



FACOLTÀ DI SCIENZE AGRARIE E ALIMENTARI

CORSO DI LAUREA IN  
VALORIZZAZIONE E TUTELA DELL'AMBIENTE E DEL  
TERRITORIO MONTANO

**Valutazione dell'impatto ambientale ed ecologico dei  
lavori di sistemazione dell'alveo in un tratto del f.  
Mincio mediante l'indice di funzionalità fluviale**

Relatore:

Prof. Gian Battista Bischetti

Tesi di laurea di:

Diego Lombardi

Anno accademico 2014-2015

## Indice

INTRODUZIONE .....	4
METODOLOGIA DI ANALISI UTILIZZATA .....	6
Introduzione al metodo IFF .....	6
Cenni storici .....	6
Finalità e definizione degli obiettivi .....	7
Ambito di applicazione .....	9
Struttura della scheda .....	10
Rilevamento dei vari tratti sottoposti ad analisi .....	11
Come rispondere alle domande .....	13
Possibilità di campionamenti .....	13
INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO .....	14
Inquadramento generale .....	14
Bacino del fiume Mincio .....	14
Caratteri paesaggistici .....	15
Inquadramento climatico .....	17
Inquadramento del “macrotratto” .....	18
I LAVORI .....	20
Situazione ante operam .....	20
I lavori effettuati .....	22
Situazione post operam .....	25
RISULTATI DELL’ANALISI .....	27
Risultati complessivi del “macrotratto” con evidenziazione delle zone critiche .....	27
Grafici esplicativi .....	30
Possibili cause da attribuire ai punteggi minori .....	31

CONFRONTO TRASVERSALE .....	34
Grafici con determinati valori.....	34
CONCLUSIONI .....	37
BIBLIOGRAFIA.....	39
SITOGRAFIA .....	40
APPENDICI.....	41

## INTRODUZIONE

Il presente elaborato affronta un tema fondamentale per le politiche odierne in materia di inquinamento: la valutazione degli impatti che opere e manufatti producono sull'ambiente circostante.

Per quanto riguarda strutture civili e industriali, la normativa prevede valutazioni di impatto ambientale (V.I.A.) e valutazioni ambientali strategiche (V.A.S.).

Analogamente, per valutare l'impatto delle opere all'interno di un corso d'acqua, è possibile applicare alcuni strumenti basati sul rilevamento delle modificazioni apportate all'ecologia e alla naturalità dell'ecosistema fluviale. A tale scopo ricordiamo il metodo I.B.E. (indice biotico esteso) e l'I.F.F. (indice di funzionalità fluviale).

In tale ambito è stata svolta un'esperienza di tirocinio esterno, consistita nella valutazione dell'IFF in due diversi momenti. Questa esperienza ha permesso di valutare, nel presente lavoro, gli impatti ambientali conseguenti alle lavorazioni spondali e in alveo effettuate in un tratto di fiume Mincio compreso tra le località di Goito (MN) e Massimbona, frazione di Goito.

L'approccio utilizzato, quindi, si è basato sull'analisi e sul confronto dei due momenti, il primo ante-operam e il secondo post-operam.

Durante il percorso di studio ci si è avvalsi di sistemi informativi territoriali che, attraverso la loro componente informatica G.I.S., hanno permesso di identificare i punti necessari alle indagini in coordinate Gauss-Boaga, e sistemi informatizzati di elaborazione dati.

Lo studio si è articolato nelle fasi di rilevamento dei dati che in campo sono state caratterizzate dalla compilazione di una scheda per ogni tratto, analizzando così il territorio attraverso apposite domande. Il successivo momento di elaborazione dati è consistito nell'analisi di quanto ottenuto nelle

fasi precedenti e si è articolato secondo tre livelli di approfondimento: il primo, generale, ha permesso di individuare anomalie e similitudini tra la fase ante-opera e quella post-opera evidenziando l'andamento complessivo dei punteggi ottenuti dal macrotratto, suddiviso per sponde.

Il secondo propone un'ulteriore analisi che, seppur brevemente, confronta ogni scheda precedente alle lavorazioni con la sua corrispondente rilevata in fase successiva alla realizzazione delle opere; questo confronto tra le schede forza ad interrogarsi sull'evoluzione delle condizioni di ogni singolo tratto e sulle possibili cause che hanno influenzato i punteggi inferiori.

Il terzo e ultimo livello d'indagine intende invece analizzare quelle caratteristiche ritenute fondamentali e rappresentative per l'ecologia dei singoli tratti; qui, pertanto, si tratta di un confronto basato su alcune specifiche domande.

Il presente documento si compone dunque di alcuni capitoli introduttivi alla problematica specifica, di inquadramento territoriale e della metodica utilizzata. All'elaborazione dei dati, e quindi ai risultati ottenuti, è stato dedicato un apposito capitolo che tenta di evidenziare, mediante i tre livelli di approfondimento sopracitati e i relativi grafici esplicativi, gli effetti che le lavorazioni hanno avuto sull'ecosistema fluviale.

Si presenta infine una fase conclusiva che, oltre a riassumere brevemente quanto trattato in precedenza, vuole sottolineare punti di forza e di debolezza al fine di prevedere eventuali miglioramenti per i futuri sviluppi.

## METODOLOGIA DI ANALISI UTILIZZATA

### Introduzione al metodo IFF

#### Cenni storici

L'indice di funzionalità fluviale (IFF), derivante dal RCE-I (Riparian Channel Environmental Inventory) e ideato da R. C. Petersen dell'Istituto di Limnologia dell'Università di Lund in Svezia, si componeva inizialmente di una scheda costituita da 16 domande. Per rispondere ad ognuna di esse, l'operatore si poteva avvalere di 4 risposte prestabilite.

Scopo primario della metodica era la raccolta delle informazioni relative alle principali caratteristiche ecologiche del corso d'acqua, al fine di monitorare lo stato degli alvei e delle fasce riparie dei corsi d'acqua svedesi.

In questa visione iniziale, quindi, la possibilità di esprimere valutazioni ecologiche e ambientali non era lo scopo principale ma piuttosto un obiettivo di secondaria importanza.

In seguito all'utilizzo di questa metodica in Trentino (nel 1990), grazie all'analisi di 480 tratti, gli studiosi hanno riscontrato alcune difficoltà di applicazione del metodo originale alle realtà morfologiche ed ecologiche alpine e prealpine; si sono quindi rese necessarie alcune modifiche nella fase di rilevamento.

Mano a mano che la metodologia veniva applicata, emergeva sempre di più il ruolo che essa poteva assumere nello studio della qualità ambientale.

Nel 1993, è stata quindi proposta una nuova scheda (indice RCE-2), studiata ad hoc per la valutazione della qualità ambientale del territorio italiano.

A seguito di innumerevoli applicazioni, seppur con molteplici modifiche apportate in varie regioni italiane al fine di adattare la metodica alle esigenze

di determinati corsi d'acqua, nel 1998 l' Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (A.N.P.A.) ha riunito un team di esperti dell'ambito dell'ecologia e della morfologia fluviale con il compito di uniformare e standardizzare la scheda e le risposte sul territorio italiano.

Il gruppo di lavoro ha apportato modifiche tali da rendere necessaria una nuova denominazione del metodo. Venne quindi istituito l'IFF (Indice di Funzionalità Fluviale) che, soprattutto nella sua ultima revisione (2004) in accordo con la filosofia della Direttiva 2000/60/CE e del documento "Wetlands Orizantal Guidance", considera un insieme di indicatori biotici e abiotici presenti sia all'interno del corso d'acqua sia nelle zone terrestri ad esso collegate; come ad esempio le cosiddette "zone umide".

Finalità e definizione degli obiettivi

*"L'obiettivo principale dell'indice consiste nel rilievo dello stato complessivo dell'ambiente fluviale e nella valutazione della sua funzionalità, intesa come risultato della sinergia e dell'integrazione di un'importante serie di fattori biotici ed abiotici presenti nell'ecosistema acquatico e in quello terrestre ad esso collegato."* Siligardi et al., 2007.

Attraverso un insieme di variabili elementari (morfologiche, strutturali e biotiche) vengono rilevate le funzioni ed essi associate.

La metodica, mediante un apposito punteggiaggio, è quindi in grado di determinare le condizioni reali in cui il corso d'acqua oggetto di analisi si trova e, al contempo, è possibile intuire di quanto la realtà si discosta dalla condizione di massima funzionalità fluviale. Quest'ultimo stato fisico, è una situazione ideale, ipotetica, funzionale all'operatore ma inesistente in natura. È quindi plausibile affermare che questa metodica utilizza un approccio di tipo multidisciplinare il quale può fornire risultati che si discostano molto dalle valutazioni ottenute ad esempio mediante l'utilizzo di soli indicatori biologici o chimici.

Un ulteriore punto di forza del metodo IFF è il campo indagine: mentre i metodi chimici o microbiologici limitano il loro campo di azione alla sola acqua fluente, i sistemi biotici lo estendono all'alveo bagnato e l'IFF all'intero sistema fluviale.

Questa considerazione è di fondamentale importanza in quanto, restringendo il campo d'azione, come nel caso dei metodi chimici, si ottengono informazioni molto precise e dettagliate su una ben determinata caratteristica ambientale; il metodo oggetto d'analisi invece, considerando un campo d'azione ben più ampio, riduce le informazioni di dettaglio a favore di un'informazione più sintetica che permette una visione generale dello stato in cui si trova il corso d'acqua; si può pertanto dedurre che non vi è un indice migliore o peggiore di un altro ma, l'utilizzo congiunto di questi metodi d'indagine (di dettaglio e di sintesi), restituisce un giudizio completo ed esaustivo sulla condizione del sistema fluviale.

Gli obiettivi di questa metodica possono essere:

- di semplice rilevamento, ad esempio dello stato di salute di un corso d'acqua;
- di individuazione di ambienti o tratti di corsi d'acqua ad alta valenza ecologica, volti quindi alla tutela;
- di individuazione di tratti degradati al fine di predisporre interventi di ripristino e riqualificazione di tutti o alcuni gli elementi naturali che compongono l'ambiente fluviale (es. vegetazione riparia, sinuosità, qualità delle acque, ecc.);
- di valutazione dell'impatto di opere presenti in alveo (sbarramenti, canalizzazioni, rinforzo delle sponde);
- di valutazione dell'efficacia degli interventi di risanamento.

L'IFF può anche essere utilizzato come strumento di supporto alla pianificazione territoriale; esso infatti può fornire indicazioni sui tratti più adatti all'urbanizzazione e indicare zone di particolare interesse ecologico-naturalistiche, dove quindi lo sviluppo urbano deve essere scoraggiato.

Alla luce di quanto detto, la periodicità delle campagne di rilevamento deve essere analizzata in fase preliminare in relazione all'obiettivo ultimo del



rilevamento: se l'obiettivo dell'indagine fosse meramente conoscitivo, eseguire rilevamenti con periodicità semestrale produrrebbe sovrabbondanza di informazioni pressoché identiche.

Nel caso oggetto di tirocinio, il rilevamento è stato effettuato in fase ante-operam e in fase post-operam, con un intervallo di tempo tra le due campagne d'indagine finalizzato ad evidenziare l'impatto che le sistemazioni d'alveo, necessarie alla regolazione della portata di bacino, avrebbero avuto sulla funzionalità fluviale. Al fine di determinare questo lasso di tempo, quindi, sono stati considerati 2 momenti fondamentali: la fase di lavoro degli operatori e la successiva fase di attesa; quest'ultima necessaria per garantire lo sgombero di eventuali residui di lavorazione rimasti in alveo che, se presenti al momento del rilevamento, potrebbero influenzare il giudizio della funzionalità del tratto oggetto di analisi.

#### Ambito di applicazione

La metodica IFF può essere utilizzata nella maggioranza dei corsi d'acqua italiani, purché in condizioni di acqua corrente. La scheda che guida l'operatore, infatti, è adatta alle condizioni alpine, appenniniche, mediterranee e di pianura; essa prescinde dalle dimensioni della sezione dell'alveo, l'unica condizione vincolante è la presenza di acque fluenti.

Come qualsiasi altro metodo presenta però alcuni punti di debolezza: in alcuni ambienti l'IFF risulta di difficile o impossibile applicabilità; è questo il caso della zona di foce del fiume dove, le correnti dettate dalle maree e la salinità dell'acqua contribuiscono allo sviluppo di un ambiente totalmente differente da quello fluviale di acqua dolce.

Analogamente, il metodo non può essere utilizzato per zone stagnanti, lacustri, lagunari, ecc.

## Struttura della scheda

La scheda, visibile all'allegato 1, si compone di due parti: un'intestazione contenente i cosiddetti metadati, ossia informazioni di base che hanno il compito di fornire una sorta di inquadramento molto generale sulla realtà che l'operatore si accinge ad analizzare; essi sono: il bacino, il corso d'acqua, la località, la larghezza dell'alveo di morbida, la lunghezza del tratto omogeneo in esame, la quota media del tratto, la data del rilievo, il numero della scheda, il numero della foto e il codice del tratto omogeneo.

La seconda sezione contiene quattordici domande riguardanti le principali caratteristiche ecologiche e morfologiche del tratto oggetto di studio.

Le risposte possibili per queste domande sono quattro; ad ogni risposta corrisponde un punteggio che permette di esprimere un giudizio della condizione in cui il tratto si trova.

Per 5 delle 14 domande, la risposta deve essere fornita due volte (una per la sponda destra e una per la sponda sinistra); le rimanenti 9 domande, invece, prevedono una risposta unica (non suddivisa per sponda).

I punteggi che si possono erogare per ogni domanda non sono i medesimi per la totalità delle domande ma, in generale, essi possono assumere valori predefiniti che variano tra 1 e 40.

Il punteggio totale della scheda, anch'esso suddiviso per sponda, è ottenuto sommando i punteggi di ogni singola domanda e può assumere valori compresi tra un minimo di 14 e un massimo di 300.

Il giudizio finale per ogni scheda verrà assegnato eseguendo una semplice conversione tra punteggio ottenuto e corrispondente giudizio, come mostrato dalla Figura 1.


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

Figura 1: tabella di conversione tra valore IFF, livello di funzionalità e giudizio di funzionalità

### Rilevamento dei vari tratti sottoposti ad analisi

In fase preliminare è stato necessario definire un “macrotratto” di fiume oggetto di questa analisi. La determinazione dello stesso, in conformità allo scopo del tirocinio, si è rivelata piuttosto intuitiva; è stato infatti scelto ed analizzato il macrotratto di fiume Mincio all’interno del quale si sono resi necessari i lavori in alveo volti alla regolazione della portata.

La porzione di fiume esaminata dagli operatori durante lo studio è situata nel comune di Goito (MN) e, partendo appena al di sotto del centro abitato, si estende fino alla località di Massimbona, una piccola frazione dello stesso comune. La lunghezza complessiva del macrotratto indagato, riportata in Figura 2, risulta pertanto pari a circa 8 chilometri e comprende al suo interno tutte le sezioni d’alveo oggetto di lavori di ripristino.

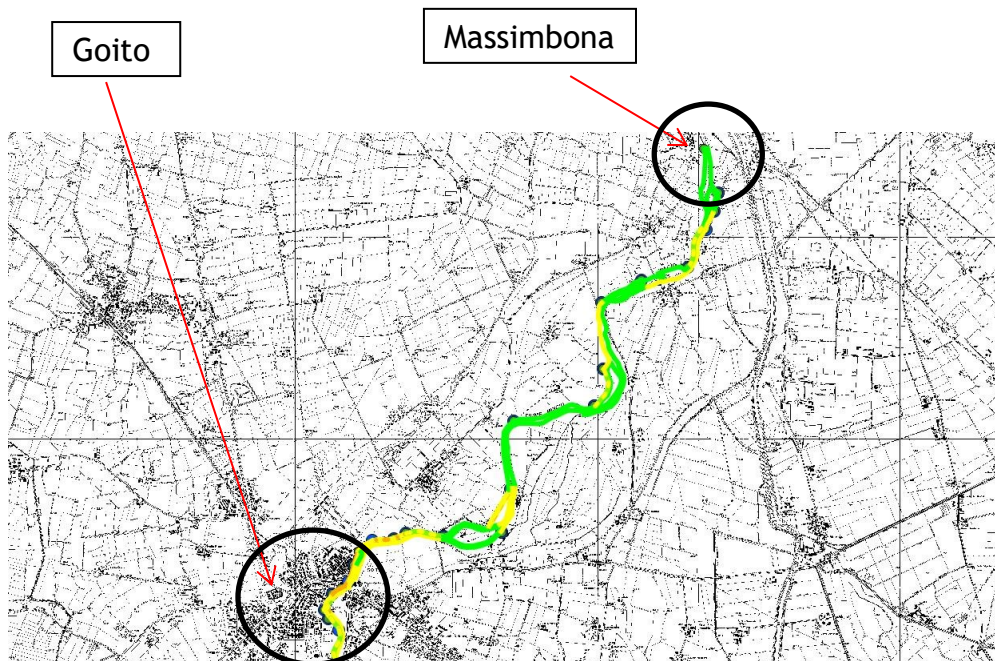


Figura 2: vista in QGIS dell'intero macrotratto

I dati relativi a questa porzione di fiume Mincio sono riassunti nella Tabella 1 riportata di seguito:

Lunghezza:	8 km
Coordinate Gauss-Boaga di inizio:	1631386/5011845
Coordinate Gauss-Boaga di fine:	1635055/5016871
Portata desiderata post-operam	50 m <sup>3</sup> /s

Tabella 1: Dati tecnici riassuntivi della porzione di fiume analizzata

Vista la notevole disomogeneità della sponda e dell'alveo di questo lungo tronco, esso è stato suddiviso in segmenti più brevi che al loro interno potessero presentare condizioni pressoché omogenee.

La definizione di inizio e fine di un segmento è stata fatta proprio sulla base della uniformità; ogni tratto, dunque, doveva presentare caratteristiche morfologiche dell'alveo e delle sponde simili lungo la sua intera lunghezza, vegetazione riparia analoga, uso del suolo nelle immediate vicinanze del fiume in sponda destra e in sponda sinistra somigliante.

In termini operativi, tale suddivisione in tratti di ordine inferiore si è esplicitata nella redazione di una scheda per ogni singola porzione di macrotratto analizzata.

## **Come rispondere alle domande**

La fase di risposta alle domande riveste un momento fondamentale e, pertanto, richiede un'approfondita conoscenza dell'ecologia fluviale e delle dinamiche ad essa collegate.

Tale stadio, che ha luogo sul campo, forza l'operatore ad interrogarsi sulla situazione reale nella quale il fiume si trova per poi riassumerla in una delle quattro categorie di casistica predefinite.

Vista la complessità di tale processo, il manuale Siligardi et al., 2007 fornisce un apposito capitolo volto ad agevolare la comprensione della realtà; esso infatti racchiude, per ogni domanda, tutte le possibili risposte ed alcuni chiarimenti in merito agli obiettivi, all'oggetto della domanda ed al concetto al quale ci si riferisce.

## **Possibilità di campionamenti**

Il metodo oggetto di studio, al fine di garantire un risultato attendibile e veritiero, prende in considerazione la possibilità di effettuare alcuni campionamenti; questa tecnica ad esempio consente all'operatore di identificare con assoluta certezza le specie vegetali presenti sul territorio e, grazie alle loro caratteristiche, le informazioni che si possono trarre risultano essere maggiormente esaustive ed accurate.

Altro possibile campionamento riguarda i macroinvertebrati, insetti caratteristici dell'ambiente acquatico da tempo utilizzati in ecologia fluviale come bioindicatori.

Durante la campagna d'indagine svolta tra Aprile e Giugno 2015, si è reso utile il campionamento delle essenze vegetali presenti in alveo e della comunità di macroinvertebrati, specialmente nei tratti di fiume maggiormente interessati dai lavori di sistemazione.

## INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO

### Inquadramento generale

Il fiume Mincio, visibile in Figura 3, trae le sue origini come emissario del Lago di Garda in regione Veneto, per un breve tratto decorre lungo il confine con la regione Lombardia e da qui continua il suo percorso per terminare come immissario nel fiume Po all'altezza del paese di Governolo (MN).

### Bacino del fiume Mincio

Il corso d'acqua, che si estende per una lunghezza totale pari a 75 km, percorre buona parte di questa lunghezza in provincia di Mantova ed è connotato da un regime idraulico piuttosto regolare, in primo luogo, grazie all'importante ruolo svolto dal Lago di Garda; quest'ultimo infatti è in grado di sopperire ad eventuali carenze idriche nel tratto tra Peschiera del Garda (VR) e i Laghi di Mantova. Un ulteriore intervento nella regolarizzazione del flusso idrico è inoltre svolto da numerose opere idrauliche che, edificate in periodi storici differenti, limitano la portata in uscita dal Lago di Garda da un valore minimo di 30 m<sup>3</sup>/s ad un massimo di 150 m<sup>3</sup>/s con un modulo medio annuo di 56,8 m<sup>3</sup>/s.

Nel tratto successivo, fino all'immissione in Po, il ruolo di volano idrico, seppur in misura quasi trascurabile, risulta essere svolto dai tre sottobacini della zona lacustre.

L'alveo del Fiume si presenta dapprima ben definito e, successivamente, mostra una rilevante tendenza all'impaludamento che culmina nella zona lacustre. Tale area da Rivalta (MN) si estende fino al centro cittadino di Mantova mediante la formazione di tre laghi: Lago Superiore, di Mezzo,

Inferiore. Dal quest'ultimo lago, il Mincio, si presenta con un tipico alveo di pianura, canalizzato entro alti argini e dotato di una discreta zona golenale.

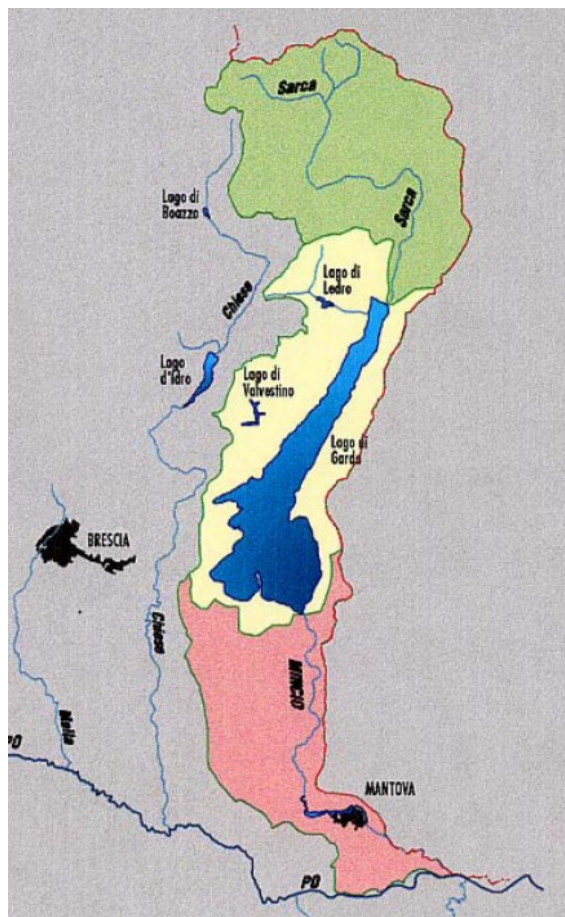


Figura 3: Bacino del Sarca (verde), sottobacino del Garda (giallo), bacino del Mincio (rosa)

### Caratteri paesaggistici

Dal punto di vista paesaggistico, è possibile suddividere il corso d'acqua in cinque aree:

- Fascia collinare (da Peschiera del Garda (VR) fino a Volta Mantovana): presenta colline moreniche intervallate ad aree pianeggianti. I rilievi principali si avvicinano ai 200 m.s.l.m. che, dal punto di vista litologico, sono composti da depositi grossolani alternati a zone depresse con sabbie e limi. La Valle del Mincio risulta pertanto incassata e meandriforme. In questa zona si rinvengono vecchi boschi

cedui costituiti da cerro o farnia in mescolanza con carpino bianco olmo e acero campestre.

- Fascia pedecollinare (da Volta Mantovana a Goito): Il letto del fiume si presenta largo, piatto e ciottoloso, con alcune isole. Il Mincio qui scorre infatti tracciando ampi meandri in un territorio pianeggiante fra coltivazioni e prati; la fascia perifluviale è costituita da vegetazione arborea autoctona (salici, pioppi ecc.) e alloctona (in particolare robinia). In prossimità delle sponde, specialmente nelle zone con minor grado di antropizzazione, si manifesta inoltre una fitta rete arbustiva.
- Fascia dell'alta pianura (sud di Goito): la valle del Mincio si allarga, sempre delimitata da terrazzi. La costruzione di argini, la regimentazione delle acque e la bonifica hanno reso possibile l'utilizzo agricolo. In zone limitate di questa fascia cresce ancora la vegetazione spontanea.
- Fascia lacustre: la conca lacustre si apre a Rivalta e prosegue oltre Mantova circondando la città a nord e ad est, articolandosi in tre bacini: il Lago Superiore, il Lago di Mezzo e il Lago Inferiore. In questa zona, oltre alla vegetazione spontanea sopracitata, è possibile riscontrare rilevanti formazioni di canneti ripariali ed estese infestazioni di vegetazione alloctona idrofila dominate da *Nelumbo nucifera* (fior di loto) e da *Trapa natans* (castagna d'acqua).
- Fascia del Mincio Inferiore (a sud di Mantova fino alla confluenza con il Po): l'alveo è limitato da alte arginature di contenimento delle piene del Po. La fascia golenale subisce notevoli modificazioni, arrivando anche a scomparire; tuttavia dove è presente, raggiunge discrete dimensioni, arrivando anche a contenere piccole coltivazioni a pioppo o prati.



## Inquadramento climatico

Il territorio della Provincia di Mantova appartiene al mesoclima padano; questo è caratterizzato da condizioni climatiche di tipo sublitoraneo, con inverni rigidi ed estati abbastanza calde con elevata umidità, nebbie frequenti soprattutto in inverno e ventosità ridotta durante tutto l'anno.

Le caratteristiche pluviometriche del bacino del Mincio sono anch'esse di tipo sublitoraneo padano. Tale regime presenta due massimi e due minimi sostanzialmente equivalenti: i massimi si verificano nelle stagioni equinoziali con valori medi mensili dell'ordine di 80-85 mm di pioggia. I minimi estivi e invernali assumono valori dell'ordine dei 60-65 mm. Il totale delle precipitazioni medie annue è di circa 850 mm.

Tali caratteristiche pluviometriche si ripercuotono sulle dinamiche di bacino, generando piene piuttosto frequenti: le principali inondazioni che hanno interessato il territorio mantovano si sono verificate nel 1801, nel 1807 e nel 1879. I primi due eventi sono stati determinati da piene del Po, mentre l'ultimo è stato causato da una piena del Mincio.

Il regime delle portate del Mincio ha però subito significative modifiche a seguito della regolazione del Lago di Garda e della sistemazione idraulica operata nel dopoguerra. Nel periodo più recente, i maggiori eventi di piena si sono verificati nel novembre del 1985 in cui è stata registrata a Monzambano una portata al colmo di 185 m<sup>3</sup>/s e, più recentemente, nel 2000, 2001, 2002, 2010 e 2013. In particolare, nell'ottobre 2000 alla notevole portata rilasciata dal lago di Garda, superiore a 150 m<sup>3</sup>/s, si sono aggiunte le condizioni critiche del livello di Po. Anche nel 2001 e 2002, 2010 e 2013 le portate a Monzambano hanno superato i 150 m<sup>3</sup>/s. Nel maggio 2013, invece, la portata a Pozzolo ha superato i 170 m<sup>3</sup>/s.

## **Inquadramento del “macrotratto”**

Il tronco di Mincio, oggetto del presente elaborato, si colloca nella fascia pedecollinare e, estendendosi per 8 km all'interno di essa, ne presenta i tratti distintivi.

Lungo tale decorso, il tratto manifesta numerose anse disegnate in una cornice di coltivazioni stagionali e poliennali alternate ai piccoli centri urbanizzati. Nonostante questa alternanza il tronco di Mincio analizzato può essere suddiviso in sezioni aventi le medesime caratteristiche: due degli otto chilometri totali attraversano il centro abitato principale di Goito e presentano evidenti opere idrauliche volte alla salvaguardia del centro abitato e del percorso pedonale situato in sponda destra. A questa zona è possibile accomunare quei piccoli borghi puntiformi, in prossimità dei quali scorre il Mincio. Sono queste le aree in cui riscontriamo in alveo piccole briglie in calcestruzzo finalizzate alla regolarizzazione del trasporto solido, sostegni spondali a palificata o gabbionata che, nelle situazioni di maggior criticità, vengono sostituiti da sostegni in calcestruzzo; si possono inoltre rinvenire piccoli canali o pennelli artificiali volti alla derivazione di acqua ad uso irriguo.

I restanti sei chilometri invece sono dominati da un maggior grado di naturalità. Qui le opere riscontrate sono piccoli argini di contenimento al fine di evitare l'inondazione dei campi durante un occasionale evento di piena. A titolo esemplificativo si riportano la Figura 4 e la Figura 5, rinvenute lungo il tratto analizzato.



Figura 4: Particolare di sostegno spondale in calcestruzzo situato tra il ponte Calatrava e il ponte stradale



Figura 5: Argine di contenimento situato in prossimità di Massimbona

## I LAVORI

### Situazione ante operam

Come stimato da ARPA(Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente), storicamente le portate medie annue al colmo di piena, attribuite al tratto di fiume Mincio oggetto di studi, risultavano essere di poco superiori ai 70 m<sup>3</sup>/s; tuttavia le verifiche idrauliche effettuate da AIPO (Agenzia Interregionale per il fiume Po) nella fase antecedente i lavori hanno evidenziato che tale valore risultava essere pesantemente sovrastimato.

In vista di quanto detto, in data 07/07/2010, nell'incontro tenutosi presso lo STER di Mantova tra AIPO, Regione Lombardia, ARPA, Parco del Mincio, Provincia di Mantova, Consorzio del Mincio, Comune di Goito e Comune di Volta Mantovana, si è ritenuto opportuno assumere come cautelativa una portata di progetto pari a 50 m<sup>3</sup>/s. Questo valore, seppur minore della media dei massimi annuali al colmo di piena calcolata da ARPA e visibile alla Figura 6, è stato reputato funzionale allo scopo in quanto, come mostrato in Figura 7, si rende disponibile con elevato grado di frequenza e per un periodo di almeno 20 giorni all'anno nel 60% degli anni senza inficiare la funzionalità delle opere presenti in alveo.

	Sezione	Distanza dal lago [Km]	Media massimi annuali di portata al colmo [mc/s]
MINCIO	MONZAMBANO	7.7	93
	volta mantovana 1	16.3	103
	volta mantovana 2	19.5	107
	goito 1	24.9	73
	goito 2	31.5	78
	porto mantovano	42.3	54
	mantova	56.9	60
	virgilio	61.2	123
	bagnolo san vito	70.6	128
	roncoferraro	73.4	132

Figura 6: Portata massima media annua al colmo di piena per i siti oggetto di studio; i valori medi di massimi annuali evidenziati si riferiscono a stazioni di rilevamento presenti nel tratto analizzato

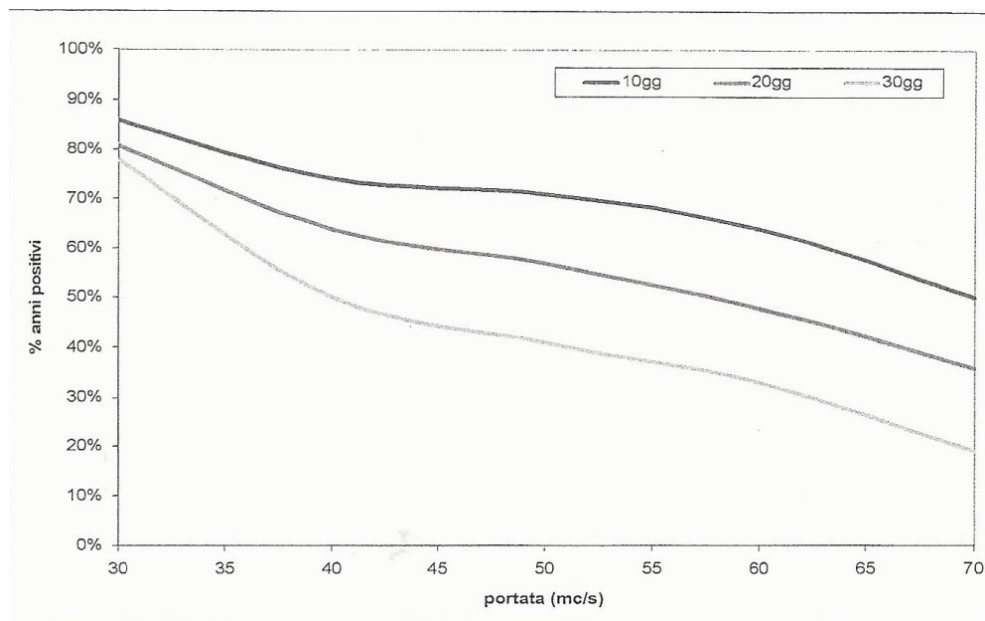


Figura 7: Disponibilità delle portate erogate dal lago di Garda

La portata di progetto, tuttavia, durante la fase antecedente i lavori, trovava in alveo innumerevoli ostacoli e rallentamenti dovuti a scarsa manutenzione; laddove la vegetazione si è sviluppata senza l'intervento antropico, essa si è espansa invadendo anche la fascia perfluviale primaria. Questa condizione si poteva riscontrare sia a partire dalle sponde sia dalle innumerevoli e puntiformi isole presenti nel tronco di Fiume analizzato.



Figura 8: Espansione della vegetazione ripariale e in alveo

## I lavori effettuati

Come accennato al paragrafo precedente, le opere che sono state realizzate avevano lo scopo di consentire l'aumento della portata che può convogliare l'alveo senza causare danni a strutture e proprietà circostanti, nel rispetto dell'ecosistema fluviale di rilevante interesse naturalistico e socio-ricreativo. Le linee guida del progetto operativo redatto da AIPO, sono state tratte dal D.P.R. 14 aprile 1993: "Criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica".

In ottemperanza al sopracitato D.P.R., il Centro dei Servizi di Ateneo "Adolfo Viterbi" dell'Università di Pavia, ha redatto il Rapporto Tecnico del 21 gennaio 2011 nel quale vengono specificate linee guida più dettagliate così riassunte nell'elaborato R1 del progetto definitivo del 29 giugno 2011:

- interventi di riprofilatura del fondo con eventuale asportazione di materiale inerte non portano significativi benefici ed hanno un effetto limitato nello spazio;
- interventi di risagomatura localizzati possono migliorare il corso d'acqua dal punto di vista paesaggistico ed ambientale, riaprendo ad esempio tratti di fiume ormai completamente invasi dalla vegetazione; è tuttavia consigliabile che il materiale inerte eventualmente scavato non venga asportato ma, dopo averlo vagliato, sia depositato lungo le sponde ovvero nei punti dell'alveo dove risultassero evidenti segni di erosione localizzata;
- miglioramenti al deflusso della piena possono essere ottenuti dal taglio della vegetazione in alveo; tali interventi hanno un effetto molto limitato nel tempo se non vengono previste successive e regolari manutenzioni;
- la realizzazione di specifici manufatti idraulici può migliorare il deflusso della portata di progetto, come ad esempio in corrispondenza

del ramo del mulino di Goito; tuttavia, essendo prima necessario eseguire la sistemazione del tratto a monte, la realizzazione del manufatto assume un'importanza secondaria;

- l'unica soluzione sostenibile per incrementare significativamente e in modo definitivo la capacità di deflusso del fiume, è la realizzazione sistematica di arginelli di contenimento.

Gli interventi di progetto, individuati sulla base di questi criteri, sono stati suddivisi in:

- **Manutenzione e pulizia dell'alveo:** mediante sopralluoghi e rilievi topografici, sono state individuate 23 aree nelle quali si sono resi necessari lavori di manutenzione e di pulizia dell'alveo. In queste aree la funzionalità idrica è stata ripristinata mediante taglio e rimozione della vegetazione arbustiva, arborea e palustre.
- **Riqualificazione ambientale di aree sensibili:** questa voce, studiata ad hoc, valutava un aspetto di natura non prettamente idraulica; esso infatti ha vincolato il progetto, durante tutte le fasi operative previste, all'incremento della biodiversità. Questa voce ha assunto particolare rilevanza per alcuni siti di spiccato interesse naturalistico e paesaggistico, come ad esempio isola Falzoni.
- **Sistemazioni spondali:** sulla base delle indicazioni fornite da Regione Lombardia, il progetto definitivo ha previsto anche tecniche di ingegneria naturalistica a basso impatto ambientale lungo le sponde, finalizzate all'incremento della capacità di deflusso e alla conseguente diminuzione delle esondazioni. Tale intervento ha visto quindi la realizzazione di palificate in legno (Figura 9) a sostegno di piccoli arginelli e di gabbionate (Figura 10) che, in primo luogo, proteggono le sponde dalla continua erosione dell'acqua corrente e, in ultima analisi, raccordano il piano di campagna alla zona perifluviale sostenendo e salvaguardando così il percorso pedonale situato ai bordi del fiume.



Figura 9: sistemazione di palificata a sostegno di un piccolo argine in località Presa Moschini



Figura 10: vista di una gabbionata a sostegno della sponda nelle immediate vicinanze del ponte di Goito



## Situazione post operam

L'impatto che le opere sopracitate hanno avuto sull'ecologia fluviale del tratto del fiume Mincio oggetto dell'analisi, sono state valutate attraverso il metodo IFF.

Dal punto di vista prettamente idraulico, gli schianti rimossi e l'asportazione della massa vegetale presente in alveo, hanno permesso all'acqua di aumentare il deflusso rimanendo sempre al di sotto della portata di progetto, garantendo così un discreto margine di sicurezza per i territori circostanti.

L'aspetto ecologico verrà trattato nel successivo capitolo; mediante l'analisi dei risultati forniti dalla metodologia IFF, tuttavia, è plausibile ritenere che le lavorazioni in alveo abbiano, almeno momentaneamente, diminuito buona parte delle caratteristiche dell'ecosistema fluviale del tratto analizzato, come ad esempio le zone di idoneità ittica (domanda 10) che vengono a mancare o vengono deteriorate fino al punto di risultare inutili alla fauna ittica locale.



Figura 11: due immagini che rappresentano la situazione immediatamente dopo i lavori

## RISULTATI DELL'ANALISI

Risultati complessivi del “macrotratto” con evidenziazione delle zone critiche

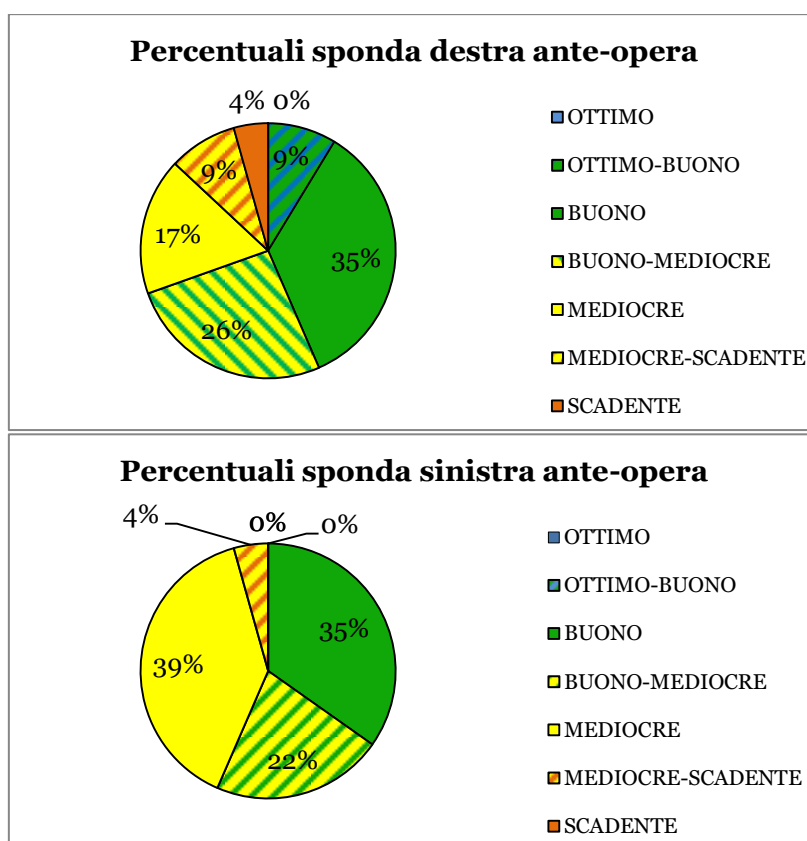


Grafico 1: Rappresentazione della situazione ante-opera suddivisa in sponda destra (figura A) e sinistra (figura B)

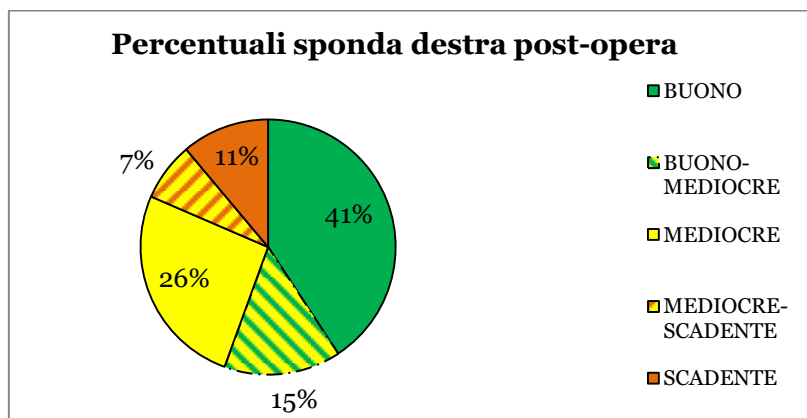
La figura A e la figura B del Grafico 1 sopra riportato, mettono in luce uno stato ecologico, antecedente alle lavorazioni d'alveo, piuttosto soddisfacente; per quanto riguarda il margine spondale destro le schede hanno riportato i seguenti giudizi di funzionalità: 35% buono, 26% buon-mediocre, 17% mediocre 9% mediocre- scadente e 4% scadente. In sponda sinistra invece, il 35% delle schede ha fornito un giudizio di funzionalità buono, il 39% un giudizio mediocre e il 22% un giudizio buono-mediocre; le

schede che hanno fornito un esito negativo, infatti, risultano essere il 13% per la sponda destra e il 4% per la sponda sinistra.

In questa metodologia, il responso negativo della scheda viene fortemente influenzato, non solo dalle caratteristiche puramente ecologiche come la vegetazione presente in alveo, ma anche da caratteristiche idromorfologiche intrinseche al corso d'acqua oggetto di analisi. Se si considera ad esempio la fascia perifluviale, essa è in grado di alterare il punteggio, il livello e il giudizio di funzionalità sia per ampiezza sia per continuità delle formazioni vegetali che la compongono.

A dimostrazione di quanto appena detto, considerando il macrotratto analizzato, si nota che esso comprendeva alcuni tratti di dimensioni ridotte che decorrevano nelle immediate vicinanze del centro abitato di Goito; è stato appurato che, proprio queste realtà, ottenevano valori molto bassi a causa dell'urbanizzazione, che ha costretto la fascia perifluviale ad una piccola banda di pochi metri di dimensioni, ed a causa di opere in alveo volte alla derivazione dell'acqua ad uso agricolo.

Osservando il Grafico 2 (figura A e B), si nota che, rispetto alla situazione antecedente i lavori di sistemazione dell'alveo, la quantità percentuale delle schede con giudizio buono e mediocre è aumentata a discapito dei giudizi intermedi (ottimo-buono, buono-mediocre e mediocre-scadente).



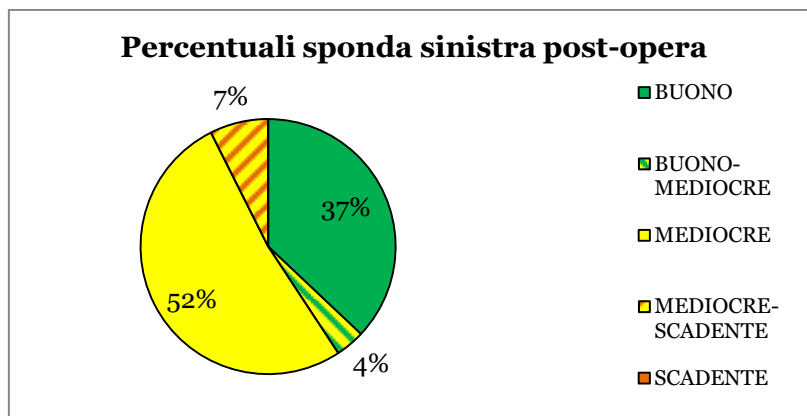


Grafico 2: Rappresentazione della situazione post-opera suddivisa in sponda destra (figura A) e sinistra (figura B)

Il confronto tra condizione ante-operam e post-operam non è molto intuitivo in quanto, le condizioni differenti che si sono presentate agli operatori, hanno imposto un aumento dei tratti da analizzare (23 prima della fase di lavorazione e 27 dopo).

Nel tentativo di comprendere meglio l'impatto che hanno avuto le lavorazioni ripariali e d'alveo sulle dinamiche ecologiche del corso d'acqua analizzato, si propongono i grafici al paragrafo successivo.

## Grafici esplicativi

### Confronto dei punteggi ante e post- opera in sponda destra

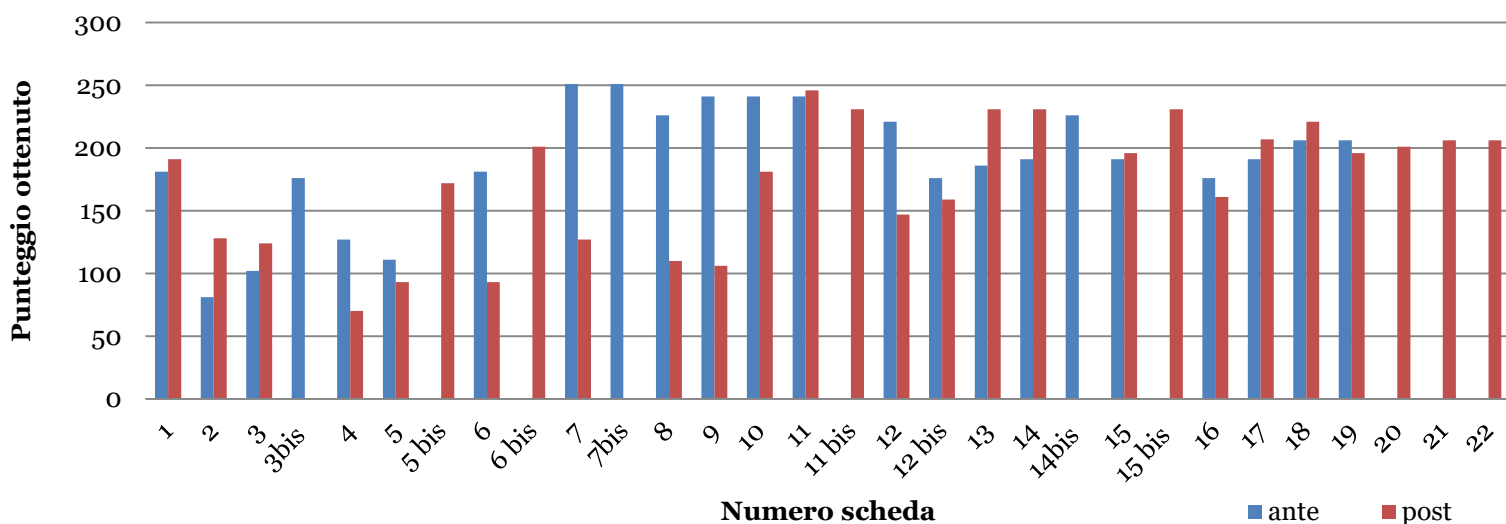


Grafico 3: Confronto tra schede in sponda destra

### Confronto dei punteggi ante e post- opera in sponda sinistra

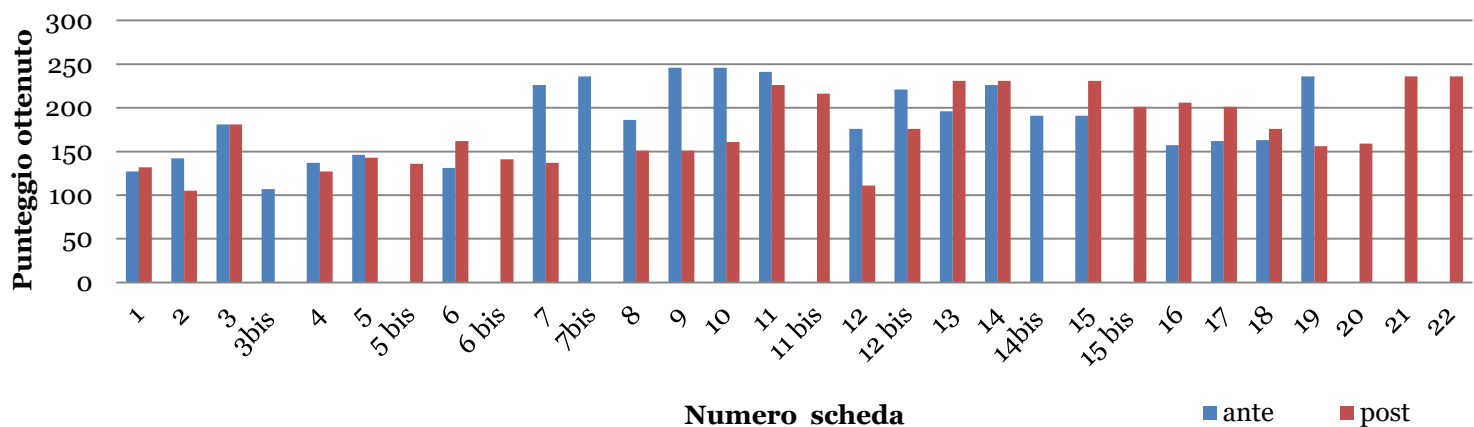


Grafico 4: Confronto tra schede in sponda sinistra

Dal Grafico 3 e dal Grafico 4 si nota che, in molti casi il punteggio della sponda destra dopo le lavorazioni d'alveo è leggermente migliorato (circa il 45% delle schede ha fornito esito post-opera maggiore della valutazione effettuata in fase antecedente i lavori) e il rimanente 55% ha dato un responso peggiore rispetto alla condizione ante-opera.

Per quanto riguarda la sponda sinistra, invece, il 40% ha migliorato il punteggio ottenuto, il 5% delle schede è rimasto invariato e il 55% lo ha peggiorato.

La lunghezza dei tratti analizzati non è rimasta la medesima, infatti in condizione ante-opera è stato necessario redigere 23 schede; dopo la fase di lavorazione, invece, il tronco di fiume Mincio è stato suddiviso in 27 tratti, ognuno corredato da relativa scheda. Il confronto tra i tratti è stato redatto quindi su un totale di 20 schede ed è puramente indicativo in quanto non si hanno tratti omogenei e standardizzati ma, al contrario, la lunghezza dei tratti è variabile anche in funzione alle lavorazioni effettuate. A supporto di questa tesi si pensi ad esempio alla posa di una palificata a sostegno della sponda: questo intervento, previsto nell'offerta tecnica, interferisce con le caratteristiche ecologico-naturalistiche del tratto studiato e pertanto costituisce un fattore di interruzione tra un tratto ed il successivo provocando una diminuzione o un aumento della lunghezza del tratto in analisi. L'operazione di confronto quindi risulta meramente indicativa, in quanto il paragone tra il prima e il dopo si effettua su una realtà notevolmente modificata.

### **Possibili cause da attribuire ai punteggi minori**

I punteggi minori, inferiori a 120, includono i giudizi mediocre-scadente e scadente.

Analizzando le schede e riferendosi alla sponda di destra, si nota che i giudizi inferiori si manifestano nelle immediate vicinanze del centro abitato di Goito,

dove sono presenti in alveo cementate a sostegno di piccole isole artificiali e della zona pedonale che decorre lungo il fiume; ad aggravare questa condizione è la fascia perfluviale che, in questi tratti limitrofi al centro abitato, risulta essere assente o di dimensioni molto ridotte.

È proprio in queste sezioni d'alveo che si sono realizzate buona parte delle opere atte al sostegno spondale (gabbionate e palificate); essendo state inserite in un contesto quasi del tutto artificiale, tali opere hanno contribuito al peggioramento di una situazione già in precedenza negativa.

In sponda sinistra, invece, i rilevamenti che hanno totalizzato punteggi inferiori a 120 sono in quantità minore; questo fenomeno differenziato tra sponde è dovuto alla conformazione del centro abitato: come si nota dalla Figura 12 e dalla Figura 13, il fiume Mincio attraversa l'abitato di Goito e, mentre in sponda destra si assiste ad uno sviluppo urbano parallelo al corso d'acqua, il lato sinistro del fiume sostiene l'urbanizzazione unicamente in una piccola area adiacente al ponte stradale.

Analogamente a quanto detto per la sponda destra, anche la sinistra orografica manifesta proprio in queste zone urbanizzate i punteggi peggiori.

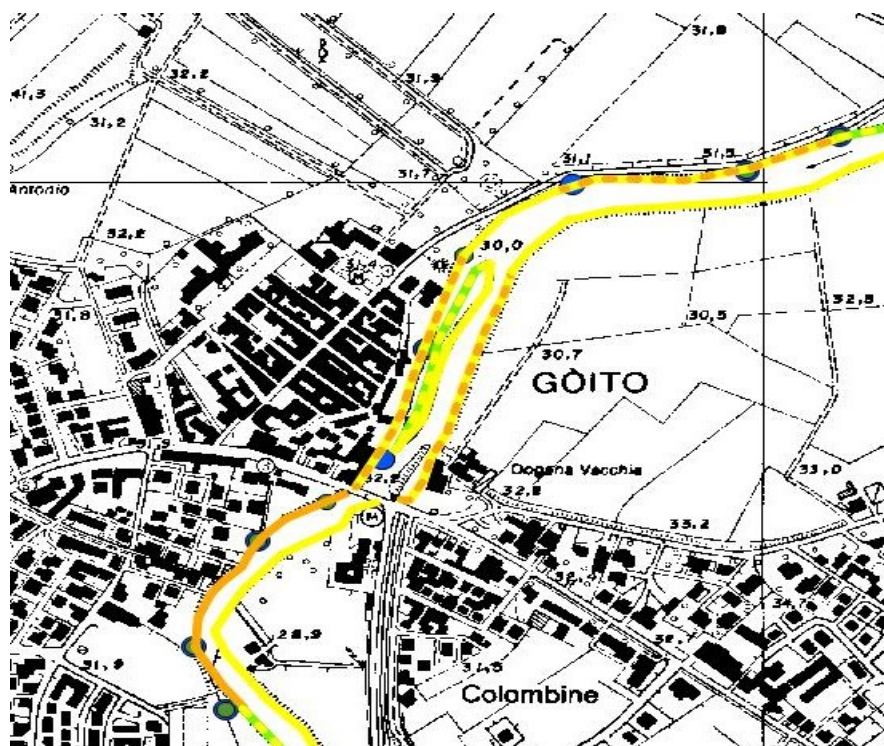


Figura 12: Vista in QGIS dei punteggi peggiori ante-opera



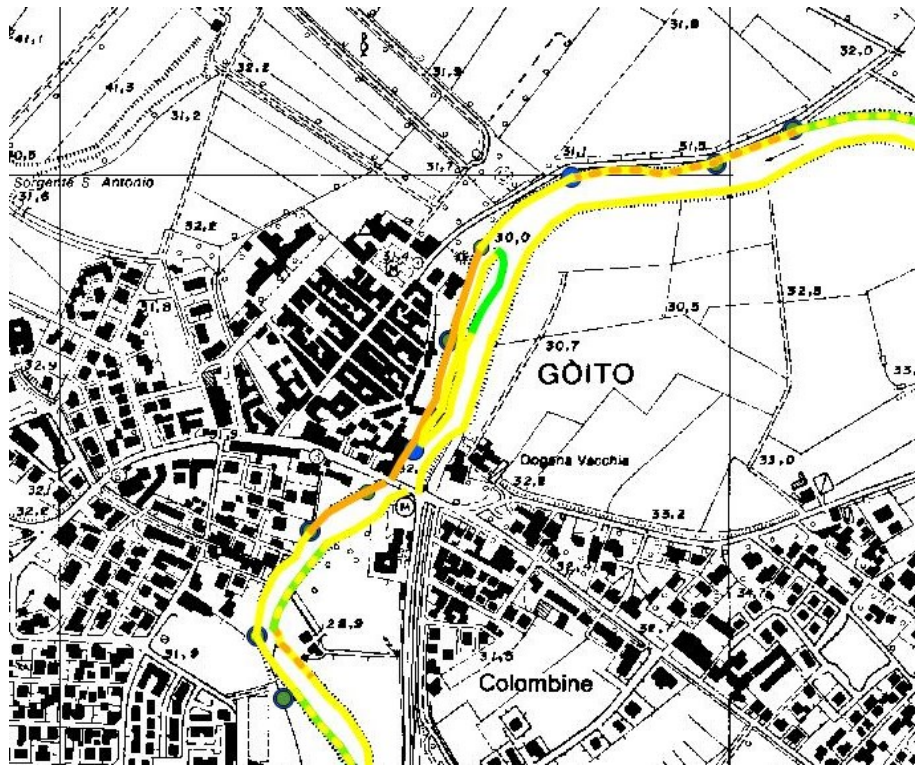


Figura 13: Vista in QGIS dei punteggi peggiori post-opera

Concludendo, le motivazioni che hanno portato la sponda sinistra all'ottenimento di questi giudizi sono le medesime appena citate per la destra fluviale; la quantità di tali giudizi, sia in destra che in sinistra fluviale, risulta essere influenzata invece dal grado di urbanizzazione delle sponde e dal numero di interventi necessari (minori in sponda sinistra).

## CONFRONTO TRASVERSALE

### Grafici con determinati valori

Nel tentativo di illustrare al meglio le dinamiche ecologiche, modificate a seguito delle sistemazioni d'alveo, si introduce un ulteriore livello di analisi; in questo capitolo il confronto che verrà effettuato sarà trasversale, ossia improntato su alcune caratteristiche determinanti e presenti in tutte le schede. Scopo principale dei grafici che seguono sarà quindi quello di evidenziare l'andamento di talune caratteristiche ecologiche ritenute fondamentali per il metodo stesso.

Come detto al capitolo "I LAVORI" la maggior parte delle lavorazioni previste nell'offerta tecnica, miravano alla ripulitura dell'alveo al fine di consentire un aumento della portata del Fiume. Per questa ragione, interrogandosi su quali fossero le variabili più incisive sul giudizio finale oltre a quelle analizzate nei capitoli precedenti, si è deciso di incentrare l'analisi su quattro parametri che per certi versi risultano collegati tra loro; tali parametri sono:

- Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici (domanda 7);
- Idoneità ittica (domanda 10);
- Componente vegetale in alveo bagnato (domanda 12);
- Comunità macrobentonica (domanda 14).

La Tabella 2, riportata alla pagina successiva, indica gli obiettivi fondamentali per ogni domanda.

NUMERO DOMANDA	OBIETTIVI
7	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Valutare la potenzialità dell'alveo ad ospitare una comunità animale e vegetale ricca e diversificata, in grado di concorrere all'autodepurazione delle acque.</li> <li>2. Valutare la capacità di ritenzione di fonti di energia per l'ecosistema acquatico operata da strutture morfologiche del fiume come tronchi incassati, massi e ciottoli, radici superficiali, canneti, cali di velocità nelle curve o nelle zone di ristagno.</li> </ol>
10	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Valutare le caratteristiche ambientali correlate alla capacità riproduttiva, alla possibilità di stabulazione, ai fattori legati alla fotosensibilità e alla presenza di un adeguato apporto trofico.</li> </ol>
12	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Valutare lo stato trofico delle acque attraverso l'osservazione dello sviluppo del film perifitico e dell'eventuale copertura macrofitica</li> </ol>
14	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Valutare l'esistenza di una comunità ben strutturata, ricca e diversificata.</li> </ol>

Tabella 2: tabella degli obiettivi delle domande di interesse

Analizzando gli obiettivi, si nota la presenza di una forte interconnessione tra le domande analizzate; tale relazione, esplicitata dal Grafico 5 e dal Grafico 6, valorizza la tesi che la vegetazione in alveo, favorisce l'idoneità ittica e trofica; essa permette inoltre uno sviluppo proporzionale della comunità macrobentonica.

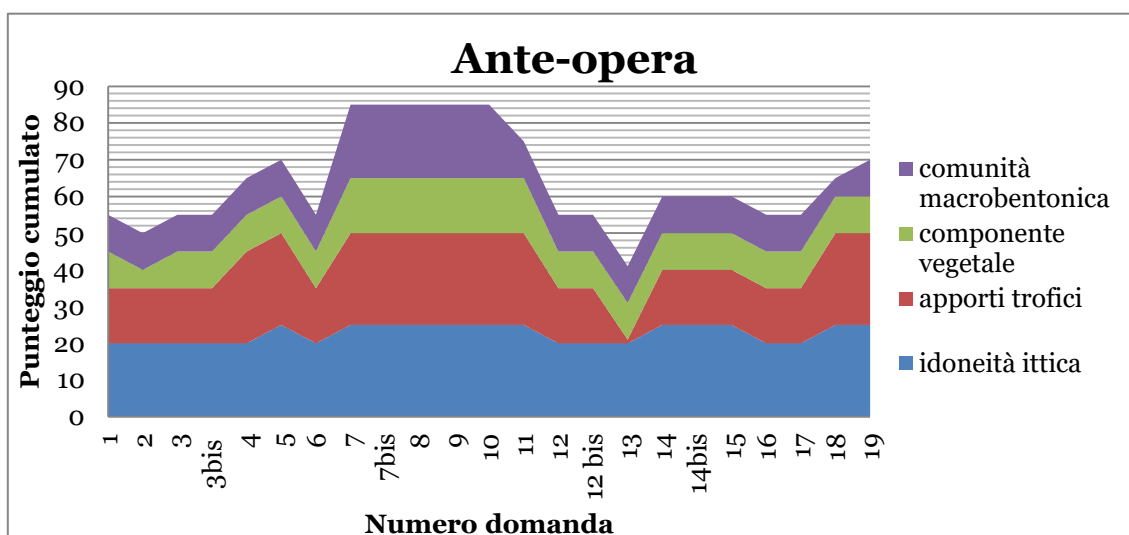


Grafico 5: Relazione tra componente vegetale, apporti trofici, idoneità ittica e comunità macrobentonica ante-opera.

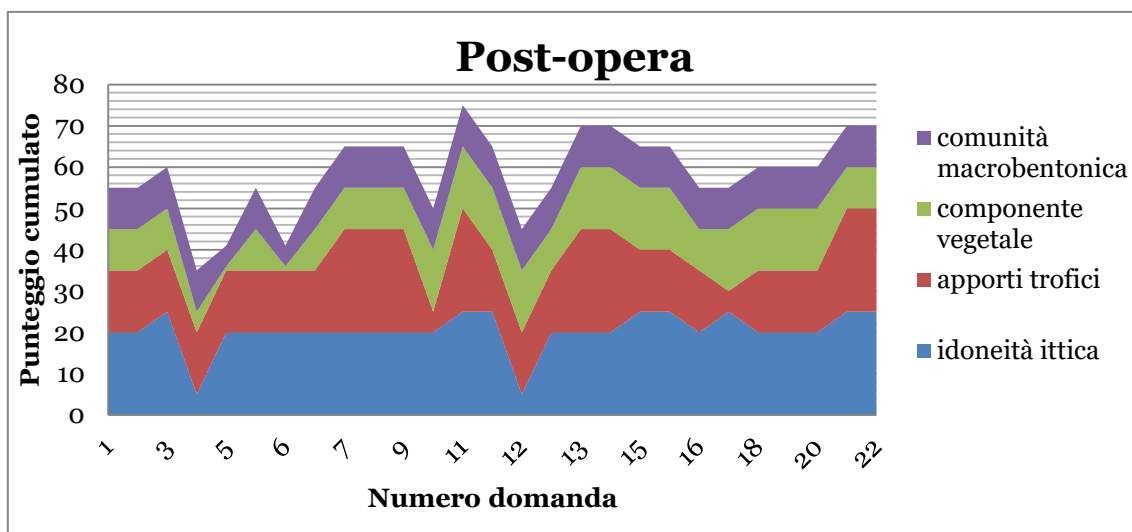


Grafico 6: Relazione tra componente vegetale, apporti trofici, idoneità ittica e comunità macrobentonica post-opera.

Analizzando le singole domande si nota che, mentre per componente vegetale in alveo, comunità macrobentonica e idoneità ittica i punteggi delle possibili risposte aumentano in relazione al miglioramento delle condizioni ecologiche del tratto, per la domanda numero 7 non sembrerebbe così: il punteggio aumenta in presenza di massi e tronchi stabilmente incassati o di canneti.

A primo impatto sembrerebbe una condizione negativa ma, studiando con maggior attenzione la domanda, il manuale IFF Siligardi et al., (2007) fornisce le debite spiegazioni: all'aumentare di massi e tronchi incassati o di canneti, aumentano le strutture in grado di trattenere la sostanza organica trasportata dalla corrente che rimane quindi disponibile per un maggiore periodo di tempo.

## CONCLUSIONI

Lo studio condotto fino a questo punto ha permesso di evidenziare in termini qualitativi l'impatto che le sistemazioni, necessarie alla regimazione della portata idraulica, hanno avuto sull'ambiente circostante.

Appare evidente in un primo momento che le lavorazioni effettuate hanno provocato un leggero peggioramento delle condizioni ecologiche dell'ambiente. Tale stato si è esplicitato mediante la diminuzione dei punteggi ottenuti dai singoli tratti e attraverso le classi di punteggio intermedie identificate con i giudizi buono-mediocre e mediocre-scadente che si sono ristrette sensibilmente a favore di giudizi più netti.

Dal Grafico 3 e dal Grafico 4 è stata ottenuta una stima che, a causa della diversa lunghezza dei tratti nelle due fasi di rilevamento, si è basata su un campione di 20 schede, evidenziando così un calo del punteggio nel 55% delle schede.

Procedendo nell'analisi si nota che i valori di punteggio peggiori, in entrambi i periodi di rilevamento, sono stati registrati in una zona specifica che attraversa il centro abitato principale di Goito. Tale concentrazione dei punteggi inferiori a 120, risulta fortemente influenzata, non solo dai lavori di sistemazione effettuati, ma anche da condizioni e opere già presenti in alveo e dalla conformazione del territorio; è questa la fascia di territorio che maggiormente risente dell'antropizzazione e della carenza di una adeguata fascia perifluviale.

Il metodo IFF, basando il suo approccio su una visione multidisciplinare, può essere influenzato sia da caratteristiche ecologico-naturalistiche, sia da caratteristiche idromorfologiche; durante il lavoro, tuttavia, è stato possibile constatare che, nel caso oggetto di analisi, queste ultime rivestono un ruolo marginale sull'andamento generale dell'indice, in quanto rimangono pressoché inalterate lungo l'intero macrotratto.

Tralasciando quindi le caratteristiche idromorfologiche, ritenute non determinanti, sono state individuate le cause principali che hanno modificato i punteggi all'interno delle peculiarità ecologiche e naturalistiche focalizzandosi su quattro domande, ritenute fondamentali.

Dai quattro aspetti considerati al capitolo "CONFRONTO TRASVERSALE", emerge che la componente che gioca un ruolo fondamentale per la determinazione del punteggio sembra essere la vegetazione presente in alveo la quale, influenzando l'idoneità ittica, la presenza di una comunità macrobentonica ben strutturata e gli apporti trofici (come mostrato dai grafici a pagina 35 e 36), altera i punteggi del 36% delle domande (cinque domande sul totale).

Alla luce di quanto emerso, si deduce che il metodo ha avuto un lieve impatto sulla qualità dell'ambiente fluviale espresso tramite un leggero calo dei punteggi ottenuti. Questa condizione non deve destare inutili preoccupazioni, infatti l'ecosistema tenderà ad evolvere riproducendo le condizioni iniziali; la presenza di tratti con giudizio inferiore al mediocre-scadente è principalmente imputabile alla forte pressione insediativa che ha permesso l'urbanizzazione delle zone limitrofe al corso d'acqua e non alle lavorazioni previste a progetto.

L'impatto, anche grazie alle accortezze degli operatori durante il periodo delle lavorazioni, sembra essere stato minimo; si consiglia pertanto la medesima attenzione nelle operazioni di manutenzione successive svolgendo le attività con mezzi a motore silenziato, praticando un corretto smaltimento dei residui di lavorazione ed evitando, ove possibile, le operazioni nelle zone di maggior interesse per la fauna fluviale.

## BIBLIOGRAFIA

- Siligardi M. - coordinatore - Avolio F., Minciardi M. R., Baldaccini G., Monauni C., Bernabei S., Negri P., Bucci M. S., Pineschi G., Cappelletti C., Pozzi S., Chierici E., Rossi G. L., Ciutti F., Sansoni G., Floris B., Spaggiari R., Franceschini A., Tamburro C., Mancini L., Zanetti M. (2007), IFF 2007 - INDICE DI FUNZIONALITÀ FLUVIALE- Nuova versione del metodo revisionata e aggiornata- a cura di Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici Dipartimento stato dell'ambiente controlli e sistemi informativi, ISBN 978-88-448-0318-6.
- Regione Lombardia, ERSAF (2004), Caratteri fisici del territorio, in: Suoli e paesaggi della provincia di Mantova, a cura di Dante Fasolini, Vanna Maria Sale, p. 7-16.
- Amm.ne Prov.le di Mantova, Regione Lombardia: Istituto Superiore Lattiero Caseario di Mantova (1989), Caratteristiche altimetriche, geomorfologiche, idrogeologiche e idrografiche, in: Unità di paesaggio e capacità d'uso del territorio provinciale di Mantova, a cura del Consiglio nazionale delle ricerche, p. 27-31.
- Impresa FOLICALDI COSTUZIONI, Servizio tecnico Asolastudio, Offerta tecnica in: LAVORI DI SISTEMAZIONE DEL FIUME MINCIO NATURALE DA POZZOLO A GOITO.
- Impresa FOLICALDI COSTUZIONI, Servizio tecnico Asolastudio (2011), PROGETTO DEFINITIVO, in: RELAZIONE TECNICA (ELABORATO R1).

## SITOGRAFIA

- Autorità di bacino del fiume Po, Strumenti\_Di\_Monitoraggio, [http://www.adbpo.it/maplab\\_projects/webgis/webgis\\_app/webgis.php?mappa\\_geo=/usr/local/layers/mapfile/strumenti\\_di\\_monitoraggio.map&instance=1&idChannel=1&node=null](http://www.adbpo.it/maplab_projects/webgis/webgis_app/webgis.php?mappa_geo=/usr/local/layers/mapfile/strumenti_di_monitoraggio.map&instance=1&idChannel=1&node=null), Visitato dicembre 2015.
- Autorità di bacino del fiume Po, LINEE GENERALI DI ASSETTO IDRAULICO E IDROGEOLOGICO (MINCIO), [www.adbpo.it](http://www.adbpo.it), Visitato gennaio 2015.
- ARPALOMBARDIA, servizio idrografico di Arpa Lombardia, STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA MINCIO, <http://idro.arpalombardia.it/manual/Mincio.pdf>, Visitato dicembre 2015.
- ARPALOMBARDIA, servizio idrografico di Arpa Lombardia, <http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>, Visitato dicembre 2015.
- ARPALOMBARDIA, [http://ita.arpalombardia.it/ita/settori/acque/PDF/2012/sup/Rapporto\\_annuale\\_acque\\_superficiali\\_MINCIO.pdf](http://ita.arpalombardia.it/ita/settori/acque/PDF/2012/sup/Rapporto_annuale_acque_superficiali_MINCIO.pdf), STATO DELLE ACQUE SUPERFICIALI BACINO DEL FIUME MINCIO E LAGO DI GARDA, Visitato gennaio 2016.
- Arpav, PROGETTO SARCAGARDAMINCIO, 2007, [http://www.arpa.veneto.it/arpav/chi-e-arpav/file-e-allegati/dap-verona/acqua/Progetto\\_Sarca-Garda-Mincio.pdf](http://www.arpa.veneto.it/arpav/chi-e-arpav/file-e-allegati/dap-verona/acqua/Progetto_Sarca-Garda-Mincio.pdf), Visitato gennaio 2016.
- Parco del Mincio, Alto Mincio, <http://www.parcodelmincio.it/>, Visitato gennaio 2016.
- AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO Bacino di rilievo nazionale, 2014, Progetto di Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni, [http://www.adbpo.it/PDGA\\_Documenti\\_Piano/Progetto\\_Piano/Relazioni\\_di\\_Piano/Parte\\_4A/Schede\\_ARS\\_Distrettuali/PDF/11\\_Mantova.pdf](http://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/Progetto_Piano/Relazioni_di_Piano/Parte_4A/Schede_ARS_Distrettuali/PDF/11_Mantova.pdf), Visitato gennaio 2016.



## APPENDICI

<b>Numero allegato</b>	<b>Contenuto allegato</b>	<b>Pagina</b>
1	Struttura della scheda utilizzata per i rilevamenti, proposta dal manuale	42-45
2	Scheda compilata a titolo esemplificativo	46-49
3	Tabella riassuntiva dei giudizi ottenuti in fase ante-opera, utilizzata per l'elaborazione dati	50-51
4	Tabella riassuntiva dei giudizi ottenuti in fase post-opera, utilizzata per l'elaborazione dati	52-53

ALLEGATO 1:


 <p>ARPA LOMBARDIA          Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente          Settore Monitoraggi Ambientali          Acque</p>	<b>SCHEDA INDICE di FUNZIONALITÀ FLUVIALE</b>		
	Bacino:		
	Località:		
	Codice:		
	Tratto (m):		
Scheda N°.....	foto N°.....		

FOTO	ORTOFOTO (1:5000)

Coordinate G.B. (inizio tratto):	Coordinate G.B. ( fine tratto):
----------------------------------	---------------------------------

	<i>sponda</i>	dx		sx
--	---------------	----	--	----

1) Stato del territorio circostante

a) assenza di antropizzazione	25		25
b) compresenza di aree naturali e usi antropici del territorio	20		20
c) colture stagionali e/o permanenti; urbanizzazione rada	5		5
d) aree urbanizzate	1		1

2) Vegetazione presente nella fascia perifluviale primaria

a) compresenza di formazioni riparie complementari funzionali	40		40
b) presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie	25		25
c) assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali	10		10
d) assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

2bis) Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria

a) compresenza di formazioni riparie complementari funzionali	20		20
b) presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie	10		10
c) assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali	5		5
d) assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale

a) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali maggiore di 30 m	15		15
b) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 30 e 10m	10		10
c) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 10 e 2 m	5		5
d) assenza di formazioni funzionali	1		1

4) Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perfluviale

a) sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15		15
b) sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10		10
c) sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata o solo arbusteti a dominanza di esotiche e infestanti	5		5
d) suolo nudo, popolamenti vegetali radi	1		1

5) Condizioni idriche

a) regime perenne con portate indisturbate e larghezza dell'alveo bagnato > 1/3 dell'alveo di morbida		20	
b) fluttuazioni di portata indotte di lungo periodo con ampiezza dell'alveo bagnato < 1/3 dell'alveo di morbida o variazione del solo tirante idraulico		10	
c) disturbi di portata frequenti o secche naturali stagionali non prolungate o portate costanti indotte		5	
d) disturbi di portata intensi, molto frequenti o improvvisi o secche prolungate indotte per azione antropica		1	

6) Efficienza di esondazione

a) tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di morbida		25	
b) alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)		15	
c) alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2-3 volte)		5	
d) tratti 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	

7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici

a) alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto o idrofite)		25	
---	--	----	--

b) massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)		15	
c) strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)		5	
d) alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme		1	

#### 8) Erosione

a) poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve	20		20
b) presente sui rettilinei e/o modesta incisione verticale	15		15
c) frequente con scavo delle rive e delle radici e/o evidente incisione verticale	5		5
d) molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1

#### 9) Sezione trasversale

a) alveo integro con alta diversità morfologica		20	
b) presenza di lievi interventi artificiali ma con discreta diversità morfologica		15	
c) presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica		5	
d) artificiale o diversità morfologica quasi nulla sponda dx sx		1	

#### 10) Idoneità ittica

a) elevata		25	
b) buona o discreta		20	
c) poco sufficiente		5	
d) assente o scarsa		1	

#### 11) Idromorfologia

a) elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare		20	
b) elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare		15	
c) elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo		5	
d) elementi idromorfologici non distinguibili		1	

#### 12) Componente vegetale in alveo bagnato

a) perifiton sottile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		15	
b) film perifitico tridimensionale apprezzabile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		10	

c) perifiton discreto o (se con significativa copertura di macrofite tolleranti) da assente a discreto		5	
d) perifiton 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	
b) sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto all'atteso		10	
c) poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento		5	
d) assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti l'inquinamento		1	

Punteggio totale			
Livello di funzionalità			
Giudizio di funzionalità			
Colore			

NOTE:

## ALLEGATO 2

 <p>ARPA LOMBARDIA          Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente          Settore Monitoraggi Ambientali          Acque</p>	<b>SCHEDA INDICE di FUNZIONALITÀ FLUVIALE</b> Bacino: Fiume Po Corso d'acqua: Fiume Mincio Località: GOITO (MN) Codice: DA PARTE CEMENTATA A PONTE GOITENSE LATO DX OROGRAFICO Tratto: (m) 168 Scheda N°6/22 foto N° 6	
		
FOTO	ORTOFOTO (1:5000)	

Coordinate G.B.(inizio tratto):1631500/5012549	Coordinate G.B. (fine tratto):1631582/5012753
--	---

	<i>sponda</i>	dx		sx
--	---------------	----	--	----

### 1) Stato del territorio circostante

a) assenza di antropizzazione	25	25
b) presenza di aree naturali e usi antropici del territorio	20	20
c) colture stagionali e/o permanenti; urbanizzazione rada	5	5
d) aree urbanizzate	1	1

### 2) Vegetazione presente nella fascia perfluviale primaria

a) presenza di formazioni riparie complementari funzionali	40	25
b) presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie	25	20

c) assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali	5		5
d) assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

2bis) Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria

a) compresenza di formazioni riparie complementari funzionali	20		20
b) presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie	10		10
c) assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali	5		5
d) assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale

a) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali maggiore di 30 m	15		15
b) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 30 e 10m	10		10
c) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 10 e 2 m	5		5
d) assenza di formazioni funzionali	1		1

4) Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale

a) sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15		15
b) sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10		10
c) sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata o solo arbusteti a dominanza di esotiche e infestanti	5		5
d) suolo nudo, popolamenti vegetali radi	1		1

5) Condizioni idriche

a) regime perenne con portate indisturbate e larghezza dell'alveo bagnato > 1/3 dell'alveo di morbida		20	
b) fluttuazioni di portata indotte di lungo periodo con ampiezza dell'alveo bagnato < 1/3 dell'alveo di morbida o variazione del solo tirante idraulico		10	
c) disturbi di portata frequenti o secche naturali stagionali non prolungate o portate costanti indotte		5	
d) disturbi di portata intensi, molto frequenti o improvvisi o secche prolungate indotte per azione antropica		1	

6) Efficienza di esondazione

a) tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di		25	
--	--	----	--

morbida			
b) alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)		15	
c) alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2-3 volte)		5	
d) tratti 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	

7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici

a) alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto o idrofite)		25	
b) massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)		15	
c) strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)		5	
d) alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme		1	

8) Erosione

a) poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve	20		20
b) presente sui rettilinei e/o modesta incisione verticale	15		15
c) frequente con scavo delle rive e delle radici e/o evidente incisione verticale	5		5
d) molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1

9) Sezione trasversale

a) alveo integro con alta diversità morfologica		20	
b) presenza di lievi interventi artificiali ma con discreta diversità morfologica		15	
c) presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica		5	
d) artificiale o diversità morfologica quasi nulla sponda dx sx		1	

10) Idoneità ittica

a) elevata		25	
b) buona o discreta		20	
c) poco sufficiente		5	
d) assente o scarsa		1	



11) Idromorfologia

a) elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare		20	
b) elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare		15	
c) elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo		5	
d) elementi idromorfologici non distinguibili		1	

12) Componente vegetale in alveo bagnato

a) periferia ton sottile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		15	
b) fito periferico tridimensionale apprezzabile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		10	
c) perifiton discreto o (se con significativa copertura di macrofite tolleranti) da assente a discreto		5	
d) perifiton 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	
b) sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto all'atteso		10	
c) poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento		5	
d) assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti l'inquinamento		1	

Punteggio totale	93	143
Livello di funzionalità	IV	III
Giudizio di funzionalità	SCADENTE	MEDIOCRE
Colore		

NOTE:

ALLEGATO 3

Numero tratto	X	Y	Giudizio di Funzionalità			
			Sponda dx		Sponda sx	
1	1631387	5011845	BUONO-MEDIOCRE		MEDIOCRE	
	1631345	5012220				
2	1631345	5012220	SCADENTE		MEDIOCRE	
	1631464	5012531				
3	1631464	5012531	MEDIOCRE-SCADENTE		BUONO-MEDIOCRE	
	1631630	5012892				
3 bis	1631464	5012531	MEDIOCRE		MEDIOCRE-SCADENTE	
	1631630	5012892				
4	1631630	5012892	MEDIOCRE		MEDIOCRE	
	1631743	5012987				
5	1631743	5012987	MEDIOCRE-SCADENTE		MEDIOCRE	
	1632096	5013065				
6	1632096	5013065	BUONO-MEDIOCRE		MEDIOCRE	
	1632481	5013018				
7	1632481	5013018	OTTIMO-BUONO		BUONO	
	1633051	5013077				
7 bis	1632481	5013018	OTTIMO-BUONO		BUONO	
	1633051	5013077				
8	1633051	5013077	BUONO		BUONO-MEDIOCRE	
	1633331	5014133				
9	1633331	5014133	BUONO		BUONO	
	1633986	5014290				
10	1633986	5014290	BUONO		BUONO	
	1634001	5015190				
11	1634001	5015190	BUONO		BUONO	
	1634435	5015576				
12	1634435	5015576	BUONO		MEDIOCRE	
	1634874	5015685				
12 bis	1634435	5015576	MEDIOCRE		BUONO	
	1634874	5015685				
13	1634874	5015685	BUONO-MEDIOCRE		BUONO-MEDIOCRE	
	1635004	5015942				
14	1635004	5015942	BUONO-MEDIOCRE		BUONO	
	1635147	5016231				
14 bis	1635004	5015942	BUONO		BUONO-MEDIOCRE	
	1635147	5016231				
15	1635147	5016231	BUONO-MEDIOCRE		BUONO-MEDIOCRE	
	1635198	5016434				

16	1635198	5016434	MEDIocre		MEDIocre	
	1635057	5016869				
17	1635057	5016869	BUONO-MEDIocre		MEDIocre	
	1634103	5014771				
18	1634103	5014771	BUONO		MEDIocre	
	1633185	5013538				
19	1633185	5013538	BUONO		BUONO	
	1633165	5013602				

Tabella 3: Risultati della funzionalità fluviale (I.F.F.) del fiume Mincio in fase ante-operam (MANUALE APAT, 2007)

ALLEGATO 4

Numero Tratto	X	Y	Giudizio di funzionalità			
			Sponda dx		Sponda sx	
1	1631386	5011845	BUONO-MEDIOCRE		MEDIOCRE	
	1631435	5012109				
2	1631435	5012109	MEDIOCRE		MEDIOCRE-SCADENTE	
	1631294	5012313				
3	1631294	5012313	MEDIOCRE		BUONO-MEDIOCRE	
	1631374	5012469				
4	1631374	5012469	SCADENTE		MEDIOCRE	
	1631482	5012541				
5	1631500	5012549	SCADENTE		MEDIOCRE	
	1631582	5012753				
5 BIS	1631500	5012549	MEDIOCRE		MEDIOCRE	
	1631582	5012753				
6	1631582	5012753	SCADENTE		MEDIOCRE	
	1631629	5012892				
6BIS	1631582	5012753	BUONO		MEDIOCRE	
	1631629	5012892				
7	1631629	5012892	MEDIOCRE		MEDIOCRE	
	1631764	5012996				
8	1631764	5012996	MEDIOCRE-SCADENTE		MEDIOCRE	
	1631979	5013016				
9	1631979	5013016	MEDIOCRE-SCADENTE		MEDIOCRE	
	1632095	5013068				
10	1632095	5013068	BUONO-MEDIOCRE		MEDIOCRE	
	1632473	5013040				
11	1632473	5013040	BUONO		BUONO	
	1633050	5013077				
11 BIS	1632473	5013040	BUONO		BUONO	
	1633050	5013077				
12	1633050	5013077	MEDIOCRE		MEDIOCRE-SCADENTE	
	1633140	5013505				
12 BIS	1633050	5013077	MEDIOCRE		MEDIOCRE	
	1633140	5013505				
13	1633140	5013505	BUONO		BUONO	
	1633165	5014180				
14	1633165	5014180	BUONO		BUONO	
	1633969	5014332				
15	1633969	5014332	BUONO-MEDIOCRE		BUONO	
	1634057	5014691				

15 BIS	1633969	5014332	BUONO		BUONO	
	1634057	5014691				
16	1634057	5014691	MEDIocre		BUONO	
	1634041	5015352				
17	1634041	5015352	BUONO		BUONO	
	1634435	5015574				
18	1634435	5015574	BUONO		MEDIocre	
	1634896	5015699				
19	1634896	5015699	BUONO-MEDIocre		MEDIocre	
	1635075	5016080				
20	1635075	5016080	BUONO		MEDIocre	
	1635156	5016256				
21	1635156	5016256	BUONO		BUONO	
	1635198	5016434				
22	1635198	5016434	BUONO		BUONO	
	1635055	5016871				

Tabella 4: Risultati della funzionalità fluviale (I.F.F.) del fiume Mincio in fase post-operam (MANUALE APAT, 2007)