

# DERIVAZIONE IDROELETTRICA SUL FIUME ADDA *a valle del nuovo ponte sulla SS591*

*"Piccola derivazione" ai sensi dell'art. 6 del R.D. 1775/1933*

*Valutazione di impatto ambientale artt. 23-24-25-26 D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.*

## FASCICOLO DEL PASSAGGIO ARTIFICIALE DELL'ITTIOFAUNA

DATA PROGETTO <b>Dicembre 2012</b>	AGGIORNAMENTO <b>Novembre 2013</b>	SCALA	ELABORATO <b>22</b>
---------------------------------------	---------------------------------------	-------	------------------------

### GRUPPO DI PROGETTAZIONE

### PROPONENTE

**Capellino**  
Studio di Ingegneria

**STUDIO DI INGEGNERIA**

**Dott. Ing. ANTONIO CAPELLINO**

Via Rosa Bianca, 18  
12084 Mondovì - (CN)

☎ 0174/551247  
335/6560172

✉ studiocapellino@alice.it



**Sis.Co. In.**

**Dott. Ing. BARTOLOMEO DOMINICI**

Via Bucci, 2  
10022 CARMAGNOLA - (TO)

☎ 011/9711820  
337-221887

✉ ing.dominici@virgilio.it

**Dott. MASSIMO PASCALE** (ittologo)

Via Aurora, 5  
10064 Pinerolo (TO)

☎ 0121/040020

✉ pascale\_massimo@fastwebnet.it

**Dott. Arch. DANIELE BORGNA**

Via G. Pascoli, 39/6 - 12084 Mondovì (CN)

☎ 339-3131477

✉ arch.borgna@virgilio.it

**Geom. ALBERTO BALSAMO**

S.S. 28 Nord, 6 - 12084 Mondovì (CN)

☎ 347-4097196

✉ alberto.balsamo@geopec.it

**Dott. Ing. ALBERTO BONELLO**

Strada di Pascomonti - 12084 Mondovì (CN)

☎ 328-4541205

✉ alberto.bonello@ingpec.eu



**EDISON**

**EDISON S.p.a.**

Sede Legale:

Foro Buonaparte, 31 - 20121 Milano  
Partita IVA 12921540154

☎ 02/6222.7534  
02/6222.8480

www.edison.it

✉ PEC: asee@pec.edison.it

## Sommario

INTRODUZIONE .....	2
1. M1-IA DESCRIZIONE DELLO SBARRAMENTO .....	3
1.1. Localizzazione dello sbarramento .....	3
1.2. Descrizione dello sbarramento .....	5
1.3. Gestione della derivazione .....	5
1.3.1. Rilascio del deflusso minimo vitale .....	5
1.3.2. Dispositivi di modulazione della portata .....	6
1.3.3. Distribuzione della portata .....	6
2. M1-IA CARATTERIZZAZIONE DELL'ITTIOFAUNA .....	7
3. M1-IA INDAGINE IDROLOGICA ED IDRAULICA .....	12
3.1. Sintesi idrologica .....	12
3.1.1. Portate medie .....	13
3.1.2. Curva di durata delle portate .....	14
3.1.3. Portate derivabili .....	15
3.2. Idrometria .....	17
3.2.1. Metodo utilizzato .....	17
3.2.2. Livelli idrometrici .....	17
4. M1-IA INDAGINE SEDIMENTOLOGICA .....	20
5. M1-IA INDICAZIONI AMBIENTALI .....	21
1. M2-SP TIPOLOGIA DEL PASSAGGIO .....	22
2. M2-SP DOCUMENTAZIONE GRAFICA .....	23
3. M2-SP VERIFICA IDRAULICA DEL PASSAGGIO .....	24
3.1. Verifica della portata di alimentazione .....	24
3.2. Verifica della velocità nell'imbocco .....	24
3.3. Verifica della velocità nel canale .....	25
4. M2-SP SALVAGUARDIA DELLO SVALLAMENTO .....	26
1. M3-EP MODALITÀ ESECUTIVE DELL'OPERA .....	27
2. M3-EP PIANO DI MANUTENZIONE .....	28
3. M3-EP PIANO DI COLLAUDO E MONITORAGGIO .....	29
APPENDICE: DOCUMENTAZIONE GRAFICA .....	30

## INTRODUZIONE

Il presente elaborato contiene i documenti richiesti dal “Protocollo per la presentazione dei progetti di passaggio per pesci (PP)” della Provincia di Lodi.

Il documento è suddiviso in moduli, come richiesto dal protocollo:

- Modulo 1      Inquadramento Ambientale      (M1-IA)
- Modulo 2      Studio di Progetto      (M2-SP)
- Modulo 3      Esecuzione di Progetto      (M3-EP)

## 1. M1-IA DESCRIZIONE DELLO SBARRAMENTO

### 1.1. Localizzazione dello sbarramento

L'area di intervento è sita sul fiume Adda nel tratto che rappresenta il confine tra il Comune di Bertonico (LO) in destra orografica ed i comuni di Ripalta Arpina (CR) e Gombito (CR) in sponda sinistra.

Il tratto di fiume Adda in questione appartiene al ramo sublacuale, emissario del Lago di Como e maggiore tributario sinistro del Fiume Po. In particolare il tratto in oggetto è quello finale, più prossimo all'immissione nel Fiume Po, dove il corso d'acqua presenta andamento particolarmente sinuoso.

L'impanato, infatti, valorizza energeticamente un meandro attraverso un taglio particolarmente breve. In particolare la derivazione è ubicata tra il ponte nuovo e quello vecchio, ormai demolito, della Strada Statale 591 Crema – Codogno.

Nel tratto sublacuale il fiume Adda è particolarmente laminato. Ciò è evidenziato dallo sviluppo unicursale del fiume e dall'alveo inciso con sponde definite. Nel tratto in questione, il fiume presenta argini rilevati sia in destra sia in sinistra orografica, che formano aree golenali più o meno estese. Circa 1,1 km a monte della derivazione in progetto è presente l'immissione del fiume Serio, in sinistra orografica.

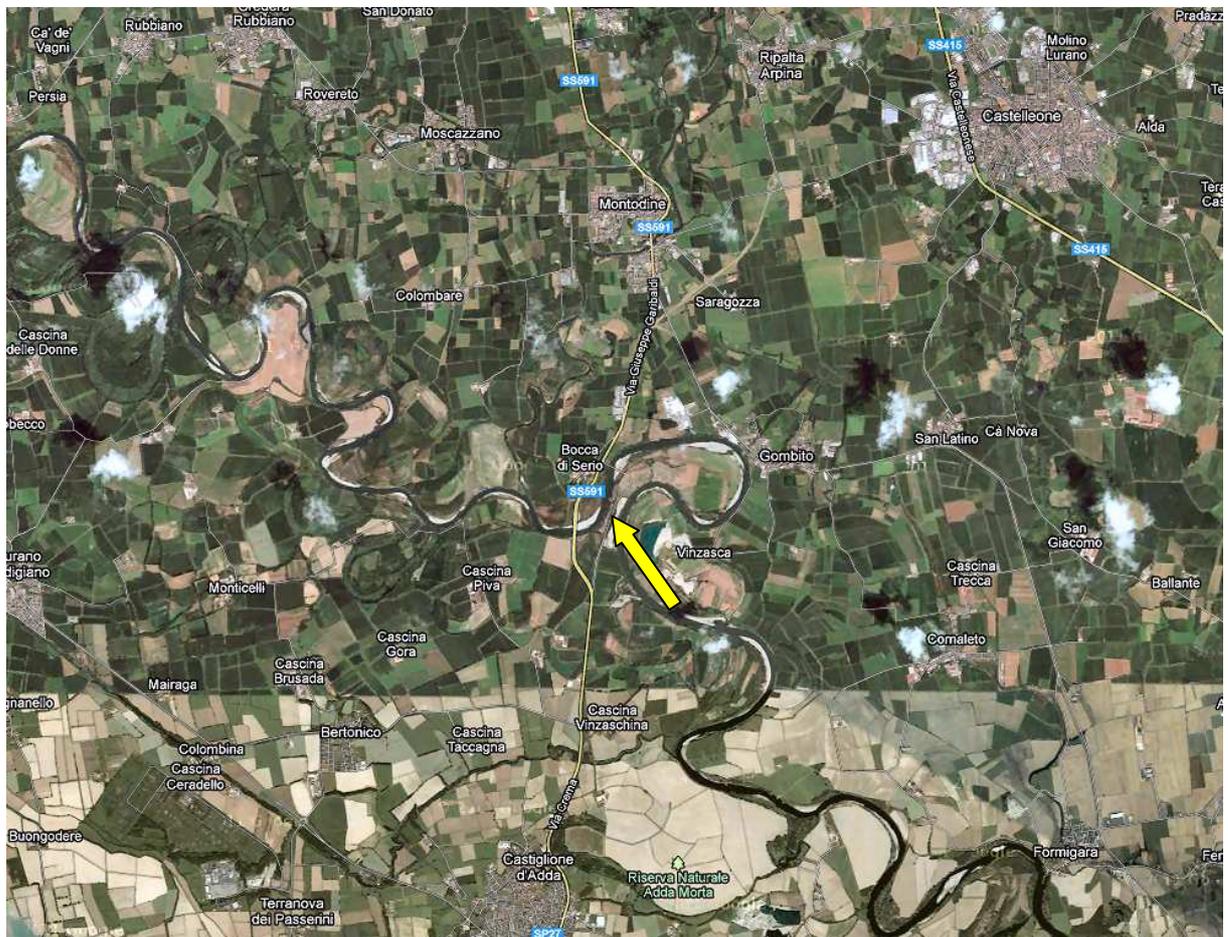


Figura 1: Ortofotocarta dell'area estesa di intervento - la freccia indica il sito di progetto

Dal punto di vista infrastrutturale, come già evidenziato, il sito di intervento è ubicato poco a valle del ponte della S.S. 591. Il vecchio sedime stradale rilevato, di accesso al ponte ormai demolito, forma un argine invalicabile anche in caso di piena eccezionale. Tale sbarramento, che si insinua all'interno dell'ansa, impedisce alla corrente il taglio di meandro.

In merito agli aspetti paesaggistici del luogo, seppur il sito in esame ricada all'interno del Parco Naturale Adda Sud, lo stesso risulta particolarmente antropizzato e non presenta particolare valenza paesaggistica: come anticipato, infatti, l'impianto si colloca nei pressi della SS. 591 (a valle del ponte sull'Adda), in corrispondenza del vecchio sedime stradale e di un deposito di inerti; sulla sponda sinistra è presente inoltre una cava per l'estrazione di aggregati che ha formato un piccolo lago artificiale.

Nella figura che segue è illustrata la simulazione della situazione in progetto.



*Figura 2: simulazione della situazione in progetto*

## 1.2. Descrizione dello sbarramento

E' prevista la costruzione di uno sbarramento appena a valle della derivazione per mantenere costante il livello piezometrico nella sezione di presa.

La necessità di mantenere il carico idraulico elevato è conciliata con le esigenze di sicurezza idraulica prevedendo uno sbarramento di tipo mobile. Infatti, durante gli eventi di piena parte dello sbarramento è abbattuto sul fondo per favorire il deflusso idraulico.

La struttura fissa della traversa è costruita in cemento armato a vista e prevede fondazioni profonde su diaframmi a formare sia i taglioni di monte e di valle sia una chiusura laterale degli stessi.

La soglia della traversa è a quota 45,50 m s.l.m. ed i muri di sponda si elevano a 48,50 m s.l.m. in sinistra orografica e 49,50 m s.l.m. in destra; a valle dello sbarramento è presente una platea per la dissipazione dell'energia cinetica della corrente.

Ordinariamente il carico idraulico è mantenuto artificialmente alla quota di 47,95 m s.l.m. modulando opportunamente sia lo sbarramento mobile sia la derivazione idroelettrica principale. Questa condizione permette una corretta alimentazione sia del passaggio artificiale per l'ittiofauna, che è fisso, sia degli impianti idroelettrici.

Lo sbarramento mobile è composto da una batteria di 8 paratoie a ventola più una paratoia composta (base a settore e sormonto a ventola) che regola anche le cacciate il sedimentatore. La batteria di paratoie si estende per tutta la larghezza della traversa ed è interrotta da un unico pilone che isola lo scarico del sedimentatore. Complessivamente la batteria principale di paratoie si estende per una larghezza di 88,00 m e lo scarico di fondo del sedimentatore è largo 10,00 m; il pilone di separazione è largo 2,00 m.

La batteria di paratoie è sollevata attraverso una serie di cuscini elastomerici tubolari riempito con acqua.

Nella condizione ordinaria le paratoie sono inclinate di circa 45° rispetto la verticale e mantengono il carico idraulico alla quota di progetto di 47,95 m s.l.m., che è anche la quota di massima ritenuta. In condizione di riposo, invece, sono abbattute fino ad essere orizzontali e complanari alla soglia fissa di cemento armato.

## 1.3. Gestione della derivazione

### 1.3.1. Rilascio del deflusso minimo vitale

L'impianto idroelettrico in progetto rilascia, nel tratto sotteso, il deflusso minimo vitale di 26,408 m<sup>3</sup>/s.

La portata di deflusso minimo vitale è utilizzata per adempiere al funzionamento del passaggio artificiale per l'ittiofauna e per mascherare la batteria di paratoie a ventola che formano lo sbarramento mobile in progetto.

Attraverso il passaggio artificiale per l'ittiofauna è rilasciata la portata di 0,600 m<sup>3</sup>/s, che ne garantisce un ottimale funzionamento.

Sulle paratoie a ventola è rilasciata la portata complementare di 25,808 m<sup>3</sup>/s, che crea una vena sfiorante di circa 27 cm, da verificarsi in fase di collaudo in funzione dei coefficienti di deflusso reali della soglia mobile.

### 1.3.2. *Dispositivi di modulazione della portata*

La distribuzione della portata lasciata defluire ed addotta è governata naturalmente dalla geometria del passaggio artificiale per l'ittiofauna ed artificialmente dal sistema di sbarramento mobile, dai distributori e dalle giranti delle turbine Kaplan e dalle paratoie di presa..

La geometria dell'imbocco del passaggio artificiale per l'ittiofauna è tale per cui la portata necessaria al funzionamento del dispositivo idraulico è garantita da un carico piezometrico nel bacino a monte della traversa pari alla soglia di progetto, cioè 47,81 m s.l.m..

Lo sbarramento mobile è regolato per garantire la corretta alimentazione del passaggio artificiale per l'ittiofauna, assicurata con un carico idraulico pari a 47,81 m s.l.m.. Inoltre su di esso defluisce la portata complementare di 25,808 m<sup>3</sup>/s, a mascheramento della batteria di paratoie che formano lo sbarramento mobile.

Le pale dei distributori e delle giranti delle turbine Kaplan dell'impianto idroelettrico sono regolate in continuo in funzione della portata derivabile. In particolare il sistema elettronico di gestione della centrale è programmato al fine di mantenere costantemente il livello idraulico nel bacino a monte dello sbarramento alla quota di progetto di 47,81 m s.l.m.. Ciascuna turbina è tarata per limitare la portata massima derivabile a 50,000 m<sup>3</sup>/s, per il totale di 150,000 m<sup>3</sup>/s.

Le paratoie di presa non sono utilizzate al fine della regolazione della portata utilizzata dalle rispettive turbine idrauliche. Bensì esse sono utilizzate in modalità on-off (cioè completamente aperte o completamente chiuse senza regolazioni intermedie) solamente per l'attivazione e la disattivazione delle singole turbine.

Al fine di limitare il rigurgito verso monte, lo sbarramento mobile è mantenuto alla quota massima per portate disponibili minori od uguali alla somma del deflusso minimo vitale e della portata massima d'esercizio. Per portate maggiori, il sistema è abbassato, per quanto possibile, per permettere lo sfioro della portata che eccede quella predetta, in modo da mantenere il carico piezometrico costantemente alla quota di progetto di 47,81 m s.l.m..

### 1.3.3. *Distribuzione della portata*

Il progetto dell'impianto idroelettrico prevede il rilascio di una portata minima pari al deflusso minimo vitale, determinato nell'elaborato 2 "Relazione idrologica" in 26,408 m<sup>3</sup>/s.

Come anticipato precedentemente, il sistema elettronico di gestione automatica della derivazione è programmato per mantenere il livello piezometrico a monte della traversa costantemente alla quota di progetto, 47,81 m s.l.m.

Il carico idraulico a monte della traversa è regolato sia dallo sbarramento mobile sia dalle turbine dell'impianto idroelettrico in progetto.

I dispositivi di rilascio del deflusso minimo vitale sono rappresentati da:

- passaggio artificiale per l'ittiofauna;
- paratoie a ventola che costituiscono lo sbarramento mobile.

Il primo dispositivo rilascia una portata costante di 0,600 m<sup>3</sup>/s, che ottimizza anche la funzione di passaggio per l'ittiofauna.

Sulle paratoie a ventola è rilasciata la portata complementare di 25,808 m<sup>3</sup>/s, che crea una vena sfiorante di circa 27 cm, da verificarsi in fase di collaudo in funzione dei coefficienti di deflusso reali della soglia mobile.

## 2. M1-IA CARATTERIZZAZIONE DELL'ITTIOFAUNA

Il tratto di fiume Adda oggetto dell'intervento fa parte di un ampio tratto omogeneo dal punto di vista ecologico-funzionale compreso tra l'immissione dello scolmatore Belgiardino e la briglia di Maleo, descritto nella Carta Ittica della Provincia di Lodi (Rossi et al., 2009), a sua volta suddiviso in due porzioni, la prima, superiore, fino alla briglia di Lodi, la seconda dal canale Serio Morto alla briglia di Maleo. La zona di Bertonico-Gombito è inserita nel secondo tratto, classificato dal punto di vista della zonazione ittica, tra le "zona ciprinicole".

L'ampio meandro di Gombito è stato oggetto di due campionamenti semiquantitativi e le sezioni (Advgo01, Adgal01) caratterizzate in modo sufficientemente esaustivo. Nelle tabb. 1 e 2 vengono riportate le check list delle specie presenti

Tab.1. Check list delle specie presenti nel fiume Adda a Gombito. Sezione Advgo01		
Specie	Struttura di popolazione	Status
Alborella	NSG	Au
Barbo comune	S	Au
Cavedano	NSG	Au
Gobione		Au
Scardola		Au
Triotto		Au
Vairone	S	Au
Anguilla		Au
Ghiozzo padano	S	Au
Persico reale	NSG	Au
Rodeo amaro	S	AI
Siluro		AI

Legenda: S: strutturata; NSG: non strutturata, presenza di soli giovani; NSA: non strutturata, presenza di soli adulti; Au: autoctona; AI: alloctona.

Tab.2. Check list delle specie presenti nel fiume Adda a Gombito. Sezione Adgal01		
Specie	Struttura di popolazione	Status
Alborella	S	Au
Barbo comune	NSG	Au
Cavedano	NSG	Au
Gobione	S	Au
Scardola		Au
Triotto		Au
Vairone	NSG	Au
Anguilla		Au
Ghiozzo padano	S	Au
Persico reale	NSG	Au
Scazzone		Au
Carassio		AI
Carpa		AI
Persico sole		AI
Rodeo amaro	S	AI
Siluro		AI
Legenda: S: strutturata; NSG: non strutturata, presenza di soli giovani; NSA: non strutturata, presenza di soli adulti; Au: autoctona; AI: alloctona.		

L'applicazione dell'Indice Ittico (Forneris et al., 2007) porta a risultati sovrapponibili nelle due sezioni, con una terza classe di qualità ittiologica (stato sufficiente).

Dall'analisi dei campionamenti emerge la vocazione "ciprinicola" del tratto considerato, con una forte presenza di specie limnofile, tipiche di ambienti lentici, in simpatria con specie a più spiccate attitudine reofile (barbo, vairone). I salmonidi ed in particolare la trota marmorata, presente più a monte, non sono presenti, e tra le specie marcatamente frigofile l'unica rappresentata è il cottide scazzone, seppur con una presenza appena sporadica.

Per quanto concerne la presenza di ittiofauna inserita nelle liste rosse nazionali, la tab. 3 evidenzia le specie presenti inserite ed il loro livello di vulnerabilità secondo l'I.U.C.N.

Tab.3. lista delle specie presenti nel fiume Adda inserite nelle liste rosse nazionali	
Specie	Status
Alborella	NT
Barbo comune	NT
Cavedano	LC
Gobione	NT
Scardola	NT
Triotto	NT
Vairone	NT
Anguilla	NT
Ghiozzo padano	VU
Persico reale	NT
Scazzone	VU
Legenda: VU: vulnerabile; Nt: quasi a rischio; LC: a rischio minimo.	

Complessivamente la comunità è composta da specie a medio-bassa vagilità, con i soli barbo comune, vairone ed anguilla tra le specie che compiono spostamenti consistenti per esigenze ecologiche. Sono del tutto assenti taxa salmonicoli quali *Salmo marmoratus* o ciprinicoli come *Chondrostoma soetta*, *Chondrostoma genei* e *Rutilus pigus* che per raggiungere i siti riproduttivi effettuano migrazioni cospicue; peraltro la loro presenza non viene segnalata nei tratti più a valle, dove, viceversa, si ha un incremento di forme alloctone.

Per quanto concerne i progetti di scala di risalita per l'ittiofauna, non vi è una metodologia standard da seguire per la costruzione di passaggi per pesci, poiché le situazioni variano caso per caso e dipendono dall'entità dell'ostacolo, dalla portata del corso d'acqua e dalle specie ittiche presenti. Il principio generale da seguire, per tutti i tipi di struttura, è quello di attrarre i pesci migratori a valle dell'ostacolo e di stimolarli a passare a monte, secondo due concetti fondamentali:

- l'attrattività della scala, la quale è strettamente legata alla collocazione dell'entrata ed alle condizioni dei flussi idrici vicino ad essa.
- la portata di alimentazione con cui verrà calibrato il passaggio, che con portate importanti non dovrà essere la portata totale del corso d'acqua, ma soltanto una percentuale di questa, riferita ai valori medi registrati nei periodi migratori. E' essenziale che la velocità dell'acqua in transito sia compatibile con la velocità sostenibile dai pesci che attraverso di essa dovranno transitare.

A partire dai concetti basilari sopra esposti, per la corretta progettazione del passaggio è di fondamentale importanza l'individuazione di una o più specie target e della conseguente individuazione del periodo in cui questa(e) compie le migrazioni più significative.

Si ritiene che le specie target sulle quali dovrà essere concentrata la massima attenzione in fase di progettazione, vista la tipologia ambientale ed i risultati dei campionamenti, debbano appartenere alla Fam. Cyprinidae, ed in particolare si possono identificare come particolarmente significative le due specie *Barbus plebejus* (barbo comune) e *Leuciscus souffia* (vairone); sono forme autoctone, endemiche nel caso del barbo comune, oggetto di attenzioni particolari a livello comunitario, storicamente presenti e ben radicate nel bacino dell'Adda. Il barbo, in particolare, è una specie a media vagilità, in grado di compiere spostamenti considerevoli per fini riproduttivi; barbo e vairone, inoltre, sono specie di taglia differente: piccola nel caso del vairone, media nel caso del barbo. Il dimensionamento della struttura per favorire il loro spostamento, di fatto, costituisce una garanzia di possibilità di passaggio per molte altre specie, con caratteristiche anatomiche ed attitudini natatorie e capacità di superare gli ostacoli diverse. Accorgimenti particolari dovranno poi essere adottati per il passaggio di specie bentoniche di piccola taglia ed a bassa vagilità, quali lo scazzone ed il ghiozzo ed il cobite, i cui spostamenti non sono legati preferenzialmente alla riproduzione.

Viste le caratteristiche ecologiche delle specie in oggetto, il periodo di ottimale funzionamento della struttura ed il conseguente corretto dimensionamento in funzione delle portate in alveo dovrà coincidere con i mesi primaverili pre riproduttivi e riproduttivi (marzo, aprile, maggio). Un corretto funzionamento dovrà comunque essere garantito anche nei mesi autunnali di ottobre e novembre, per garantire eventuali migrazioni pre riproduttiva dei salmonidi (trota marmorata, in particolare) verso siti posti più a monte, alla ricerca di idonee aree di frega. Benchè *Salmo marmoratus* non sia stata censita tra le specie presenti nell'area indagata è comunque specie presente nel bacino dell'Adda ed è forse la forma endemica più importante e rappresentativa del corso d'acqua, per risvolti di tipo ecologico e di tipo alieutico.

Il principio basilare per il funzionamento di un passaggio per pesci è che la portata di alimentazione in transito debba avere una velocità compatibile con quella sostenibile dal pesce.

Le velocità natatorie possono essere:

- velocità di scatto (burst activity) rappresenta la velocità massima raggiungibile che potrà essere mantenuta per tempi alquanto brevi e, soprattutto, che richiede tempi lunghi di ripresa;
- velocità di crociera (cruising activity) sono velocità basse, inferiori a quella massima, che possono essere mantenute per ore in quanto non affaticano il pesce;
- velocità in attività sostenuta (sustained activity) sono velocità intermedie sostenibili per tempi brevi ma che stancano il pesce.

La velocità massima di un singolo pesce dipende dalla lunghezza delle fibre muscolari e quindi dalla lunghezza del corpo e dal tempo di contrazione del muscolo. La velocità natatoria di un pesce è strettamente correlata alla frequenza dei colpi di coda e la distanza percorsa con ciascun ondeggiamento del corpo corrisponde a circa 7/10 della sua lunghezza secondo la formula:  $v = 0,7 \times L / 2 \times t$  dove  $v$  è la velocità natatoria massima,  $L$  la lunghezza del pesce e  $t$  il tempo di contrazione del muscolo. Anche la durata della performance è determinata dalla dimensione dell'animale poiché la riserva di glicogeno muscolare aumenta con la dimensione del muscolo e viene intaccata solo quando la velocità dell'esemplare supera quella di crociera; il tasso di utilizzo del glicogeno dipende sempre dalla temperatura ambientale: inoltre il tempo di contrazione del muscolo dipende dalla temperatura, nella considerazione che un muscolo freddo si contrae più lentamente di uno caldo, in dipendenza del fatto che i processi biochimici e fisiologici sono affetti dalle varie condizioni di temperatura. In letteratura (Larinier al., 2002) sono disponibili delle curve di resistenza natatoria dalle quali è possibile ottenere dei valori abbastanza indicativi sulle capacità natatorie di pesci di varie dimensioni e in determinate condizioni di temperatura, sufficienti per operare le necessarie decisioni per la scelta dei passaggi per pesci da realizzare. A titolo esemplificativo, nel caso dei salmonidi, alla temperatura di 10 °C, tipica del periodo migratorio, trote di 20-30 cm possono mantenere la massima performance natatoria per tempi non superiori a i 25 secondi; le velocità massime non eccedono i 2,5 m/sec. A 5 °C tale velocità scende a 1,5-1,8 m/sec.

Per specie di più piccola taglia (10-15 cm) come quelle ciprinicole considerate (vairone, in particolare), nel periodo primaverile, con temperature di 15°C, i tempi di mantenimento si riducono a pochi secondi e le velocità massime sostenibili nelle migliori condizioni non eccedono 1,5 m/sec.

Un ulteriore limitazione è data dall'incapacità dei ciprinidi di superare dislivelli o quantomeno la scarsa attitudine a farlo in condizioni naturali.

In questo senso per la scelta della struttura si potranno prendere in considerazione le seguenti strutture:

**“Fish ramps”:** Occupano parzialmente la larghezza di uno sbarramento. Realizzate con una gettata di massi ad un'aggiunta di “boulders” per diversificare il fondo e ridurre la velocità di deflusso. Larghezza minima 2 m. altezze superabili 3-4 m, pendenza max  $l=1:20$ , portata minima raccomandata 100 l/s per m di larghezza.

**Passaggi a fenditure laterali:** canali in muratura con setti divisorii in muratura o legno e 1 o 2 fenditure che si estendono per tutta l'altezza della parete. Bacini con lunghezza minima: 1,90 m e altezza 1,20 m; portate utilizzabili da 150 l/s a molti  $m^3/s$ .

Entrambe le tipologie non risultano selettive e, se correttamente dimensionate consentono il passaggio di specie con performance natatorie scarse quali i piccoli pesci bentonici.

**Canali di bypass:** Sono veri e proprio corsi d'acqua artificiali che aggirano lo sbarramento. Utilizzabili per dislivelli anche superiori ai 2 m, ma con pendenze inferiori a  $l=1:20$ . Larghezza minima 1,20-1,50 m, portata minima di funzionamento 100l/s per m di larghezza.

### **3. M1-IA INDAGINE IDROLOGICA ED IDRAULICA**

#### **3.1. Sintesi idrologica**

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche idrologiche del fiume Adda riferite alla sezione del passaggio artificiale per l'ittiofauna in progetto presso l'ampio meandro di Bertonico (LO). In particolare si riportano:

- portate medie  
portate medie mensili ed annua dell'anno medio;
- curva di durata delle portate  
curve di durata delle portate dell'anno medio;
- portate derivabili  
portate medie mensili derivate e rilasciate dall'impianto idroelettrico in progetto nell'anno medio.

Per la stima delle portate si è ricorso ai dati idrologici misurati dall'ARPA Lombardia poco a monte della briglia del ponte ferroviario della linea Pavia – Cremona.

L'analisi idrologica riguarda sia la portata che stramazza sullo sbarramento fluviale sia quella della derivazione idroelettrica esistente posta in destra orografica.

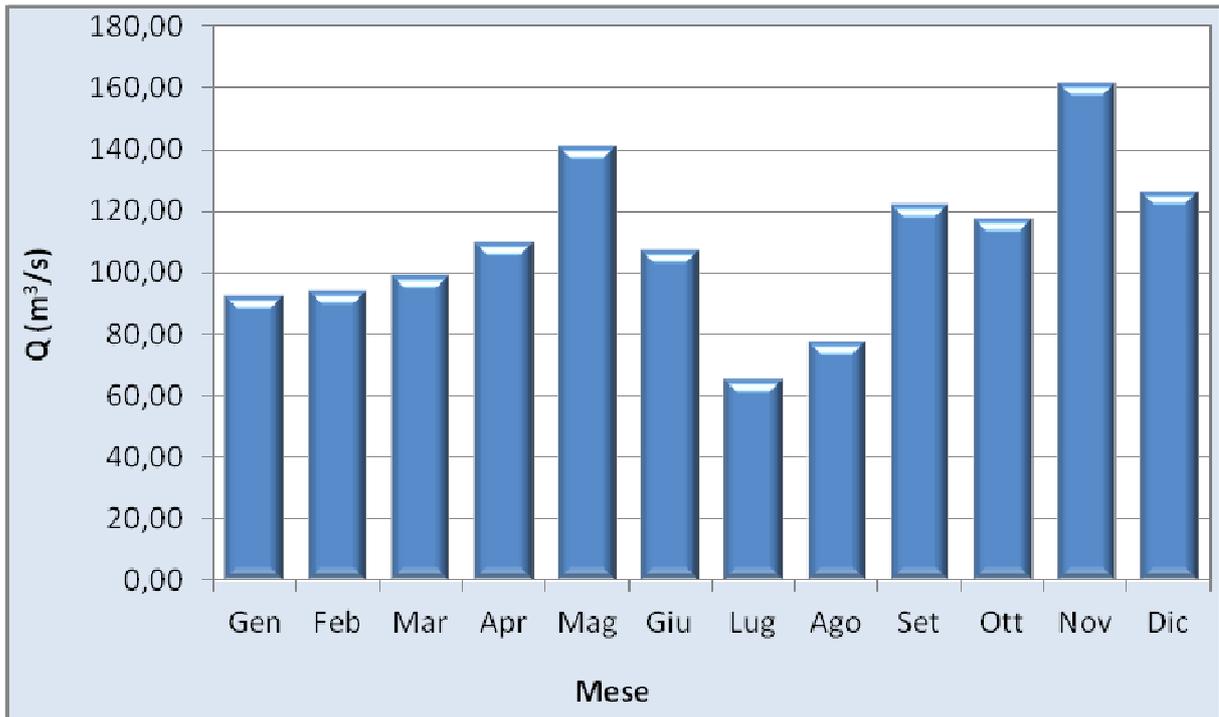
L'analisi idrologica dettagliata propedeutica ai risultati riassunti nel presente capitolo è contenuta nell'elaborato 2 "Relazione idrologica".

### 3.1.1. Portate medie

La Tabella 1 ed il Grafico 1 riassumono le portate medie annua e mensili nella sezione di presa della centrale idroelettrica in progetto nel Comune di Bertonico.

*Tabella 1: Portate e contributi specifici medi mensili ed annui del fiume Adda nella sezione della presa in progetto*

Grandezza	Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Q (m <sup>3</sup> /s)	109,59	92,55	93,96	99,03	109,71	141,33	107,55	65,58	77,93	122,23	117,49	161,66	126,54



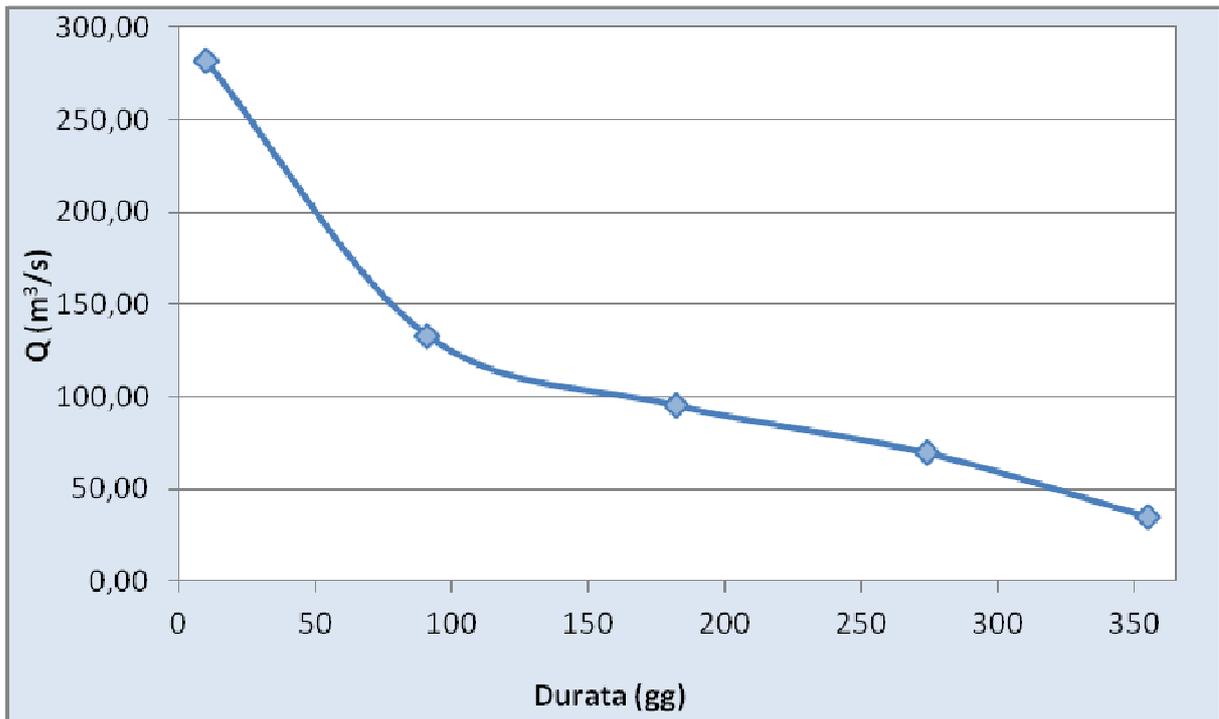
*Grafico 1: Portate medie mensili del fiume Adda nella sezione della presa in progetto*

### 3.1.2. Curva di durata delle portate

La curva di durata delle portate del fiume Adda nella sezione di presa in progetto è stata determinata con lo stesso procedimento utilizzato per le portate medie mensili ed annua.

*Tabella 2: Curva di durata delle portate e dei contributi specifici del fiume Adda nella sezione della presa in progetto*

Durata	10	91	182	274	355	Minima
Q (m <sup>3</sup> /s)	281,58	133,17	95,29	69,51	34,92	13,35



*Grafico 2: Curva di durata delle portate del fiume Adda nella sezione della presa in progetto*

### 3.1.3. Portate derivabili

Nel tratto sotteso dell'impianto idroelettrico in progetto non sono presenti derivazioni per le quali sia necessario incrementare i rilasci oltre il deflusso minimo vitale.

La portata di rilascio a valle dello sbarramento è posta pari al valore di deflusso minimo vitale, calcolato in 26,408 m<sup>3</sup>/s.

L'intervallo di portate derivabili dall'impianto idroelettrico in progetto è:

$$Q_{max} = 150,000 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{portata massima d'esercizio;}$$

$$Q_{min} = 10,000 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{portata minima d'esercizio.}$$

Il prelievo è regolato automaticamente dal sistema elettronico di gestione dell'impianto, che agisce sul passo delle pale del rotore e del distributore delle tre turbine Kaplan.

Per portate disponibili nel fiume minori di 36,408 m<sup>3</sup>/s, pari alla somma delle portate minima d'esercizio e del DMV, il rilascio a valle della presa è totale. Per disponibilità maggiori è rilasciato il solo deflusso minimo vitale, fino al raggiungimento di 176,408 m<sup>3</sup>/s, somma della portata massima d'esercizio e del DMV. Per disponibilità idriche maggiori il prelievo è di 150,000 m<sup>3</sup>/s, cioè quello massimo possibile, e la restante portata è rilasciata.

L'analisi delle portate derivabili è condotta sulle curve mensili di durata delle portate determinate nell'elaborato progettuale n°2 "Relazi one idrologica".

Dalle curve di durata delle portate si sono ricavati i valori medi mensili ed annui di portata. Di seguito se ne riportano i valori ed i rapporti di prelievo rispetto alla disponibilità nel fiume.

Tabella 3: Portate medie mensili ed annue

Durata (gg)	Portata disponibile (m <sup>3</sup> /s)	Portata derivabile (m <sup>3</sup> /s)	Portata rilasciata (m <sup>3</sup> /s)	Rapporto
Gen	92,547	66,139	26,408	71,5%
Feb	93,978	67,570	26,408	71,9%
Mar	99,034	72,626	26,408	73,3%
Apr	109,706	80,355	29,351	73,2%
Mag	141,334	94,170	47,164	66,6%
Giu	107,553	76,608	30,945	71,2%
Lug	65,576	39,824	25,752	60,7%
Ago	77,930	51,045	26,884	65,5%
Set	122,227	88,389	33,838	72,3%
Ott	117,494	89,128	28,365	75,9%
Nov	161,662	108,910	52,753	67,4%
Dic	126,543	92,342	34,202	73,0%
Anno	109,589	77,215	32,375	70,5%

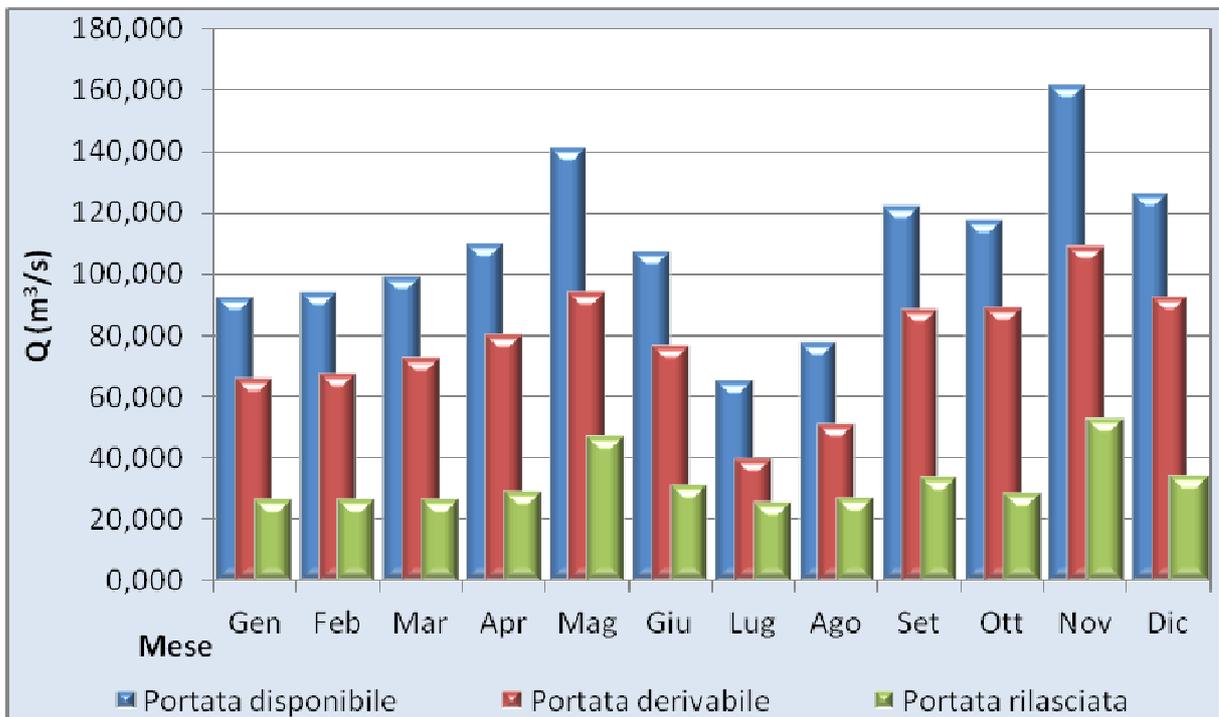


Grafico 3: Portate medie mensili

Nell'anno medio l'impianto deriva la portata massima d'esercizio 35 gg/anno e per 314 gg/anno la centrale produce energia idroelettrica con portate comprese tra quella minima (10,000 m<sup>3</sup>/s) e quella massima d'esercizio (150,000 m<sup>3</sup>/s). Quindi la centrale idroelettrica in progetto rimane mediamente inattiva per 16 gg/anno.

### 3.2. Idrometria

#### 3.2.1. Metodo utilizzato

L'idrometria nelle varie condizioni analizzate è definita attraverso una simulazione idraulica svolta col codice di calcolo Hec Ras.

Il ricorso al modello idraulico informatico permette di analizzare tutti gli scenari necessari, sia nella condizione di rilievo sia in quella di progetto.

Al fine di diminuire l'incertezza della simulazione, il modello idraulico nella condizione di rilievo è tarato in funzione delle misure idrometriche svolte durante la campagna di rilievo topografico alla base del progetto idroelettrico.

Per i dettagli sul modello idraulico e sullo svolgimento delle verifiche si rimanda all'elaborato progettuale 3 "Verifica di compatibilità idraulica".

#### 3.2.2. Livelli idrometrici

Di seguito si riportano i livelli idrometrici del fiume Adda in tre sezioni significative, una a monte e le altre a valle dello sbarramento in progetto.

In particolare si sono scelte rispettivamente la sezione trasversale del fiume che intercetta la presa ed il canale di adduzione in progetto, quella al termine della platea a risalto in cui confluisce il passaggio artificiale per l'ittiofauna e quella che segue, identica sia nel rilievo sia nel progetto.

Per quanto riguarda le condizioni di portata si fa riferimento ai valori medi mensili ed annuo dell'anno idrologico medio.

Infine la simulazione idraulica è svolta sia nella situazione di rilievo sia in quella di progetto per permettere un confronto tra le due.

Tabella 4: Sezione di monte

Condizione	Esistente						Progetto					
	Q (m <sup>3</sup> /s)	H <sub>fondo</sub> (m s.l.m.)	H <sub>w</sub> (m s.l.m.)	b (m)	Froude	h <sub>w</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H <sub>fondo</sub> (m s.l.m.)	H <sub>w</sub> (m s.l.m.)	b (m)	Froude	h <sub>w</sub> (m)
Gen	92,55	44,95	46,03	55,87	0,66	1,08	92,55	44,08	47,81	192,57	0,05	3,73
Feb	93,96	44,95	46,04	55,95	0,66	1,09	93,96	44,08	47,81	192,57	0,05	3,73
Mar	99,03	44,95	46,07	56,24	0,66	1,12	99,03	44,08	47,81	192,57	0,05	3,73
Apr	109,71	44,95	46,12	56,80	0,68	1,17	109,71	44,08	47,81	192,57	0,06	3,73
Mag	141,33	44,95	46,27	58,12	0,70	1,32	141,33	44,08	47,81	192,56	0,08	3,73
Giu	107,55	44,95	46,11	56,70	0,67	1,16	107,55	44,08	47,81	192,57	0,06	3,73
Lug	65,58	44,95	45,87	54,15	0,62	0,92	65,58	44,08	47,81	192,58	0,04	3,73
Ago	77,93	44,95	45,95	54,98	0,64	1,00	77,93	44,08	47,81	192,58	0,04	3,73
Set	122,23	44,95	46,19	57,34	0,69	1,24	122,23	44,08	47,81	192,57	0,07	3,73
Ott	117,49	44,95	46,16	57,14	0,68	1,21	117,49	44,08	47,81	192,57	0,06	3,73
Nov	161,66	44,95	46,36	58,89	0,72	1,41	161,66	44,08	47,80	192,56	0,09	3,72
Dic	126,54	44,95	46,21	57,52	0,69	1,26	126,54	44,08	47,81	192,57	0,07	3,73
Anno	109,59	44,95	46,12	56,80	0,68	1,17	109,59	44,08	47,81	192,57	0,06	3,73

Tabella 5: Sezione della platea

Condizione	Esistente						Progetto					
Profilo	Q (m <sup>3</sup> /s)	H <sub>fondo</sub> (m s.l.m.)	H <sub>w</sub> (m s.l.m.)	b (m)	Froude	h <sub>w</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H <sub>fondo</sub> (m s.l.m.)	H <sub>w</sub> (m s.l.m.)	b (m)	Froude	h <sub>w</sub> (m)
Gen	92,55	44,91	46,00	75,97	0,40	1,09	26,41	43,50	45,31	10,00	0,35	1,81
Feb	93,96	44,91	46,01	76,04	0,40	1,10	26,41	43,50	45,31	10,00	0,35	1,81
Mar	99,03	44,91	46,04	76,30	0,41	1,13	26,41	43,50	45,31	10,00	0,35	1,81
Apr	109,71	44,91	46,10	76,83	0,42	1,19	26,41	43,50	45,31	10,00	0,35	1,81
Mag	141,33	44,91	46,26	78,26	0,44	1,35	26,41	43,50	45,31	10,00	0,35	1,81
Giu	107,55	44,91	46,08	76,73	0,42	1,17	26,41	43,50	45,31	10,00	0,35	1,81
Lug	65,58	44,91	45,83	74,11	0,38	0,92	26,41	43,50	45,31	10,00	0,35	1,81
Ago	77,93	44,91	45,91	75,03	0,39	1,00	26,41	43,50	45,31	10,00	0,35	1,81
Set	122,23	44,91	46,16	77,42	0,43	1,25	26,41	43,50	45,31	10,00	0,35	1,81
Ott	117,49	44,91	46,14	77,20	0,42	1,23	26,41	43,50	45,31	10,00	0,35	1,81
Nov	161,66	44,91	46,36	79,44	0,45	1,45	26,41	43,50	45,31	10,00	0,35	1,81
Dic	126,54	44,91	46,19	77,61	0,43	1,28	26,41	43,50	45,31	10,00	0,35	1,81
Anno	109,59	44,91	46,10	76,82	0,42	1,19	26,41	43,50	45,31	10,00	0,35	1,81

Tabella 6: Sezione di valle

Condizione	Esistente						Progetto					
Profilo	Q (m <sup>3</sup> /s)	H <sub>fondo</sub> (m s.l.m.)	H <sub>w</sub> (m s.l.m.)	b (m)	Froude	h <sub>w</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H <sub>fondo</sub> (m s.l.m.)	H <sub>w</sub> (m s.l.m.)	b (m)	Froude	h <sub>w</sub> (m)
Gen	92,55	44,78	45,75	90,23	0,45	0,97	26,41	44,78	45,21	85,16	0,58	0,43
Feb	93,96	44,78	45,75	90,27	0,45	0,97	26,41	44,78	45,21	85,16	0,58	0,43
Mar	99,03	44,78	45,79	90,40	0,44	1,01	26,41	44,78	45,21	85,16	0,58	0,43
Apr	109,71	44,78	45,85	90,65	0,44	1,07	26,41	44,78	45,21	85,16	0,58	0,43
Mag	141,33	44,78	46,01	91,32	0,45	1,23	26,41	44,78	45,21	85,16	0,58	0,43
Giu	107,55	44,78	45,84	90,60	0,44	1,06	26,41	44,78	45,21	85,16	0,58	0,43
Lug	65,58	44,78	45,56	88,98	0,46	0,78	26,41	44,78	45,21	85,16	0,58	0,43
Ago	77,93	44,78	45,65	89,84	0,45	0,87	26,41	44,78	45,21	85,16	0,58	0,43
Set	122,23	44,78	45,92	90,92	0,44	1,14	26,41	44,78	45,21	85,16	0,58	0,43
Ott	117,49	44,78	45,89	90,82	0,44	1,11	26,41	44,78	45,21	85,16	0,58	0,43
Nov	161,66	44,78	46,11	91,71	0,45	1,33	26,41	44,78	45,21	85,16	0,58	0,43
Dic	126,54	44,78	45,94	91,02	0,45	1,16	26,41	44,78	45,21	85,16	0,58	0,43
Anno	109,59	44,78	45,85	90,65	0,44	1,07	26,41	44,78	45,21	85,16	0,58	0,43

Il deflusso del fiume Adda nelle condizioni analizzate presenta moto idraulico lento, che agevola l'attività natatoria dell'ittiofauna. Questa caratteristica è mantenuta anche nella condizione di progetto.

L'altezza piezometrica della corrente rispetto al punto di thalweg è di ordine metrico ed in particolare varia tra i valori limite 0,78 m ed 1,45 m. Nella situazione di progetto questa condizione cambia ed è diversa per le sezioni di monte e quelle di valle. A monte, il piccolo bacino che si forma alle spalle dello sbarramento fluviale genera un innalzamento del livello piezometrico, infatti nella sezione analizzata l'altezza idrometrica è di oltre 3,0 m. A valle, la derivazione sottrae parte della portata, quindi il livello si deprime sensibilmente e l'altezza piezometrica si riduce a circa 0,4 m. Questo non comporta problematiche allo spostamento dell'ittiofauna, che vede comunque garantita una sezione del flusso idraulico adeguata alle esigenze natatorie delle specie presenti.

Infine, per quanto riguarda la larghezza della superficie libera della corrente, essa si mantiene pressoché invariata, grazie alla presenza di sponde geometricamente definite.

Nella sezione della platea a valle della traversa fluviale, l'altezza idrometrica della corrente è sufficiente a consentire il transito all'ittiofauna. Tuttavia tale area è al di fuori del percorso previsto, poiché il passaggio artificiale per l'ittiofauna sbocca a valle della platea in corrispondenza dello scarico della turbina di rilascio del deflusso minimo vitale, la cui portata contribuisce all'attrattività del dispositivo di risalita per la fauna ittica.

#### 4. M1-IA INDAGINE SEDIMENTOLOGICA

L'analisi del trasporto solido attraverso la teoria del moto incipiente di Shields conferma quanto è stato rilevato visivamente sulle sponde dell'alveo del fiume Adda. In particolare il trasporto solido riguarda particelle della famiglia delle sabbie e di conseguenza anche quelle più fini.

In condizioni di piena la corrente trascina anche ciottoli di grandezza centimetrica. Invece in condizioni ordinarie e di magra il diametro delle particelle trasportate si riduce all'ordine di grandezza millimetrico.

La successiva Figura 3 evidenzia la presenza dei ciottoli trasportati durante le piene intasati dal materiale più fine.

Per quanto riguarda i limi e le argille, essi sono trasportati dalla corrente senza depositare, poiché essendo troppo leggeri non sedimentano, ma sono mantenuti in sospensione dalla velocità di agitazione della corrente.



*Figura 3: Sedimenti sulla sponda del fiume Adda a Bertinico*

## 5. M1-IA INDICAZIONI AMBIENTALI

Lo Stato Ambientale del Fiume Adda nei pressi dell'area di intervento risulta piuttosto alterato dall'inquinamento antropico, probabilmente anche a causa della ridotta qualità delle acque del fiume Serio che riceve in comune di Montodine (circa 1 km a monte del sito). L'affluente presenta, infatti, valori che delineano uno stato ecologico di qualità oscillante tra *sufficiente e scadente*. Nonostante il Fiume Adda denoti una buona capacità autodepurativa, in questo tratto riceve anche le acque del canale Serio Morto (in corrispondenza dell'imbarcadero di Gombito) le cui acque presentano maggiore torbidità ed uno scadimento qualitativo. Nei pressi di cascina Vinzaschina (a c.ca 2,5 km a sud del sito, nel comune di Castiglione d'Adda), inoltre, si verifica l'immissione del colatore Muzza, caratterizzato, soprattutto nel periodo tardo-primaverile ed estivo, da un elevato carico di solidi sospesi e di nutrienti che contribuiscono a peggiorare lo stato qualitativo della risorsa. Nel complesso non si ritiene che l'area di intervento abbia spiccate peculiarità ambientali e non si rileva la presenza di altre derivazioni la cui influenza sia sensibile nella zona di studio.

Seppur ricadente in area Parco, inoltre, il sito risulta compromesso anche dal punto di vista paesaggistico, in primis dall'imponente ponte strallato sull'Adda e da altri evidenti segni di alterazione antropica quali il deposito di inerti e gli edifici annessi, varie difese spondali in massi, pontili ecc..

Il disturbo antropico in questo tratto risulta ancor più marcato dalla mancanza di vere e proprie formazioni boscate tipiche ripariali che di certo conferirebbero maggiore naturalità al sito, contribuendo a contenere l'interferenza negativa sul paesaggio percepibile delle opere sopracitate.

## **1. M2-SP TIPOLOGIA DEL PASSAGGIO**

Il passaggio artificiale per l'ittiofauna progettato è un canale di bypass.

Il canale sfrutta una depressione esistente in destra orografica, parallela all'alveo, che termina nella prima rientranza a valle dello sbarramento.

L'imbocco di monte è ricavato nel muro di sponda dove il canale di adduzione principia dall'alveo inciso del fiume Adda.

La soluzione adottata è quella più naturale tra quelle possibili, inoltre la localizzazione specifica ripara la struttura dai flussi delle piene ordinarie del fiume; in questo modo è facilitata la manutenzione del passaggio.

Il canale ha sezione trapezia in massi intasati con calcestruzzo al fine di garantire l'impermeabilità.

La base della sezione è larga 1,50 m e le pareti sono inclinate di 45°. Una serie di massi sono opportunamente disposti a creare deflettori, passaggi verticali e luci sottobattente. Durante la costruzione si provvede a creare i predetti passaggi idraulici al fine di rallentare e variare la corrente. Così il flusso assume una profondità media di 1 m e nel canale si susseguono rapide e tratti lenti.

L'alimentazione del passaggio artificiale per l'ittiofauna è garantita da uno stramazzo rigurgitato ricavato nella parete di raccordo tra il canale di adduzione e lo sbarramento fluviale.

Lo stramazzo si presenta come una bocca nel muro di sponda con intradosso superiore alla quota di progetto del bacino artificiale a monte dello sbarramento (47,95 m s.l.m.). Questa soluzione permette di limitare la portata di alimentazione del canale per i pesci in caso di piena eccezionale.

Lo stramazzo è largo 1,50 m e profondo 0,473 m. La vena fluida libera ha uno spessore di 0,10 m, così quella rigurgitata risulta di 0,373 m. A valle dello stramazzo è realizzata una pozza di raccordo col successivo canale di bypass, in modo che l'ittiofauna possa interrompere la risalita.

La taratura dello stramazzo e la disposizione dei massi per il rallentamento della corrente nel passaggio artificiale per l'ittiofauna devono essere eseguite in fase di collaudo idraulico del dispositivo di rilascio.

Di seguito si provvede alla verifica idraulica dello stramazzo di alimentazione al fine di dimostrarne la realizzabilità tecnica. Con la consapevolezza che solamente misure svolte sul campo possono permettere la necessaria calibrazione dei dispositivi idraulici che compongono il passaggio artificiale per l'ittiofauna.

## **2. M2-SP DOCUMENTAZIONE GRAFICA**

La documentazione grafica che rappresenta il passaggio artificiale per l'ittiofauna è riportata in appendice al presente elaborato progettuale.

### 3. M2-SP VERIFICA IDRAULICA DEL PASSAGGIO

#### 3.1. Verifica della portata di alimentazione

La portata dello stramazzo rigurgitato rettangolare si calcola dividendo la vena in due parti. La superiore non rigurgitata si calcola come stramazzo libero, quella inferiore si calcola come luce a battente rigurgitata. Complessivamente la portata è:

$$Q = L \cdot \left( \mu_1 \cdot h_2 \cdot \sqrt{2g \cdot h_1} + \frac{2}{3} \cdot \mu_2 \cdot h_1 \cdot \sqrt{2g \cdot h_1} \right)$$

con:

- $L = 1,50$  m larghezza dello stramazzo;
- $\mu_1 = \mu_2 = 0,65$  coefficiente di portata (Schoklitsch);
- $h_1 = 0,10$  m altezza della vena libera;
- $h_2 = 0,373$  m altezza della vena rigurgitata;
- $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup> accelerazione di gravità.

Sostituendo i valori nelle funzioni precedentemente riportate si ottiene:

$$Q = 1,50 \cdot \left( 0,65 \cdot 0,373 \cdot \sqrt{2g \cdot 0,10} + \frac{2}{3} \cdot 0,65 \cdot 0,10 \cdot \sqrt{2g \cdot 0,10} \right) = 0,600 \text{ m}^3/\text{s}$$

Quindi lo stramazzo di imbocco del passaggio artificiale per l'ittiofauna è verificato.

#### 3.2. Verifica della velocità nell'imbocco

La velocità della corrente attraverso un passaggio idraulico è riconducibile all'espressione:

$$U = \frac{Q}{\Omega}$$

con:

- $U$  velocità della corrente;
- $Q = 0,600$  m<sup>3</sup>/s larghezza dello stramazzo;
- $\Omega$  superficie idraulica.

Lo stramazzo è largo 1,50 m ed alto 0,473 m, pertanto la superficie idraulica è pari a:

$$\Omega = 1,50 \cdot 0,473 = 0,709 \text{ m}^2$$

Sostituendo i relativi valori nella formula si ottiene:

$$U = \frac{0,600}{0,709} = 0,85 \text{ m/s}$$

La velocità massima nei passaggi idraulici rispetta le prescrizioni della relazione di caratterizzazione dell'ittiofauna.

### 3.3. Verifica della velocità nel canale

Anche in questo caso si ricorre all'espressione:

$$U = \frac{Q}{\Omega}$$

con:

- $U$                                       velocità della corrente;
- $Q = 0,600 \text{ m}^3/\text{s}$                       larghezza dello stramazzo;
- $\Omega$                                         superficie idraulica.

Il canale ha sezione trapezia con base di 1,50 m, altezza di circa 1,00 m e pareti inclinate a 45°. Pertanto la superficie libera è la rga circa 3,50 m. Di conseguenza la sezione idraulica totale risulta:

$$\Omega = \frac{1,50 + 3,50}{2} \cdot 1,00 = 2,50 \text{ m}^2$$

Nel canale sono infissi blocchi lapidei per deviare e rallentare la corrente, pertanto l'effettiva sezione idraulica è minore di quella precedentemente definita. Ipotizzando cautelativamente che i blocchi occupino il 25% del volume d'acqua, la sezione idraulica effettiva avrebbe una superficie pari al 75% di quella totale:

$$\Omega' = 75\% \cdot 2,50 = 1,875 \text{ m}^2$$

Sostituendo i relativi valori nella formula si ottiene la velocità di:

$$U = \frac{0,600}{1,875} = 0,32 \text{ m/s}$$

La velocità media nel passaggio artificiale per i pesci rispetta pienamente le prescrizioni della relazione di caratterizzazione dell'ittiofauna.

#### **4. M2-SP SALVAGUARDIA DELLO SVALLAMENTO**

Al fine di conciliare la valorizzazione idroelettrica della portata del fiume Adda con la salvaguardia della fauna ittica, si prevede l'installazione di due dispositivi complementari per evitare lo svallamento dei pesci.

La griglia di filtraggio della portata derivata all'imbocco delle vasche di carico delle turbine, con maglia di circa 50 mm, fornisce una barriera invalicabile dalle specie ittiche più grandi.

Per estendere la protezione a tutte le specie ittiche presenti nel fiume Adda presso l'impianto in progetto, si prevede di affiancare alla suddetta griglia una barriera elettrica.

Questa seconda barriera è installata in prossimità della griglia, così l'efficacia dei due dispositivi si somma.

## **1. M3-EP MODALITÀ ESECUTIVE DELL'OPERA**

Il cantiere è organizzato temporalmente al fine di evitare lavori che interferiscono con l'alveo ed il deflusso del fiume Adda nel periodo primaverile, critico per l'ittiofauna. In merito al passaggio artificiale per l'ittiofauna, esso è costruito nel mese di Agosto, ritenuto il più idoneo perché minimizza l'interferenza con l'ittiofauna del fiume.

## **2. M3-EP PIANO DI MANUTENZIONE**

L'operatore della centrale idroelettrica in progetto provvede all'ispezione visiva del passaggio artificiale per l'ittiofauna con cadenza settimanale.

Durante l'ispezione, l'operatore deve assicurare che sia il canale di by-pass sia l'imbocco di monte siano liberi da corpi estranei e la portata di funzionamento transiti in modo regolare.

Inoltre è prevista un'ispezione più approfondita con cadenza annuale. In questo caso l'operatore nel mese di marzo controlla l'integrità del passaggio segnalando eventuali blocchi lapidei mancanti o perdite lungo il tracciato.

Qualora l'operatore riscontrasse problemi durante la verifica approfondita, il concessionario provvede al ripristino della completa funzionalità del passaggio entro il bimestre marzo ÷ aprile, prima che inizi il periodo critico per l'ittiofauna.

### **3. M3-EP PIANO DI COLLAUDO E MONITORAGGIO**

L'efficacia del passaggio artificiale per l'ittiofauna è verificato nel periodo critico primaverile con metodo continuo.

In particolare, nel mese di aprile si provvede alla cattura, marcatura con metodo PIT – tag (Passive Integrated Transponder) e rilascio di alcuni individui rappresentativi della popolazione ittica presente.

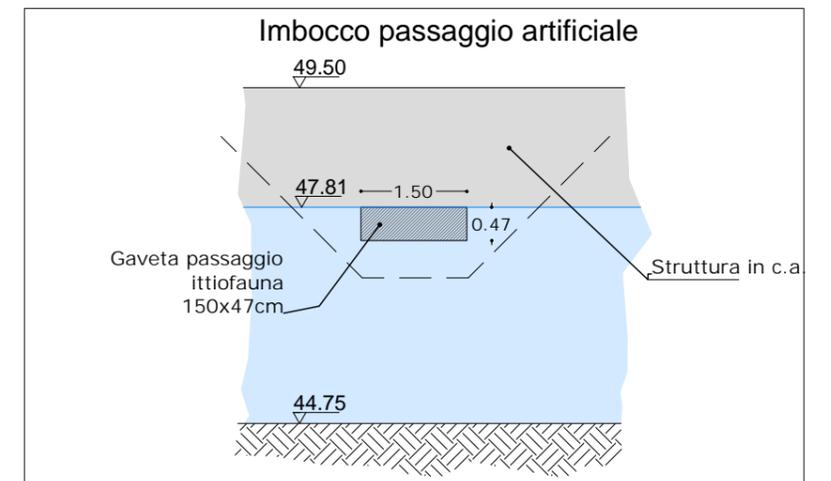
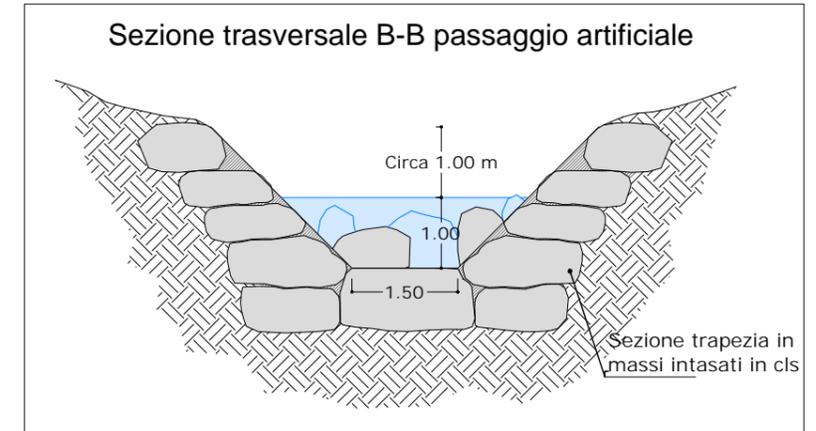
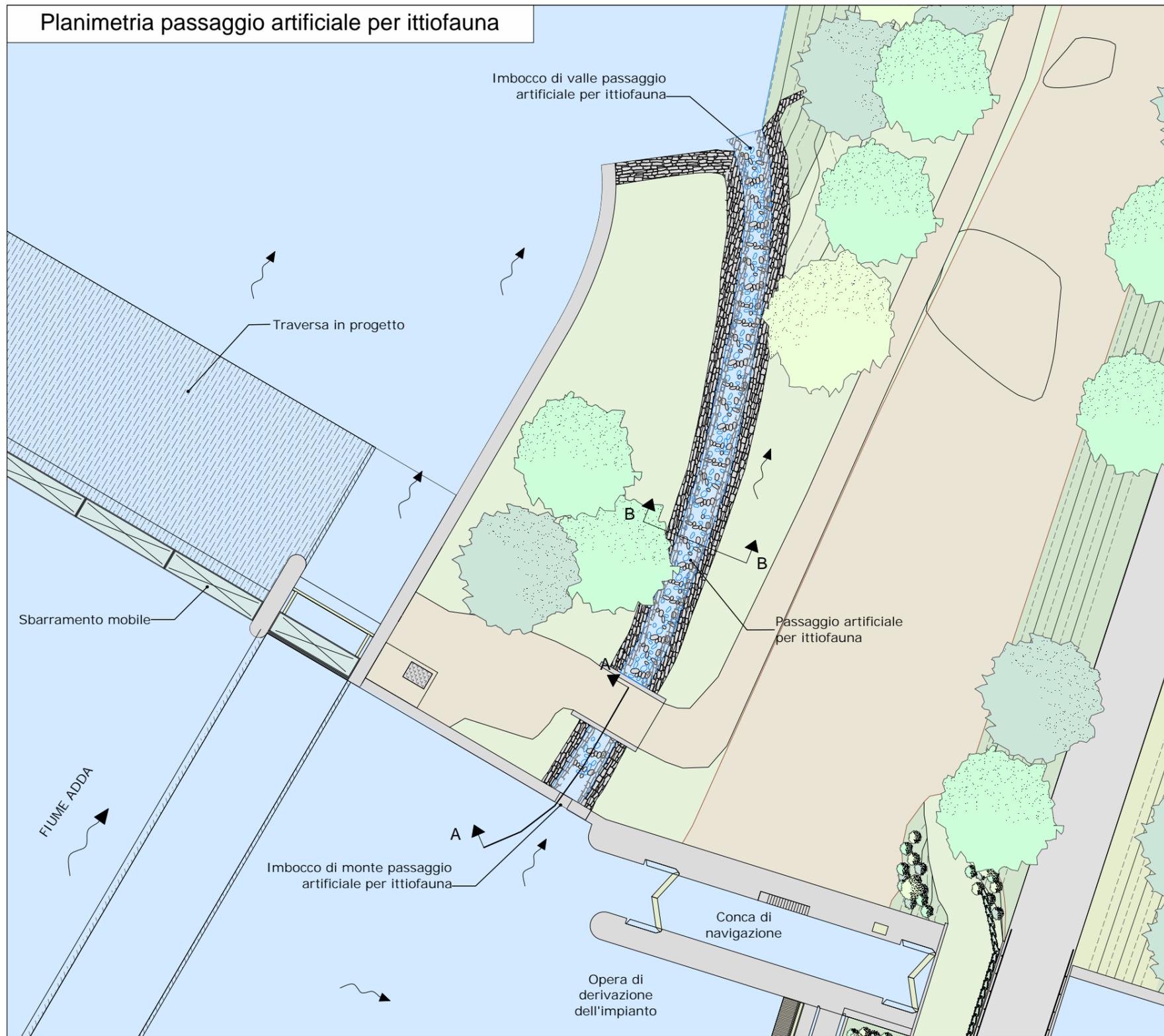
Dopodiché si verifica il transito nel passaggio artificiale per l'ittiofauna attraverso un datalogger installato in prossimità dell'imbocco di monte, dove è più facilmente raggiungibile e verificabile.

Questo sistema permette di verificare in continuo il passaggio dei pesci durante tutto il periodo critico primaverile. Si prevede di cessare il monitoraggio con la fine del mese di giugno.

## **APPENDICE**

### **Documentazione Grafica**

Planimetria passaggio artificiale per ittiofauna



Sezione A-A del passaggio artificiale dell'ittiofauna

