Salici arborei, ontani, rovi e ortiche	Massi e ciottoli, sabbia, limo. Presenza di detrito organico fibroso e polposo	2.5	15
8 – Cartiera	Tratto naturale a monte della Cartiera	244249	4701120	140	Boschi cedui e coltivi	Salici, ontani e rovi	Sabbia e ghiaia, % basse di ciottoli e limo. Detrito organico fibroso e presenza di feltro perifitico	5	80* 70**
9 – Cartiera	Tratto depauperato a valle dell'opera di presa della Cartiera	243977	4700521	125	Prati, boschi e coltivi	Rovi, salici arborei e canne	Presenza di feltro perifitico, ghiaia e sabbia, ciottoli, limo e massi in basse %	4	20 – 30
10 – Torrente Maschiolo	In prossimità della confluenza con il Marta, nei pressi della Cartiera	243635	4700592	117	Coltivazione intensiva	Canneti e saliceti arborei e rovi	Ciottoli, ghiaia e sabbia, con basse % di limo. Bassa presenza di detrito organico	3	20 – 40
STAZIONE	TIPOLOGIA	UTM X	UTM Y	Q	USO DEL SUOLO	VEGETAZIONE RIPARIA	SUBSTRATO	L	P
11 – Fosso Fecciario	Caratterizzato dallo scarico del	243182	4700112	110	Agricoltura intensiva	Canneti e rovi	Ciottoli, massi e in minore quantità da limo, notevole quantità di detrito organico	3	10 – 20

	depuratore						polposo. Presenza di rifiuti solidi e di un'estesa anaerobiosi		
12 – Fiume Marta	Tratto naturale a valle del Maschiale e del Fecciaroce della restituzione della Cartiera	243154	4699091	100	Coltivazione intensiva	Pioppi, salici, rovi ed ortiche	Ciottoli, sabbia, limo e minore % di massi. Notevole quantità di detrito organico e frammenti polposi. Eccessiva anaerobiosi nei sedimenti	7	50 – 70
13 – Torrente Pantacciano	Tratto naturale	245687	4698374	120	Boschi msti, pascoli, incolti e qualche seminativo	Rovi, ranuncoli e ontani	Tufo con basse % di sabbia, ghiaia e limo	2	20 – 40
14 – Torrente Traponzo	Tratto naturale	245750	4694883	93	Bosco misto maturo	Ontani	Substrato duro con grandi massi	20	60
15 – Fiume Marta	Tratto naturale dopo la Centrale Traponzo, dopo la restituzione	242441	4693257	60	Boschi, pascoli e limitate aree coltivate	Ontani, rovi e salici	Substrato duro ricoperto da alghe filamentose, con rocce e grossi massi. Bassa % di sabbia e limo	12	50 – 80

TABELLA 8.8 – Scheda riassuntiva delle stazioni di campionamento per l'I.B.E. Q: quota in metri sul livello del mare; L: larghezza media dell'alveo bagnato in metri; P: profondità media del pelo dell'acqua in centimetri; * nel periodo autunnale-primaverile; ** nel periodo estivo (da PRESTINENZI, 2005).

STAZIONE		AUTUNNO 2003	PRIMAVERA 2004	ESTATE 2004
1 – Centrale S. Savino III	Totale U.S.	22	20	15
	I.B.E.	9	8-9	7-8
	Classe di Qualità	II	II	III-II
2 – Centrale S. Savino III	Totale U.S.	-	13	13
	I.B.E.	-	7	7
	Classe di Qualità	-	III	III
3 – Centrale S. Savino II	Totale U.S.	-	12	17
	I.B.E.	-	8	8
	Classe di Qualità	-	II	II
4 – Centrale S. Savino II	Totale U.S.	-	12	14
	I.B.E.	-	7	7
	Classe di Qualità	-	III	III
5 – Centrale S. Savino I	Totale U.S.	-	12	11
	I.B.E.	-	8	7-6
	Classe di Qualità	-	II	III
6 – Centrale S. Savino I	Totale U.S.	-	9	11
	I.B.E.	-	6	7-6
	Classe di Qualità	-	III	III
7 – Centrale La Fioritella	Totale U.S.	-	7	8
	I.B.E.	-	5	5
	Classe di Qualità	-	IV	IV
8 – Cartiera	Totale U.S.	12	17	14
	I.B.E.	7	9	7
	Classe di Qualità	III	II	III
9 – Cartiera	Totale U.S.	7	8	13
	I.B.E.	5	6	7
	Classe di Qualità	IV	III	III
10 – Torrente Maschiolo	Totale U.S.	11	12	10
	I.B.E.	7-6	7	6-7
	Classe di Qualità	III	III	III
11 – Torrente Fecciario	Totale U.S.	-	5	6
	I.B.E.	-	2-3	3-2
	Classe di Qualità	-	V	V
12 – Fiume Marta	Totale U.S.	-	9	7
	I.B.E.	-	5	3
	Classe di Qualità	-	IV	V
13 – Fosso Pantacciano	Totale U.S.	18	20	15
	I.B.E.	9	8/9	8-9
	Classe di Qualità	II	II	II
14 – Torrente Traponzo	Totale U.S.	17	22	26
	I.B.E.	8	10	11-10
	Classe di Qualità	II	I	I
15 – Fiume Marta	Totale U.S.	10	16	16
	I.B.E.	6-7	9-8	8-7
	Classe di Qualità	III	II	II-III

TABELLA 8.9 – Scheda riassuntiva dei campionamenti I.B.E.; U.S.: Unità Sistematiche (da PRESTINENZI, 2005).

8.2.3 VALUTAZIONE DELL'I.F.F.

In corrispondenza delle sezioni del campionamento dell'I.B.E. (cfr. TAB. 8.8) è stato effettuato anche il rilevamento dell'I.F.F., nel periodo vegetativo dell'estate 2004 (PRESTINENZI, 2005).

I risultati sono illustrati nella TABELLA 8.10 e illustrati nella FIGURA 8.3.

Lo stato del territorio interessato dal bacino idrografico del fiume Marta si presenta alterato da una pressione diffusa, che insiste prevalentemente a carico della fascia riparia (dalla domanda 1 alla 4). Questa si presenta ridotta e discontinua e composta in prevalenza da specie arboree e riparie.

L'alto corso del Marta risente in modo considerevole delle varie attività che ne sfruttano le acque superficiali, come le centrali idroelettriche, la cartiera o i prelievi ad uso irriguo, che esercitano una marcata pressione sulle sponde e sulla naturalità e morfologia dell'alveo bagnato (domande dalla 5 alla 10). La situazione riacquista una conformazione relativamente naturale nel tratto terminale del fiume grazie al contributo del Traponzo e di altri importanti affluenti. La comunità dei macro e microinvertebrati sembrano risentire delle varie pressioni antropiche presenti e ciò compromette l'efficienza depurativa.

I risultati delle risposte ottenute per il caso del fiume Marta concordano nel definire che il bacino esaminato risulta a rischio, per quanto concerne la sua capacità di resistere agli stress e di recuperare dopo essi.

STAZIONE	TRATTO	CARATTERISTICHE		SPONDA Sx	SPONDA Dx
1 – Centrale S. Savino III	100 m	Il territorio circostante è dominato da colture e arativi. La vegetazione riparia è costituita da salici e canneti. Le rive presentano scarsa erosione e pochi meandri. Sono presenti pozze e raschi.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	190 buono/mediocre II-III	190 buono/mediocre II-III
2 – Centrale S. Savino III	50 m	La sezione risente del prelievo operato dalla centrale. La zona è ricoperta da boschi in sponda destra e colture in sponda sinistra. La vegetazione riparia è costituita da salici, pioppi, igrofite e canneti. Poca erosione spondale.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	175 mediocre III	200 buono/mediocre II-III
3 – Centrale S. Savino II	100 m	L'intensa attività agricola circostanti determinano l'ambiente mediocre delle sponde fluviali. La vegetazione si presenta non continua e ridotta. Il fondo dell'alveo è stabile e l'erosione spondale è molto ridotta.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	180 mediocre III	185 buono/mediocre II-III
4 – Centrale S. Savino II	50 m	Le rive sono stabili grazie alla presenza dei massi e della fascia perfluviale arborea, mista a canneto, abbastanza continua. Sulle rive non c'è traccia di erosione. Sono presenti pozze e raschi a distanze irregolari.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	215 buono II	205 buono II
5 – Centrale S. Savino I	100 m	L'ambiente circostante è caratterizzato da aree coltivate. La vegetazione riparia costituita da canneto e formazioni arbustive, presenta un'ampiezza non superiore a 5 metri. L'erosione è più evidente in sponda destra.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	240 buono II	220 buono II
6 – Centrale S. Savino I	100 m	Il fiume scorre in un contesto completamente naturale. La fascia perfluviale caratterizzata da formazioni arboree, si estende anche per 30 metri. Le rive mostrano sporadici eventi erosivi.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	220 buono II	220 buono II
7 – Centrale La Fioritella	200 m	Il contesto naturale nel quale scorre il fiume è caratterizzato da coperture arboree con una buona estensione areale, superiore anche ai 30 metri. Le rive non presentano erosione, la sezione è naturale con qualche pozza e raschi.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	230 buono II	220 buono II
8 – Cartiera	100 m	In sponda destra sono presenti boschi e in sinistra coltivi. La vegetazione riparia è molto compromessa, poco estesa e non continua. Il fondo è instabile, con brevi raschi molto intervallati e pozze poco distanti tra loro.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	190 buono/mediocre II-III	175 mediocre III
9 – Cartiera	100 m	In destra orografica l'uso del territorio risente dell'abitato di Tuscania e della cartiera. In sinistra la fascia perfluviale non supera 5 metri ed non è continua. Il fondo è instabile con sporadici e corti raschi.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	185 buono/mediocre II-III	180 mediocre III
10 – Torrente Maschiolo	100 m	Il territorio circostante è adibito a prati e pascoli sul lato destro, e colture su quello sinistro. La fascia perfluviale non supera i 5 metri, con qualche interruzione. Le rive sono stabili, con strati erbosi e arbusti.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	225 buono II	215 buono II
11 – Torrente Fecciaro	70 m	Ambiente degradato da colture intensive e dal depuratore di Tuscania. Eccessivo carico organico. Stretta fascia riparia costituita da canneti. Non c'è erosione spondale. Raschi e pozze sono abbastanza ricorrenti.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	173 mediocre III	173 mediocre III

STAZIONE	TRATTO	CARATTERISTICHE
12 – Fiume Marta	200 m	Il fiume è circondato da aree interessate e boschi. L'ampiezza della fascia riparia ricoperta da uno strato erboso. Pochi se

		SPONDA Sx	SPONDA Dx
tensiva, incolti, prati metri. Le rive sono	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	161 mediocre III	161 mediocre III

13 – Fosso Pantacciano	200 m	Il contesto nel quale scorre il fiume è molto naturale, con boschi e pochi arativi. La riva destra presenta vegetazione riparia con 5 – 30 metri di ampiezza, che si riduce in sinistra. L'erosione è assente.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	260 ottimo/buono I-II	225 buono II
14 – Torrente Traponzo	300 m	Il territorio circostante è coperto da boschi e la fascia perfluviale è costituita da formazioni arboree con ampiezza massima di 30 metri. L'alveo è naturale, stabile e l'erosione è presente solo nei tratti più turbolenti.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	255 ottimo/buono I-II	255 ottimo/bu I-II
15 – Fiume Marta	200 m	Il fiume scorre in un contesto naturale con vegetazione perfluviale ben strutturata a sinistra, mentre a destra sono presenti solo specie erbacee. La sezione è naturale, stabile, con raschi e pozzi a distanze regolari.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	230 buono II	177 medioc III

TABELLA 8.10 – Scheda riassuntiva dei campionamenti I.F.F. nell'estate del 2004 (da PRESTINENZI, 2005).

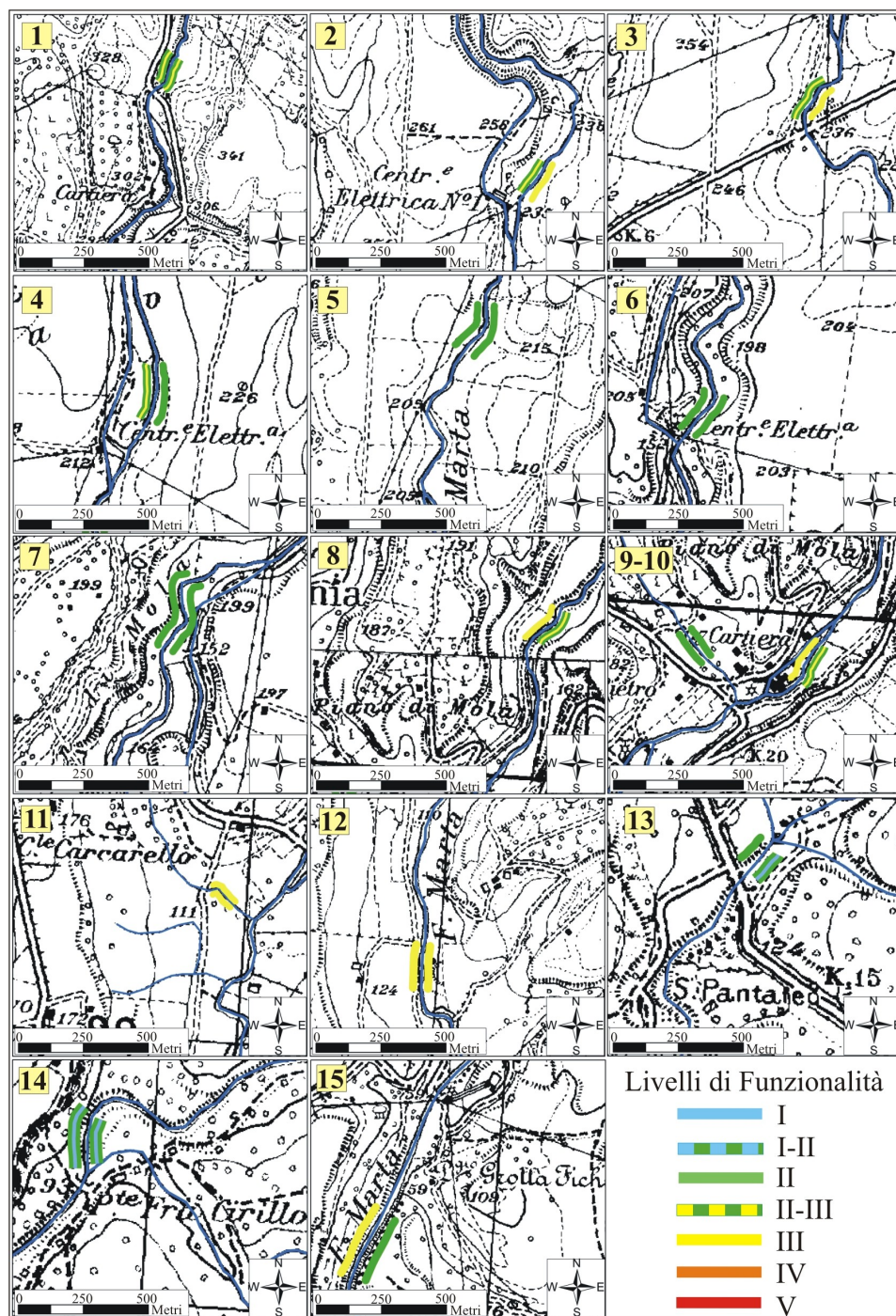


FIGURA 8.3 – Livelli di Funzionalità nell'estate del 2004.

8.2.4 ANALISI DEI RISULTATI

Dall'analisi dei risultati di PRESTINENZI (2005) del fiume Marta, relazionati anche con le indagini idrogeologiche condotte (cfr. PAR. 7.1), emerge che lo stato ecologico del fiume versa in condizioni di compromissione che diventano più o meno intense nei vari segmenti considerati.

Il livello della qualità biologica stimato, sia attraverso l'I.B.E. che attraverso l'I.F.F., mostra una marcata variabilità temporale, nel passaggio tra le varie stagioni e spaziale, da monte verso valle. Questo è da collegarsi al diverso uso che si fa del fiume durante i diversi periodi dell'anno ed alla variazione stagionale della portata, che va ad alterare le condizioni in alveo.

L'asta principale del Marta presenta, lungo tutto il corso, condizioni critiche piuttosto accentuate, con valori dell'I.B.E. che oscillano tra la II e la V classe di qualità. Il fiume risulta compromesso già alla prima stazione, che ottiene una classe che varia da una II (autunno 2003 e primavera 2004) ad una II-III (estate del 2004), rendendo evidente come le acque del lago di Bolsena, già al momento della loro emissione, siano piuttosto alterate, probabilmente a causa delle diverse attività antropiche che gravitano sul bacino lacustre e degli scarichi urbani delle città intorno al lago.

La situazione della qualità biologica fino alla città di Tuscania è influenzata dalla presenza delle centrali idroelettriche che alterano la portata in alveo, probabilmente causa principale dello stato mediocre delle acque (FOTO 8.1).



Foto 8.1 – Opera di presa della centrale La Fioritella.

Nella stazione 12 si presenta la situazione peggiore con una V Classe di Qualità (estate del 2004), a causa delle attività antropiche che si svolgono in corrispondenza dell'abitato di Tuscania (FOTO 8.2).



Foro 8.2 – Fosso Fecciario, scarico del depuratore di Tuscania.

Nell'ultimo tratto del Marta (stazione 15) si evidenziano gli effetti della confluenza con il torrente Pantacciano e Traponzo che vanno a diluire gli effetti inquinanti a cui il fiume è sottoposto a monte (Classe II-III).

In FIGURA 8.4 si evidenzia che nei tratti non soggetti a derivazioni idroelettriche l'andamento della qualità biologica delle acque nella stagione primaverile presenta tendenzialmente valori più elevati rispetto alle altre due stagioni. Infatti confrontando i risultati del periodo primaverile con quelli estivi si rileva che in quasi tutti i tratti naturali, i valori assunti dall'indice nel periodo di magra sono inferiori a quelli nel periodo di morbida.

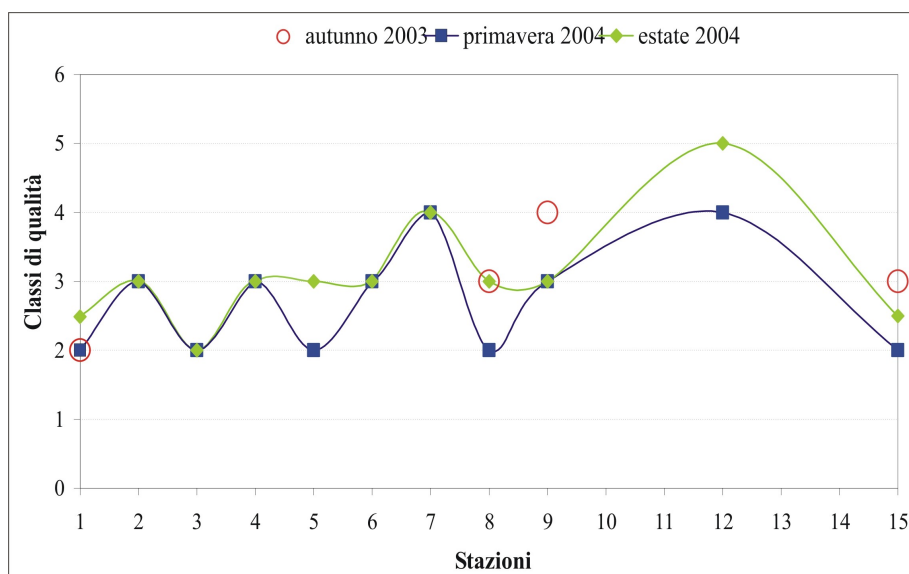


FIGURA 8.4 – Qualità biologica del fiume Marta nelle diverse stagioni di campionamento.

L'andamento decrescente della qualità biologica nel periodo estivo è probabilmente imputabile alla diminuzione della portata in alveo, che determina delle condizioni di stress. Altre cause sono da ricollegarsi all'intensa agricoltura, ai notevoli prelievi che aumentano lo stress idrico, all'aumento della temperatura che influenza la concentrazione di ossigeno disciolto.

La qualità migliore è stata riscontrata nella stazione della S. Savino II (stazione 3) e questa potrebbe essere collegata al ridotto uso irriguo delle acque superficiali a monte di questa sezione, che invece sembra molto diffuso nelle altre porzioni di bacino. Infatti le stazioni poste a monte delle centrali di S. Savino I e III (stazioni 1 e 5) e dell'industria cartaria (stazione 8) sono inserite in aree sottoposte a metodi di coltivazione intensiva che captano quindi ingenti quantità d'acqua in tutto il periodo estivo. I tratti sottesi da depauperamento a causa delle derivazioni ad uso idroelettrico e industriale presentano una mediocre qualità biologica che resta invariata tra la stagione primaverile ed estiva (cfr. FIG. 8.3).

Nelle diverse stagioni di campionamento primaverile ed estiva, lo stato di qualità biologica nei tratti depauperati peggiora rispetto ai tratti naturali posti immediatamente a monte e a valle degli stessi.

Nella stagione autunnale è stato osservato che in due tratti naturali (stazione 8 e 14) la classe di qualità è risultata equivalente a quella riscontrata nell'estate dell'anno successivo. Questo risultato potrebbe essere conseguenza del periodo siccitoso e delle temperature eccezionalmente elevate verificatesi nel periodo estivo-autunnale del 2003, che potrebbero aver determinato situazioni idrologiche molto prossime a quelle di magra anche nel periodo autunnale. Questa ipotesi sembra confermata da quanto osservato nel tratto depauperato della stazione 9, dove la classe di qualità autunnale è risultata inferiore sia a quella del campionamento primaverile che di quello estivo, i quali peraltro hanno mostrato livelli qualitativi equivalenti confermando il trend di stabilità riscontrato negli altri tratti depauperati.

In base a tali riscontri si può ipotizzare che negli anni con "livelli normali di magra fluviale", come il 2004, la situazione idrologica, e quindi qualitativa, dei tratti depauperati resta invariata in tutte le stagioni. Al contrario, in casi di eventi di magra eccezionale il livello di qualità dei tratti depauperati, costantemente inferiore rispetto ai tratti naturali nelle stagioni non siccitose, è destinato a diminuire ulteriormente.

L'unica eccezione a questa tendenza generale dello stato di qualità autunnale è stata riscontrata alla stazione 1 dove la classe di qualità autunnale è risultata coincidente con

quella primaverile. Questo potrebbe essere collegato ad una variazione nella regolazione dell'efflusso dal lago. Infatti in seguito alla forte siccità del 2004, sembra che sia stata incrementata la portata defluente dalle paratoie. Pertanto tale tratto avrebbe beneficiato di tale aumento di portata in misura maggiore rispetto ai tratti più a valle, in cui gli effetti positivi della regolazione sarebbero stati vanificati dagli importanti prelievi irrigui e idroelettrici.

In generale il livello qualitativo delle acque superficiali del fiume Marta non scende mai al di sotto della III classe di qualità, ad eccezione delle stazioni poste a valle dello scarico della cartiera e del depuratore della città di Tuscania, che si dimostra pertanto inefficiente, nonostante gli effetti di diluizione operati dalle acque del torrente Maschiolo (FOTO 8.3).



Foto 8.3 – (a) Scarico dell'industria cartacea a Tuscania e (b) residui di carta lungo le sponde del fiume Marta a valle dello scarico.

Per quanto riguarda gli affluenti il livello di qualità si mantiene costante e buono in tutte le stagioni; i riscontrati peggioramenti autunnali sono da collegarsi alla carenza idrica in alveo.

Per alcune stazioni analizzate dallo studio di PRESTINENZI (2005) sono disponibili altri valori dell'I.B.E. in alcune stagioni degli anni dal 1997 al 1999. Le TABELLE 8.11 e 8.12 riassumono lo stato qualitativo delle diverse indagini effettuate, illustrate rispettivamente nelle FIGURE 8.5 (a), (b) e (c) e 8.6 (VENANZI, 1999).

STAZIONE		PRIMAVERA 1997	ESTATE 1997	AUTUNNO 1997
1 – Centrale S. Savino III	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	17 7-8 II-III	10 6-7 III	12 7 III
3 – Centrale S. Savino II	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	18 8 II	14 7 III	18 9 II
8 – Cartiera	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	21 10-9 I-II	14 7 III	8 7 III
10 – Torrente Maschiolo	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	- - -	- - -	21 10 I-II
12 – Fiume Marta	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	2 2 V	9 3 V	2 2 V
14 – Torrente Traponzo	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	- - -	13 7 III	- - -
15 – Fiume Marta	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	16 9 II	8 6 III	11 7-8 III
Fosso Leia	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	16 8 II	20 8-9 II	13 7 III
Torrente Biedano verso confluenza	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	11 7-6 III	17 8 II	13 7 III
Torrente Biedano verso Monte Romano	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	21 10-9 I-II	16 8-7 II-III	19 9 II

TABELLA 8.11 – Scheda riassuntiva dei campionamenti I.B.E. nel 1997 (U.S.: Unità Sistematiche; da VENANZI, 1999).

STAZIONE		PRIMAVERA 1999
1 – Centrale S. Savino III	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	10 6-7 III
3 – Centrale S. Savino II	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	8 6 III
8 – Cartiera	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	16 9-8 II
10 – Torrente Maschiolo	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	12 8 II
12 – Fiume Marta	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	5 2-3 V
Fosso Pantacciano	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	17 9 II
14 – Torrente Traponzo	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	18 8 II
15 – Fiume Marta	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	17 8 II
Fosso Leia	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	8 3 V
Fosso Urcionio	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	4 2 V
Fosso Freddano	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	8 6 III
Torrente Biedano confluenza	I.B.E. Classe di Qualità Classe di Qualità	2 V III-II
Torrente Biedano verso Monte Romano	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	13 7 III

TABELLA 8.12 – Scheda riassuntiva dei campionamenti I.B.E.; U.S.: Unità Sistematiche (da VENANZI 1999).

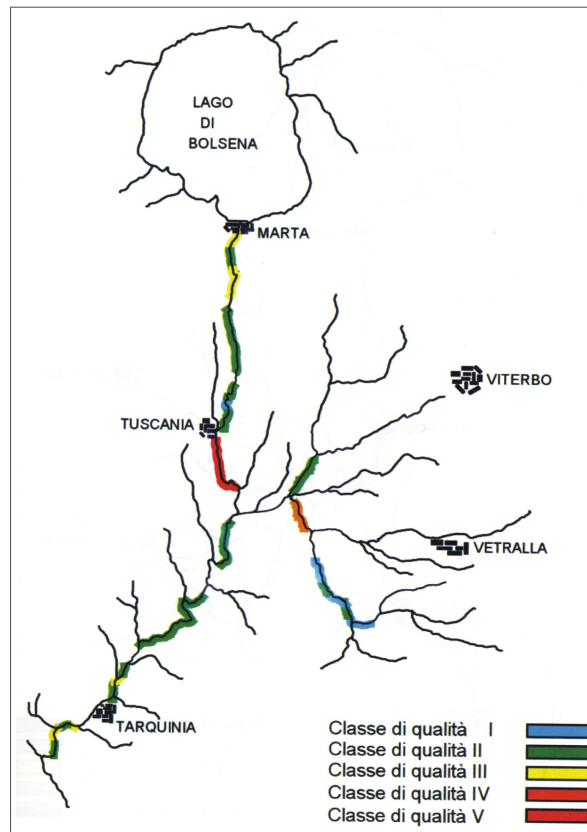


FIGURA 8.5 (a) – Classi di qualità I.B.E. nella primavera del 1997 (dalla Relazione sullo Stato dell'Ambiente della Provincia di Viterbo; AA. VV., 2002).

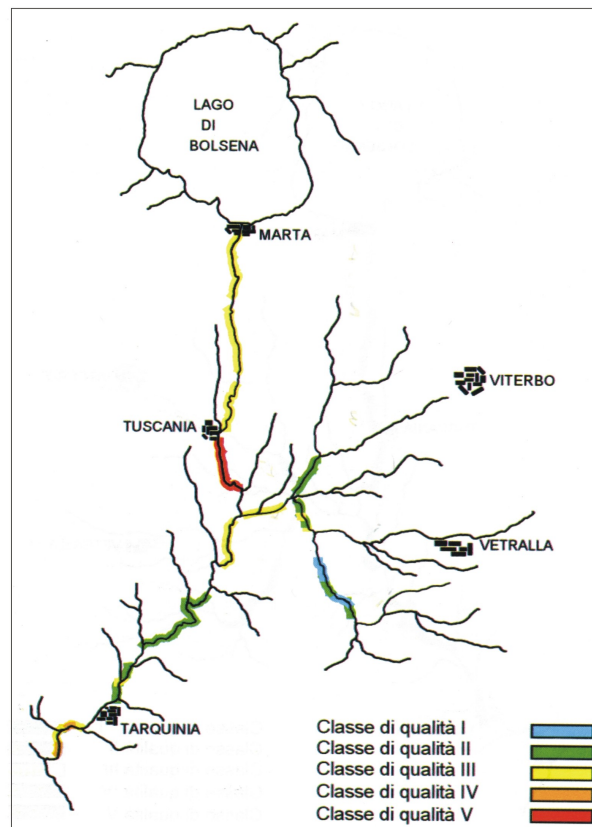


FIGURA 8.5 (b) – Classi di qualità I.B.E. nell'estate del 1997 (dalla Relazione sullo Stato dell'Ambiente della Provincia di Viterbo; AA. VV., 2002).

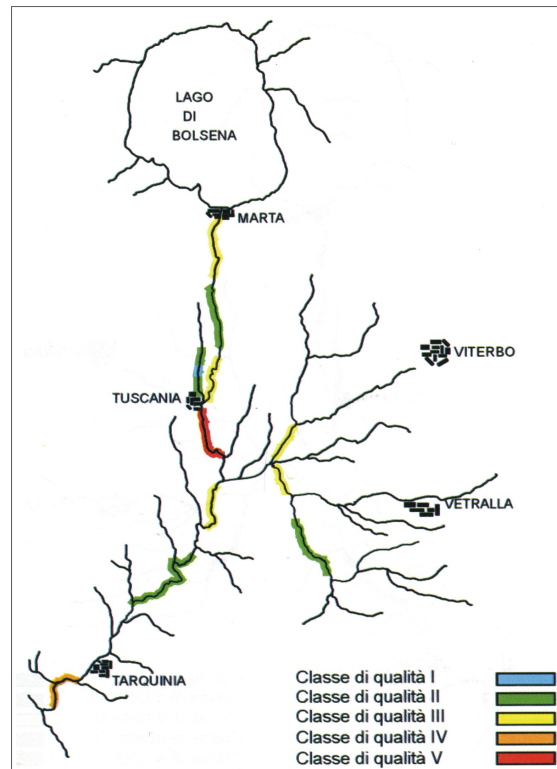


FIGURA 8.5 (c) – Classi di qualità I.B.E. nell'autunno del 1997 (dalla Relazione sullo Stato dell'Ambiente della Provincia di Viterbo; AA. VV., 2002).

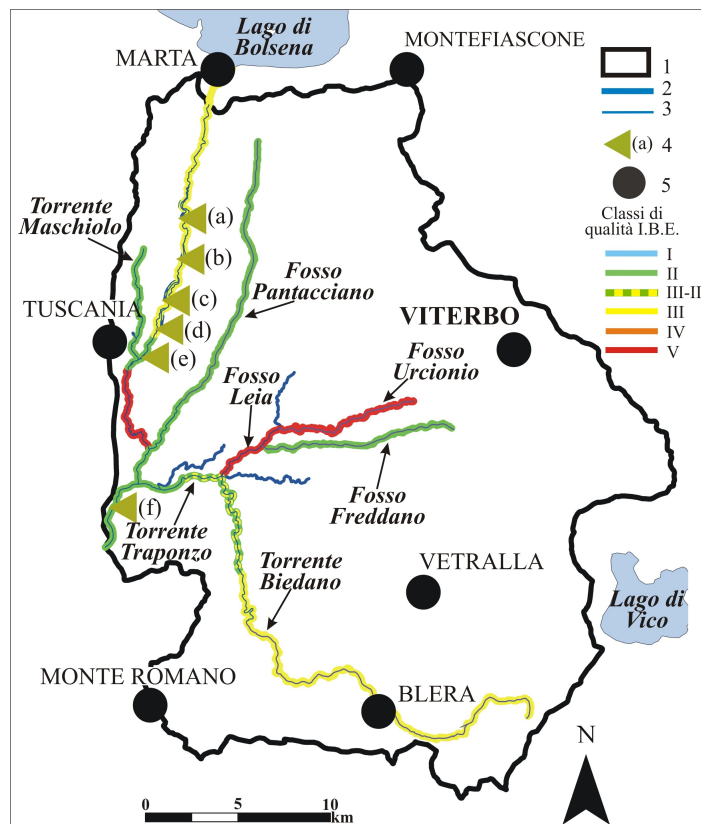


FIGURA 8.6 – Classi di qualità I.B.E. nella primavera del 1999 (1: area di studio; 2: fiume Marta; 3: principale reticolo idrografico; 4: impatti antropici (a: centrale S. Savino III; b: centrale S. Savino II; c: centrale S. Savino I; d: centrale La Fioritella; e: industria cartaria; f: centrale Traponzo); 5: centri urbani).

Ponendo a confronto i risultati dell'I.B.E. del 2003-2004 (PRESTINENZI, 2005), del 1997 e 1999 (VENANZI, 1999) e quelli del 2001-2005 (AA. VV., 2006) si notano, nel tempo, sia miglioramenti che peggioramenti qualitativi in alcuni tratti.

Nella stazione 1, che rappresenta il tratto dopo le paratoie, è stato riscontrato un miglioramento della qualità biologica delle acque, passando da una III classe nel 1997 e 1999 ad una II nel periodo 2003-2004. I valori della Regione Lazio oscillano da una IV ad una III negli anni, confermati anche da un indice S.E.C.A. variabile da una classe 3 ad una classe 4. Considerando il torrente Maschiolo (stazione 10), tributario di destra che confluisce con il Marta in corrispondenza della restituzione e degli scarichi della cartiera, si nota una diminuzione del livello qualitativo, da una classe di qualità compresa tra I e II nell'autunno del 1997, ad una III classe nel periodo 2003-2004. Invece lo stato ambientale del torrente Traponzo (stazione 14) presenta un netto miglioramento passando da una III classe di qualità nell'estate del 1997 ad una I nell'estate del 2004. Altri affluenti monitorati come il fosso Pantacciano (stazione 13) presentano una qualità biologica che si mantiene costantemente in II classe per i diversi periodi monitorati.

Più completo è il monitoraggio condotto negli anni 2001-2005, nel quale, oltre all'I.B.E. e all'I.F.F., sono stati determinati anche il L.I.M., il S.E.C.A. e il S.A.C.A. (AA. VV., 2006). Nel dettaglio i risultati del 2001-2002 provengono da elaborazioni della Regione Lazio effettuate nell'ambito della redazione del Piano di Tutela delle Acque 2004, mentre quelli del 2003-2005 sono frutto della collaborazione di I.G.E.A.M. Srl, su incarico della Provincia, con l'A.R.P.A. Lazio ai sensi del D.L. 152/99. Le stazioni di monitoraggio del Marta considerate all'interno dell'area di studio, codificate e georeferenziate, sono elencate nella TABELLA 8.13, mentre i risultati sono riportati nella TABELLA 8.14 ed illustrati nelle FIGURE 8.7, 8.8 e 8.9.

UBICAZIONE	UTM 33 (NORD)	UTM 33 (EST)
Ponte Cartiera	4711914	246947
Ponte strada Tuscania-Marta	4706531	245784
Ponte strada Tuscania-Viterbo	4699409	243114

TABELLA 8.13 – Stazioni di campionamento sul Marta (da AA. VV., 2006).

STAZIONE	ANNO	L.I.M.	I.B.E.	CLASSE L.I.M.	CLASSE I.B.E.	S.E.C.A	S.A.C.A.
-----------------	-------------	---------------	---------------	--------------------------	--------------------------	----------------	-----------------

Ponte Cartiera	2001	280	5	2	4	4	-
	2002	400	7	2	3	3	-
	2003	270	5.5	2	4	4	4
	2004	225	6.8	3	3	3	3
	2005	310	5.4	2	4	4	4
Ponte strada Tuscania-Marta	2001	-	-	-	-	-	-
	2002	230	8	3	2	3	-
	2003	250	7.4	2	3	3	3
	2004	260	6.1	2	3	3	3
	2005	250	6.6	2	3	3	3
Ponte strada Tuscania-Viterbo	2001	160	3.4	3	5	5	-
	2002	120	3	3	5	5	-
	2003	95	4.3	4	4	4	5
	2004	95	2.8	4	5	5	5
	2005	200	4.8	3	4	4	4

TABELLA 8.14 – Indicatori e classi di qualità per le stazioni del fiume Marta (da AA. VV., 2006).

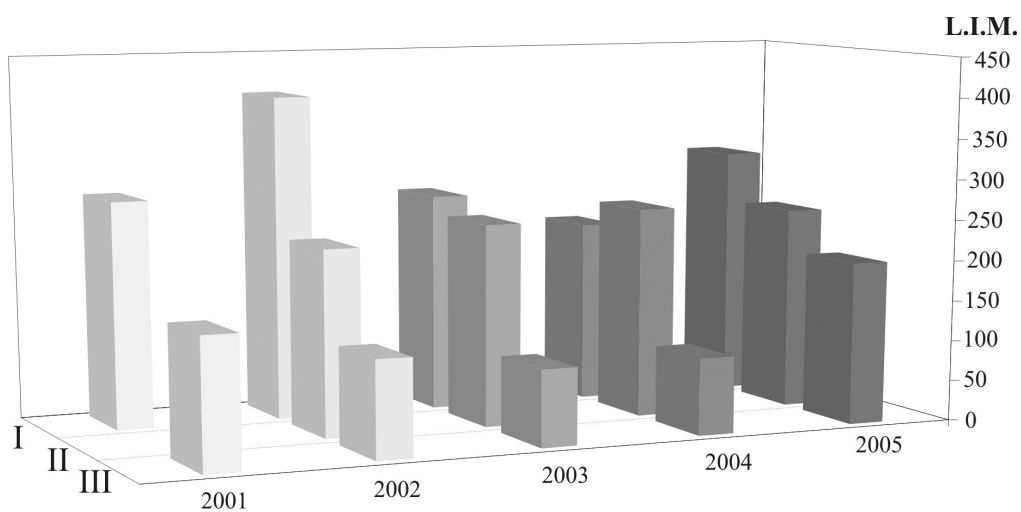


FIGURA 8.7 – Andamento cronologico dell'indicatore L.I.M. per le stazioni del Marta (I: Ponte Cartiera; II: Ponte strada Tuscania-Marta; III: Ponte strada Tuscania-Viterbo; da AA. VV., 2006).

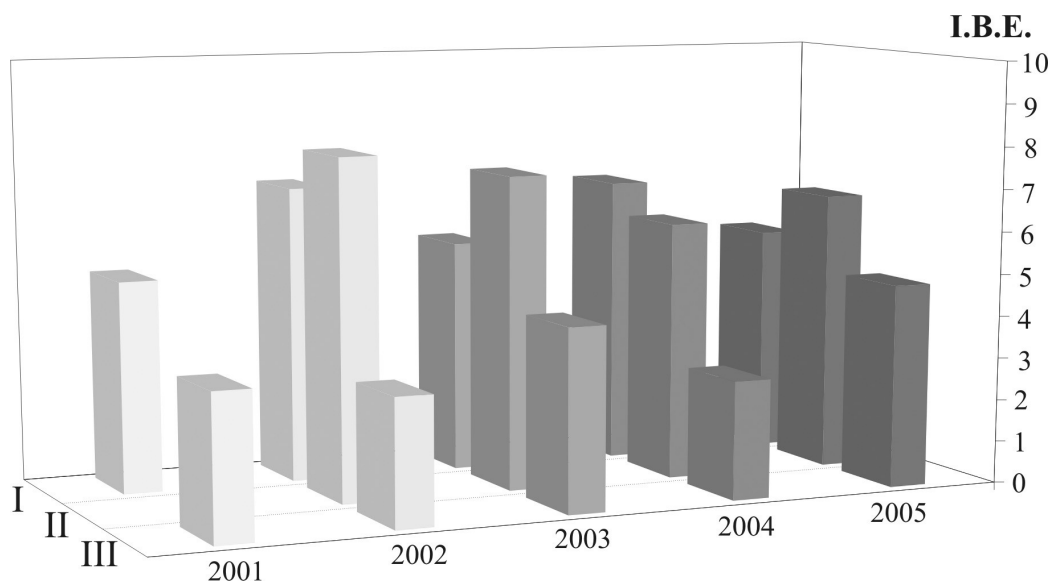


FIGURA 8.8 – Andamento cronologico dell'indicatore I.B.E. per le stazioni del Marta (I: Ponte Cartiera; II: Ponte strada Tuscania-Marta; III: Ponte strada Tuscania-Viterbo; da AA. VV., 2006).

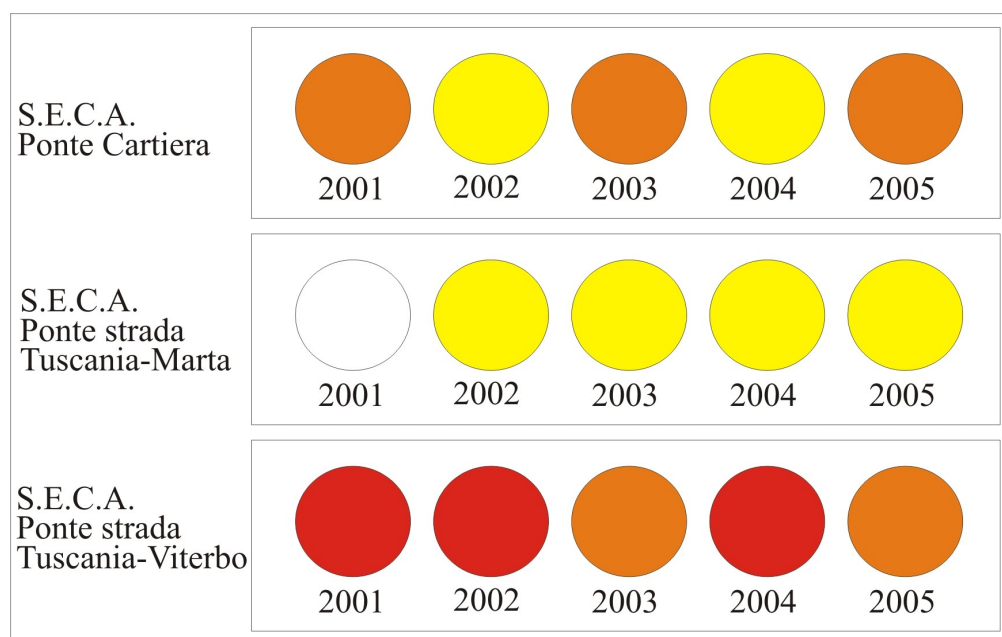


FIGURA 8.9 – Andamento cronologico dell'indicatore S.E.C.A. per le stazioni del Marta (da AA. VV., 2006).

Il monitoraggio completo presentato dalla Regione Lazio riflette lo stato qualitativo di un corso d'acqua su cui insistono pressioni antropiche di tipo civile ed industriale fortemente concentrate, ed attività agricole di tipo diffuse.

La presenza dell'abitato di Tuscania comporta l'abbattimento della qualità delle acque dopo la città, confermato soprattutto da un indice S.E.C.A. che nel corso degli anni ha assunto valori tra lo scadente ed il pessimo. Ancora l'effetto di diluizione esercitato dalle acque dell'affluente Traponzo giustifica il recupero di qualità nel tratto a valle, al

di fuori dell'area in esame, verso la foce, dove le classi di qualità registrate evidenziano una buona ripresa.

L'analisi dell'evoluzione spaziale e temporale dell'indice L.I.M. evidenzia una situazione che negli anni si mantiene più o meno stabile, ma nel complesso appena sufficiente, con situazioni di forte criticità localizzate presso i centri abitati più importanti.

Le caratteristiche dei macrodescrittori critici inducono ancora a pensare ad un tipo di inquinamento concentrato di tipo civile e diffuso di tipo agricolo: alti valori di BOD₅ ed Escherichia Coli sono presenti dopo la città di Tuscania, mentre importanti concentrazioni di nitrati sono stati misurati dopo la stazione di Centrale Traponzo.

Per quanto concerne gli inquinanti chimici che concorrono ad individuare lo Stato Ambientale del fiume, è importante sottolineare la presenza di valori di zinco abbastanza elevati lungo tutto il corso del fiume, seppure al di sotto dei limiti tabellati, ed una situazione di superamento dei limiti imposti dalla normativa del rame presso Tuscania.

Relativamente all'indice I.B.E. e allo stato delle comunità biotiche nel fiume Marta, la situazione appare del tutto insoddisfacente, con classi di qualità solo occasionalmente al di sopra del sufficiente e per una gran parte comprese tra lo scadente ed il pessimo.

8.3 MONITORAGGIO DEL FIUME MIGNONE

Nel seguente paragrafo vengono riportati i risultati sulla qualità biologica del torrente Mignone, valutata attraverso l'I.B.E. (cfr. PAR. 8.3.2), e sulla funzionalità fluviale, valutata attraverso l'I.F.F. (cfr. PAR. 8.3.3).

8.3.1 STUDI PREGRESSI

Nella "Carta della qualità biologica dei corsi d'acqua della Regione Lazio" (AA. VV., 2000) viene riportato uno studio sull'I.B.E. del fiume Mignone effettuato, in stagioni diverse, tra la primavera del 1998 e la primavera del 2000, oltre ai risultati relativi al periodo 2001-2005, comprendenti I.B.E., L.I.M., S.E.C.A. e S.A.C.A. (AA. VV. 2006).

8.3.2 VALUTAZIONE DELL'I.B.E.

Per valutare la qualità ambientale del Mignone sono state scelte 8 stazioni, 5 sull'asta principale e 3 sui suoi affluenti principali quali il fosso Lenta, fosso Verginese e torrente Vesca.

La stagione di campionamento scelta è la primavera in un periodo compreso tra il 1998 e il 2000.

Le stazioni e i risultati dell'I.B.E. sono elencate nella TABELLA 8.15 ed illustrate nella FIGURA 8.10, da monte a valle, riportando le principali caratteristiche, come già elencate per il fiume Marta ed i risultati dell'I.B.E.

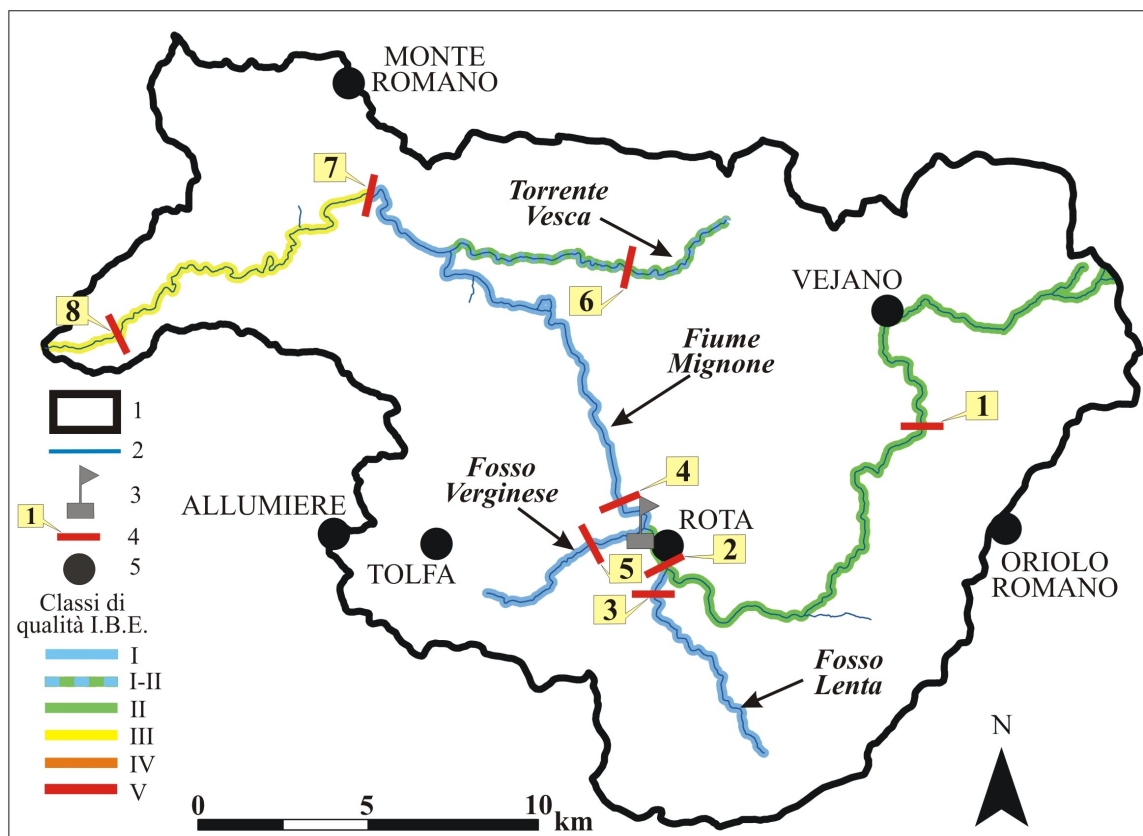


FIGURA 8.10 – Classi di qualità I.B.E. (1: area di studio; 2: fiume Mignone e principale reticolo idrografico; 3: stazione idrometrografica; 4: stazioni di campionamento dell'I.B.E. e relativo numero di riferimento; 5: centri urbani).

Le prime due stazioni sul torrente Mignone presentano segni di degrado che le fanno classificare in II classe di qualità. Questo dato può essere spiegato non tanto da fenomeni d'inquinamento dovuti ad attività antropica, ma dalla presenza, nel tratto a monte, di sorgenti sulfuree (fosso Acqua Forte) che rilasciano in alveo composti dello zolfo tali da rendere l'ambiente riducente. Nella stazione successiva (stazione 4) grazie

anche all'immissione dei torrenti Lenta, Verginese e Vesca, tutti in I classe di qualità, e alla conseguente diluizione, la situazione torna immediatamente alla normalità (I classe di qualità).

Nelle ultime due stazioni (stazione 7 e 8) il torrente Mignone presenta una qualità delle acque decisamente peggiore (III Classe di Qualità) rispetto all'alto corso, a causa probabilmente di un maggiore impatto antropico rappresentato principalmente da attività agricolo-zootecniche.

STAZIONE	TIPOLOGIA	UTM X	UTM Y	Q	USO DEL SUOLO	VEGETAZIONE RIPARIA	SUBSTRATO	I.B.E.		STAGIONE
1	Asta principale	260905	4673970	320	Bosco e uso agricolo	Formazioni arboree	Sabbia, limo, ciottoli e grosse pietre	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	15 8-9 II	Primavera 2000
2	Asta principale	253794	4670089	125	Bosco e pascolo	Formazioni arboree	Massi e ciottoli	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	19 9 II	Primavera 1998
3	Fosso Lenta	253662	4670039	123	Pascolo	Formazioni arboree ridotte	Ciottoli e massi	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	19 10 I	Primavera 1998
4	Asta principale	253100	4671693	120	Pascolo	Macchia mediterranea	Ciottoli e massi	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	18 10 I	Primavera 1998
5	Fosso Verginese	251955	4670946	115	Bosco e pascolo	-	-	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	22 11 I	Primavera 1998
6	Torrente Vesca	254352	4679347	170	Uso agricolo	-	-	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	21 10-9 I-II	Settembre 1999
7	Asta principale	244909	4681206	50	Bosco e pascolo	Formazioni arbustive riparie	Massi anche di grandi dimensioni	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	9 6 III	Primavera 2000
8	Asta principale	236640	4676737	26	Uso agricolo	Specie erbacee	Ciottoli, limo, sabbia e argilla	Totale U.S. I.B.E. Classe di Qualità	10 6-7 III	Primavera 2000

TABELLA 8.15 – Scheda riassuntiva delle stazioni di campionamento per l'I.B.E (Q: quota in metri sul livello del mare; (da AA. VV., 2000).

Il monitoraggio condotto negli anni 2001-2005 dalla Regione Lazio (AA. VV., 2006) comprende una nuova indagine dell'I.B.E. e dell'I.F.F. riferite a due sole stazioni sul Mignone (TAB. 8.16) e, a completamento di questa, sono stati determinati anche il L.I.M., il S.E.C.A. e il S.A.C.A.

UBICAZIONE	UTM 33 (NORD)	UTM 33 (Est)
Ponte Vejano	4677857	260498
Strada Montericcio	4677077	237568

TABELLA 8.16 – Stazioni di campionamento sul Mignone (da AA. VV., 2006).

I risultati sono riportati nella TABELLA 8.17 ed illustrati nelle FIGURE 8.11, 8.12 e 8.13.

STAZIONE	ANNO	L.I.M.	I.B.E.	CLASSE L.I.M.	CLASSE I.B.E.	S.E.C.A	S.A.C.A.
Ponte Vejano	2001	260	7.4	2	3	3	-
	2002	280	5	2	4	4	-
	2003	270	7.9	2	3	3	3
	2004	260	7.4	2	3	3	3
	2005	290	7.5	2	3	3	3
Strada Montericcio	2001	160	6	3	3	3	-
	2002	225	6	3	3	3	-
	2003	230	4.7	3	4	4	4
	2004	260	5.1	2	4	4	4
	2005	320	4.8	2	4	4	4

TABELLA 8.17 – Indicatori e classi di qualità per le stazioni del fiume Mignone (da AA. VV., 2006).

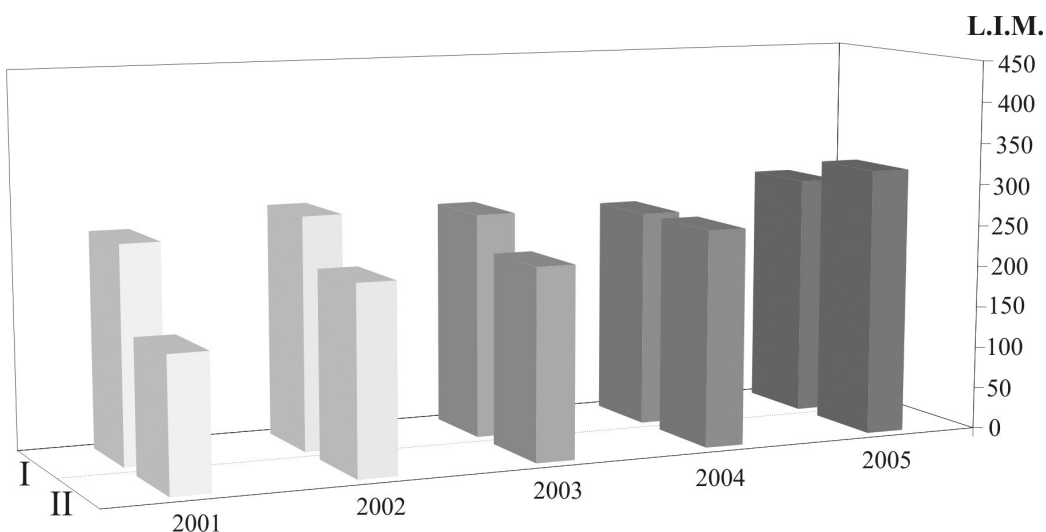


FIGURA 8.11 – Andamento cronologico dell'indicatore I.B.E. per le stazioni del Mignone (I: Ponte Vejano; II: Strada Montericcio; da AA. VV., 2006).

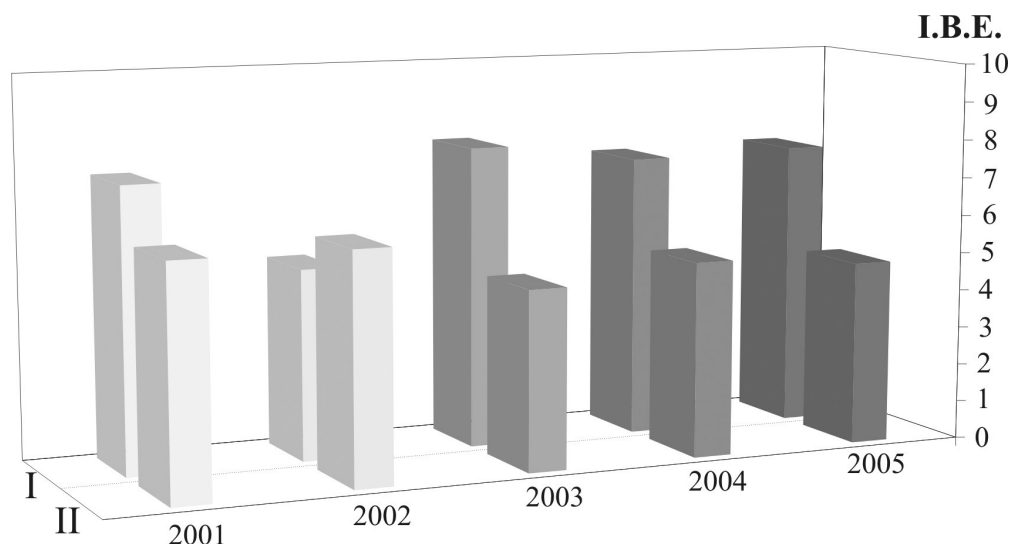


FIGURA 8.12 – Andamento cronologico dell'indicatore I.B.E. per le stazioni del Mignone (I: Ponte Vejano; II: Strada Montericchio; da AA. VV., 2006).

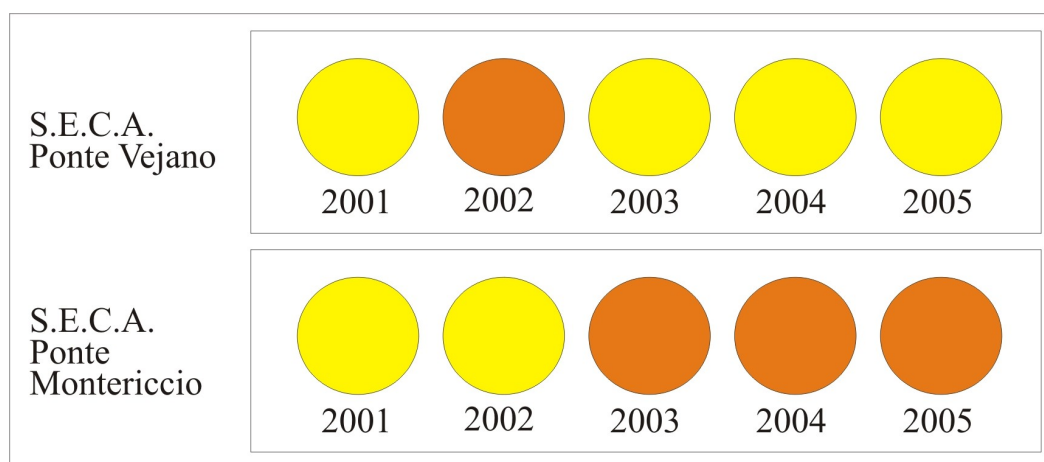


FIGURA 8.13 – Andamento cronologico dell'indicatore S.E.C.A. per le stazioni del Marta (da AA. VV., 2006).

Le acque del fiume Mignone risultano, almeno dall'indagine eseguita per conto della Regione Lazio, di qualità buona considerando i macrodescrittori, con qualche eccezione per i livelli di Escherichia Coli misurati nel triennio 2001-2003, che sono però poi migliorati nel corso degli anni diminuendo di quasi tre ordini di grandezza, stand all'analisi della campagna 2005.

Lo stato ecologico si mantiene in maniera pressoché stazionaria su una qualità tra il sufficiente e lo scadente, a causa dei bassi valori dell'indice I.B.E. che diminuiscono procedendo verso la foce.

L'analisi dei livelli degli inquinanti chimici utili per il calcolo del S.A.C.A. rivela la sola presenza di concentrazioni significative di zinco, sempre comunque al di sotto dei limiti di legge.

8.3.3 VALUTAZIONE DELL'I.F.F.

Per la valutazione dell'I.F.F. si è tenuto conto dell'analisi ambientale condotta nell'estate del 2004 e riportata nel "Indice di Funzionalità Fluviale nei principali corsi d'acqua della provincia di Viterbo" (AA.VV., 2005). Questa indagine interessa alcune delle sezioni fluviali sull'asta principale del fiume Mignone, considerate anche per l'I.B.E. (cfr. TAB. 8.10). I risultati sono riportati nella TABELLA 8.18 ed illustrate nella FIGURA 8.14.

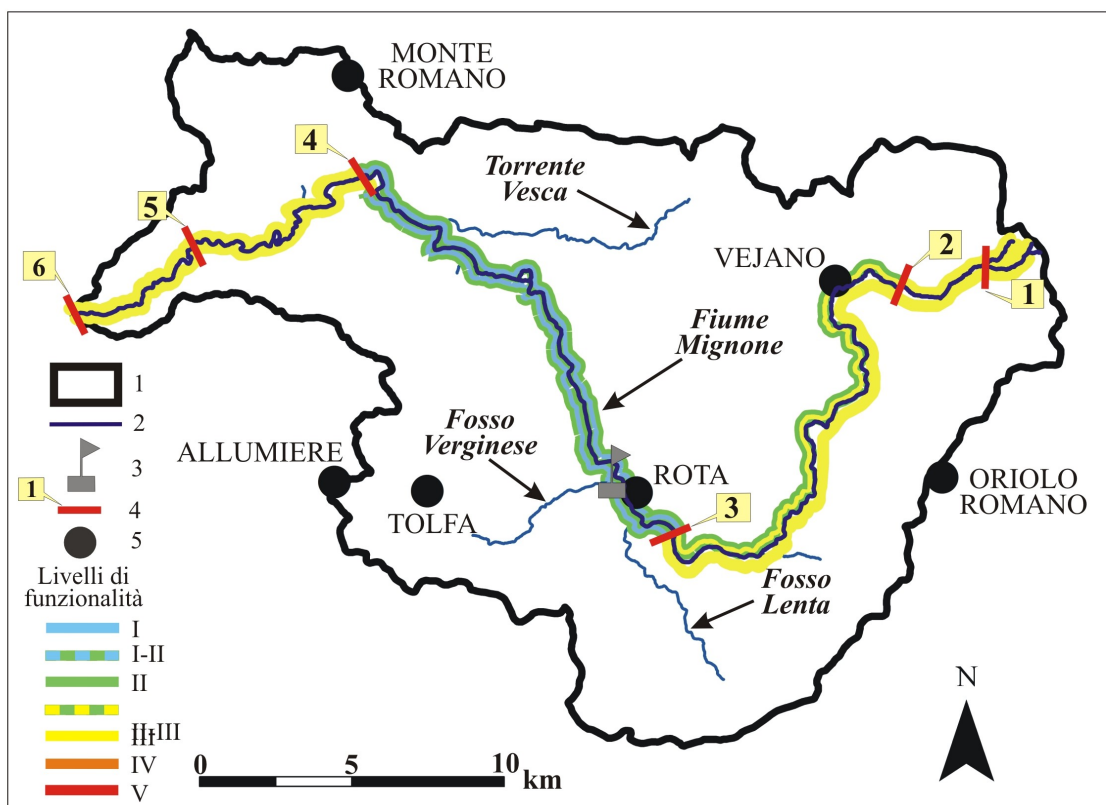


FIGURA 8.14 – Livelli di Funzionalità nell'estate del 2004 del fiume Mignone (1: area di studio; 2: fiume Mignone e principale reticolo idrografico; 3: stazione idrometrografica; 4: stazioni di campionamento dell'I.B.E. e relativo numero di riferimento; 5: centri urbani).

STAZIONE	TRATTO	CARATTERISTICHE		SPONDA Sx	SPONDA
1	3847 m	Il fiume scorre tra boschi e pascoli. La vegetazione perifluviale è di tipo arboreo, con estensione di 1-5 m. La sezione è naturale e non sono evidenti segni di erosione. L'alveo ha un fondo mobile con raschi e pozze.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	158 mediocre III	158 medioc III
2	6450 m	Il fiume scorre tra boschi, pascoli e prati. Le fasce perifluviali sono formate da formazioni arbustive riparie, con ampiezza di 5-30 m. Le rive non presentano vegetazione. L'erosione è presente solo nelle curve.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	158 mediocre III	158 buono/med III
3	17065 m	Il fiume scorre tra boschi e prati incolti. La vegetazione della fascia perifluviale è composta da essenze arbustive riparie, con un'ampiezza di 1-5 m. Le rive sono formate da erbe e arbusti. L'erosione non è evidente.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	166 mediocre III	181 buono/med II-III
4	19809 m	Il territorio circostante è caratterizzato da boschi e la vegetazione perifluviale è composta da essenze arboree riparie, con ampiezza non superiore a 30 m. Le rive sono formate da massi e essenze arboree. L'erosione non è rilevante.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	256 elevato-buono I-II	256 elevato-bu I-II
5	10279 m	Il territorio è occupato da arativi e vaste zone agricole. La vegetazione perifluviale è composta da formazioni arbustive riparie con ampiezza di 1-5 m. Le rive hanno una copertura di erbe e arbusti. L'erosione non è evidente.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	171 mediocre III	171 medioc III
6	10059 m	Il territorio circostante è caratterizzato da colture permanenti ed arativi. La fascia perifluviale è composta da essenze arboree riparie, con ampiezza di 1-5m. Le rive sono ricoperte di erbe e arbusti. Le rive non presentano erosione.	Punteggio totale Ambiente Livello di Funzionalità	180 mediocre III	180 medioc III

TABELLA 8.18 – Quadro riassuntivo dell'I.F.F. del fiume Mignone (da AA. VV., 2005).

Lo stato delle pressioni sul bacino idrografico del fiume Mignone mostra una relativa influenza delle attività umane. Infatti, da un primo esame delle risposte date alle prime domande della scheda di valutazione (cfr. TAB. 8.8; domanda 1 e 2), quelle relative allo stato del territorio circostante e della vegetazione, si evidenzia come non siano diffuse attività antropiche ad alto impatto aventi incidenza sulla struttura delle specie vegetali presenti nella fascia riparia. Si rileva però che la fascia riparia mostra, in alcuni casi, un'ampiezza ed una continuità alterate, segno di una locale pressione antropica che arriva fino in prossimità delle sponde del corso d'acqua (domande 3 e 4). Dalla domanda 6 fino a quella 10 si osserva come il fiume sia alterato per attività che modificano sia le rive che il fondo dell'alveo. Le caratteristiche idromorfologiche dell'alto corso del Mignone sono del tutto naturali a differenza del basso corso dove sono evidenti i segni di alterazione, probabilmente dovuti a rettificazioni o ad arginature artificiali per le attività agricole. La componente biotica (domande 11, 12 e 13) risulta alterata forse a causa di fonti di pressione localizzate che ne alterano struttura e funzionalità, compromettendo l'efficienza del processo di autodepurazione.

Dall'analisi finale dei risultati della TABELLA 8.18 la qualità ambientale del Mignone si presenta mediamente e localmente compromessa. Infatti circa il 70 % dei tratti mostra un III livello di funzionalità fluviale, mentre i restanti tratti possiedono un livello buono, a dimostrazione del fatto che il fiume scorre anche in zone di elevato pregio naturalistico. Da un confronto dei risultati per le due sponde si nota che la sponda sinistra risente maggiormente delle pressioni antropiche. Questo è da collegarsi ad impatti localizzati ed ad un uso del suolo differente.

8.3.4 ANALISI DEI RISULTATI

Da una lettura incrociata dei risultati dell'I.B.E e dell'I.F.F. si può asserire che lo stato ecologico del Mignone e dei suoi affluenti si presenta in buone condizioni, nonostante le diverse pressioni antropiche a cui è sottoposto.

Il Mignone nasce nelle vicinanze dei centri abitati di Vejano e Bassano Romano, proseguendo poi verso Oriolo Romano, i cui scarichi urbani vengono riversati nel corso d'acqua, attraverso dei depuratori dislocati o lungo l'asta principale o lungo piccoli fossi che poi si riversano nel Mignone. Tale impatto antropico e la ridotta portata naturale in alveo vanno a determinare una II classe di qualità delle acque superficiali fino alla confluenza con il Verginese a Rota. In questo tratto il Mignone attraversa zone di

elevato interesse naturalistico, come la Riserva Naturale di Monterano e i S.I.C. della Mola di Oriolo e del Medio Corso del Mignone, che comprende anche il Fosso Lenta. Quest'ultimo si presenta con una I classe di qualità.

Dall'abitato di Rota fino dopo la confluenza con il fosso Vesca si registra una I classe di qualità, che peggiora passando ad una III classe fino alla foce. In questo tratto terminale la qualità delle acque superficiali del Mignone è probabilmente influenzata dall'intensa attività agricola e dai prelievi che aumentano lo stress idrico e alterano le condizioni naturali in alveo.

Nel torrente Vesca si riscontra una I-II classe nonostante gli scarichi dell'abitato di Civitella Cesi: il torrente nasce nel parco suburbano Marturanum e attraversa il S.I.C. di S. Giovenale e Civitella Cesi.

8.4 QUALITA' CHIMICA E MICROBIOLOGICA DEL FIUME MARTA

Lo stato chimico e microbiologico delle acque superficiali del fiume Marta è stato analizzato dalla Provincia di Viterbo e riportato nella "Relazione sullo stato dell'Ambiente della Provincia di Viterbo" (AA. VV., 2002).

La qualità è stata stimata applicando un indice sintetico messo a punto dalla Provincia di Trento (1994). Questo si basa sull'attribuzione di un livello di qualità a 5 parametri o indicatori e, tenendo conto dei loro diversi pesi, sintetizza attraverso un algoritmo il contributo di ogni parametro in un unico valore adimensionale.

I parametri considerati sono: il BOD₅, il CDO, il NH₄, la conducibilità elettrica e il PO₄. La qualità chimica finale viene sintetizzata in 5 classi.

La qualità microbiologica è stata stimata tenendo conto esplicitamente dei coliformi fecali, classificando le acque in 5 classi di qualità differente.

Vengono di seguito riportati i risultati relativi al campionamento del 1997, riferiti però solo a quelle sezioni fluviali considerate dal seguente studio (TABB. 8.19 e 8.20).

STAZIONE	STAGIONE	PARAMETRI CHIMICI					QUALITÀ	COLORE
		BOD ₅ (mg/l)	COD (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	CONDUC. (μS/cm)	PO ₄ (mg/l)		
1 – Centrale S. Savino III	Primavera	0.6	13.7	0.44	434	0.01	2	Verde
	Estate	1.4	8.7	0.14	490	-	-	-
	Autunno	0.8	10.2	-	439	-	-	-
2 – Centrale S. Savino III	Primavera	0.6	13.7	0.37	419	0.01	2	Verde
	Estate	2.7	6.5	0.08	500	-	-	-
	Autunno	1.2	8.2	0.04	439	-	-	-
12 – Fiume Marta	Primavera	30.8	77.7	0.67	469	0.16	4	Arancione
	Estate	7.5	17.4	0.1	571	0.08	3	Giallo
	Autunno	9.5	20.5	0.33	510	0.02	4	Arancione
15 – Fiume Marta	Primavera	15.5	48	0.72	625	0.52	5	Rosso
	Estate	5.2	6.2	0.14	633	0.1	3	Giallo
	Autunno	0.8	7.1	0.15	444	0.09	2	Verde
Fosso Leia	Primavera	55	13.1	1.8	505	0.49	4	Arancione
	Estate	0.2	6.5	0.32	949	0.07	3	Giallo
	Autunno	3.2	9.1	0.67	612	0.34	4	Arancione
Torrente Biedano	Primavera	0.9	4.5	-	306	0.27	-	-
	Estate	3.9	4.4	0.19	520	0.03	2	Verde
	Autunno	3.6	4.6	0.19	510	0.56	3	Giallo

TABELLA 8.19 – Valori medi dei dati chimici riferiti all'anno 1997.

STAZIONE	PARAMETRO MICROBIOLOGICO Coliformi fecali (n°/100 ml)			QUALITÀ (adimens.)			COLORE		
	Primav.	Estate	Autun.	Primav.	Estate	Autun.	Primav.	Estate	Autun.
1	20	20	20	1	1	1	azzurro	azzurro	azzurro
2	100	900	800	1	2	2	azzurro	verde	verde
12	11500	80000	50000	3	4	4	giallo	rosso	arancione
15	3600	1400	3800	3	2	3	giallo	verde	giallo
Fosso Leia	7000	2000	2000	3	2	2	giallo	verde	verde
Torrente Biedano	20000	2600	4300	3	3	3	giallo	giallo	giallo

TABELLA 8.20 – Valori medi dei dati microbiologici riferiti all'anno 1997.

I risultati dell'analisi chimico e microbiologica del Marta confermano quelli che sono i tratti più a rischio, già evidenziati attraverso la valutazione dell'I.B.E. e dell'I.F.F.

In generale le variazioni dei dati di qualità tra le varie stagioni di campionamento sono decisamente peggiorative, ad eccezione della stazione 15 che passa da una qualità chimica 5, nella stagione primaverile, ad una qualità 2 in autunno, da imputare forse all'effetto diluente del Traponzo.

I punti che richiedono una maggiore attenzione sono principalmente quelli che risentono degli insediamenti urbani, con gli annessi impianti di depurazione, sia sull'asta principale come quello della città di Tuscania, o sugli affluenti come quelli di Viterbo e Vetralla (FIG. 8.15). Infatti la peggiore qualità sia chimica che microbiologica è stata riscontrata nel Marta dopo Tuscania e dopo la confluenza del Traponzo, essendo le acque di questo ultimo alterate dagli scarichi urbani riversati nel Leia e nel Biedano.

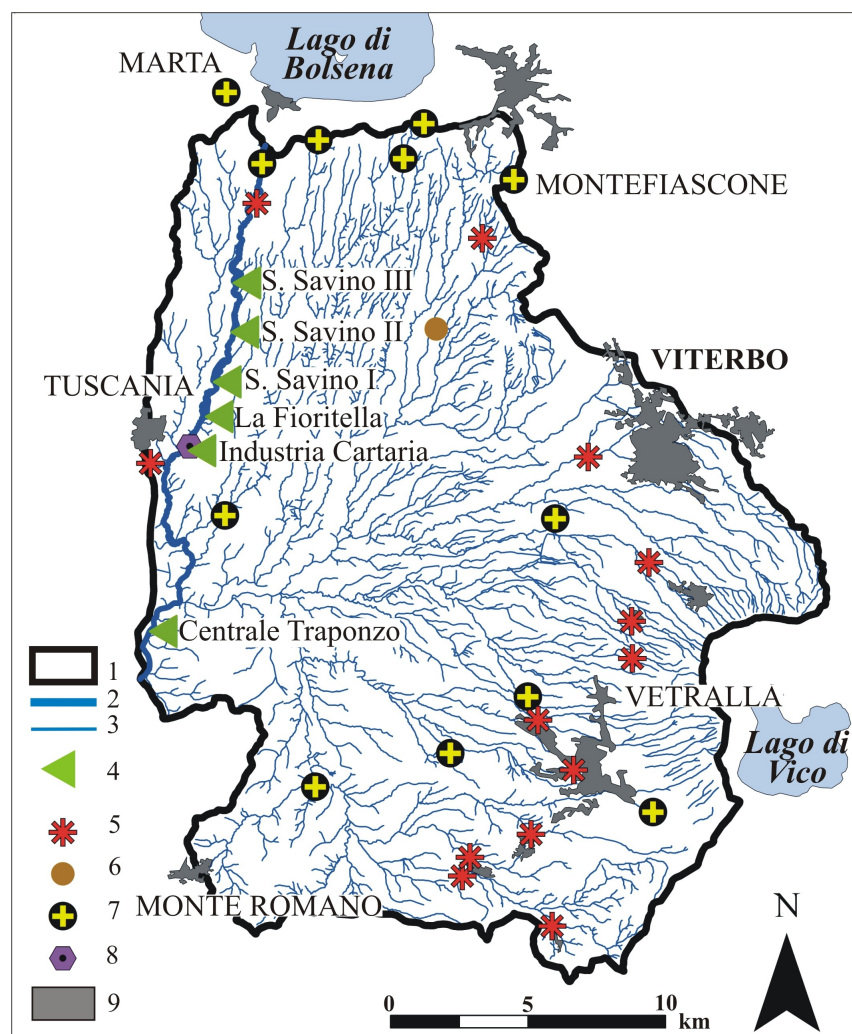


FIGURA 8.15 – Ubicazione dei maggiori impatti antropici nel bacino di studio (1: area di studio; 2: fiume Marta; 3: reticolo idrografico; 4: centrali idroelettriche; 5: depuratori urbani; 6: discariche; 7: scarichi industriali; 8: siti potenzialmente contaminati; 9: centri urbani).

La prima stazione nelle vicinanze dell'incile risente dell'effetto del lago di Bolsena e soprattutto dell'influenza del depuratore circumlacuale che recepisce gli scarichi dei paesi che si affacciano sul lago, e scarica i suoi reflui tra la stazione 2 e 8 (FIGURA 8.16).

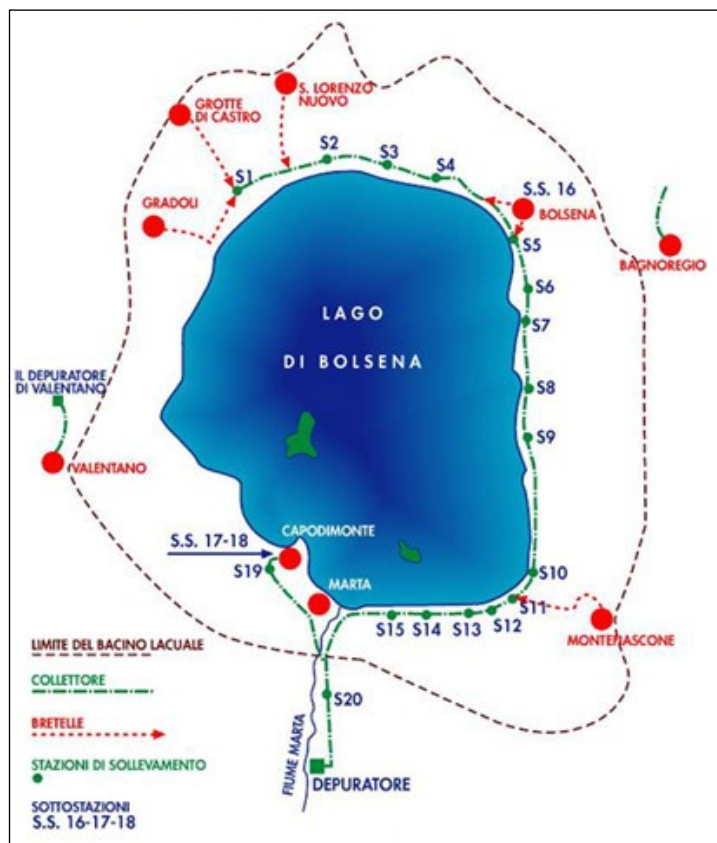


FIGURA 8.16 – Schema del collettore consortile intorno al lago di Bolsena della CO.BA.L.B.

La gravissima situazione che si origina a causa di questi scarichi urbani, industriali e civili si riflette su tutto il tratto del fiume a valle, che riesce a recuperare un livello di qualità sufficiente solo dopo la confluenza con il torrente Traponzo.

Il fosso Biedano presenta una terza classe di qualità chimica e microbiologica, pur essendo caratterizzato da una buona portata che gli permette di esplicare un effetto diluente nei confronti delle sostanze tossiche. La situazione peggiora verso la confluenza con il Leia e il Rigomero per l'apporto delle acque del Rio Secco, che è il corso d'acqua che recepisce gli scarichi della città di Vetralla.

Il fosso Leia presenta una classe 3 e 2 di qualità microbiologica e 3 e 4 per la qualità chimica: questo è dovuto all'impatto con il fosso Urcionio che raccoglie gli scarichi dell'abitato di Viterbo.

8.5 QUALITA' CHIMICA E MICROBIOLOGICA DEL FIUME MIGNONE

Il monitoraggio chimico-fisico delle acque superficiali del Mignone rientra in un progetto dell'Amministrazione Provinciale di Viterbo e riportato nella "Relazione sullo stato dell'Ambiente della Provincia di Viterbo" (AA. VV., 2002). Questo tiene conto dei parametri richiesti dal D.L. n° 130/92, classificando le acque del Mignone come ciprinicole. I diversi parametri sono stati determinati mensilmente nel periodo compreso tra il 23 novembre 1998 e il 24 ottobre 1999.

La stazione considerata è situata presso l'abitato di Vejano, poco a valle di una sorgente di acqua sulfurea e a monte del depuratore comunale (FIG. 8.17).

I valori dei parametri considerati sono riportati nella TABELLA 8.21.

Le acque risultano idonee alla vita dei pesci ciprinidi. Sono da rilevare i bassi valori di pH legati alla presenza della sorgente di acqua sulfurea.

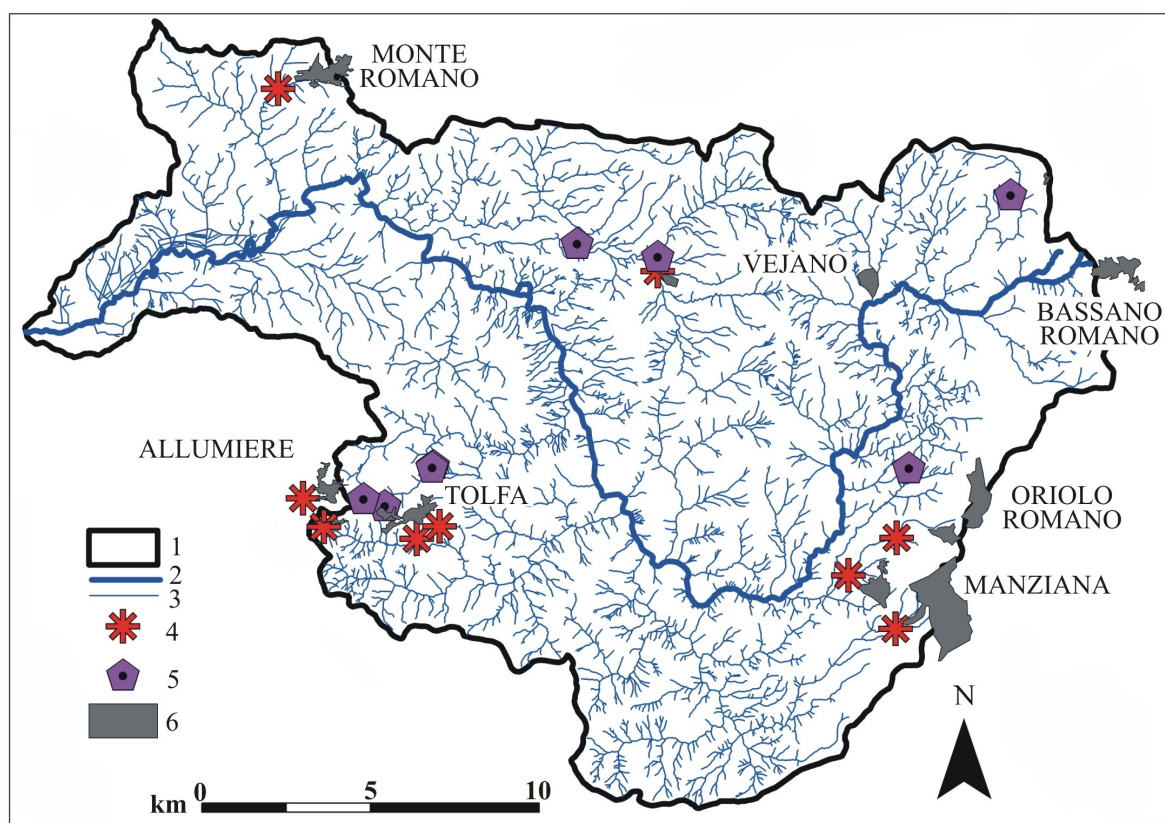


FIGURA 8.17 – Ubicazione dei maggiori impatti antropici nel bacino di studio (1: area di studio; 2: fiume Mignone; 3: reticolo idrografico; 4: depuratori urbani; 5: siti potenzialmente contaminati; 6: centri urbani).

	1998		1999									
PARAMETRI	23/11	20/12	25/1	17/2	21/3	1/4	1/5	20/6	17/7	24/8	12/9	24/10
Temperatura (°C)	5	7	4	3.5	7	10	13	19.5	22.5	20	18,5	14.5
pH	7.1	7.2	6.4	6.8	6.5	6.9	6.8	7.8	7.3	6.4	6.9	6.8
Solidi sospesi totali (mg/l)	35	53	3	21	0	15	37	8	31	2	19	70
Ossigeno disciolto O ₂ (mg/l)	10.2	9.6	9.5	11	10.7	9.5	8.1	8.8	10.8	9.1	8.6	8.3
BOD ₅ (mg/l)	1.5	5.5	3.7	1.1	0.9	0.1	6.1	1.4	2.7	3.6	4.8	2.8
Cloro residuo totale HOCl (mg/l)	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Nitrati NO ₃ (mg/l)	1.9	2.5	0.9	1.7	0.8	<1	0.21	2.4	1.1	3	0.5	3.9
Nitriti NO ₂ (mg/l)	<0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	<0.03	0.03	0.03	0.06	0.02	0.1	0.28
Ammoniac NH ₄ ⁺ (mg/l)	0.35	0.76	0.33	0.46	0.35	0.23	0.3	0.1	0.2	<0.2	0.6	0.32
Annoniaca NH ₃ (mg/l)	0.001	0.002	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.003	0.002	<0.005	0.002	0.001
Fosforo totale P (mg/l)	0.06	0.03	<0.14	0.01	0.05	0.01	0.03	0.03	0.1	<0.14	0.04	0.11
Cadmio Cd (µg/l)	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Cromo Cr (µg/l)	2.8	1.2	1.5	2.1	1.7	6.1	<100	1	5	10	9	4
Nichel Ni (µg/l)	<75	<75	<75	<75	<75	<75	<75	<75	<75	<75	<75	<75
Piombo Pb (µg/l)	7.4	9.3	0.9	<50	3.5	1.9	2.2	1	1	2	1	2
Rame Cu (µg/l)	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
Zinco Zn (µg/l)	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400

TABELLA 8.21 – Valori dei diversi parametri chimici fisici rilevati.

BILANCIO IDROLOGICO

Il bilancio idrologico è una stima delle acque che una determinata area (un bacino imbrifero o un bacino idrogeologico) acquista e perde in un certo periodo di tempo.

Nel caso del fiume Marta sono stati valutati i flussi di acqua, in entrata e in uscita, dal bacino idrografico esaminato, su base media annua, considerando gli anni compresi tra 1950 e il 2000. Nel caso del fiume Mignone è stato valutato un bilancio medio annuo nel periodo 1964-1974, in relazione ai dati disponibili per le stazioni termopluviometriche ricadenti nel bacino e nel suo intorno (cfr. PAR. 5.2).

L'equazione generale che descrive il bilancio stabilisce che la somma di tutti gli apporti deve essere uguale alla somma di tutte le uscite a meno di eventuali variazioni delle riserve idriche; gli apporti sono generalmente rappresentati dalle precipitazioni che insistono sull'area, mentre le uscite sono generalmente dovute ad evapotraspirazione, deflusso superficiale ed infiltrazione.

Per entrambi i casi di studio è stata applicata la medesima formula del bilancio idrologico, con opportune modifiche in seguito alle conoscenze idrogeologiche ed all'uso delle risorse idriche (cfr. CAP. 7).

La formula del bilancio utilizzata è:

$$P - ETR = D \quad [9.1]$$

dove:

P = altezza media delle precipitazioni in mm/anno;

ETR = evapotraspirazione reale in mm/anno;

D = deflusso totale = $R + I$;

R = ruscellamento in mm/anno;

I = infiltrazione in mm/anno.

Nei paragrafi seguenti sono illustrate le procedure di calcolo delle singole componenti presenti nell'equazione del bilancio, riferite alla porzione di bacino idrografico individuata per il fiume Marta (cfr. PAR. 9.1) e al bacino idrografico del fiume Mignone (cfr. PAR. 9.2).

9.1 BILANCIO IDROLOGICO DEL BACINO DEL FIUME MARTA

La porzione di bacino del fiume Marta, interessata dallo studio, è stata già definita come l'area sottesa tra le stazioni idrometriche Ponte Cartiera e Centrale Traponzo (cfr. PAR. 3.1.1 e FIG. 3.1). In virtù di tale scelta, infatti, sono noti i deflussi del fiume in entrata e in uscita dal bacino considerato, in corrispondenza delle suddette stazioni di misura idrometrografica.

L'area di riferimento sulla quale sono stati calcolati i termini dell'equazione del bilancio ha un'estensione di 577.60 km² (cfr. PAR. 3.2.1).

9.1.1 CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI

Per il calcolo delle precipitazioni del bacino del fiume (P_{MA}) sono stati elaborati i dati giornalieri relativi a ciascuna stazione termo-pluviometrica considerata (cfr. TAB. 5.1), i quali hanno permesso di calcolare i valori medi annui (cfr. TAB. 5.2). Questi valori sono stati poi interpolati al fine di ottenere una mappa delle isoiete medie annue (cfr. PAR. 5.1.2 e FIG. 5.2; FIG. 9.1) e attraverso l'applicativo G.I.S. Autocad Map-GDL2000®, è stato possibile calcolare le aree sottese dalle isolinee di pioggia (TAB. 9.1). In tal modo si è potuta calcolare la media pesata per il parametro P_{MA} , espressa in mm/anno.

La lama media di pioggia sul bacino risulta pari a:

$$P_{MA} = 891 \text{ mm/anno}$$

Dalla TAB. 9.1 si nota che più del 50 % dell'intera area di studio è caratterizzata da una precipitazione media annua compresa tra 850 mm/a e 900 mm/a, essa interessa la zona centrale del bacino, caratterizzata da una bassa pendenza.

In termini volumetrici le precipitazioni sull'intera area di studio ($V(P_{MA})$) equivalgono a:

$$V(P_{MA}) = \left(\frac{891}{1000} \times 577.60 \times 10^6 \right) \text{ m}^3/\text{anno} = 514.64 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$$

P_{MA} (mm/anno)	AREA (km ²)
810	0.73
820	2.13
830	69.05
850	111.34
870	93.15
890	93.14
910	62.04
930	49.15
950	34.89
970	27.81
990	21.63
1010	9.93
1020	0.04
1030	2.56
AREA TOTALE = 577.60 km ²	
$P_{MA} = 891$ mm/anno	

TABELLA 9.1 – Precipitazione media annua delle isoiete e le rispettive aree sottese.

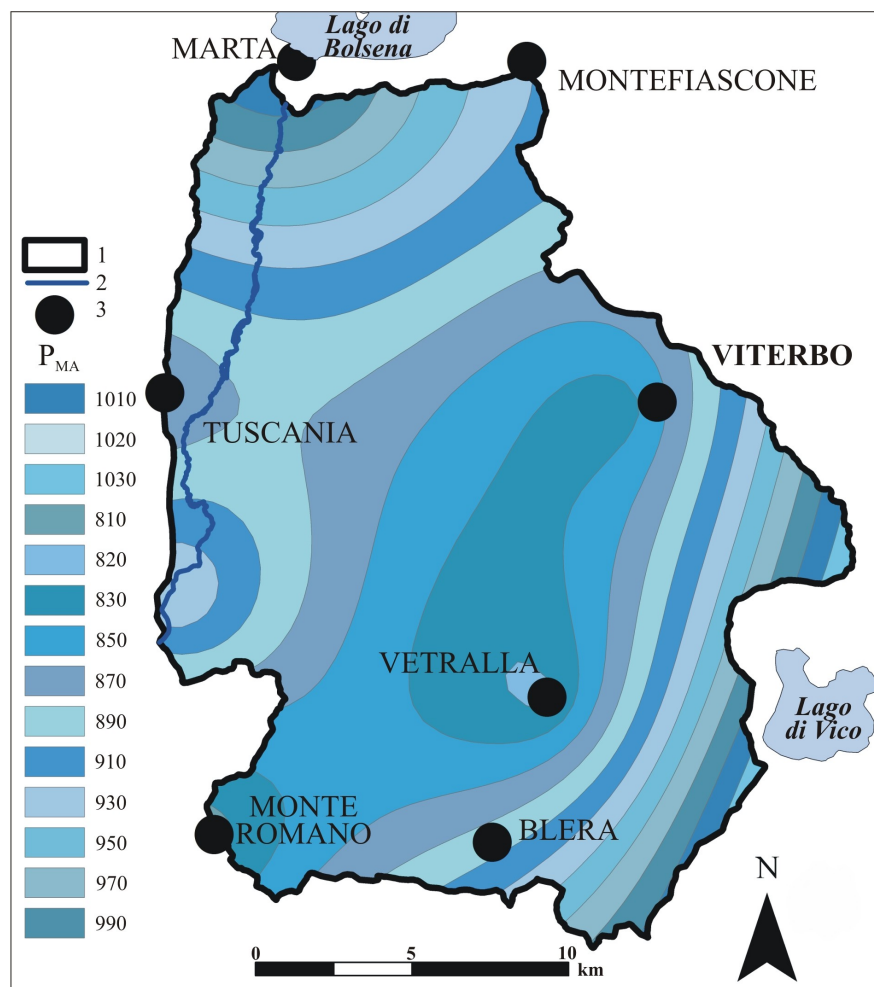


FIGURA 9.1 – Carta delle aree delle isoiete medie annue.

9.1.2 CALCOLO DELL'EVAPOTRASPIRAZIONE REALE

Allo scopo di determinare l'evapotraspirazione reale (ETR_{MA}) sul bacino in esame, sono stati utilizzati i dati termometrici relativi a ciascuna stazione di misura (cfr. TAB. 5.6), da questi sono stati ricavati i valori medi annui di temperatura (T_{MA}) (cfr. PAR. 5.1.3 e TAB. 5.7). Attraverso la formula di TURC (1955), sono stati calcolati i valori della ETR_{MA} (cfr. PAR. 5.1.4 e TAB. 5.8). Tali valori sono stati quindi interpolati allo scopo di ottenere le mappe a isoevapotraspire, calcolate in funzione di T_{MA} (FIG. 5.5). Attraverso l'applicativo G.I.S. Autocad Map - GDL2000[®], sono state calcolate le aree sottese dalle isolinee di ETR_{MA} (FIG. 9.2); in tal modo si è potuta ricavare la media pesata per il parametro ETR_{MA} , espressa in mm/anno (TAB. 9.2).

La lama media di evapotraspirazione reale sul bacino risulta pari a:

$$ETR_{MA} = 601 \text{ mm/anno}$$

ETR_{MA} (mm/anno)	AREA (km²)
505	1.54
515	3.26
525	4.74
535	14.24
545	98.10
550	0.34
555	237.39
560	21.82
565	89.08
575	74.25
580	10.39
585	13.90
595	8.46
600	0.08
AREA TOTALE= 577.60 km ²	
$ETR_{MA} = 601 \text{ mm/anno}$	

TABELLA 9.2 – Evapotraspirazione media annua e le rispettive aree sottese.

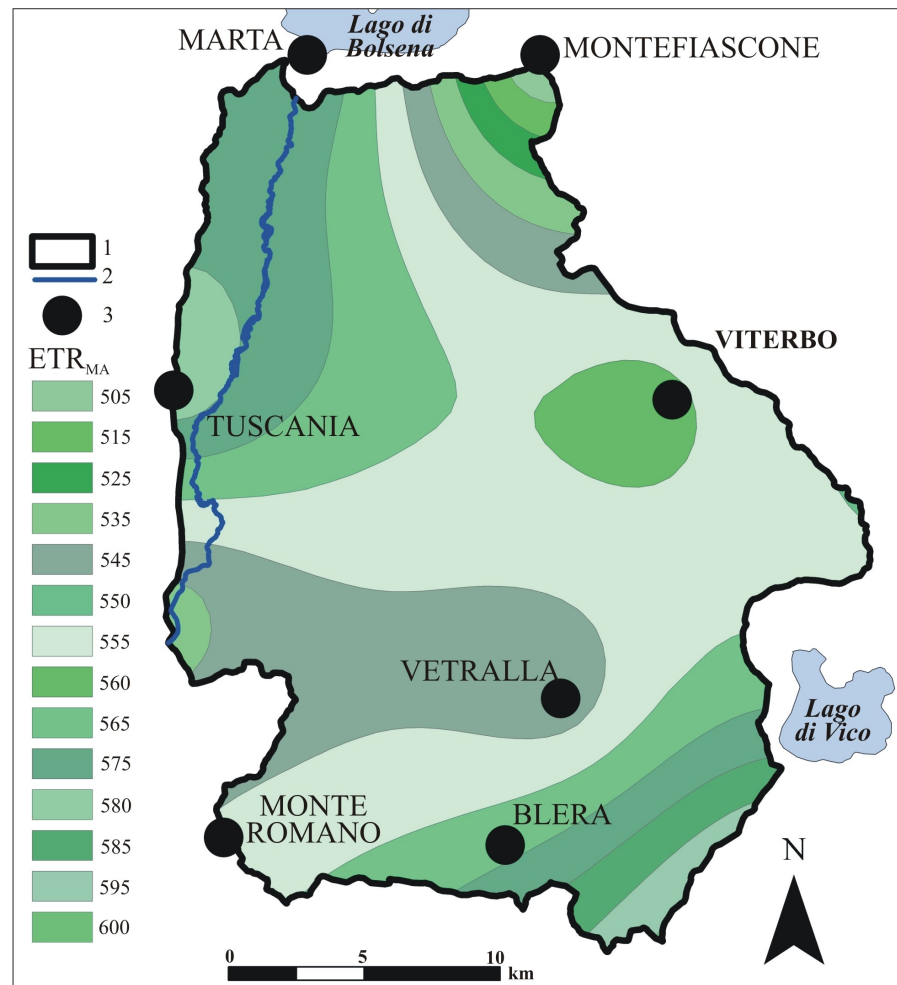


FIGURA 9.2 – Carta delle aree delle isoevapotraspire medie annue.

In termini volumetrici l'evapotraspirazione reale sull'intera area di studio ($V(ETR_{MA})$) è pari a:

$$V(ETR_{MA}) = \left(\frac{601}{1000} \times 577.60 \times 10^6 \right) \text{ m}^3/\text{anno} = 347.14 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$$

CALCOLO DEL DEFLUSSO IDRICO GLOBALE

Il deflusso idrico globale (D_{MA}), pari alla somma delle quote di ruscellamento e infiltrazione ($R_{MA} + I_{MA}$), è anche pari alla differenza tra le quote di pioggia ed evapotraspirazione sul bacino ($P_{MA} - ETR_{MA}$) (cfr. PAR. 7.2). Tale differenza vale:

$$P_{MA} - ETR_{MA} = 290 \text{ mm/anno}$$

moltiplicando questo valore per l'area del bacino, si ottiene un valore del deflusso idrico globale, espresso in volumi, pari a:

$$V(P_{MA}-ETR_{MA}) = \left(\frac{290}{1000} \times 577.60 \times 10^6 \right) \text{ m}^3/\text{anno} = 167.50 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$$

Per verificare la validità del valore ottenuto per il deflusso idrico globale, questo è stato confrontato con quanto ricavato dall'analisi dei deflussi superficiali (cfr. PAR. 6.1.1.5): il deflusso idrico globale relativo al bacino di studio, ottenuto attraverso lo studio degli idrogrammi fluviali (cfr. FIGG. 6.13 e 6.14), è pari alla differenza tra i deflussi globali medi annui calcolati per Ponte Cartiera e Centrale Traponzo. Tale differenza vale:

$$D_{CT}-D_{PC} = V(R_{MA} + I_{MA}) = 235.07 \times 10^6 - 77.95 \times 10^6 = 157.12 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}.$$

Quest'ultimo valore non si discosta significativamente (differenza del 6 % circa) dal deflusso idrico globale ottenuto utilizzando la formula di TURC. A seguito di tali considerazioni, è verificata la validità di applicazione della formula empirica di TURC alla realtà del bacino oggetto di studio.

9.1.4 SCOMPOSIZIONE DEL DEFLUSSO IDRICO TOTALE, CALCOLO DELL'INFILTRAZIONE EFFICACE E DEL RUSCELLAMENTO

Sulla base della caratterizzazione idrogeologica dei litotipi affioranti nell'area di studio (cfr. CAP. 4), sono stati attribuiti dei valori del coefficiente di infiltrazione potenziale per il bacino del Marta ($C.I.P_{MA}$) a ciascuno dei complessi idrogeologici individuati (cfr. TAB. 4.4).

Attraverso una media pesata, è stato ottenuto un valore di $C.I.P_{MA}$ medio, per l'intero bacino, pari a 65 % (TAB. 9.3).

COMPLESSI IDROGEOLOGICI	AREA (km ²)	$C.I.P_{MA}$
Alluvionale	59.0	60 %
Travertini	10.9	50 %
Piroclastico incoerente	80.3	80 %
Piroclastico	274.7	70 %
Lavico	65.8	80 %
Argilloso-sabbioso-conglomeratico	8.4	20 %
Marnoso-calcareo-arenaceo	78.5	30 %
AREA TOTALE = 577.60 km ²		
$C.I.P_{MA}$ TOTALE = 65 %		

TABELLA 9.3 – Complessi idrogeologici individuati nell'area di studio e $C.I.P_{MA}$ assegnato ad ogni complesso.

La scomposizione del deflusso idrico globale ($R_{MA} + I_{MA}$), effettuata quindi considerando la formula del coefficiente di infiltrazione potenziale (cfr. CAP. 4), risulta:

$$C.I.P_{MA} = \frac{I_{MA}}{P_{MA} - ETR_{MA}} = \frac{I_{MA}}{I_{MA} + R_{MA}} \quad [9.2]$$

Inserendo il valore medio ottenuto per il $C.I.P_{MA}$ nell'equazione del bilancio, si ottiene, per l'infiltrazione (I_{MA-I}) e il ruscellamento (R_{MA-I}), un valore pari a:

$$I_{MA-I} = 188 \text{ mm/anno}$$

$$R_{MA-I} = 101 \text{ mm/anno}$$

Considerando l'area del bacino, in termini volumetrici si ha:

$$V(I_{MA-I}) = \left(\frac{188}{1000} \times 577.60 \times 10^6 \right) \text{ m}^3/\text{anno} = 108.58 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$$

$$V(R_{MA-I}) = \left(\frac{101}{1000} \times 577.60 \times 10^6 \right) \text{ m}^3/\text{anno} = 58.33 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$$

Un ulteriore metodo per scomporre il deflusso idrico globale ed ottenere le quote di infiltrazione e ruscellamento sul bacino deriva dall'utilizzo dell'indice del deflusso di base ($B.F.I_{MA}$) (cfr. PAR. 6.2.1.6), attraverso il quale può essere confermata la validità del $C.I.P_{MA}$ utilizzato nell'equazione del bilancio. Il valore del $B.F.I_{MA}$, calcolato per il bacino oggetto di studio, è risultato pari a 70.8 %.

Tale valore risulta quindi confrontabile con quello relativo al $C.I.P_{MA}$ (differenza del 8 % circa): infatti, il $B.F.I_{MA}$ rappresenta, come il coefficiente di infiltrazione potenziale, il rapporto $I_{MA}/(I_{MA} + R_{MA})$, nell'ipotesi di corrispondenza tra bacino superficiale e bacino sotterraneo e in assenza di ulteriori recapiti. Questo costituisce una verifica della possibilità di applicare questa metodologia agli ambienti idrogeologici di tipo vulcanico.

9.1.5 CONSIDERAZIONI SUL BILANCIO

In base all'equazione generale del bilancio [9.1], la somma delle entrate deve essere pari alla somma delle uscite dal bacino.

I diversi termini del bilancio sono stati valutati considerando l'ipotesi che il bacino superficiale coincide con quello idrogeologico. In seguito alle conoscenze acquisite tramite la definizione dello schema idrogeologico, (cfr. CAP. 7), è risultato che essi non corrispondono ed è stata riscontrata una differenza del 11 %. Questo ha permesso di considerare dei nuovi termini in entrata e in uscite. Le ulteriori entrate da considerare sono costituite dagli apporti dal lago per via sotterranea (A_L) e dagli eventuali apporti di acque sotterranee extrabacinali (A_S). Le altre uscite da prendere in considerazione sono

costituite dai prelievi operati dalle acque sotterranee e recapitati all'esterno del bacino superficiale (P_{V-MA}).

Quindi l'equazione generale del bilancio che tiene conto della complessità dello schema idrogeologico può essere la seguente (FIG. 9.3):

$$A_L + A_S + P_{MA} = ETR_{MA} + R_{MA-I} + I_{MA-I} + P_{V-MA} \quad [9.3]$$

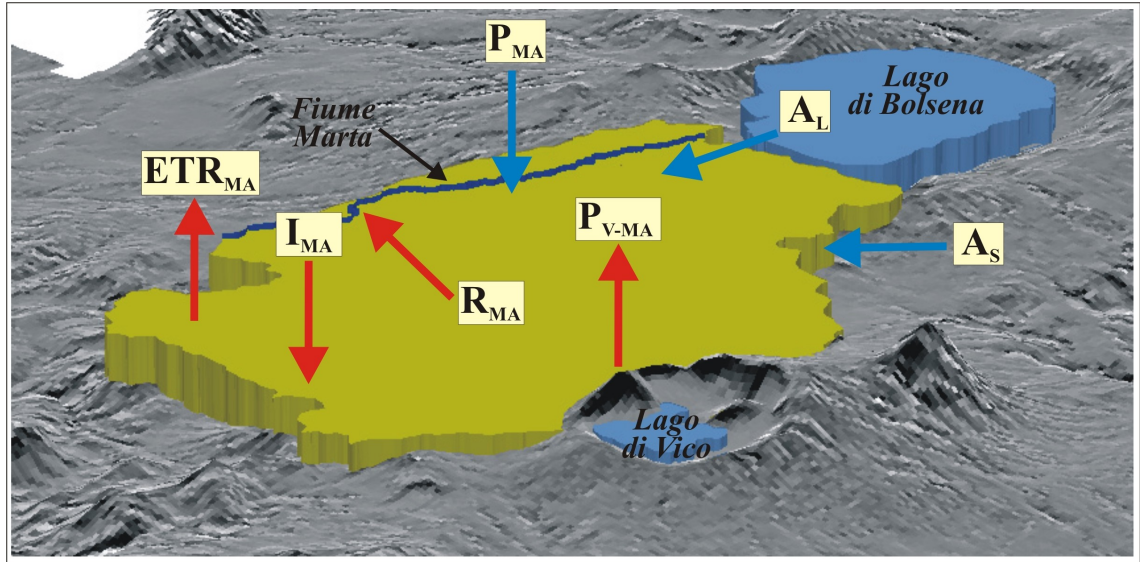


FIGURA 9.3 – Bilancio idrologico del bacino del fiume Marta.

I termini P_{MA} , ETR_{MA} , R_{MA} ed I_{MA} sono stati precedentemente stimati (cfr. PARR. 9.1.1, 9.1.2, 9.1.3 e 9.1.4); pertanto, considerando i valori risultanti, dalla precedente espressione [9.3] si ricava che:

$$A_L + A_S = P_{V-MA}. \quad [9.4]$$

Per i termini A_L e A_S non si hanno elementi specifici, a causa della carenza di dati di dettaglio (per esempio una zonazione della trasmissività dell'acquifero), tuttavia è stata effettuata una stima preliminare.

Per A_L si è considerata la relazione di Darcy applicata al limite alimentante:

$$Q = T \times L \times i \quad [9.5]$$

dove:

Q = portata della falda in m^3/s ;

T = valore di trasmissività dell'acquifero in m^2/s ;

L = lunghezza della sezione drenante in m;

i = gradiente idraulico della falda.

Dalla carta a curve isopiezometriche (cfr. FIG. 7.2), risulta che la sezione di travaso (L) è di circa 8 km ed il gradiente medio (i), nell'intorno della stessa sezione, vale circa 0.0125.

Con questi termini ed ipotizzando un valore medio di trasmissività (T) pari a 5×10^{-3} m²/s, si ricava una portata di 0.5 m³/s, equivalente ad un volume medio annuo degli apporti sotterranei dal lago (A_L) di 15.80×10^6 m³/anno.

Relativamente al valore di trasmissività adottato, questo sembra essere quello massimo attribuibile alla sezione di flusso, se si considera la natura dell'acquifero e gli intervalli di valori della trasmissività ricavati in realtà idrogeologiche simili, quali quelle dell'acquifero cimino-vicano (BAIOCCHI *et alii*, 2006). Quindi il travaso dal lago (A_L) calcolato è da ritenere un valore limite, certamente non superato.

Per la valutazione degli apporti sotterranei extrabacinali (A_S), è stata innanzitutto calcolata la resa media in acque sotterranee (Q_S) del bacino di studio. Tale valore è pari al rapporto tra la portata di infiltrazione (I_{MA-I}) (cfr. PAR. 9.1.4) e l'area del bacino superficiale (A_{MA}). Il termine Q_S risulta pari a circa $0.006 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{km}^2$, in accordo con l'intervallo di valori, presente in bibliografia, per le vulcaniti della fascia tirrenica (CELICO, 1983; BONI *et alii*, 1988). Considerando poi la differenza tra le estensioni del bacino idrografico e del bacino idrogeologico (cfr. PAR. 7.2), pari a circa 69.25 km², è stato valutato il contributo di quest'ultima porzione. Risulta che il termine A_S vale circa 13.10×10^6 m³/anno.

Sommando i termini A_L e A_S , risulta dunque complessivamente un volume di 28.90×10^6 m³/anno che entrano nel bacino idrografico.

Questo volume dovrebbe uguagliare l'entità dei prelievi idrici dal bacino non aventi recapito nella sezione fluviale di Centrale Traponzo. Detti prelievi sono da attribuire principalmente ai consumi idrici utilizzati per le pratiche agricole, considerato che i quantitativi idrici captati da sorgenti e pozzi interni al bacino, nonché le derivazioni dal fiume, destinati all'uso potabile ed industriale ritornano in gran parte al corso d'acqua prima della stazione idrometrografica di Centrale Traponzo.

Per i prelievi idrici a scopo irriguo, una stima di prima approssimazione è possibile considerando l'estensione delle aree irrigue presenti nel bacino, risultata pari a circa 255 km² sulla base della Carta dell'Uso del Suolo (C.U.S.) della Regione Lazio (Corine Land Cover, COMMISSIONE EUROPEA, 2000), ed una perdita netta di circa 5 l/s per km² di superficie irrigata, desunta dalla differenza tra evapotraspirazione potenziale e reale

calcolata per l'acquifero cimino-vicano (BAIOCCHI *et alii*, 2006). Risulta quindi un valore complessivo di P_{V-MA} pari a circa 40.20×10^6 m³/anno.

Sostituendo alla formula [9.3] i valori volumetrici dei singoli termini si ottiene:

$$\text{Entrate} = [(13.10 \times 10^6) + (15.80 \times 10^6) + (514.64 \times 10^6)] \text{ m}^3/\text{anno}$$

$$\text{Uscite} = [(347.14 \times 10^6) + (58.33 \times 10^6) +$$

$$(108.58 \times 10^6) + (40.20 \times 10^6)] \text{ m}^3/\text{anno}$$

Le entrate, dunque, superano le uscite di circa 11.30×10^6 m³/anno, equivalenti a 0.4 m³/s. Questa differenza vale in percentuale circa 2 % e rientra tipicamente nelle approssimazioni dei diversi metodi utilizzati per il calcolo dei vari termini.

9.2 BILANCIO IDROLOGICO DEL BACINO DEL FIUME MIGNONE

In seguito alla definizione dello schema idrogeologico dell'area e considerando l'uso delle risorse idriche del bacino, per il caso del fiume Mignone l'equazione del bilancio [9.1] diventa (FIG. 9.4):

$$P_{MI} = ETR_{MI} + R_{MI} + I_{MI} + U_{S-MI} + P_{V-MI} \quad [9.6]$$

dove:

P_{MI} = precipitazioni;

ETR_{MI} = l'evapotraspirazione reale;

R_{MI} = ruscellamento;

I_{MI} = infiltrazione;

U_{S-MI} = uscite di acqua sotterranea dal bacino superficiale;

P_{V-MI} = prelievi idrici che non hanno recapito nel bacino.

I diversi termini del bilancio considerati sono stati valutati sulla base dei dati e delle informazioni acquisite sull'area di studio, ma non per tutti i fattori citati si hanno elementi specifici. Tuttavia dai dati raccolti e dalle elaborazioni effettuate è possibile effettuare una stima dei diversi termini dell'equazione [9.6].

La porzione di bacino del fiume Mignone considerata è stata già definita come l'area sottesa tra l'origine del torrente e la sezione di chiusura ubicata a 2 km dalla foce (cfr. PAR. 3.1.2 e FIG. 3.3).

L'area di riferimento sulla quale sono stati calcolati i termini dell'equazione del bilancio ha un'estensione di 395.35 km² (cfr. PAR. 3.2.2).

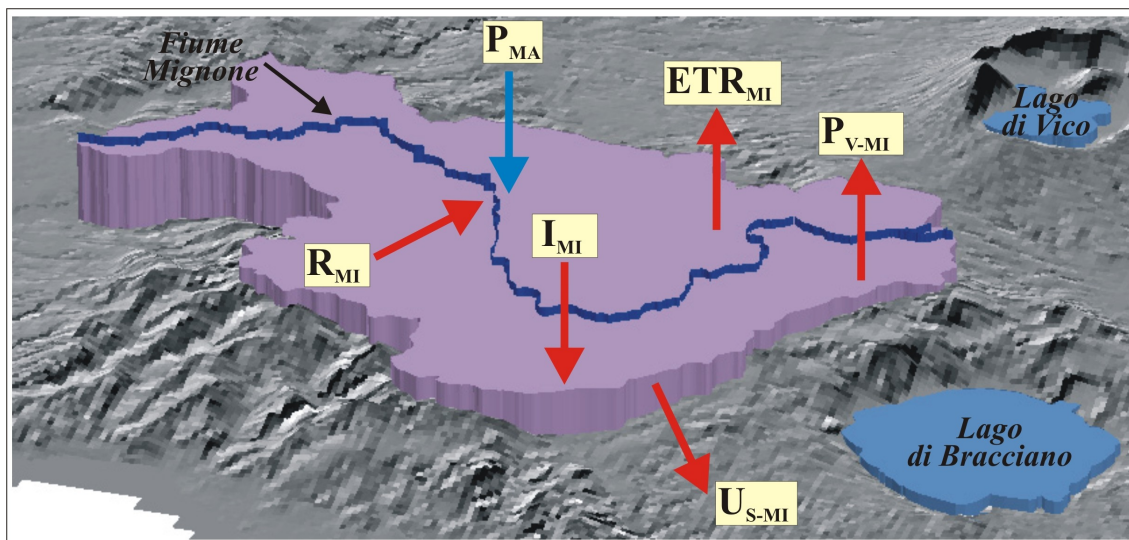


FIGURA 9.4 – Bilancio idrologico del bacino del fiume Mignone.

9.2.1 CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI

Le precipitazioni (P_{MI}) sono state calcolate elaborando i dati giornalieri di pioggia relativi a ciascuna stazione pluviometrica considerata (cfr. TAB. 5.8), relativi però solo al periodo 1964-1974. Questo ha permesso di calcolare i valori medi annui (cfr. TAB. 5.9). Come per il caso del fiume Marta i valori sono stati interpolati per ottenere la mappa delle isoiete medie annue (cfr. PAR. 5.2.2 e FIG. 5.7; FIG. 9.5) con equidistanza di 20 mm. Attraverso l'applicativo G.I.S. Autocad Map-GDL2000®, sono state calcolate le aree sottese dalle isolinee di pioggia (TAB. 9.4) e mediante una media pesata è stato trovato il parametro P_{MI} , espresso in mm/anno.

La lama media di pioggia sul bacino risulta pari a:

$$P_{MI} = 988 \text{ mm/anno}$$

Dalla TAB. 9.4 si nota che più del 40 % dell'intera area di studio è caratterizzata da una precipitazione media annua compresa tra 1030 mm/a e 1070 mm/a; essa interessa prevalentemente la porzione centrale, tra Manziana, Vejano e Tolfa.

Il valore di precipitazione medio annuo è stato moltiplicato per l'area del bacino, stimando così il volume delle precipitazioni sulla zona di interesse. Questo volume equivale a:

$$V(P_{MI}) = \left(\frac{988}{1000} \times 395.35 \times 10^6 \right) \text{ m}^3/\text{anno} = 390.60 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$$

P_{MI} (mm/anno)	AREA (km ²)	P_{MI} (mm/anno)	AREA (km ²)
690	0.13	930	16.73
710	1.01	950	19.86
730	2.04	970	21.48
750	3.28	990	28.28
770	6.81	1010	40.11
790	8.16	1030	63.11
810	9.64	1050	67.36
830	9.10	1070	37.01
850	7.12	1090	18.68
870	6.68	1110	6.18
890	9.95	1130	1.01
910	11.63	-	-
AREA TOTALE = 395.35 km ² P_{MI} = 988 mm/anno			

TABELLA 9.4 – Precipitazione media annua delle isoiete e le rispettive aree sottese.

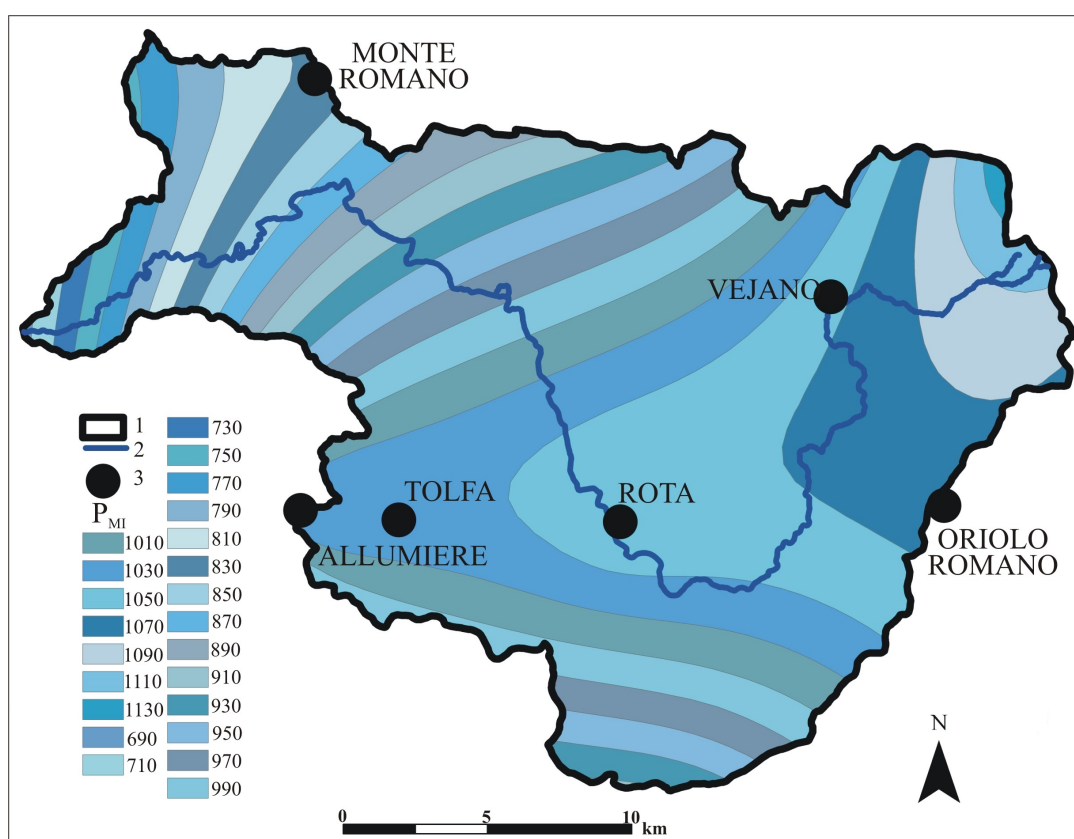


FIGURA 9.5 – Carta delle aree delle isoiete medie annue.

9.2.2 CALCOLO DELL'EVAPOTRASPIRAZIONE REALE

Per il calcolo dell'evapotraspirazione reale (ETR_{MI}) sul bacino del fiume Mignone, sono stati presi in considerazione i dati termometrici relativi a ciascuna stazione di misura (cfr. TAB. 5.12) per ricavare i valori medi annui di temperatura (T_{MI}) (cfr. PAR. 5.2.3 e TAB. 5.13). come per il caso studiato del fiume Marta è stata applicata la formula di TURC (1955) per calcolare il valore della ETR_{MI} (cfr. PAR. 5.2.4 e TAB. 5.14). Le mappe a isoevapotraspire sono state ottenute attraverso l'interpolazione dei valori di T_{MI} (FIG. 5.10). Attraverso l'applicativo G.I.S. Autocad Map - GDL2000®, sono state calcolate le aree sottese dalle isolinee di ETR_{MI} (FIG. 9.5); in tal modo si è potuta ricavare la media pesata per il parametro ETR_{MI} , espressa in mm/anno (TAB. 9.6).

La lama media di evapotraspirazione reale sul bacino risulta pari a:

$$ETR_{MI} = 637 \text{ mm/anno}$$

ETR_{MI} (mm/anno)	AREA (km²)
555	2.03
565	6.95
575	11.56
585	13.18
595	14.72
605	15.54
615	28.00
625	34.10
635	56.29
645	59.90
655	59.85
665	82.66
670	10.57
AREA TOTALE = 395.35 km ²	
$ETR_{MI} = 637 \text{ mm/anno}$	

TABELLA 9.5 – Evapotraspirazione media annua e le rispettive aree sottese.

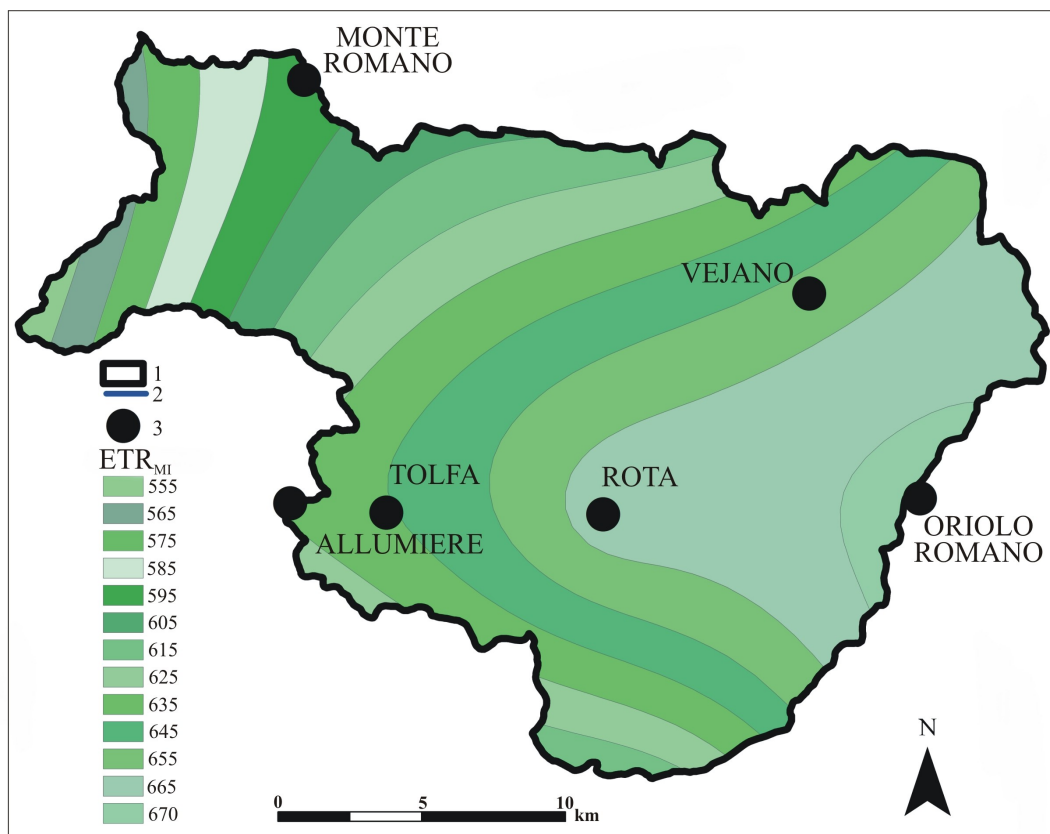


FIGURA 9.6 – Carta delle aree delle isoevapotraspire medie annue considerando ETR_{MI} .

L'evapotraspirazione media annua moltiplicata per l'estensione del bacino in km^2 ha permesso di calcolare il volume dell'evapotraspirazione ($V(ETR_{MI})$) che è pari a :

$$V(ETR_{MI}) = \left(\frac{637}{1000} \times 395.35 \times 10^6 \right) \text{ m}^3/\text{anno} = 251.83 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$$

CALCOLO DEL DEFLUSSO IDRICO GLOBALE E DELL'INFILTRAZIONE EFFICACE

Il deflusso idrico globale (D_{MI}) (cfr. PAR. 7.2) calcolato per la porzione di bacino del fiume Mignone considerata è pari alla differenza tra $V(P_{MI})$ e $V(ETR_{MI})$ che equivale a:

$$V(P_{MI}) - V(ETR_{MI}) = D_{MI} = 138.77 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$$

Tale valore del deflusso idrico globale è comprensivo dell'infiltrazione (I_{MI}) e del ruscellamento (R_{MI}).

In seguito alla caratterizzazione idrogeologica dei litotipi affioranti nell'area di torrente Mignone (cfr. CAP. 4) ed all'assegnazione dei valori del $C.I.P_{MI}$ a ciascuno dei complessi idrogeologici (cfr. TAB. 4.4), è stato possibile calcolare la media pesata per l'intera area considerata, ottenendo così un valore di $C.I.P_{MI}$ medio pari a 43 % (TAB. 9.6).

COMPLESSI IDROGEOLOGICI	AREA (km ²)	C.I.P. _{MA}
Alluvionale	26.1	60 %
Travertini	0.2	50 %
Piroclastico incoerente	7.6	80 %
Piroclastico	103.1	70 %
Lavico	7.9	80 %
Argilloso-sabbioso-conglomeratico	33.4	20 %
Marnoso-calcareo-arenaceo	217.0	30 %
AREA TOTALE = 395.35 km ²		
C.I.P. _{MA} TOTALE = 43 %		

TABELLA 9.6 - Complessi idrogeologici individuati nell'area di studio e C.I.P._{MI} assegnato ad ogni complesso.

Applicando la formula [9.2] (cfr. PAR. 9.1.4), è possibile ricavare il valore dell'infiltrazione efficace in termini di lama media (I_{MI}) e il volume di infiltrazione ($V(I_{MI})$):

$$I_{MI} = 151.0 \text{ mm/anno}$$

$$V(I_{MI}) = \left(\frac{151.0}{1000} \times 395.35 \times 10^6 \right) \text{ m}^3/\text{anno} = 59.67 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$$

Attraverso il volume di infiltrazione così trovato è possibile ricavare anche il rendimento medio in acque sotterranee (R_{end}) del bacino risultato di:

$$R_{end} = \frac{\left(\frac{59.67 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{anno}}{86400 \times 365 \text{ s}} \right)}{395.35 \text{ km}^2} = 0.00478 \text{ m}^3/\text{anno} = 4.78 \text{ l/s per km}^2$$

CALCOLO DELLE USCITE SOTTERRANEE DAL BACINO

Dall'esame dello schema idrogeologico (cfr. PAR. 7.2.2) risulta che nel settore orientale è presente una piccola porzione del bacino in cui esistono flussi idrici sotterranei diretti verso il lago di Bracciano. Quest'area misura circa 11 km².

Per valutare quindi il termine U_{S-MI} del bilancio è stato considerato il rendimento medio (R_{end}) e l'estensione dell'area dove lo spartiacque superficiale e sotterraneo non corrispondono (cfr. FIG. 7.9). Essendo tale differenza circa 11 km², risulta quindi un valore in volume di acque sotterranee in uscita pari a $1.61 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$.

CALCOLO DEI PRELIEVI IDRICI

Per la valutazione dei prelievi idrici dal bacino a scopo irriguo sono stati presi in considerazione solo quei prelievi che non hanno recapito all'esterno dell'area esaminata e che quindi costituirebbero parte dei deflussi in alveo.

Da una prima analisi condotta sul territorio risulta che i quantitativi maggiori di acque superficiali prelevate ad uso potabile, vengono captati dal fiume Mignone per il Comune di Civitavecchia e di S. Marinella, con una portata di circa 150 l/s in concessione. Inoltre sono presenti nel settore settentrionale del bacino alcuni pozzi e sorgenti censite dall'Ambito Territoriale Ottimale (ATO-1), aventi complessivamente una portata di 6 l/s. Pertanto considerando i dati acquisiti risulta che i prelievi sono stimabili complessivamente in circa 160 l/s, che corrispondono ad un volume di $5.04 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$.

Le difficoltà maggiori sono state riscontrate nella valutazione specifica dei prelievi ad uso irriguo, essendo presenti lungo l'asta principale del Mignone, numerose derivazioni e canalizzazioni, soprattutto nell'ultimo tratto del corso d'acqua.

Una prima stima indiretta è possibile valutando l'estensione delle aree irrigue nella porzione bassa del bacino, definite sulla base del Carta dell'Uso del Suolo (C.U.S.) della Regione Lazio (CORINE LAND COVER, 2004). Da questa sono state considerate le aree agricole, i seminativi e le colture arboree, risultate circa 40 km^2 . Se per questa area si tiene conto dell'effettiva perdita idrica delle pratiche irrigue, che risulta dalla differenza tra evapotraspirazione reale e potenziale stimata in bibliografia (circa 5 l/s; cfr. PAR. 9.1.5), si ricava un valore complessivo di $6.34 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$. Quindi, da tutte queste valutazioni, si ricava per il termine U_{S-MI} dell'equazione del bilancio un valore di $11.38 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$.

CALCOLO DEL RUSCELLAMENTO E CONSIDERAZIONI FINALI SUL BILANCIO

Avendo stimato tutti i diversi termini dell'equazione [9.6], per differenza si ricava il termine R che è risultato pari a $66.15 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$.

Il bilancio così calcolato rappresenta una stima preliminare delle risorse idriche del bacino del fiume Mignone, in quanto, a differenza del bacino del Marta, per il Mignone non è presente una stazione di controllo dei deflussi a chiusura del bacino individuato.

La stazione idrografica di Rota, infatti, sottende un bacino superficiale più piccolo di quello considerato, con un'estensione di circa 223 km^2 . In questo caso il bilancio

calcolato può essere ritenuto accettabile per gli scopi del lavoro di tesi, ovvero quello di avere una prima stima delle risorse idriche da considerare per la valutazione del deflusso minimo vitale.

In ogni caso sono possibili alcune osservazioni sull'accettabilità della stima del bilancio idrologico.

Dalla scomposizione dell'idrogramma fluviale del Mignone, relativo alla stazione di Rota, risulta un deflusso totale di 70.56×10^6 m³/anno, dal quale è stato calcolato un deflusso di base di 27.54×10^6 m³/anno, con un $B.F.I_{MI}$ pari al 36 % (cfr. PAR. 6.2.1.6). Questo valore di $B.F.I_{MI}$ si differenzia dal C.I.P. relativo a tutto il bacino (43 %) del 18 % e questo è dovuto alla diversa estensione dei due sottobacini e alla distribuzione delle aree permeabili, che risultano del 55 % per il sottobacino fino a Rota, e del 64 % per tutta l'area di studio (vedi PAR. 3.4) . Queste osservazioni implicano che il ruscellamento di tutto il bacino, dedotto per differenza conoscendo gli altri termini del bilancio, è sufficientemente approssimato.

Dall'analisi condotta sull'uso del territorio del Mignone e sulla base delle informazioni acquisite sui prelievi, si può ritenere che i maggiori prelievi a scopo irriguo sono concentrati nella parte bassa del corso del fiume, in cui domina un'intensa attività agricola. Tali prelievi rappresentano risorse idriche sottratte principalmente al ruscellamento, considerando che in questa zona affiorano principalmente formazioni caratterizzate da una bassa permeabilità.

I prelievi ad uso potabile che maggiormente incidono sul bilancio sono quelli indirizzati al Comune di Civitavecchia e S. Marinella, che sottraggono acque al deflusso del fiume principalmente nel tratto medio alto del fiume.

Pertanto dalla stima condotta risulta che i prelievi dall'acquifero hanno un'incidenza molto modesta sul bilancio idrologico del bacino, osservazione questa avvalorata anche dalla ridotta estensione percentuale dei complessi permeabili pari a circa 36 %.