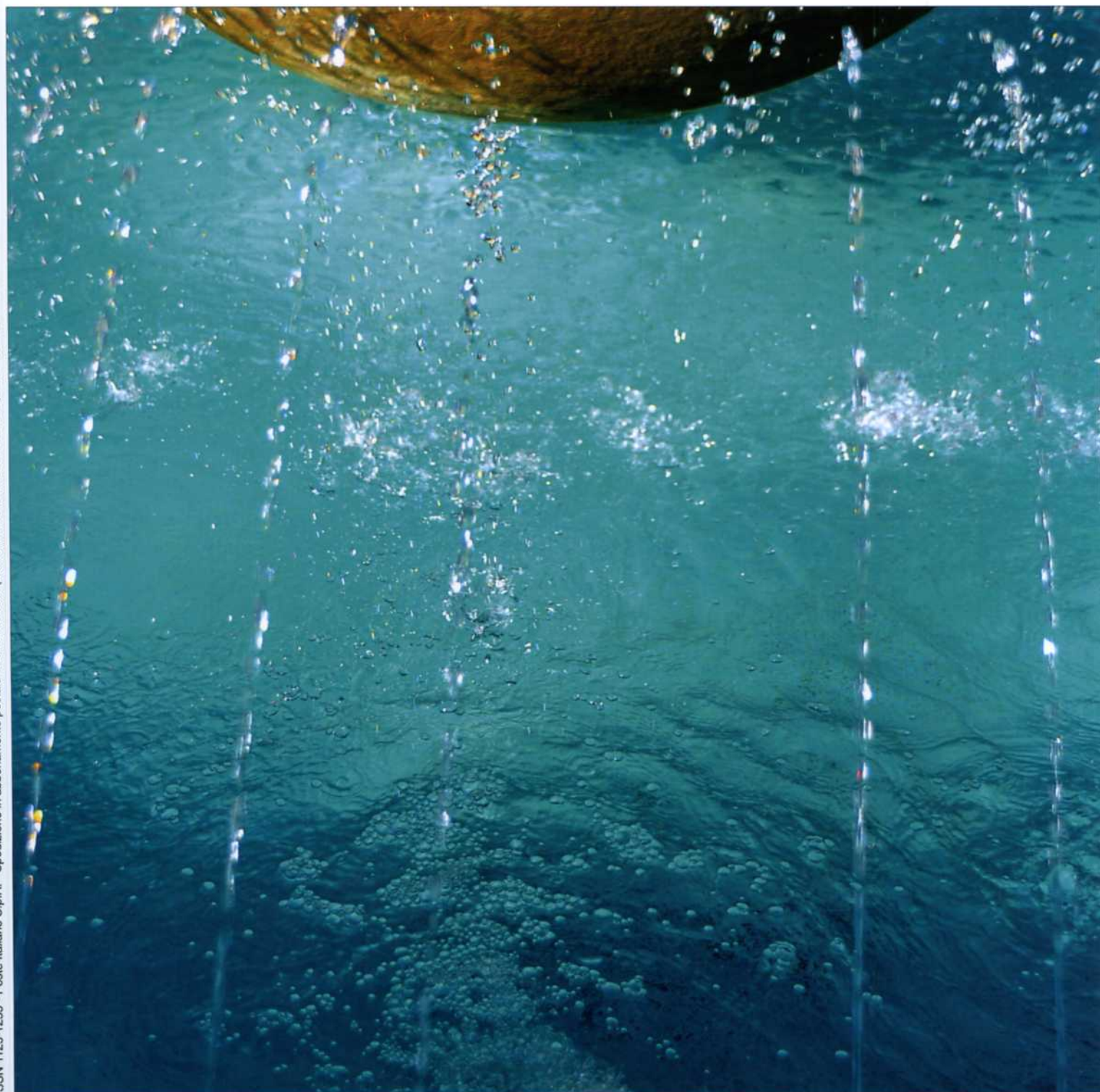




L'ACQUA



ISSN 1125-1255 - Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in abbonamento postale - D.L. 353/2003 (convertito in L. n. 46 del 27/02/04) art. 1 comma 1 - D.C.B. ROMA

Giovanni Callegari, Nicola Cantasano, Raffaele Froio, Nicola Ricca, Antonella Veltri, Ernesto Infusino*

INDICE DI FUNZIONALITA' FLUVIALE (I.F.F.) IN CALABRIA. *Il caso del fiume Crati*

THE FLUVIAL FUNCTIONALITY INDEX (I.F.F.) IN CALABRIA. *The Case of River Crati*

Questo studio si propone di valutare lo stato di salute ecologica e la funzionalità ecosistemica del bacino idrografico del fiume Crati attraverso l'applicazione della nuova versione dell'Indice di Funzionalità Fluviale (Siligardi et al., 2007) ai sensi del D.Lgs. 152/99 e della Direttiva Quadro sulle acque 2000/60/CE. I risultati evidenziano il buon grado di funzionalità fluviale del bacino idrografico in esame sebbene alcuni tratti nella zona di deposito siano compromessi nelle loro componenti biotiche ed abiotiche a causa della presenza di numerose captazioni e derivazioni idriche utilizzate anche a scopo irriguo ed agricolo. L'applicazione del metodo consente di individuare le criticità ambientali emergenti alle quali la sensibilità politico-amministrativa può porre rimedio se interviene in una direzione non più antropocentrica ma ecosistemica, così come suggerito nel metodo proposto. Questa sperimentazione, in forma estesa, del metodo IFF in Calabria conferma la notevole versatilità del nuovo indice e la grande valenza territoriale nell'ottica di una visione globale e sintetica degli ecosistemi fluviali.

Parole chiave: Direttiva Quadro sulle acque 2000/60/CE, D.Lgs. 152/99, Indici sintetico-ambientali.

Aim of this study is to evaluate the environmental quality of the Crati river by means of the new version of the Fluvial Functionality Index (Siligardi et al., 2007) introduced by the D.Lgs. 152/99 and by the W.F.D. 2000/60/CE. Results suggest a good value in river functionality although some segments of the lower part of the river are compromised in their biotic and abiotic components due to water withdrawal from the stream for agricultural purpose. The application identifies the main environmental problems which the political management can solve with an ecological rather than anthropocentric approach, as suggested by the method. This IFF testing in the Calabrian region confirms the great versatility of the new index and its large territorial value in the direction of an holistic vision of fluvial ecosystems.

Keywords: WFD, Italian Legislative Act 152/99, Ecological Indexes.

1. INTRODUZIONE

Il quadro legislativo nazionale per la tutela delle risorse idriche è composto dalla Legge Merli n. 319/1976 (Gazzetta Ufficiale, 1976), dalla Legge istitutiva delle autorità di bacino n.183/1989 (Gazzetta Ufficiale, 1989) e dai decreti legislativi n.152/1999 (Gazzetta Ufficiale, 1999) e n.152/2006 (Gazzetta Ufficiale, 2006).

Il D.Lgs. n.152/1999, in particolare, concentra la sua attenzione sulla necessità di conservare integre le caratteristiche chimico-fisiche, morfologiche e biologiche dei corpi idrici superficiali, per garantire la tutela delle comunità biologiche esistenti e la capacità autodepurativa dei corsi d'acqua continentali.

Tale impostazione viene confermata e rafforzata nelle sue linee generali dalla Direttiva Quadro sulle acque n. 2000/60/CE (G.U.C.E., 2000), che ha favorito il passaggio da una visione antropocentrica della gestione delle risorse idriche ad un approccio ecosistemico, ove l'uomo è solo uno degli elementi del sistema ambientale.

La visione del fiume evolve, quindi, da una mera concezio-

ne utilitaristica ad una più ampia prospettiva dell'ecosistema fluviale estesa all'intero corridoio fluviale, che ne rappresenta la spina dorsale.

Questo nuovo modo di concepire e gestire la risorsa acqua ha promosso nella comunità scientifica nazionale lo sviluppo di un nuovo metodo dal carattere sintetico-ambientale: l'Indice di Funzionalità Fluviale (Vannote et al., 1980; Siligardi et al., 2000, 2007).

L'I.F.F. si afferma in Italia in una fase transitoria molto importante e delicata nel settore della gestione nazionale del ciclo delle acque, che prevedeva l'elaborazione dei piani di tutela delle risorse idriche da parte delle regioni italiane entro il 31/12/2003 al fine di contrastare, come recita l'articolo 4 del dettato comunitario, il deterioramento dello stato dei corpi idrici superficiali e raggiungere un livello di qualità definito "buono" entro il 31/12/2015.

Il presente studio rientra in una più ampia ricerca condotta nell'ambito di un accordo di collaborazione tra la Provincia di Cosenza, Settore Ambiente e Demanio Idrico ed il Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per i Sistemi Agri-

* Giovanni Callegari, Nicola Cantasano, Raffaele Froio, Nicola Ricca, Antonella Veltri, Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo, Unità Operativa di Supporto di Cosenza, CNR, g.callegari@isafom.cs.cnr.it; Ernesto Infusino, Dipartimento Difesa del Suolo UNICAL (CS), infusino@dds.unical.it.

coli e Forestali del Mediterraneo (I.S.A.Fo.M.) Sezione di Rende (CS) (*Callegari et al.*, 2009, 2010).

Nel lavoro vengono pubblicati i risultati dell'elaborazione di dati analitici relativi al fiume Crati, il cui bacino idrografico interessa il versante ionico della Calabria in provincia di Cosenza, con una superficie idrografica di 2440 km² di cui il 56 % a destinazione agraria. Nel bacino del Crati gravitano 68 comuni, fra i quali Longobucco, la cui popolazione residente ricade interamente nel territorio del bacino idrografico del fiume Neto mentre la superficie agricola-forestale interessa in gran parte il bacino del fiume Crati. La popolazione totale di 384.105 abitanti (dati Istat 2004), il cui 50% gravita nella cinta periurbana della città di Cosenza nella parte a Sud della Valle del Crati (*Tab. 1*), pur rimanendo complessivamente invariata dagli anni '90, ha subito un processo di migrazione interna verso le zone vallive e precollinari, abbandonando le montane. Tale evoluzione nella pressione demografica della popolazione ricadente nei limiti territoriali del bacino idrografico ha comportato la progressiva antropizzazione delle aree limitrofe all'asta fluviale principale.

Il metodo proposto nel fiume Crati ed in via di applicazione in altri bacini idrografici calabresi ha i seguenti scopi:

- valutare lo stato di salute ecologica complessiva e la funzionalità ecosistemica degli ambienti fluviali, intesi come risultato finale dell'integrazione di fattori biotici ed abiotici degli ecosistemi acquatici e terrestri;
- rilevare eventuali impatti negativi di interventi antropici a carico dei corridoi fluviali ed individuare le aree naturali esistenti lungo le aste dei corpi idrici superficiali, con il fine di identificare le zone di criticità e di naturalità per ottenere un quadro territoriale ed ambientale unitario dei bacini idrografici;
- individuare strumenti idonei per la salvaguardia di singoli tratti fluviali esposti alla pressione antropica, per un graduale recupero ambientale delle zone critiche;
- promuovere, in parallelo alla realizzazione del progetto, una politica di sensibilizzazione ambientale rivolta all'opinione pubblica per diffondere una maggiore coscienza dei problemi del territorio;
- predisporre una base scientifica per indirizzare le scelte degli amministratori verso interventi di tipo naturalistico in aree dove sia possibile il recupero e la rinaturalizzazione dei corridoi fluviali, ossatura fondamentale della Rete Ecologica Regionale della Calabria.

2. METODOLOGIA

L'Indice di Funzionalità Fluviale è un metodo sintetico-ambientale che supera i metodi chimico-fisici e biologici, per allargare la visione dal fiume all'intero ecosistema fluviale considerato nella sua unità fisiografica inscindibile in una evoluzione dal microcosmo al macrocosmo.

La conoscenza degli ambienti lotici richiede necessariamente un'integrazione tra diversi tipi di indicatori fluviali. I metodi abiotici, biotici ed ambientali divengono, complementari per fornire una visione olistica del sistema fluviale. Il progetto si propone di applicare l'indice al fiume Crati, uno dei corsi d'acqua più importanti della regione Calabria. Lo studio integra le conoscenze già acquisite sullo stesso fiume dall'applicazione di un altro metodo, l'Indice Biotico Esteso (I.B.E.), effettuata dal Dipartimento di Ecologia dell'Università degli Studi della Calabria.

Il piano di monitoraggio ha interessato un'asta fluviale di lunghezza pari ad 81 chilometri.

La valutazione dell'I.F.F. è stata effettuata nella primavera dell'anno 2009, con rilievi in campo, risalendo il corso d'acqua, lungo entrambe le rive, dalla zona prefociale fino alla sua sorgente ed escludendo il tratto fociale che, essendo ambiente di transizione, non è stato considerato.

La scheda I.F.F. (All. 1), utilizzata nel rilevamento, si compone di 14 domande a risposta multipla, volte a rilevare le caratteristiche morfologiche, orografiche, idrauliche, biotiche ed abiotiche del bacino idrografico.

La metodologia dell'I.F.F. consiste nella stesura delle schede di funzionalità fluviale per ciascun tratto omogeneo del corso d'acqua. La compilazione delle schede in campo è stata effettuata percorrendo entrambe le rive fluviali da valle verso monte, cambiando scheda laddove variano le caratteristiche osservate. Al termine sono stati attribuiti i corrispondenti valori numerici dell'indice, sintesi dello stato di funzionalità dei segmenti fluviali osservati.

3. AREA DI STUDIO

3.1. Caratteristiche geomorfologiche ed idrologiche del bacino idrografico del fiume Crati

Il fiume Crati è il corso d'acqua principale della Calabria, sia per la lunghezza pari ad 81 km, che per estensione del bacino idrografico pari a 2.440 km². Il fiume nasce, con il nome di *Craticello*, alle pendici del Timpone Bruno (1.742 m s.l.m.) nell'Altopiano della Sila e nel tratto montano scende bruscamente a valle con un dislivello di 1.500 metri in soli 10 chilometri. Dalla città di Cosenza il fiume si incanala nell'ampia *Valle del Crati* assumendo caratteristiche morfologiche proprie dei corsi d'acqua planiziali. Tali caratteri morfologici, del tutto peculiari, determinano la notevole estensione dei territori planiziali e vallivi che rappresentano il 68% della superficie del bacino mentre le aree montane ne costituiscono solo il 20% circa nell'ambito di un bacino imbrifero che presenta un'altitudine media di 628 metri (*Caloiero*, 1975; *Caloiero et al.*, 1990).

Il fiume Crati si origina da un gruppo di sorgenti scaturenti dalla falda acquifera sotterranea con una portata idrica annua complessiva di 30 l/sec. Alle pendici del territorio comunale di Aprigliano (CS) il fiume riceve le acque del torrente Zumpro ed acquisisce una portata idrica media annua di 105 l/sec assumendo il nome definitivo di Crati.

Nel corso dell'indagine sono state rilevate con un mulinello ad elica mod. 4002 le portate idriche, relative al mese di luglio, in diverse sezioni (*Fig. 1*). I risultati mostrano l'influenza dei principali affluenti (Busento, Mucone e Coscile), che contribuiscono ad alimentare la via fluviale. La moderata conducibilità idrica del suolo saturo e l'elevata portata disponibile consentono, dunque, una buona gestione delle risorse idriche (*Ministero dei Lavori Pubblici*, 1941).

3.2. Caratteristiche vegetazionali del bacino idrografico del fiume Crati

Le principali formazioni forestali, che caratterizzano l'area collinare del bacino, possono essere ricondotte alla macchia - foresta del piano basale ed alle foreste di latifoglie decidue del piano sub-montano (*Ciancio*, 1971). La macchia è caratterizzata da suffrutici, arbusti ed alberi di piccole dimensioni sempreverdi, sclerofilli, termo-xerofili (rosmarino, lentisco, mirto, fillirea, tino, corbezzolo, leccio, alloro, oleandro, sughera, oleastro ecc.). I boschi di leccio, quasi esclusivamente cedui, con sottobosco di fillirea, corbezzolo, alaterno, pungitopo, occupano la parte superiore del piano basale. I boschi di sughera, che in passato interessavano su-

TABELLA I - Evoluzione demografica nel bacino idrografico del Crati

Sottobacino	Cod Istat	Comune	m.s.l.m	S. com (Ha)	S.A.U. (HA)	anno 1987	anno 2004	
Craticello	78012	Aprigliano	750	3684	1388	3798	2823	
	78045	Cosenza	240	1725	990	106801	71014	
	78097	Piane Crati	590	18	8	1018	1430	
Cardone	78028	Casole Bruzio	600	44	34	1755	2508	
	78098	Pietrafitta	350	390	116	1400	1458	
	78095	Pedace	600	781	411	2500	2081	
	78141	Serra Pedace	700	10627	2284	1115	1050	
	78151	Trenta	600	147	72	2013	2719	
Caricchio	78034	Celico	805	4880	3191	3054	3180	
	78110	Rovito	721	252	140	1938	2970	
	78144	Spezzano Piccolo	720	2760	1372	1771	2072	
	78143	Spezzano della Sila	800	8758	2246	4620	4797	
Busento	78026	Carolei	624	388	313	3058	3600	
	78035	Cellara	805	346	199	558	532	
	78049	Dipignano	720	821	272	3534	4259	
	78050	Domanico	730	421	157	943	942	
	78053	Figline Vegliaturo	705	173	87	1024	1019	
	78079	Mendicino	475	1941	790	5133	8401	
	78094	Paterno Calabro	720	1374	676	1383	1384	
Campagnano, Surdo	78031	Castrolibero	546	193	154	7228	10157	
	78037	Cerisano	620	1046	602	2671	3300	
	78102	Rende	481	1225	954	25281	34938	
	78076	Marano Marchesato	550	170	74	1903	2740	
	78077	Marano Principato	492	130	119	1305	2500	
Padula, Caporale, Carno	78030	Castiglione Cosentino	335	483	283	1946	3056	
	78065	Lappano	650	926	276	915	995	
	78127	San Pietro in Guarano	640	3376	2236	4010	3729	
	78155	Zumpano	109	299	148	1345	1889	
Settimo, Mavigliano	78081	Montalto Uffugo	463	4543	3542	11939	17808	
	78135	San Vincenzo la Costa	450	704	539	1848	2048	
	78116	San fill	550	647	155	2511	2624	
Annea, Finita, Turbolo	78038	Cervicati	496	781	655	1123	999	
	78039	Cerzeto	470	1417	582	2418	1401	
	78066	Lattarico	410	2801	1954	3885	4273	
	78080	Mongrassano	540	1621	1028	2006	1719	
	78109	Rota Greca	510	828	257	1338	1249	
	78112	San Benedetto Ullano	450	1160	500	1722	1651	
	78124	San Martino di Finita	550	1335	875	1369	1276	
	78148	Torano Castello	390	1599	1206	4451	4914	
Arente, Mucone	78068	Longobucco	850	19226	7361	6021	4225	
	78070	Luzzi	375	4275	3129	10564	10329	
	78075	Mangone	810	229	165	1639	1761	
	78106	Rose	433	4717	2058	4577	4429	
Fran di Puglia	78003	Acri	700	13374	7248	20720	21820	
	78017	Bisignano	350	4582	3774	10278	10911	
	78133	Santa Sofia d'Epiro	550	2818	2068	2679	3071	
Sinistra Crati	78145	Tarsia	208	2417	2287	2461	2315	
Destra Crati	78029	Cassano allo Ionio	155	9124	8485	18613	17458	
Coscile Esaro	78009	Altomonte	485	4410	3295	4338	4592	
	78001	Acquaformosa	756	1345	723	1485	1279	
	78033	Castrovillari	350	13873	7867	20452	22582	
	78051	Fagnano Castello	515	2296	726	5206	4107	
	78054	Firmo	369	1060	702	2763	2436	
	78069	Lungro	850	3079	1588	3218	3074	
	78073	Malvito	447	2137	995	2247	1984	
	78083	Morano Calabro	650	8233	4687	5116	4904	
	78085	Mottafollone	389	1576	415	1697	1467	
	78104	Roggiano Gravina	260	1752	1613	8075	7620	
	78111	San Basile	540	995	804	1553	1248	
	78115	San Donato di Ninea	800	8166	4262	2234	1739	
	78121	San Lorenzo del Vallo	340	1770	1601	3477	3429	
	78123	San Marco Argentano	288	6237	4722	3000	7621	
	78128	San Sosti	255	2367	1465	2415	2270	
	78131	Sant'Agata di Esaro	450	3564	1234	2556	2187	
	78129	Santa Caterina Albanese	435	892	586	1620	1354	
	78136	Saracena	650	6422	3073	4499	4245	
	78142	Spezzano Albanese	320	2419	2319	7098	7138	
	78146	Terranova da Sibari	312	3050	2948	5489	5230	
		Totale			201219	113085	394720	388330

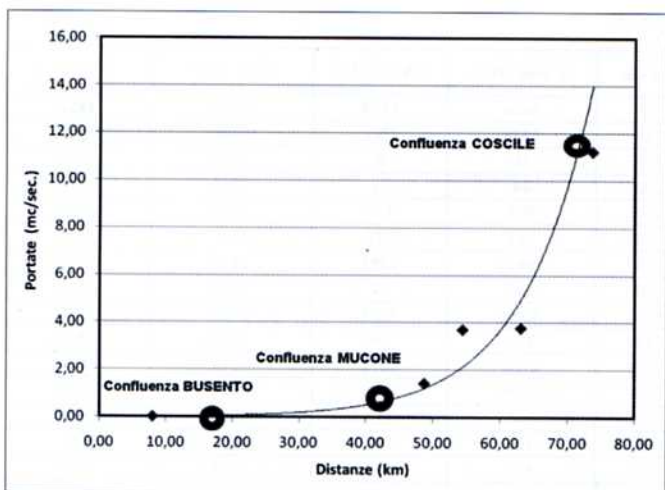


Figura 1 - Andamento portate idriche del Crati (luglio 2009).

perfici molto più ampie di quelle attuali, sono oggi confinate in limitate aree. Queste formazioni si spingono verso l'alto fino a 700 - 750 m s.l.m. nelle aree che ricadono nell'ambito del settore occidentale tirrenico e fino a 800 - 850 m s.l.m. in quello jonico.

La vegetazione del piano submontano è dominata da formazioni di latifoglie decidue eliofile, costituite da querce: roverella (*Quercus pubescens* Wild.), farnetto (*Quercus farnetto* Ten.), cerro (*Quercus cerris* L.) e, in aree limitate, farnia (*Quercus pedunculata* Ehrh.); da castagno (*Castanea sativa* Mill.), ontano napoletano (*Alnus cordata* Desf.), acero minore (*Acer monspessolanum* L.), acero campestre (*Acer campestre* L.), albero di Giuda (*Cercis siliquastrum* L.), carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.), olmo campestre (*Ulmus campestris* L.) ecc. Il limite superiore di queste formazioni è di circa 1000 m s.l.m. sul versante occidentale e di 1200 m s.l.m. su quello orientale.

Tali formazioni hanno subito nel tempo profonde trasformazioni nella composizione e, soprattutto, una costante riduzione in termini di superficie a partire dal periodo compreso fra l'alto ed il basso medioevo. Sotto l'incalzare della malaria e dei Turchi, le popolazioni costiere furono costrette a migrare verso l'interno e nel bosco trovarono una riserva di legname, fonte di energia e materia prima per le costruzioni, oltretutto, nelle immediate vicinanze dei centri abitati che si andavano edificando, di nuove terre da coltivare. Iniziò così una costante erosione del patrimonio forestale che con alterne vicende si protrasse fin nell'immediato secondo dopoguerra. Il legno divenne uno degli elementi costitutivi dell'economia calabrese, anche se in alcune realtà forestali le spese per il trasporto del legname ai mercati della pianura assorbivano gran parte del valore della produzione boschiva (Bevilacqua, 1985).

Attualmente nell'area collinare del bacino prevalgono cedui quercini che si alternano a cedui di castagno e castagneti da frutto, spesso diffusi in passato in sostituzione dei querceti. Fra le querce localmente assumono importanza nel piano basale il leccio e, in minor misura, la sughera; in quello submontano la roverella, il cerro, il farnetto e, in alcuni settori particolarmente favorevoli, la farnia.

In passato i cedui hanno subito la concorrenza delle colture agrarie che li hanno relegati nelle aree più difficili. Le attuali condizioni di molti soprassuoli, soprattutto per la densità, sono la risultante dei modi di utilizzazione, dove all'effetto del pascolo si è spesso sommato il periodico incendio.

3.3. Caratteristiche climatiche e pluviometriche del bacino idrografico del fiume Crati.

I caratteri climatici generali del bacino corrispondono a quelli del clima mediterraneo, con diversificazioni legate alla situazione orografica ed alla quota. L'influenza del mare Ionio è particolarmente sensibile in tutta la Piana di Sibari mentre scompare nella Media ed Alta Valle del Crati.

La piovosità media annua, secondo i dati reperiti dalle stazioni pluviometriche distribuite nel bacino (Fig. 2), presenta una notevole disomogeneità che non sempre appare giustificata dalle variazioni altimetriche. I valori medi sono di poco superiori a 500 mm annui alla foce del Crati e superano i 2000 mm a ridosso della Catena Costiera. La media annua del bacino è inferiore a 1000 mm. Limitatamente al settore collinare si possono distinguere tre ampie aree caratterizzate da differenti precipitazioni.

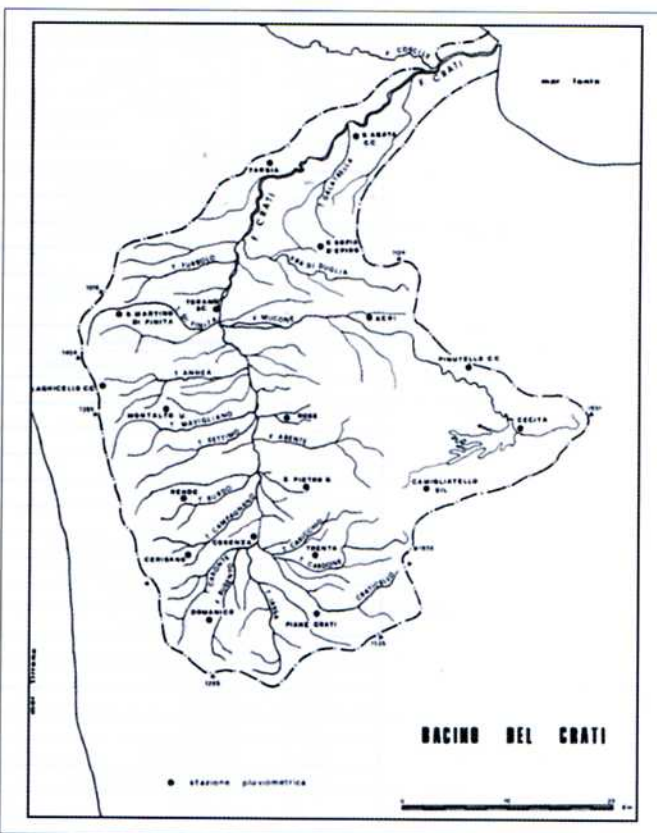


Figura 2 - Bacino del Crati e distribuzione delle stazioni pluviometriche (da Annali Idrologici 1951, Servizio Idrografico Catanzaro).

La prima, dove si concentrano i maggiori quantitativi di pioggia, interessa il settore occidentale. In tale aree da quota 350 m s.l.m. a 770 m s.l.m. circa si riscontrano valori medi di 1531 mm di pioggia, con una discreta omogeneità tra le stazioni. Al di sotto dei 350 m s.l.m. il valore medio è di 980 mm.

La seconda area è nel settore orientale nel quale, nel medesimo intervallo altitudinale, la media annua è di 1087 mm. I territori a quota inferiore mediamente hanno piovosità intorno ad 800 mm.

La terza area gravita nel settore settentrionale e coincide con i versanti del Pollino dove i valori medi annui variano da 802 mm di Cassano allo Ionio (250 m s.l.m.) a 1300 mm di Morano Calabro (722 m s.l.m.).

La temperatura media annua nel settore occidentale è di 14,7 °C con media del mese più freddo di 6,2 °C e del mese più caldo di 23,9 °C. In quello orientale si hanno in media rispettivamente 14°C, 5,5°C e 23,1°C. Alle quote inferiori a 350 metri s.l.m. si registrano valori medi di 16,6°C, 8,2 °C e 25,9°C.

Da un punto di vista fitoclimatico, il territorio collinare è ascrivibile interamente alla zona del Lauretum di Pavari. In particolare, la sottozona calda interessa aree fino a un'altitudine di circa 450 metri s.l.m. e la sottozona media zone comprese da 450 a 650 metri s.l.m. Oltre tale limite, il territorio ricade nella sottozona fredda che si spinge fino a circa 950-1000 metri s.l.m.

4. RISULTATI DEL RILEVAMENTO

Il bacino idrografico del fiume Crati è stato suddiviso in ventidue stazioni di rilevamento distinte in base alle caratteristiche territoriali, morfologiche, idrologiche e biologiche di singoli tratti omogenei del corso d'acqua.

L'applicazione del metodo I.F.F. al bacino idrografico in esame fornisce un valore numerico medio di 186 punti corrispondente ad un livello di funzionalità *buono-mediocre* del sistema fluviale. Infatti, dall'elaborazione dei dati risulta che il 49% dei tratti rilevati presenta un livello di funzionalità *buono*, il 19% *mediocre*, il 14% *buono-mediocre*, l'8% *scadente*, il 6% *elevato* ed il 4% *mediocre-scadente*. In generale appare evidente che la metà circa del corso d'acqua, nel 49% della sua lunghezza complessiva, presenta un livello di funzionalità *buono*, sebbene condizioni di mediocrità interessino complessivamente il 33% del bacino (Fig. 3).

Elementi di criticità, in termini di efficienza fluviale, si rilevano, infatti, nella zona di trasporto sebbene tendano a crescere verso livelli buoni nel tratto di alimentazione (Fig. 4).

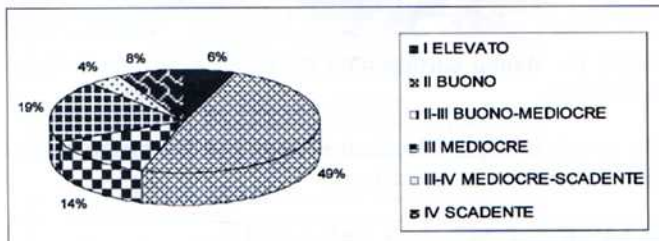


Figura 3 - Ripartizione territoriale dei livelli di funzionalità fluviale.

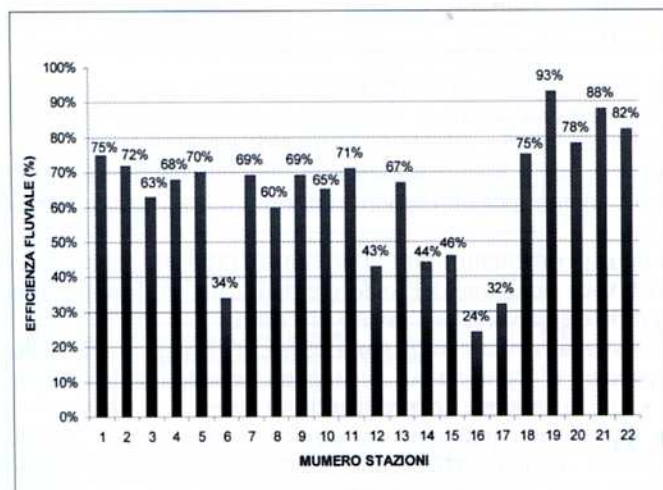


Figura 4 - Distribuzione territoriale del grado di efficienza fluviale.

La stazione 6 di Serra Castello (CS) e le stazioni 16 e 17 di Cosenza Nuova e Cosenza Vecchia presentano, infatti, mediocri livelli di efficienza fluviale pari rispettivamente al 34%, al 24% ed al 32% di quella massima. Le condizioni di scarsa efficienza fluviale del tratto di Serra Castello, in prossimità della traversa di Tarsia, sono dovute in gran parte al notevole carico di sostanze organiche inquinanti derivanti dai liquami domestici e di metalli pesanti immessi dai reflui di attività e complessi industriali esistenti nel tratto pianiziale del corso d'acqua. La traversa in località Tarsia (52 m s.l.m.) sul fiume Crati crea un invaso stagionale (aprile-ottobre) di volume pari a circa $16 \times 10^6 \text{ m}^3$ per una superficie complessiva di 3,3 km² ed una profondità massima di 9 m. (Frega e Infusino, 1992); in condizioni di interramento l'altezza massima dell'acqua è di circa 6-7 m. Il notevole grado di inquinamento, a valle della traversa provoca condizioni altamente eutrofiche che compromettono le proprietà biotiche del sistema fluviale. Inoltre, la presenza di numerose briglie altera le caratteristiche idrauliche e morfologiche dell'alveo riducendo, così, drasticamente il grado di efficienza fluviale. Situazioni di inefficienza fluviale si registrano anche e soprattutto nei tratti fluviali corrispondenti all'agglomerato urbano di Cosenza dove la plateazione dell'alveo, la completa arginatura del fiume e la presenza ubiquitaria di muri spondali lungo le rive ne compromettono radicalmente il grado di efficienza fluviale. Nelle stazioni successive della zona di alimentazione si rileva, invece, un netto recupero della capacità omeostatica del sistema fluviale ed un sensibile miglioramento dei livelli di efficienza fluviale variabili dal 75% al 93%.

In generale il grave stato di inquinamento fluviale determina condizioni di notevole eutrofizzazione del corso d'acqua e provoca condizioni di grave degrado biologico parzialmente compensate dalle buone caratteristiche strutturali del bacino idrografico considerato nel suo complesso.

4.1. Analisi dei gruppi funzionali

L'analisi dell'Indice di Funzionalità Fluviale, nelle ventidue stazioni di campionamento rilevate, è stata condotta sui quattro distinti gruppi di domande in cui si articola la struttura della scheda IFF. Nel grafico (Fig. 5) sono stati distinti i diversi punteggi assegnati alle quattro unità funzionali del corso d'acqua in esame.

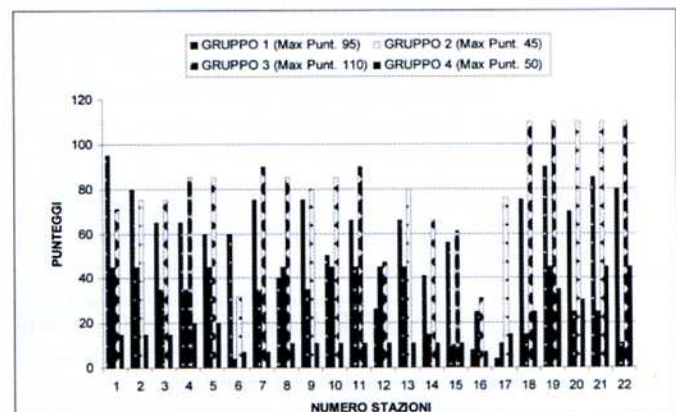


Figura 5 - Analisi dei gruppi funzionali.

Nel gruppo 1 sono rappresentati i punteggi relativi alle caratteristiche territoriali e vegetazionali della fascia perfluviiale secondo valori numerici variabili che oscillano da un minimo di 25 ad un massimo di 95 punti. Si rilevano valori

estremamente bassi nelle stazioni periurbane di Cosenza dove la completa urbanizzazione del territorio, la presenza diffusa di cave estrattive, lo sviluppo intensivo di attività e stabilimenti industriali compromettono la permeabilità del suolo e determinano la drastica riduzione delle formazioni vegetali della fascia perfluviale. Tali condizioni di evidente criticità ambientale sono, tuttavia, ampiamente superate nella successiva zona di alimentazione dove si recuperano condizioni di buona funzionalità fluviale.

Nel gruppo 2 sono rappresentati i punteggi relativi alle caratteristiche morfologiche dell'alveo fluviale secondo valori numerici variabili da un minimo di 11 ad un massimo di 45 punti. Si rilevano, in particolare nel tratto precedente la traversa di Tarsia, situazioni locali di grave degrado ambientale dovute alla presenza dei manufatti antropici nel bacino per la realizzazione dell'invaso artificiale di Tarsia. Tali condizioni hanno determinato nel tempo l'alterazione delle portate idriche ed una perdita netta della diversità idraulico-morfologica con una sensibile riduzione dei livelli di funzionalità fluviale che rimangono, ancora, molto bassi anche nei tratti urbanizzati di Cosenza e Castiglione Cosentino.

Nel gruppo 3 sono riportati i punteggi relativi alle caratteristiche strutturali del corso d'acqua secondo valori numerici variabili da un minimo di 42 ad un massimo di 110. Si rileva una buona diversità strutturale ed ambientale dell'alveo fluviale tale da garantire una funzionalità ecologica elevata lungo gran parte del corso d'acqua ad eccezione dei consueti tratti critici corrispondenti alla traversa di Tarsia ed all'agglomerato urbano di Cosenza.

Nel gruppo 4, infine, sono rappresentati i punteggi relativi alle caratteristiche biologiche del fiume secondo valori numerici variabili da un minimo di 7 ad un massimo di 40 punti. Si registrano bassi livelli di funzionalità fluviale lungo gran parte del corso d'acqua nelle zone di deposito e di trasporto del bacino, dove le reti trofiche risultano profondamente alterate e sopravvivono solo alcuni rari taxa di macroinvertebrati tolleranti condizioni di inquinamento, mentre la capacità autodepurativa del sistema e la relativa funzionalità fluviale risultano del tutto compromesse. Tali condizioni di grave criticità biologica si risolvono solo nelle stazioni della zona di alimentazione dove il sistema recupera condizioni biologiche ottimali.

Più in generale, le stazioni di rilevamento presentano un grado di funzionalità fluviale variabile da mediocre a buono mentre i relativi livelli di efficienza fluviale oscillano dal 24% al 93% della funzionalità massima potenziale. In conclusione, quindi il bacino del fiume Crati presenta complessivamente una funzionalità fluviale *buono-mediocre* nell'88% della sua superficie (Fig. 6).

4.2. Analisi chimico-fisiche

Per valutare lo stato di qualità delle acque del fiume Crati sono state individuate quattro sezioni significative di prelievo: la prima a monte dell'invaso di Tarsia, la seconda a valle della traversa, la terza in località Mandria del Forno e la quarta in località Thurio, prima della foce sita in prossimità dei laghi di Sibari. Sui campioni prelevati sono state eseguite le analisi dei principali parametri abiotici e delle sostanze eutrofizzanti, presso il laboratorio di *Genesi degli Inquinanti nel Ciclo delle Acque* del Dipartimento Difesa del Suolo dell'UNICAL (Tab. II).

I composti del fosforo (P) e dell'azoto (N), presenti nel corpo idrico da fonti diffuse e puntiformi, sono la principale causa d'eutrofizzazione delle acque fluviali.

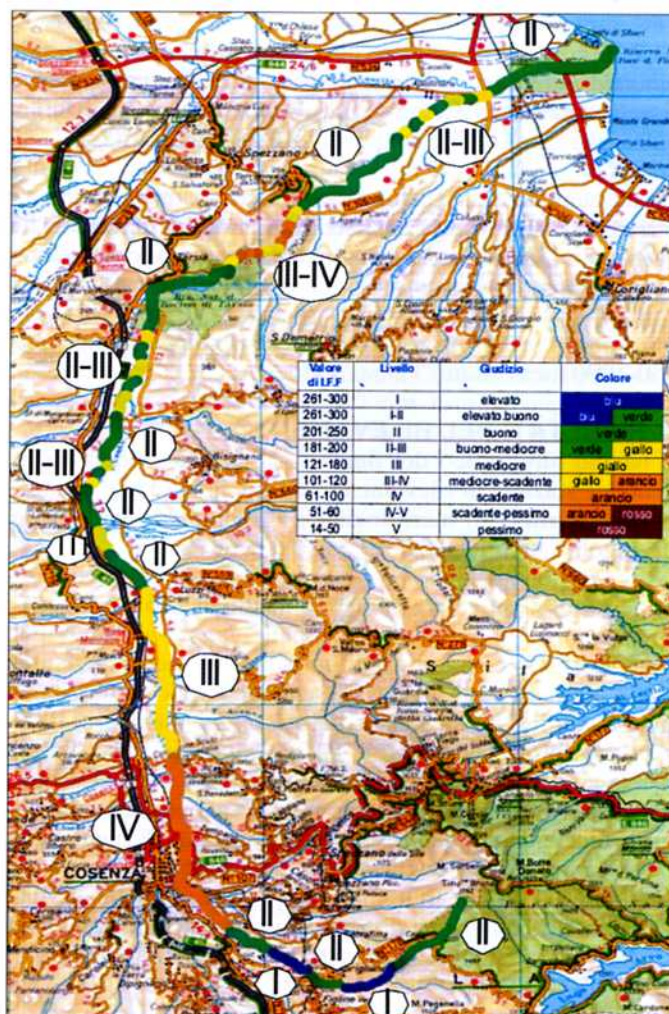


Figura 6 - Mappa cartografica dei livelli di funzionalità del fiume Crati.

Per i corsi d'acqua Claudiani e Vighi (1977), hanno proposto la seguente classificazione:

CLASSE	P mg/l	N mg/l	NOTE
I	< 0,02	< 0,5	Scarsi apporti di nutrienti
II	0,02-0,05	0,5-1,5	Situazione naturale o moderatamente alterata
III	0,05-0,15	1,5-3	Elevati carichi eutrofizzanti
IV	> 0,15	> 3	Grave contaminazione.

Il rapporto N/P, ottimale per l'assimilazione da parte dei popolamenti algali (Claudiani et al., 1974), deve essere compreso tra 5 e 10. Un rapporto N/P superiore a 10 indica, invece, che il fosforo è elemento limitante della crescita algale, mentre per un rapporto inferiore a 5 è l'azoto il limitante.

I dati sperimentali, riportati in Tabella (Tab. II) evidenziano la brusca riduzione del fosforo e dell'azoto tra la situazione a monte ed a valle dell'invaso di Tarsia.

Il sistema risulta complesso a causa della stagionalità dello specchio d'acqua, in cui avvengono periodici cicli di accumulo e di erosione dei sedimenti.

L'intensa precipitazione dei solidi è confermata dai dati di qualità, che evidenziano una riduzione del contenuto di fosforo, probabilmente sottratto al bilancio idrico per l'intensa precipitazione.

Infatti, il carico eutrofizzante in arrivo è molto elevato per

TABELLA II - Qualità chimico-fisica delle acque del fiume Crati nelle stazioni di rilevamento.

Località	Parametri								
	Distanza Sorgente	Cond	Cl	P-PO ₄	N-NH ₄	N-NO ₃	S-SO ₄	CaCO ₃	P/N
	Km	μS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
Ferramonte	55,40	514	35,791	0,0948	0,373	1,263	4,76	257,0	17,25
Serra Castello	63,10	383,9	33,054	0,0246	0,000	0,641	9,78	192,0	26,06
Mandria del Forno	73,70	430	33,797	0,0123	0,042	0,765	9,51	215,0	65,64
Thurio	80,70	526	32,209	0,0014	0,000	0,760	32,42	263,0	525,23

contenuto di fosforo (III classe); a valle la qualità migliora passando alla classe I

I. Il fosforo rimane, comunque, l'elemento limitante della crescita algale P/N>10. I carichi di azoto lungo il fiume ten-

dono progressivamente ad aumentare, mentre diminuiscono quelli del fosforo che risentono delle ridotte velocità della corrente e quindi, anche in questo caso, tendono ad essere sottratti per precipitazione.

Allegato I

Bacino Corso d'acqua
Località Codice
Tratto(m) Quota s.l.m.(m)
Larghezza alveo di morbida(m)
Data Scheda N° Foto N°



Sx		Dx		Sx		Dx	
1) Stato del territorio circostante	Sx	2) Vegetazione presente nella fascia perifluviale	Dx	3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	Sx	4) Condizioni idriche	Dx
Assenza di antropizzazione	25	Comprende di formazioni riparie complementari funzionali	40	Regime perenne con portate disturbate e larghezza dell'alveo bagnato? I	20	Fluttuazioni portate indotte di lungo periodo con ampiezza alveo bagnato? I/3 alveo di morbida o variazione del solo tirante idraulico	10
Comprende di aree naturali ed uso antropico del territorio	20	Presenza di una o di una serie semplificata di formazioni riparie	25	Fluttuazioni portate indotte di lungo periodo con ampiezza alveo bagnato? I/3 alveo di morbida o variazione del solo tirante idraulico	5	Disturbi di portata intensi molto frequenti o improvvisi o secche prolungate indotte per azione antropica	1
Culture stagionali e/o permanenti; urbanizzazione rada	5	Assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni funzionali	10	5) Sezione trasversale	Sx	9) Sezione trasversale	Dx
Aree urbanizzate	1	Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1	Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto idrofite)	25	Alveo integro con alta diversità morfologica	20
2bis) Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria	Sx	3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	Dx	Massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)	15	Presenza lievi interventi artificiali ma discreta diversità morfologica	15
Comprende di formazioni riparie complementari funzionali	20	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali > 30 m	15	Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)	5	Presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica	5
Presenza di una o di una serie semplificata di formazioni riparie	10	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali tra 30 e 10 m	10	Alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme	1	Artificiale o diversità morfologica quasi nulla	1
Assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni funzionali	5	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali tra 10 e 2 m	5	7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici	Sx	11) Idromorfologia	Dx
Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1	Assenza di formazioni funzionali	1	Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto idrofite)	25	Elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare	20
4) Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	Sx	5) Condizioni idriche	Dx	Massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)	15	Elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare	15
Sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15	Regime perenne con portate disturbate e larghezza dell'alveo bagnato? I	20	Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)	5	Elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo	5
Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10	Fluttuazioni portate indotte di lungo periodo con ampiezza alveo bagnato? I/3 alveo di morbida o variazione del solo tirante idraulico	10	Alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme	1	Elementi idromorfologici non distinguibili	1
Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua o solo arbustiva a dominanza di esotiche e infestanti	5	Disturbi di portata intensi molto frequenti o improvvisi o secche prolungate indotte per azione antropica	1	7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici	Sx	13) Detrito	Dx
Suolo nudo, popolamenti vegetali radi	1	Disturbi di portata intensi molto frequenti o improvvisi o secche prolungate indotte per azione antropica	1	Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto idrofite)	25	Frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi	15
6) Efficienza di esondazione	Sx	7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici	Dx	Massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)	15	Frammenti vegetali fibrosi e polposi	10
Tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di morbida	25	Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto idrofite)	25	Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)	5	Frammenti polposi	5
Alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)	15	Massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)	15	Alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme	1	Detrito anaerobico	1
Alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2-3 volte)	5	Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)	5	7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici	Sx	Punteggio totale	Dx
Tratto di valli a V con forte acclività dei versanti e tratti arginati con alveo di piena ordinaria? di 2 volte l'alveo di morbida	1	Alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme	1	Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto idrofite)	25		
8) Erosione	Sx	9) Sezione trasversale	Dx	Massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)	15		
Poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve	20	Alveo integro con alta diversità morfologica	20	Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)	5		
Presente sui rettilinei e/o modesta incisione laterale	15	Presenza lievi interventi artificiali ma discreta diversità morfologica	15	Alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme	1		
Frequente con scavo di rive e radici e/o evidente incisione verticale	5	Presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica	5	7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici	Sx		
Molto evidente, rive scavate/franate o presenza interventi artificiali	1	Artificiale o diversità morfologica quasi nulla	1	Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto idrofite)	25		
10) Idoneità ittica	Sx	11) Idromorfologia	Dx	Massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)	15		
Elevata	25	Elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare	20	Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)	5		
Buona o discreta	20	Elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare	15	Alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme	1		
Poco sufficiente	5	Elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo	5	7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici	Sx		
Assente o scarsa	1	Elementi idromorfologici non distinguibili	1	Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto idrofite)	25		
12) Componente vegetale in alveo bagnato	Sx	13) Detrito	Dx	Massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)	15		
Perifiton sottile e scarsa copertura di macrofite tolleranti	15	Frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi	15	Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)	5		
Film perfitico apprezzabile, scarsa copertura di macrofite tolleranti	10	Frammenti vegetali fibrosi e polposi	10	Alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme	1		
Perifiton discreto o assente, significativa copertura di macrofite tolleranti	5	Frammenti polposi	5	7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici	Sx		
Perifiton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti	1	Detrito anaerobico	1	Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto idrofite)	25		
14) Comunità macrobentonica	Sx	Punteggio totale	Dx	Massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)	15		
Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale	20			Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)	5		

5. CONCLUSIONI

Il bacino idrografico del fiume Crati, esteso dal versante ionico settentrionale della Calabria fino all'area centro-occidentale della provincia di Cosenza, presenta livelli di funzionalità fluviale *buono-mediocri*.

Le analisi chimiche sul campo ed in laboratorio evidenziano il buon grado di naturalità del corso d'acqua anche se non mancano immissioni di agenti inquinanti da sorgenti diffuse e puntuali in corrispondenza dei centri abitati. Il regime fluviale, caratterizzato da buone portate idriche, permette una buona diluizione favorendo la degradazione degli agenti inquinanti non persistenti.

La criticità del bacino è nelle cattive condizioni biologiche del corso d'acqua e nella scarsa diversificazione morfologica dell'alveo fluviale i cui elementi idromorfologici appaiono indistinti.

Di contro, gli elementi positivi del sistema fluviale in esame sono la presenza di una ricca e variegata vegetazione riparia e le buone caratteristiche strutturali del bacino idrografico.

L'estesa sperimentazione del metodo IFF in Calabria, nell'ambito della provincia di Cosenza, dimostra la notevole versatilità del nuovo indice e la sua grande valenza territoriale in una visione globale e sintetica degli ecosistemi fluviali ed amplia l'analisi funzionale del bacino dal solo alveo bagnato all'intero ecosistema fluviale fondendo in uno stesso indice le diverse caratteristiche del sistema.

L'Indice di Funzionalità Fluviale consente, infine, di individuare misure per la tutela, il recupero e la valorizzazione degli ambienti fluviali fornendo agli amministratori pubblici le linee guida e di indirizzo per una corretta politica gestionale ambientale.

BIBLIOGRAFIA

- Bevilacqua P., Placanicca A., *La Calabria*. G. Einaudi, Torino, 1985, 960 pp.
- Callegari G., Cantasano N., Froio R., Ricca N., Veltri A., "L'indice di Funzionalità Fluviale: un approccio metodologico in Calabria", *Giornata Mondiale dell'acqua 2008*, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 2009.
- Callegari G., Cantasano N., Froio R., Ricca N., Veltri A., *Un'applicazione dell'Indice di funzionalità fluviale in Calabria. Il caso studio del torrente Verri*, Quaderni di Idronomia Montana, N. 29/2, 2010.
- Caloiero D., *Idrologia del bacino del Crati*, Consiglio nazionale delle Ricerche. Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica nell'Italia meridionale ed insulare (IRPI), 1975.
- Caloiero D., Piccoli R., Reali C., "Le precipitazioni in Calabria (1921-1980)", *Geodata*, 36, 1990, pp. 1-53.
- Ciancio O., "Sul clima e sulla distribuzione altimetrica della vegetazione forestale in Calabria", *Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura*, 2, 1971, pp. 323-372.
- Claudiani G., Vighi M., "The N:P ratio and tests with Selenastrum to predict eutrophication in lake", *Wat. Res.*, 8, 1974.
- Claudiani G., Vighi M., *Caratteristiche trofiche e fenomeni fitotossici*, Quaderni CNR-IRSA, N. 32, Milano, 1977.
- Frega G., Infusino E., "Inquinamento diffuso e puntuale in un sottobacino del Crati influenzato dalla presenza di un invasivo", *Atti del 12° Corso di Aggiornamento in Tecniche per la Difesa dall'Inquinamento*, Editoriale Bios, 1992, pp. 9-33.
- Gazzetta Ufficiale n. 141 del 29 maggio 1976, Legge n. 319 10 maggio 1976. Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento (Legge Merli).
- Gazzetta Ufficiale Suppl. Ord. n. 124 del 29 maggio 1999, Decreto Legislativo n. 152 11 maggio 1999. Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento a recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della Direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.
- Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006, Decreto Legislativo n.152 3 aprile 2006. Norme in materia ambientale.
- Ministero dei Lavori Pubblici - Servizio Idrografico, *Le sorgenti italiane. Elenco e descrizione*, Istituto Poligrafico dello Stato, Vol. 6 Calabria, 1941, pp. 212-239.
- Siligardi M., Bernabei S., Cappelletti C., Chierici E., Ciutti F., Egaddi F., Franceschini A., Maialini B., Mancini L., Minciardi M.R., Monanni C., Rossi G. L., Sansoni G., Spaggiari R., Zanetti M., *I.F.F. Indice di Funzionalità Fluviale*, Manuale ANPA-APAT, 2000.
- Siligardi M., Avolio F., Baldacchini G., Bernabei S., Bucci M. S., Cappelletti C., Chierici E., Ciutti F., Floris B., Franceschini A., Mancini L., *IFF 2007 Indice di funzionalità Fluviale*, Manuale APAT, 2007.
- G.U.C.E. n. L 206 del 22/12/2000, Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del consiglio del 23 ottobre 2000, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.
- Vannote R. L., Minshall G. W., Cummins K. W., Sedell J. R., Cushing C. E., "The river continuum concept", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37, 1980, pp. 130-137.