



SHARESALMO - GESTIONE ITTICA INTEGRATA E SOSTENIBILE PER LA
 VALORIZZAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ E LA DIFESA DALLE SPECIE INFESTANTI

ATTIVITÀ 5.1 - Intervento strategico di deframmentazione del Fiume Sesia



PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato:

Elaborato:

Relazione generale

A

Rif.:

18S28

Data:

Febbraio 2020

Rev.:

01

Formato:

A4

Timbro e firma:

Progettista:

Ing. Stefano MOLINARI
 Via Europa n.33/a
 21040 - Morazzone (VA) - IT
 ste.moli@hotmail.it



Altri partner di progetto:



Parco  Ticino



Sommario

1	Premessa	2
2	Inquadramento ambientale	3
3	Caratterizzazione delle discontinuità	5
3.1	Discontinuità sul Torrente Sesia oggetto del presente progetto	5
3.1.1	Discontinuità A.....	5
3.1.2	Discontinuità B.....	8
4	Gli interventi in progetto.....	10
4.1	Principali tipologie di passaggi per pesci.....	10
4.1.1	Tipologie a confronto e criteri di selezione	17
4.1.2	Criteri generali di localizzazione: il posizionamento di progetto e la sua fattibilità.....	19
4.2	Discontinuità A.....	21
4.2.1	Scelta progettuale	22
4.2.2	Vincoli alla progettazione	23
4.2.3	Dimensionamento del passaggio per pesci.....	24
4.2.4	Rilascio del DMV	29
4.2.5	Compatibilità idraulica	30
4.2.6	Interferenze con le opere in progetto e problematiche del cantiere.....	30
4.3	Discontinuità B	32
4.3.1	Scelta progettuale	33
4.3.2	Vincoli alla progettazione	33
4.3.3	Dimensionamento del passaggio per pesci.....	34
4.3.4	Dimensionamento della luce di rilascio del DMV.....	37
4.3.5	Compatibilità idraulica	41
4.3.6	Interferenze con le opere in progetto e problematiche del cantiere.....	41
4.4	Tempistiche per la realizzazione degli interventi.....	41
5	Prime indicazioni piano di sicurezza	43
6	Quadro economico	45

1 PREMESSA

Il presente elaborato rappresenta la Relazione generale del Progetto Definitivo: *“Intervento strategico di deframmentazione del Fiume Sesia”*.

Questo progetto si inserisce all'interno di un progetto più ampio costituito dal progetto SHARESALMO – *“Gestione ittica integrata e condivisa per la conservazione dei salmonidi nativi ed il contrasto delle specie aliene invasive”* finanziato nell'ambito del *Programma INTERREG di cooperazione transfrontaliera Italia-Svizzera 2014-2020* che vede coinvolti per l'Italia: il Parco Lombardo del Ticino (Capofila italiano), l'Unione Montana dei comuni della Valsesia, la Società Valsesiana Pescatori Sportivi (SVPS), il CNR-ISE, la società GRAIA srl e il GAL Terre del Sesia; mentre per la Svizzera il Canton Ticino (Capofila svizzero) e il Cantone Grigioni.

All'interno di questo progetto si sviluppa l'azione 5 *“Sviluppo di una strategia transfrontaliera di riqualificazione ecologica del reticolo idrografico a favore dei Salmonidi autoctoni”* che prende origine dagli esiti dell'attenta analisi di contesto già realizzata nell'ambito del precedente progetto Interreg IIIA di conservazione della trota marmorata e dei numerosi progetti finanziati da Fondazione Cariplo e dal Programma Life-Natura svolti da Parco Ticino e dalla società GRAIA srl, anche sostenuti dal Canton Ticino.

Nello specifico questo progetto costituisce l'azione 5.1: *“Intervento strategico di deframmentazione del Fiume Sesia”*

In merito alla deframmentazione fluviale, occorre sottolineare che a livello di bacino idrografico del Ticino già molto è stato fatto, sia localmente sia in ambito transfrontaliero, grazie alle tante esperienze condivise e agli strumenti normativi adottati localmente dalle amministrazioni svizzere e italiane. Su questo fronte emerge invece l'urgenza di intervenire nel Fiume Sesia. Qui proprio la popolazione di temolo da cui discende lo stock fondatore dell'unico allevamento a ciclo chiuso esistente al mondo per la specie, peraltro quasi del tutto scomparsa dal resto del suo areale, si trova in una condizione di precarietà per la frammentazione del tratto fluviale ad essa vocazionale. La presenza di 2 sbarramenti artificiali impedisce ai temoli di risalire il fiume e di muoversi liberamente in 40 km circa di tratto vocazionale, confinandoli in un tratto ristretto del 40%, a discapito delle sue possibilità di automantenimento e di conservazione a lungo termine. La realizzazione di questi 2 passaggi per pesci, estenderà il tratto fluviale colonizzabile dal temolo di 40 km.

2 INQUADRAMENTO AMBIENTALE

Il Fiume Sesia nasce dai ghiacciai del versante sud-orientale del Monte Rosa (Ghiacciaio Bors a quota 3.207 m s.l.m., Ghiacciaio Piode e Ghiacciaio Vigne) e termina nel Fiume Po, del quale costituisce un affluente di sinistra. Il percorso del Sesia è di 144 km e l'estensione totale del suo bacino idrografico raggiunge i 2.920 km².

Il percorso del Fiume Sesia risulta piuttosto irregolare a causa della differente erodibilità delle rocce su cui scorre, presentando brusche variazioni di direzione nei punti di maggiore resistenza. Nello specifico esso presenta un orientamento da nord - ovest a sud - est dalle origini a Piode, dove piega a nord - est verso Balmuccia per continuare a scorrere verso est fino a Varallo; da qui l'asse vallivo assume direzione sud fino a Romagnano.

Considerata l'estensione di questo corso d'acqua, è possibile distinguere tre tratti principali dal punto di vista idraulico e morfologico:

- Tratto alpino: dalle sorgenti fino all'abitato di Varallo, nella Val Grande, dove presenta un carattere torrentizio, con elevata pendenza media, per una lunghezza di circa 50 km;
- Tratto di fondovalle: da Varallo fino a Gattinara - Romagnano Sesia (NO), dove percorre per circa 30 km un piano subalpino caratterizzato da una pendenza decisamente inferiore, assumendo un aspetto di corso d'acqua pedemontano o di fondovalle;
- Tratto di pianura: a valle di Gattinara, fino alla confluenza nel Po, dove assume la conformazione tipica di fiume di pianura, con una pendenza media piuttosto ridotta.

La sponda orografica destra appartiene quasi interamente alla Provincia di Vercelli, mentre quella sinistra interessa per un ampio tratto la Provincia di Novara; nei pressi del punto di confluenza nel Po scorre parallelo al confine fra le province di Pavia ed Alessandria.

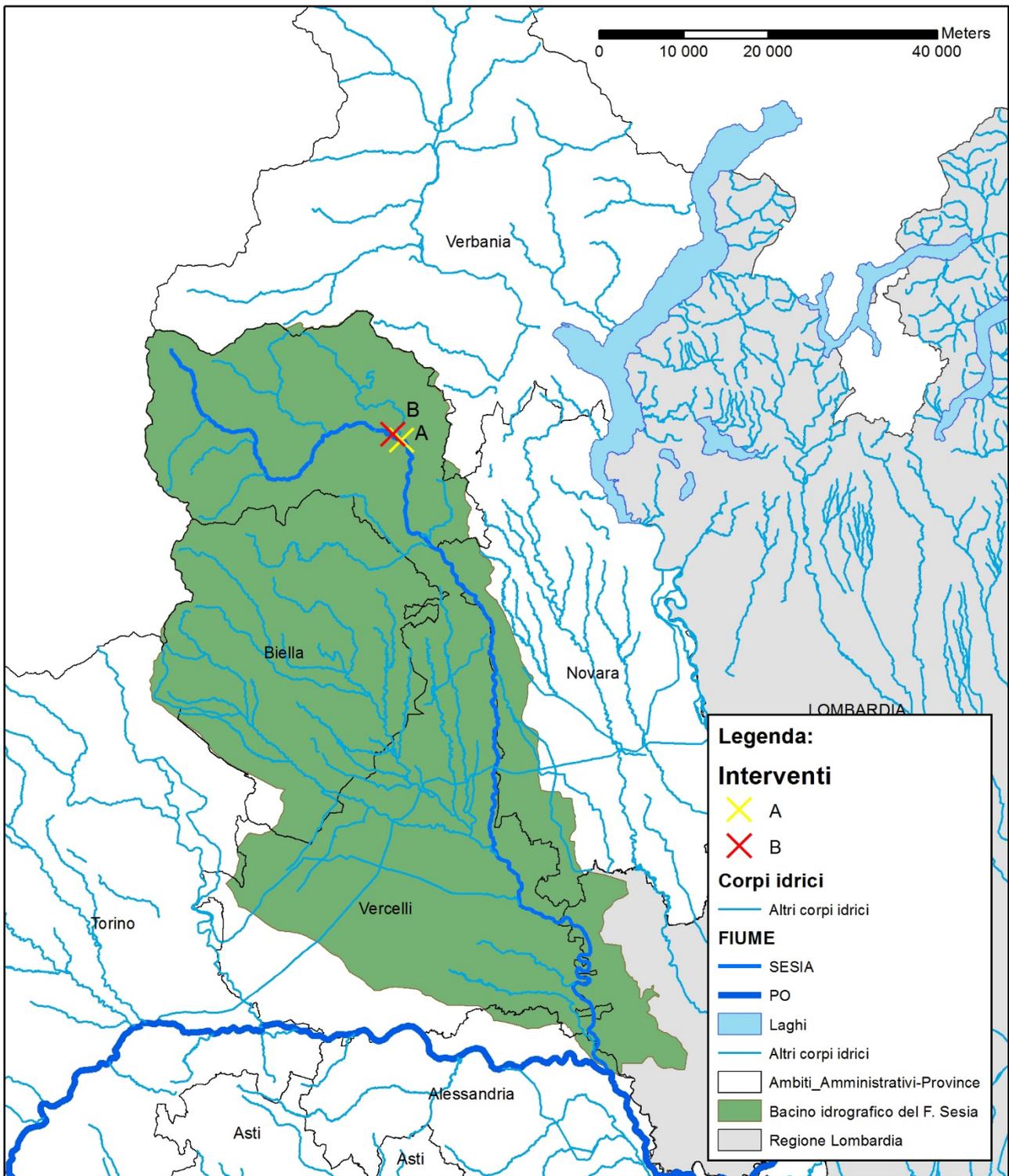


Figura 1: inquadramento del bacino idrografico del fiume Sesia e dei punti delle discontinuità fluviale

3 CARATTERIZZAZIONE DELLE DISCONTINUITÀ

Nei seguenti paragrafi vengono illustrate le caratteristiche dello stato di fatto delle 2 discontinuità oggetto degli interventi di deframmentazione (Figura 1).

3.1 Discontinuità sul Torrente Sesia oggetto del presente progetto

3.1.1 Discontinuità A

Località	Baraggia Roccapietra	
Comune	Varallo (VC)	
Tipologia	Briglia di derivazione	
Valicabilità	Invalicabile	
Altezza salto	4,1 m	
Larghezza	circa 130 m	
Coordinate UTM	X	442.113
	Y	5.073.438
Portata di DMV	3.080 l/s	
Distanza dalla discontinuità successiva	1.500 m	



La discontinuità A, si colloca a 103 Km dalla foce del Fiume Sesia, a 1.500 m dalla discontinuità più a monte e successivamente illustrata.

La discontinuità è caratterizzata da una traversa di derivazione, di 120 m di larghezza, in massi ciclopici cementati al di sopra della quale è presente da una struttura di acciaio e legno per l'incremento ulteriore del pelo libero a monte della traversa (Figura 2). In sponda sinistra sono posizionate tutte le opere idrauliche (Figura 3):

- un canale di derivazione caratterizzato da due opere di presa distinte e affiancate;
- una paratoia a settore con funzione di paratoia sghiaiatrice;
- una luce di rilascio del DMV la cui soglia di sfioro è regolata da una paratoia a libro;
- una luce per il rilascio delle acque in un passaggio per pesci, reputato non funzionale per via dell'elevata pendenza e regolata da una paratoia a libro.

La sponda destra è caratterizzata dalla presenza sull'argine di un bosco con vegetazione arborea, anche di grandi dimensioni, fino all'acqua, sia a monte che a valle.

La sponda sinistra è più antropizzata: a monte della traversa è presente un muro in c.a. rivestito in massi che svolge la funzione di sponda e i due imbocchi del canale derivatore; a valle la sponda è

costituita da una scogliera cementata per i primi 20 m, successivamente prosegue in terra e massi con arbusti e alle spalle è presente il canale di derivazione e l'alto muro di sostegno della SP229 (Figura 4).

Risulta quindi evidente come l'unica superficie disponibile per la realizzazione del passaggio per pesci sia quella in sponda sinistra appena a valle della traversa (Figura 5).

I livelli idrici di monte della traversa risultano quindi regolati dalla presenza della soglia di sfioro in legno della traversa. Tale quota di sfioro può essere considerata come livello idrico di monte di progetto.



Figura 2: vista della traversa dalla sponda destra e sinistra

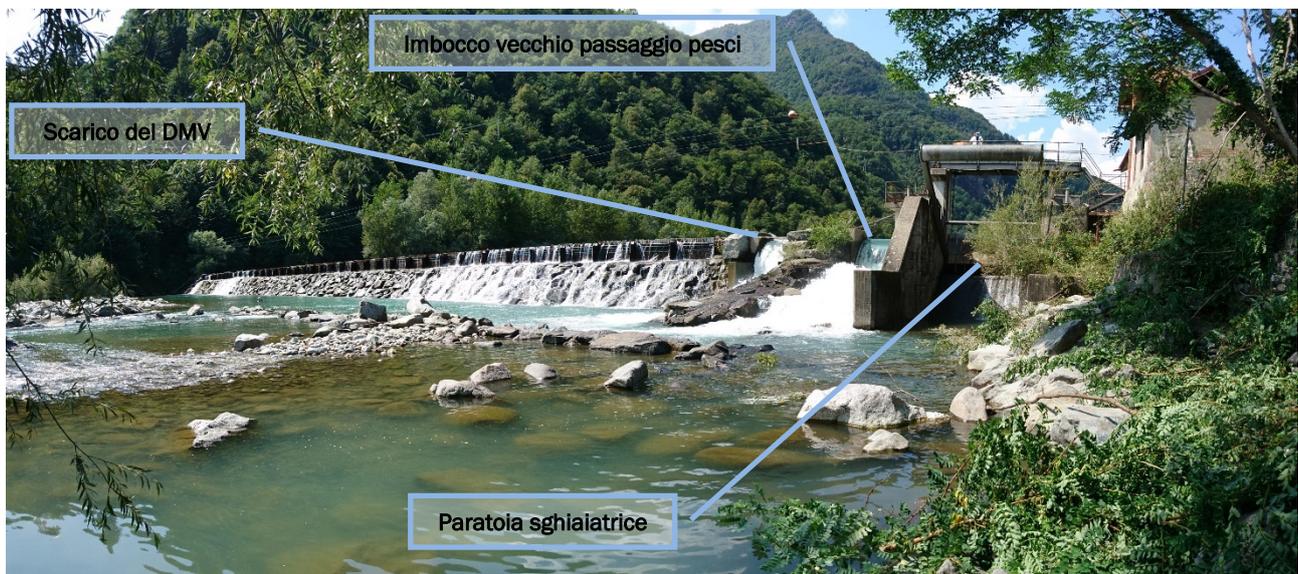


Figura 3: vista da valle, in sponda sinistra, della traversa



Figura 4: vista delle aree in sponda sinistra alle spalle della sponda



Figura 5: vista delle aree in sponda sinistra identificate per la realizzazione dell'opera, in rosso l'area identificata per la realizzazione dell'opera

3.1.2 Discontinuità B

Località	Baraggiolo	
Comune	Varallo (VC)	
Tipologia	Briglia di derivazione	
Valicabilità	Invalicabile	
Altezza salto	3,7 m	
Larghezza	circa 80 m	
Coordinate UTM	X	441.080
	Y	5.074.110
Portata di DMV	2.026 l/s	
Distanza dalla discontinuità precedente	1.500 m	



A monte della precedente discontinuità, di circa 1500 m, è presente una traversa a servizio di un'opera di presa, sempre in sponda sinistra. La traversa è realizzata in massi ciclopici intasati in cls sormontati da una struttura in cemento armato e massi ciclopici informi. Particolarità dell'opera è la presenza dell'opera di presa non in prossimità della traversa, ma circa 70 m a monte (Figura 6). Questa condizione vede la presenza di importanti fenomeni di sedimentazione tra l'opera di presa e la traversa.

La sponda in destra idrografica risulta essere naturale ad eccezione del tratto in prossimità della traversa che si presenta rivestito in massi ciclopici cementati. La sponda in sinistra idrografica risulta essere rivestita in massi ciclopici cementati dall'opera di presa fino a valle della traversa.

La traversa è dotata di un passaggio per pesci (Figura 7), realizzato in massi ciclopici cementati, in sponda destra a valle della traversa (Figura 8) dove è presente un abbassamento della soglia a formare una gaveta. Il passaggio per pesci in oggetto non è reputato funzionale per via dell'elevata pendenza.

Sulla traversa, in sponda sinistra, è presente una tubazione di 48 cm di diametro che rilascia una piccola portata in quanto l'imbocco della stessa a monte è annegato nel deposito presente.

La geometria dell'alveo e le indicazioni del gestore dell'impianto impongono la realizzazione del passaggio per pesci in sponda destra, nella stessa posizione di quello attuale. In questa posizione il passaggio per pesci è meno soggetto ai fenomeni di trasporto solido, più importanti in sponda sinistra per via della curva che effettua il fiume (Figura 16).



Figura 6: vista panoramica dalla traversa verso monte, nel cerchio rosso l'opera di presa



Figura 7: vista panoramica dalla traversa verso valle, sulla destra il passaggio per pesci esistente



Figura 8: vista dalla traversa da valle, in sponda sinistra, nel cerchio rosso il passaggio per pesci

4 GLI INTERVENTI IN PROGETTO

Nel presente paragrafo vengono descritti gli interventi in progetto, le scelte che hanno portato alle soluzioni adottate, le problematiche relative al cantiere, le interferenze presenti e la compatibilità idraulica dell'intervento.

Prima di entrare nel dettaglio dei singoli interventi, nel seguente paragrafo verranno illustrati le principali tipologie di passaggi per pesci utilizzate per il superamento delle discontinuità in oggetto.

I principali riferimenti consultati per la progettazione sono:

- le “*Linee guida per la progettazione e verifica dei passaggi per pesci*” della Regione Piemonte;
- il manuale “*Fish passes – Design, dimensions and monitoring*” pubblicato dalla *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) in accordo con il *Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.* (DVWK) nel 2002;
- le linee Guida di Regione Lombardia del Quaderno di Ricerca n. 125 “Interventi idraulici ittiocompatibili”.

4.1 Principali tipologie di passaggi per pesci

Le principali tipologie di passaggi per pesci, di seguito brevemente descritte sono:

- passaggi a bacini successivi;
- passaggi per anguille;
- scale a rallentamento di tipo Denil;
- rapide artificiali o rampe in pietrame;
- chiuse per pesci;
- ascensori per pesci e passaggi in condotte.

Mediante l'ausilio di rappresentazioni, vengono descritte le caratteristiche peculiari di ognuna e solamente accennate alcune considerazioni sui dimensionamenti delle opere.

Passaggio a bacini successivi

In questo tipo di soluzione, l'altezza da superare viene suddivisa in una serie di piccoli salti che alimentano altrettanti bacini fra loro comunicanti per mezzo di stramazzi o di orifizi (Figura 13 e Figura 14); tali aperture, attraverso le quali fluisce l'acqua, regolano il livello in ciascuno dei bacini. L'acqua può scorrere in superficie, dal fondo oppure attraverso fessure laterali. Il ruolo dei bacini è di dissipare, in modo conveniente, l'energia associata al flusso d'acqua in transito, oltre a fornire utili zone di riposo necessarie alla fauna ittica. Il dislivello fra i bacini e le loro dimensioni, devono essere definiti in base alle specie migratrici a cui è dedicato il passaggio; la pendenza massima varia fra il 10% (consigliata) e il 15% (Larinier e Travade, 1992; Larinier *et al.*, 2002).

Questi dispositivi sono generalmente adatti al passaggio di più specie, grazie alla minore selettività rispetto ad altre tipologie, e il dimensionamento deve essere eseguito rispettando le richieste della specie più esigente, in termini di altezza massima superabile del salto, velocità di corrente e turbolenza.

I principali parametri per il dimensionamento di un passaggio a bacini successivi sono le dimensioni dei bacini e la forma del setto divisore (tipologia e dimensioni delle aperture in relazione alla variazione del livello d'acqua di monte e valle e alle specie ittiche che utilizzeranno il passaggio); sono queste

caratteristiche geometriche che, in funzione delle quote idriche a monte e a valle dell'apertura, determinano il comportamento idraulico del passaggio e la differenza del livello tra due bacini adiacenti.

Passaggio sul Fiume Adda in Provincia di Bergamo



Passaggio sul Fiume Brembo in Provincia di Bergamo



Figura 9: esempi realizzativi di passaggi artificiali per pesci a bacini successivi

Passaggio sul Fiume Serio In Provincia di Bergamo



Passaggio sul Fiume Oglio in Provincia di Bergamo



Figura 10: esempi realizzativi di passaggi artificiali per pesci a bacini successivi

Scala a rallentamento o di tipo "denil"

Il principio di funzionamento delle scale a rallentamento (Figura 15), o di tipo Denil dal nome dell'omonimo ingegnere belga, consiste nel disporre sul fondo e/o sulle pareti di un canale a forte

pendenza (fino al 20%), una serie di quinte o deflettori di forma più o meno complessa, la cui funzione è quella di ridurre le velocità medie della corrente (Beach, 1984; Larinier e Travade, 1992).

Le quinte sono molto ravvicinate tra loro ed inclinate ad angolo rispetto all'asse del canale, così da formare canali secondari e nello stesso tempo lasciare uno spazio relativamente ampio per un canale di scorrimento principale in cui far passare il pesce. Il flusso di rientro dei canali secondari si incontra bruscamente con il flusso principale e l'energia viene assorbita tramite il grande trasferimento del momento di impulso e del rimescolio intenso, e quindi l'assorbimento dell'energia non è dovuto all'attrito contro le quinte. La forma, la posizione e la distanza delle quinte giocano quindi un ruolo molto importante. Un passaggio che sia economico, con un ingresso facilmente localizzabile, e che occupi il minimo spazio, come quello in questione, deve avere un gradiente che sia il più ripido possibile. Comunque, la velocità dell'acqua in una scala Denil aumenta approssimativamente secondo la radice quadrata del gradiente e più la scala è ripida, più aumenta il deflusso dell'acqua. Inversamente, una riduzione della sezione trasversale con gradiente invariato della scala determinerà un deflusso minore e velocità inferiore e una diminuzione delle spese d'impianto.

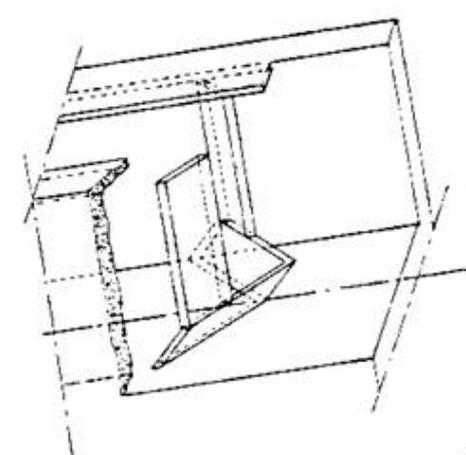
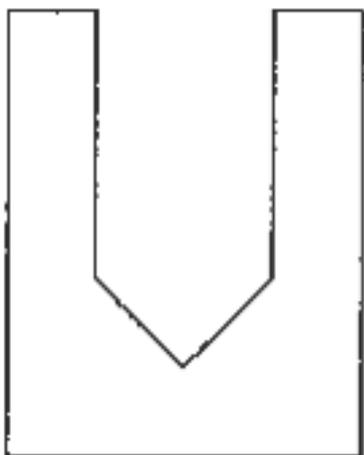
Le principali conoscenze tecniche sono tratte dalla più recente bibliografia di settore, a cui si rimanda per eventuali approfondimenti (AA. VV, 1984; Clay, 1995). Si distinguono essenzialmente tre tipologie di scale a rallentamento:

- scale a deflettori disposti unicamente sul fondo (o rallentatori sommersi) utilizzabili all'interno di un ampio range di deflussi: sono le più utilizzate anche se non tollerano grosse variazioni del livello a monte, in quanto aumenti di battente determinano incrementi eccessivi di velocità del deflusso dovuti al carico dell'acqua sul deflettore.
- scale a deflettori posti unicamente sulle pareti (o a rallentatori piani): tollerano ampie variazioni di livello e di deflusso ma sono sottoposte ad un maggiore rischio di riempimento di sedimento e per questo motivo sono poco utilizzate.
- scale a deflettori posti sia sul fondo sia sulle sponde (o a rallentatori di tipo FATOU): tollerano maggiori variazioni del livello dell'acqua ma non sopportano grandi deflussi.

Queste tipologie di passaggio sono relativamente selettive, in quanto sono adatte a specie con grande capacità natatorie in termini di velocità e di resistenza in quanto il pesce deve oltrepassare la struttura d'un sol tratto.

Tale tipologia diviene invece interessante in casi di usi plurimi della risorsa idrica permettendo ad esempio anche la discesa dei kayak.

Alcuni esempi di deflettori (piani e di tipo Fatou) tratti dalla bibliografia di settore



Passaggio per pesci di tipo Denil sul Torrente Giona in Provincia di Varese.



Passaggio utilizzato sia per la risalita dei pesci che per la discesa di kayak



Figura 11: esempi realizzativi di passaggi artificiali per pesci a rallentamento

Rapida artificiale o rampa in pietrame

Le rapide artificiali (Figura 16 e Figura 17) consistono in canali modellati su una delle due rive o in altre zone dell'alveo, caratterizzati da sponde e fondo rugoso, con presenza di ostacoli, in modo da imitare un ambiente di ruscello. Possono essere realizzate su tutta la larghezza del corso d'acqua oppure all'interno dell'opera già esistente con la costruzione di una rampa scabra a pendenza ridotta (inferiore al 10%).

Ai fini idraulici, la presenza di una briglia determina una dissipazione di energia cinetica della corrente attraverso il risalto idraulico che si forma a valle dell'opera stessa in maniera proporzionale alla sua altezza. L'obiettivo di natura idraulica che si desidera raggiungere con le rampe in pietrame è lo stesso, ma i processi dissipativi vanno correlati alla loro irregolarità e scabrosità. Tali strutture non costituiscono, inoltre, un ostacolo consentendo sia i normali scambi trofici e sia il ripopolamento naturale dei tratti d'acqua e sono richiamate nel Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia n° 122 "Quaderno opere tipo di ingegneria naturalistica". Va peraltro evidenziato che il vantaggio idraulico costituito dalle rampe è, in realtà, quello di modificare la pendenza dell'alveo, concentrando il dislivello in un'area ristretta, consentendo così un efficace consolidamento delle sponde situate a monte dell'opera. In questo modo, pur realizzando strutture di modesta altezza, si è in grado di mitigare in modo adeguato la forza erosiva della corrente, senza creare ostacoli insormontabili alla fauna ittica. È quindi evidente che il dimensionamento della rampa va eseguito in funzione della portata per la quale si verifica una dissipazione ottimale dell'energia cinetica posseduta dalla corrente.

Si distinguono due principali tipologie di rapida, in funzione del posizionamento degli ostacoli (AA.VV., 1993; AA. VV., 2003; AA.VV., 1984):

- a distanze regolari, in cui la dissipazione di energia è concentrata in prossimità di tali ostacoli e per cui ci si può rifare ad un'ampia trattazione bibliografica di riferimento (formulazioni di Whittaker-Jäggi);
- a distanze irregolari, in cui non ci sono veri e propri ostacoli, ma la dissipazione di energia avviene regolarmente lungo tutta la rampa a causa della presenza di rugosità continue (massi o ostacoli disposti alla rinfusa).

Rampa sul Fiume Oglio in Provincia di Bergamo.



Rampa sul Torrente Monvallina in Provincia di Varese.



Figura 12: esempi realizzativi di passaggi artificiali per pesci a rallentamento

Rampa sul Fiume Brembo in Provincia di Bergamo



Rampa sul Fiume Serio in Provincia di Bergamo.



Figura 13: esempi realizzativi di passaggi artificiali per pesci a rallentamento

Chiusa per pesci

Una chiusa per pesci funziona secondo il principio di una chiusa per la navigazione (Figura 18); è composta da una camera a monte, situata poco al di sotto del livello dell'acqua del fiume, da una camera a valle di grandi dimensioni e da un condotto inclinato che unisce le due camere. A ciascuna delle estremità delle camere è posizionata una porta automatizzata. Aprendo e chiudendo periodicamente le opere di chiusura, viene variato il livello all'interno della chiusa permettendo il passaggio dei pesci dalla camera di valle a quella di monte. Nonostante le reali somiglianze, non si può non sottolineare che le chiuse per la navigazione, anche se eliminano in parte le discontinuità, limitano il passaggio ai pesci a causa della chiara incompatibilità della regimazione operativa della componente idraulica.

Il ciclo di funzionamento è il seguente:

- nella fase di attrazione il pesce è attirato nello scomparto a valle che mantiene la paratoia aperta, mentre il flusso è controllato da monte. Infatti, proprio a monte, una volta riempita la camera di raccolta l'acqua stramazza a valle lungo il condotto riversandosi nella camera più in basso e creando quella corrente che permette di richiamare la fauna ittica;
- nella fase di riempimento le condizioni di monte non cambiano ma a valle la chiusura della paratoia permette il progressivo innalzamento del livello d'acqua nella camera e nel condotto di collegamento. Tramite un bypass una piccola portata defluisce ugualmente nell'alveo del corso d'acqua per poter svolgere una continua funzione attrattiva per altri pesci nelle vicinanze della chiusa. All'interno del condotto il pesce si eleva con il pelo libero dell'acqua lungo il canale fino al raggiungimento della quota di monte;
- nella fase di svuotamento contestualmente alla fuoriuscita degli esemplari nel bacino a monte si procede alla riapertura della paratoia di valle e allo svuotamento della chiusa per poter ricominciare una nuova fase. Nel compiere questa operazione si provoca una forte corrente dovuta allo scarico delle acque che crea un'attrattiva maggiore per i pesci nelle vicinanze.

Naturalmente il processo abbisogna di congrui dimensionamenti temporali per la sincronizzazione di tutte le fasi in relazione alle specie ittiche interessate dall'opera. La durata dell'intero ciclo necessita generalmente di un lasso temporale compreso tra l'una e le quattro ore. Le caratteristiche costruttive e tutti i dimensionamenti del passaggio vanno attentamente analizzati in relazione alle componenti sia idrauliche sia biologiche occorrenti allo scopo che ci si prefissa (Larinier et al., 2002).

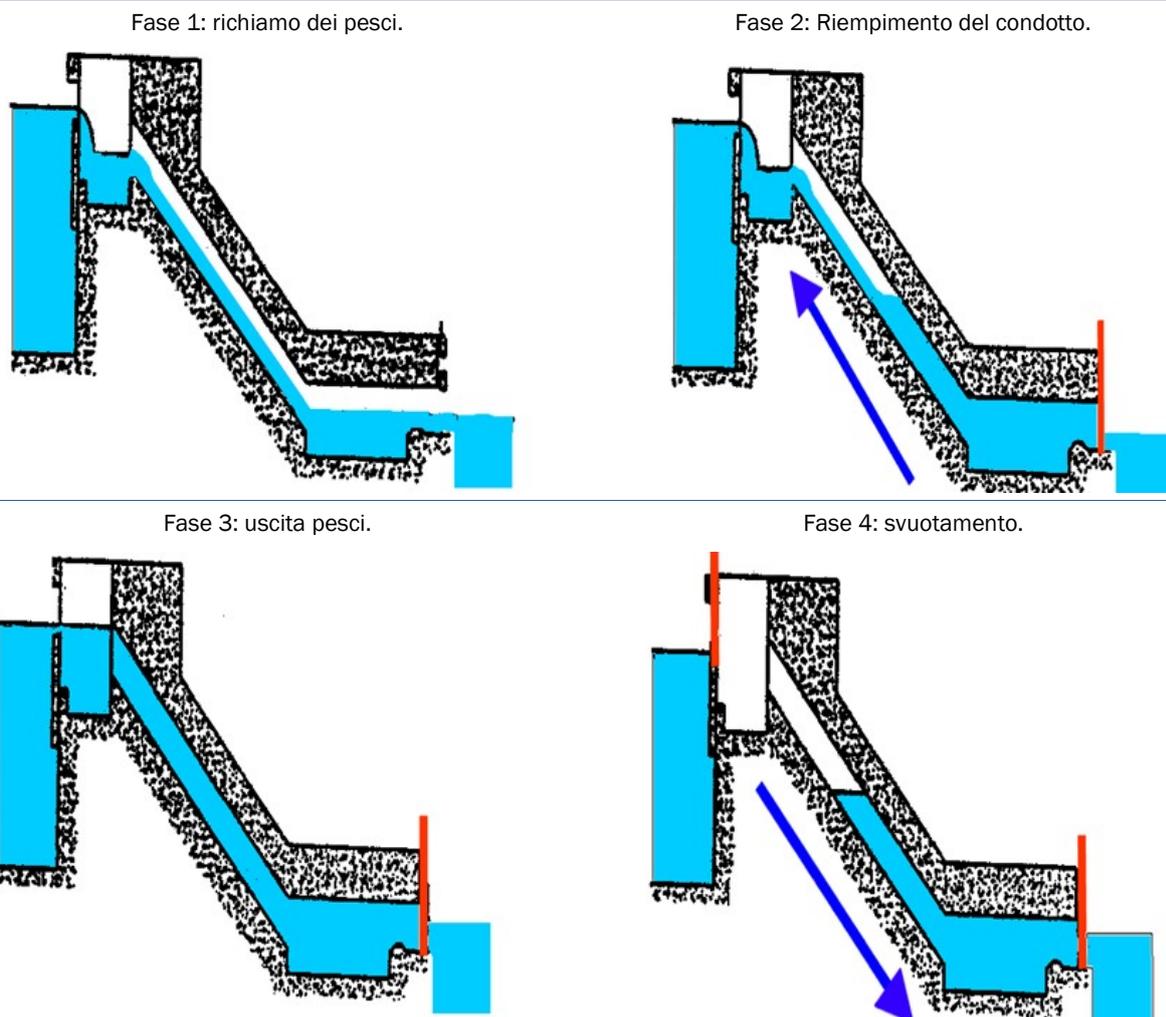


Figura 14: schemi realizzativi e fasi di funzionamento di una chiusa per pesci (fonte letteratura di settore modificata)

Ascensore per pesci

Il principio di funzionamento di un ascensore per pesci (Figura 19) si basa su di un sistema meccanico che permette, in una prima fase, di catturare i migratori ai piedi dell'ostacolo all'interno di una vasca o di un piccolo bacino contenente un'adeguata quantità d'acqua; in un secondo momento avviene il sollevamento del bacino lungo l'ostacolo (ascensore vero e proprio) rilasciando il contenuto nel tratto di fiume a monte (Clay, 1995).

Anche in questo caso i migratori sono attirati verso il bacino di cattura attraverso una portata di attrazione; il sollevamento della cabina, per mezzo di motore, può essere programmato periodicamente in funzione del numero di pesci che vengono presumibilmente catturati. Riguardo al rilascio dei pesci a monte, l'operazione può avvenire direttamente nel fiume, se la cabina dell'ascensore è posta allo stesso livello del corso d'acqua; in caso di presenza di dislivello, i pesci devono essere rilasciati in un canale appositamente predisposto per il superamento di tale altezza. Le tipologie costruttive si differenziano sostanzialmente per le modalità di scarico della fauna ittica raccolta. In alcuni casi, infatti, si rilascia il pesce direttamente nel corpo idrico a monte, in altri casi la particolare localizzazione delle strutture necessita la creazione di collegamenti tra i vettori mobili dell'ascensore e l'acqua ricettiva a monte. In questo ultimo caso i tubi di collegamento devono sempre mantenere una corrente d'acqua

discendente verso valle per poter permettere il giusto orientamento alla fauna ittica onde prevenirne stress e prepararla all'eventuale salto che dovesse interpersi con il bacino ricettore di monte (è bene precisare che questa situazione di dislivello è accuratamente da evitare in fase progettuale perché crea traumi al pesce soprattutto in considerazione della diversificazione della taglia delle specie che possono essere interessate).

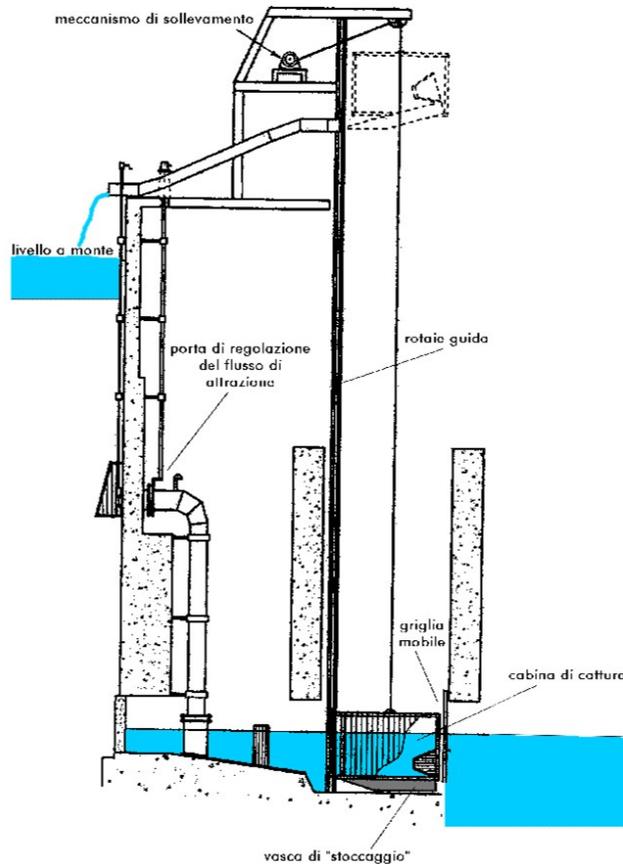


Figura 15: schema realizzativo di un ascensore per pesci (fonte letteratura di settore modificata)

Gli ascensori sono realizzati per grandi sbarramenti, soprattutto dighe, che comportano un dislivello troppo elevato da permettere l'impiego delle tipologie standard di passaggi artificiali. Particolarmente indicati nel caso in cui non si disponga delle informazioni sufficienti per tarare il funzionamento di una chiusa per pesci. Il sollevamento dei vettori sarà gestito da apparati elettrici e meccanici in base alle dimensioni, ai carichi ed alle particolari localizzazioni dell'impianto. Importante e delicato passaggio nella fase progettuale di queste opere è il giusto dimensionamento della vasca di sollevamento dell'ascensore. Sono da prevedere anche soluzioni alternative che possano creare una separazione degli spazi nel caso in cui le comunità ittiche interessate dall'intervento siano costituite da soggetti territoriali, oppure da soggetti che nuotano prevalentemente in superficie od ancora che non tollerano confinamenti troppo angusti. Essendo costituiti da parti meccaniche ed elettromeccaniche, i passaggi per pesci che utilizzano ascensori devono essere oggetto di attenta manutenzione. Questo logicamente fa salire i costi di gestione, che per altro sono già alti a livello realizzativo.

4.1.1 Tipologie a confronto e criteri di selezione

Nell'ambito della preferenza di un sistema per la risalita dei pesci, la scelta, tra le tipologie di passaggio precedentemente illustrate, deve tenere conto di una serie di condizioni e vincoli dettati dalle caratteristiche ambientali e territoriali dei siti per i quali si ritiene necessario l'intervento.

I principali criteri di selezione riguardano i seguenti aspetti:

- la comunità ittica presente nei corpi idrici sia in termini di specie che di zonazione;
- le caratteristiche idrauliche e idrologiche dei corpi idrici, con particolare riferimento ai livelli idrici a monte e a valle della discontinuità;
- le componenti geomorfologiche interessate (range di pendenze consigliato per ogni categoria di opere);
- le caratteristiche delle discontinuità, con particolare attenzione a vantaggi e svantaggi delle diverse opportunità realizzative e dell'efficacia finale del passaggio per pesci;
- eventuali criteri di gestione, considerando anche i vincoli costruttivi legati a difficoltà realizzative su sbarramenti preesistenti e/o in siti particolarmente critici e i costi realizzativi.

I criteri appena illustrati possono essere riassunti nella seguente tabella (Tabella 1) per le tipologie di passaggi per pesci più comuni. I contenuti sintetizzati derivano dalla letteratura internazionale già precedentemente richiamata e dall'esperienza pratica nella progettazione di opere per la risalita della fauna ittica della scrivente.

Tabella 1: criteri e vincoli per la selezione del sistema da adottare per la risalita dei pesci

Tipologie di passaggio	Specie ittiche	Range di portate consigliato	Pendenza consigliata	Pendenza massima	Necessità di bacino intermedio	Funzionamento con livelli di monte e portate variabili	Occupazione di spazio	Difficoltà realizzative con sbarramenti preesistenti	Manutenzione	Costi
Bacini successivi	Tutte (fondamentale la scelta del tipo di fessura)	da pochi l/s ad anche più di 1 m ³ /s	< 10%	15%	Consigliabile per pendenze >10%	Medio	Media	Media	Dopo le piene	Medi
Denil	Salmonidi, lampreda e Ciprinidi reofili di grosse dimensioni	da 70-80 l/s a 500 l/s	<15%	15% (solo Salmonidi di taglia medio-alta)	DH > 5m	Scarso	Scarsa	Bassa	Dopo le piene	Medio-bassi
Rapida artificiale	Tutte	a partire da 1 m ³ /s	< 7%	20%	Necessario per DH > 2m	Buono	Notevole	Alta	Non richiede particolari interventi	Medio-bassi
Chiusa / ascensore	Tutte	-		10%	No	Buono	Ridotta	Alta	Frequente (presenza di organi meccanici)	Alti

Nei successivi paragrafi verrà illustrata, per ogni discontinuità, la soluzione scelta.

4.1.2 Criteri generali di localizzazione: il posizionamento di progetto e la sua fattibilità

Ulteriore fattore di progettazione è la scelta del punto in cui inserire il passaggio, che va effettuata considerando:

- la presenza delle strutture esistenti e dunque la possibilità di inserire il manufatto senza grossi stravolgimenti in tali opere, spesso strutturalmente delicate, proprio per la natura dei luoghi in cui sono costruite e per le azioni a cui sono continuamente soggette;
- la necessità di garantire il richiamo per la fauna ittica verso l'ingresso ai passaggi (a valle degli sbarramenti);
- l'accessibilità alle strutture previste per agevolarne la manutenzione;
- la possibilità di proteggere i passaggi da eventuali atti vandalici e di bracconaggio;
- la necessità di non essere limitante al deflusso delle piene.

In questo paragrafo vengono illustrati i criteri generali per la corretta localizzazione di un passaggio adottati per determinare la scelta localizzativa di progetto.

Premettendo che:

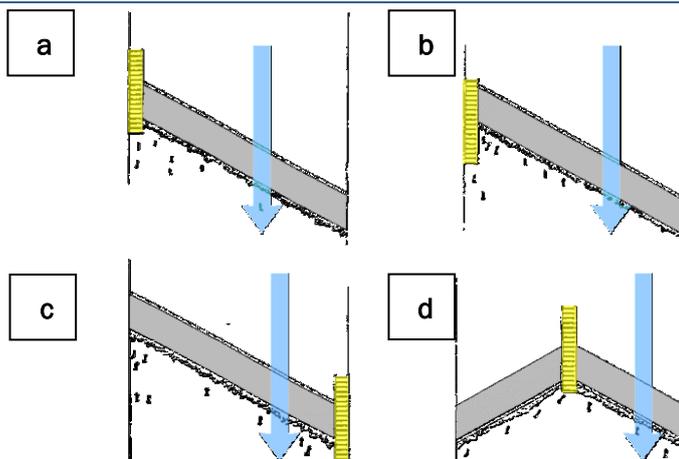
- la velocità di corrente all'ingresso del passaggio non deve essere inferiore a 1 m/s, velocità minima che assicura un punto di richiamo per i pesci;
- a monte dell'ostacolo, il passaggio non deve essere collocato in corrispondenza di una zona ad elevata velocità di corrente ma adeguatamente protetto, onde evitare l'intasamento da parte di corpi flottanti; la protezione migliore consiste nella creazione di un "bacino tampone", che può essere utilizzato anche per la verifica di funzionalità del passaggio ed eventualmente dotato di paratoia di chiusura per permettere le operazioni di pulizia e manutenzione ordinaria e straordinaria;
- in presenza di derivazioni idroelettriche, dove l'acqua viene convogliata nelle turbine, i pesci sono generalmente attratti dai tubi di sfogo. In questa situazione l'ingresso del passaggio deve essere adiacente allo scarico della centrale idroelettrica ma non eccessivamente vicino alla zona di massima turbolenza.

Nella tabella seguente è illustrato sinteticamente uno schema delle possibilità localizzative in relazione alle condizioni al contorno, derivate dalla presenza di altri interessi e sovrapposizioni generati dall'uso plurimo della risorsa idrica, analizzando le varie possibilità e secondo le indicazioni dettate dalle norme di buona tecnica reperibili nella bibliografia di settore o come frutto della esperienza progettuale dei progettisti.

Tabella 2: schema delle possibili ubicazioni (corrette e scorrette) di passaggi per pesci lungo gli sbarramenti (fonte: Larinier et al., 2002)

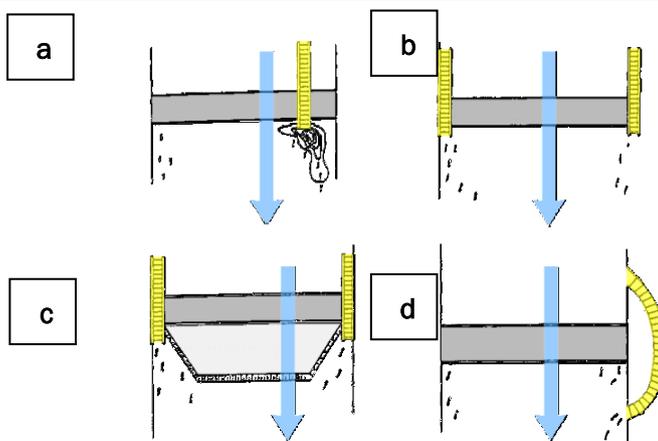
SBARRAMENTI OBLIQUI:

conseguenze di corrette (**a** e **d**) e scorrette (**b** e **c**) ubicazioni di passaggi sulla fauna ittica; il passaggio del caso **d** è posizionato correttamente ma risultano difficoltose la sistemazione dell'accesso e la manutenzione ordinaria; nei casi **b** e **c** i passaggi non sfruttano le condizioni ottimali di richiamo dei pesci.



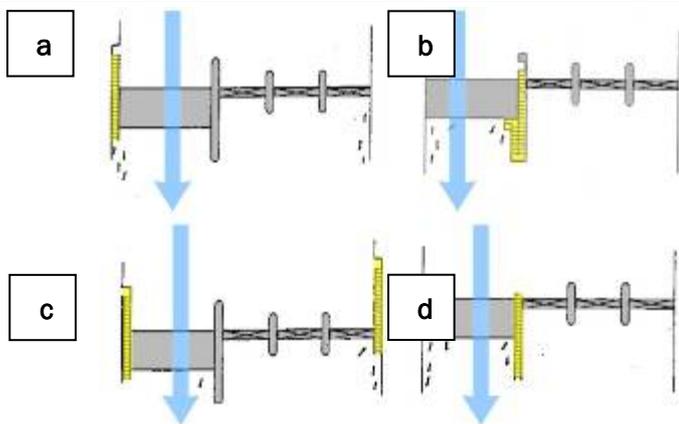
SBARRAMENTI REGOLARMENTE DISPOSTI RISPETTO LE SPONDE:

i passaggi sono preferibilmente collocati in prossimità delle sponde; l'ubicazione intermedia (**a**) è possibile solo in situazioni particolari (presenza di pozze a valle del passaggio); per grandi sbarramenti è consigliabile realizzare due passaggi su entrambe le sponde (**b**) eventualmente con un basamento in alveo (**c**); il passaggio può sfruttare una strettoia naturale anche se non adiacente allo sbarramento purché sia presente un sufficiente deflusso durante il periodo delle migrazioni (**d**).



DERIVAZIONI IDROELETTRICHE:

l'ubicazione del passaggio è consigliabile in prossimità dello scarico delle turbine (**a** e **b**); in caso di grandi fiumi è preferibile disporre anche di un secondo passaggio lungo la sponda opposta alla centrale, in corrispondenza dello sbarramento (**c**); l'ingresso del passaggio è in posizione scorretta se collocato lontano, a valle della centrale (**d**).



4.2 Discontinuità A

Come precedentemente illustrato, la Discontinuità A è caratterizzata dalla presenza di una soglia di sfioro e da un canale che veicola le acque in sponda sinistra. Oltre a due luci regolate da paratoie a libro per il rilascio del DMV e per l'alimentazione del passaggio per pesci esistente.

I rilievi topografici di dettaglio hanno mostrato come il salto idraulico prodotto dalla briglia, durante il rilievo in data 21 agosto 2019, è quantificabile in 3,86 m, tra la quota del livello idrico di monte 98,62 m e la quota di valle di 94,76 m (in quote relative).

L'assenza di idrometri da cui si possano definire le statistiche di variazione dei livelli idrici di monte o di valle obbliga a valutare al meglio i livelli di riferimento a cui il passaggio per pesci in progetto dovrà funzionare.

I livelli idrici di riferimento per il dimensionamento dell'opera sono quindi stati definiti incrementando, in via cautelativa, il dislivello monte-valle dell'opera:

- Come livello idrico di monte è stato scelto il livello di sfioro della traversa (variabile tra 98,60 m e 96,65 m), pari a 98,60 m, così che un incremento di portata produca un limitato incremento del livello idrico per via delle portate sfiorate sulla soglia;
- Come livello idrico di valle è stato scelto il battente idrico a valle della controbriglia presente, pari a 94,50 m, che è compatibile con il livello di sfioro della stessa.

A seguito di questa scelta il dislivello idrico che il passaggio per pesci dovrà superare è di 4,10 m.

Il contesto ambientale in cui si dovrà inserire il passaggio per pesci è caratterizzato da:

- la difficoltà di raggiungere comodamente la sponda destra;
- la presenza, in sponda sinistra, di tutte le opere idrauliche e dell'accesso alle vie di comunicazione;
- la presenza di un'area a valle della traversa, in sponda sinistra, protetta dalle piene, alle spalle della quale è presente un'area spondale libera da manufatti;
- una controbriglia in massi ciclopici cementati, che protegge il piede della struttura e limita le escursioni del livello idrico di valle;
- la presenza di fenomeni di trasporto solido non trascurabili che devono essere presi in considerazione per la scelta della tipologia di passaggio per pesci e per la sua progettazione.

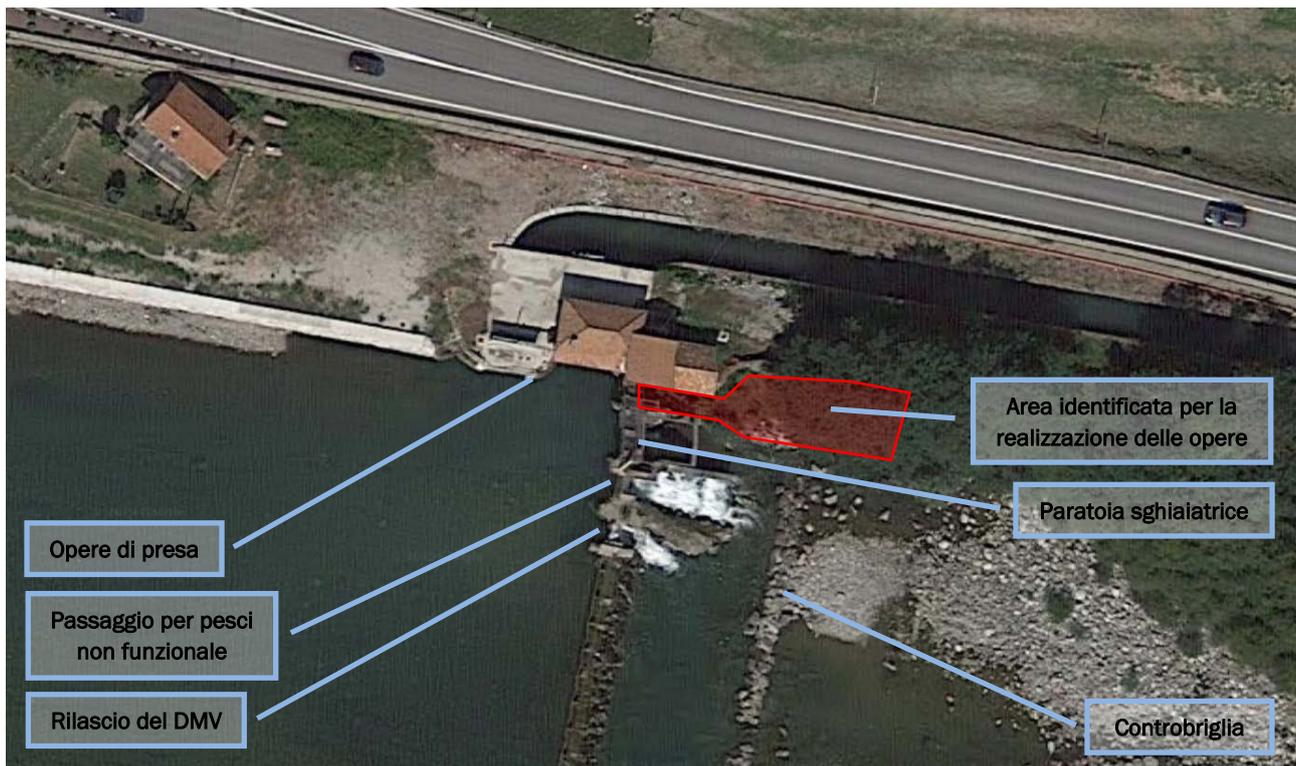


Figura 16: vista aerea della discontinuità A (fonte: Google Maps)

4.2.1 Scelta progettuale

In virtù delle considerazioni sopra esposte e delle principali tipologie di passaggi per pesci illustrate in precedenza, il tipo di passaggio individuabile come più idoneo in questo contesto è il **passaggio per pesci a bacini successivi** della tipologia “*vertical slot*”.

Questa scelta tipologica consentirà di avere un passaggio per pesci che richiederà bassa manutenzione, risentirà di meno della variazione dei livelli idrici di monte e di valle e che potrà essere realizzato nell’area di alveo non soggetto direttamente alle portate di piena, oltre ad integrarsi visivamente con le strutture esistenti, in quanto sarà realizzato in calcestruzzo come le opere idrauliche della traversa. La presenza delle fenditure verticali da un solo lato consente una riduzione dei fenomeni di sedimentazione all’interno dei bacini.

Le altre tipologie di passaggi per pesci, come la chiusa e l’ascensore, necessitano di elevata manutenzione e risultano idonee per dislivelli più alti dove non si possono utilizzare altre tipologie.

I passaggi della tipologia Denil non risultano idonee per tutte le tipologie di passaggi per pesci e la loro funzionalità è vincolata ad un ristretto regime di variazioni del livello idrico di valle. La rapida artificiale o rampa in pietrame è idonea per discontinuità con dislivelli inferiori e risente maggiormente delle variazioni di livello idrico, soprattutto di monte, oltre ad avere un ingombro planimetrico importante e non sempre contestualizzabile all’interno delle aree a disposizione.

Il dimensionamento dell’opera verrà eseguito seguendo le indicazioni fornite dalla Regione Piemonte attraverso le “*Linee guida per la progettazione e verifica dei passaggi per pesci*” ed il manuale “*Fish passes – Design, dimensions and monitoring*” pubblicato dalla *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)* in accordo con il *Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK)* nel 2002.

4.2.2 Vincoli alla progettazione

I vincoli al contorno al dimensionamento dell'opera sono rappresentati dalle quote del livello idrico di monte e valle, dall'ingombro planimetrico dell'opera e dall'energia dissipata nei bacini, che deve essere tale da poter permettere la risalita della fauna ittica target.

4.2.2.1 Definizione del livello idrico di progetto

Come precedentemente accennato, la traversa non è dotata di una misurazione dei livelli idrici di monte, e di valle, e delle relative statistiche per la valutazione dell'escursione dei livelli.

Si è scelto quindi di utilizzare come livello idrico di progetto di monte il livello di sfioro della traversa (98,60 m). Questo accorgimento permette di sfruttare la larghezza della traversa, e le portate che da essa sfiorano, per limitare l'incremento del livello idrico di monte all'aumentare delle portate del fiume.

Il livello idrico di valle è stato identificato in 94,50 m, livello corrispondente al livello idrico durante il rilievo del 21.08.2019 a valle della controbriglia in massi cementati; valore che risulta cautelativo rispetto al valore presente nel fiume nella sezione dell'imbocco di valle (che è a monte della controbriglia presente) nel medesimo giorno e che è linea con in linea con il livello di sfioro della controbriglia.

La definizione dei livelli idrici di monte e di valle permette di definire il dislivello idrico di progetto in 4,10 m che il passaggio per pesci deve deframmentare.

4.2.2.2 Ingombro planimetrico dell'opera

Come precedentemente illustrato (Figura 16) l'unica area idonea a permettere l'inserimento dell'opera è collocata a valle della traversa, in sponda idraulica sinistra, tra la paratoia sgrigliatrice e la sponda. La collocazione del passaggio per pesci in questa posizione consente di:

- essere limitrofo alle altre opere idrauliche ottimizzando il posizionamento delle strutture;
- avere l'imbocco di valle prossimo al rilascio del DMV per sfruttarne il richiamo ma non troppo da subire effetti della turbolenza;
- avere l'imbocco di monte prossimo alla paratoia sghiaiatrice per sfruttare l'effetto di pulizia effettuato dalla stessa e proteggere l'inghiamento del passaggio per pesci;
- essere alle spalle di muro di sponda per evitare gli effetti delle piene;
- essere inglobato nella sponda sinistra esistente ed esterno al flusso delle acque in caso di piena (Figura 17).

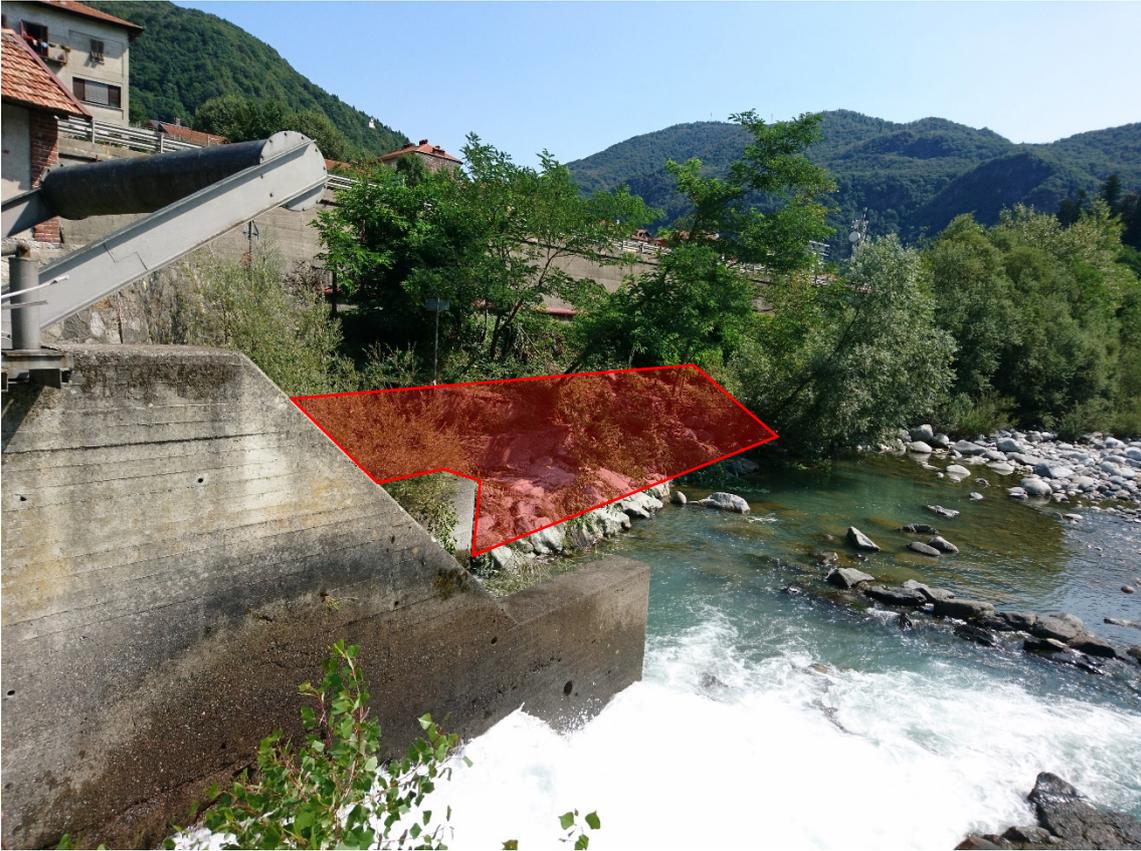


Figura 17: vista della sponda a valle della paratoia sghiaiatrice con indicazione di massima delle aree occupate dalla nuova struttura

4.2.2.3 Fauna ittica target

Vista la posizione della presente discontinuità, la prima in progetto che incontra la fauna ittica in risalita, le specie target risultano essere composte sia da Ciprinidi che da Salmonidi.

Il principale parametro progettuale di riferimento per stimare la bontà di un passaggio per pesci è la potenza specifica dissipata dei bacini, misurata in W/m^3 . Questo valore dovrà risultare inferiore al valore bibliografico di riferimento per la fauna ittica target di minori capacità natatorie, che in questo caso è costituita dai Ciprinidi, per la quale la bibliografia di settore indica un valore di $150 W/m^3$.

4.2.3 Dimensionamento del passaggio per pesci

Il dimensionamento del passaggio per pesci è stato eseguito considerando i vincoli e i suggerimenti presenti nella normativa di settore. È stato quindi dimensionato il passaggio per pesci definendo, scelto il valore di potenza specifica dissipata da rispettare (che è funzione della fauna ittica target) e del dislivello totale esistente, il dislivello idraulico tra due salti, il loro numero e i bacini tra loro, e la loro dimensione.

Tabella 3: parametri di riferimento per il dimensionamento del passaggio per pesci

Condizioni al contorno sito-specifiche			
Livello idrico di monte di progetto	H_m-p	98,60	m*
Livello idrico di valle di progetto	H_v-p	94,50	m*
Salto idraulico di progetto	dH	4,10	m
Vincoli/consigli da bibliografia (Regione Piemonte)			
Potenza specifica dissipata (Ciprinidi) - target	E	≤ 150	W/m ³
Potenza specifica dissipata (Salmonidi)	E	≤ 200	W/m ³
Dislivello per i ciprinidi (target)	dH	≤ 20	cm
Dislivello per i salmonidi	dH	≤ 25	cm
Larghezza minima fenditura	s	> 20	cm
Lunghezza minima del bacino	$L_B \text{ min}$	1,4-1,5	m
Lunghezza dei bacini	L	$8-10 \times s$	m
Larghezza	B	$6-8 \times s$	m

* quote relative

Una volta stabiliti i vincoli da rispettare si è proceduto al dimensionamento del passaggio per pesci. secondo il manuale di Regione Piemonte, attraverso le seguenti formule:

- stima della portata (*Vertical slot*):

$$Q = C_d \cdot b \cdot H_1 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D_h}$$

Dove:

b è la larghezza della fenditura in metri;

C_d è il coefficiente di deflusso (tra 0,65 per profilo arrotondato e 0,85 per profilo arrotondato e liscio) e stimato pari a 0.

H_1 è il carico idrico totale a monte della fenditura in metri;

D_h è dislivello idraulico tra due bacini.

- stima della potenza volumetrica dissipata (Pv):

$$P_v = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot D_h}{V}$$

Dove:

ρ è la densità dell'acqua pari a 1000 kg/m³;

Q portata defluente nel passaggio (m³/s);

V Volume di acqua presente nel bacino (m³) e costituito dal prodotto di larghezza, lunghezza e battente idrico medio al suo interno.

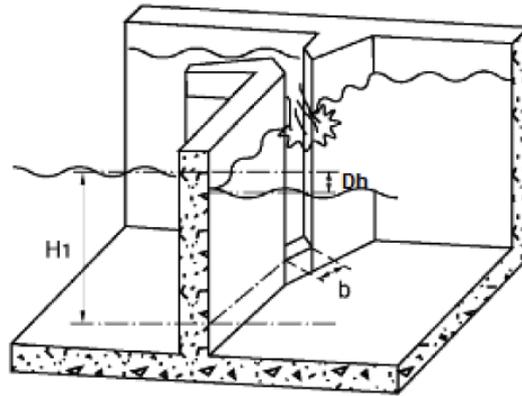


Figura 18: deflusso attraverso fenditura verticale (da Larinier et al., 2002 modificato) - estratto dal "manuale regionale - Linee guida per la progettazione e verifica dei passaggi per pesci" di regione Piemonte"

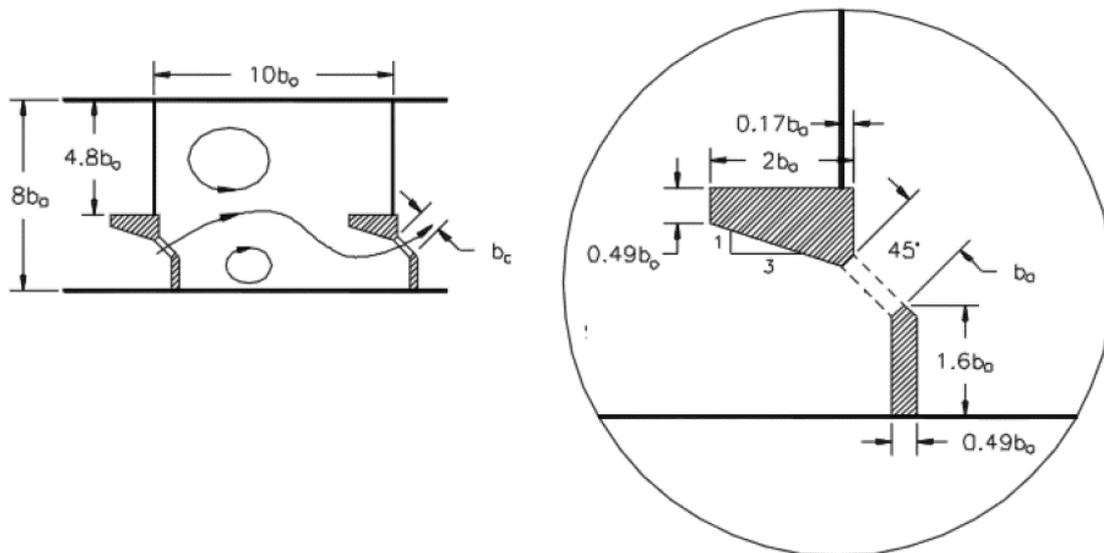


Figura 19: schema tipologico delle geometrie di passaggio per pesci della tipologia vertical slot - estratto dal "manuale regionale - Linee guida per la progettazione e verifica dei passaggi per pesci" di regione Piemonte"

Per effettuare un corretto dimensionamento sono stati prima scelti il numero di setti e bacini con il relativo dislivello idrico (D_h), e successivamente le geometrie dei bacini e dei setti (Tabella 3); una volta valutati la portata (Q) e la potenza volumetrica dissipata (P_v) si proceduto a variare tali valori fino al raggiungimento di una combinazione ottimale che rispetti i vincoli stabiliti.

Il dimensionamento geometrico e i risultati qualitativi del passaggio per pesci sono riassunti rispettivamente in Tabella 4 e Tabella 5, in Figura 20 viene illustrato il profilo idraulico di progetto.

In Tabella 6 sono illustrate le geometrie dei setti del passaggio per pesci.

Tabella 4: parametri riassuntivi del passaggio pesci nelle condizioni di progetto

Condizioni al contorno			
Livello idrico di monte di progetto	Hm-p	98,60	m*
Livello idrico di valle di progetto	Hv-p	94,50	m*
Salto idraulico di progetto	dH	4,10	m
Vincoli idraulici			
Salto tra due bacini	D_h	0,205	m
Battente sulla soglia del primo setto	H_1	1,00	m
Altezza della soglia dal fondo del bacino		0,20	m
Dimensioni dei bacini			
Lunghezza	L	2,50	m
Larghezza	B	1,80	m
Dimensioni dei setti			
Spessore	S	0,25	m
Altezza massima	h	1,60	m
Larghezza fessura laterale	b	0,24	m
Dimensioni complessive			
Numero di salti		20	#
Lunghezza minima complessiva		52,50	m
Pendenza media	i	7,8	%
Portata	Q	0,36	m ³ /s
Potenza volumetrica dissipata	Pv	147	W/m ³

* quote relative

Tabella 5: confronto tra i parametri di riferimento per il dimensionamento del passaggio per pesci e quelli in progetto

Condizioni al contorno sito-specifiche			
Livello idrico di monte di progetto	Hm-p	98,60	m*
Livello idrico di valle di progetto	Hv-p	94,50	m*
Salto idraulico di progetto	dH	4,10	m
Vincoli/consigli da bibliografia (Regione Piemonte)			Valori di progetto
Potenza specifica dissipata (Ciprinidi)	E	≤ 150 W/m ³	147 W/m ³
Potenza specifica dissipata (Salmonidi)	E	≤ 200 W/m ³	
Dislivello per i ciprinidi (target)	dH	≤20 cm	20,5 cm
Dislivello per i salmonidi	dH	≤25 cm	
Larghezza minima fenditura	s	>20 cm	24 cm
Lunghezza minima del bacino	$L_{B\ min}$	1,4 - 1,5 m	2,50 m
Lunghezza dei bacini	L	$8-10 \times s$ (1,92 m - 2,40 m) m	
Larghezza	B	$6-8 \times s$ (1,44 m - 1,92 m) m	
Profondità minima dei bacini	-	>60 cm	1,10 m

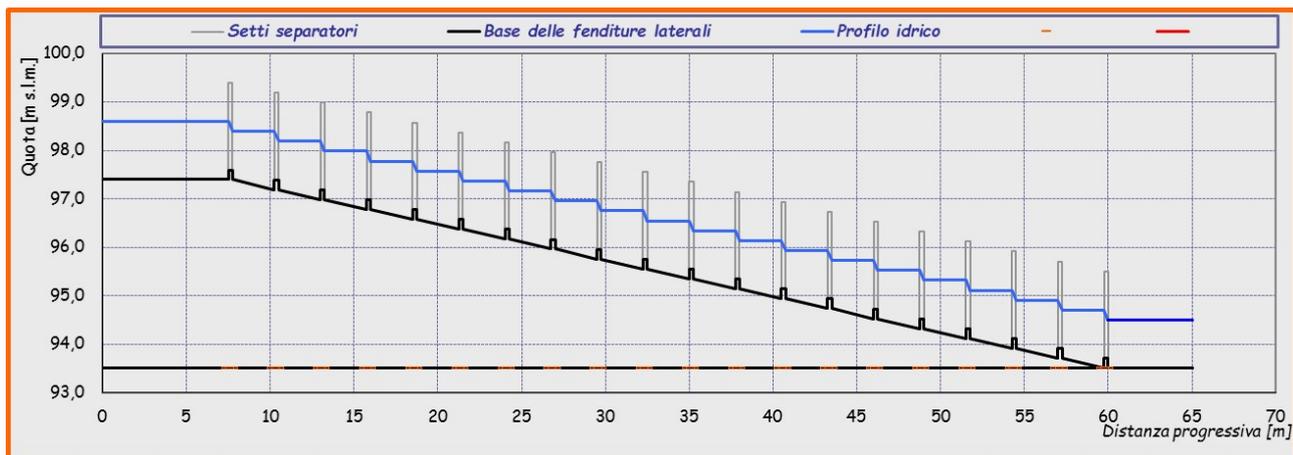


Figura 20: illustrazione del profilo idraulico del passaggio per pesci

Tabella 6: geometrie dei setti del passaggio per pesci

Setto n°	Livelli idrici		Platea	Setto		
	Livello di monte	Livello di valle		Soglia di sfioro	Quota setto	H setto
1	98,60	98,40	97,40	97,60	99,00	1,60
2	98,40	98,19	97,20	97,40	98,80	1,60
3	98,19	97,99	96,99	97,19	98,59	1,60
4	97,99	97,78	96,79	96,99	98,39	1,60
5	97,78	97,58	96,58	96,78	98,18	1,60
6	97,58	97,37	96,38	96,58	97,98	1,60
7	97,37	97,17	96,17	96,37	97,77	1,60
8	97,17	96,96	95,97	96,17	97,57	1,60
9	96,96	96,76	95,76	95,96	97,36	1,60
10	96,76	96,55	95,56	95,76	97,16	1,60
11	96,55	96,35	95,35	95,55	96,95	1,60
12	96,35	96,14	95,15	95,35	96,75	1,60
13	96,14	95,94	94,94	95,14	96,54	1,60
14	95,94	95,73	94,74	94,94	96,34	1,60
15	95,73	95,53	94,53	94,73	96,13	1,60
16	95,53	95,32	94,33	94,53	95,93	1,60
17	95,32	95,12	94,12	94,32	95,72	1,60
18	95,12	94,91	93,92	94,12	95,52	1,60
19	94,91	94,71	93,71	93,91	95,31	1,60
20	94,71	94,50	93,51	93,71	95,11	1,60

Un accorgimento alla realizzazione del passaggio per pesci è la predisposizione dello stesso ad intasamenti dovuti alla presenza di trasporto solido.

Questa problematica viene affrontata utilizzando la tipologia *vertical slot* che, in questo contesto, è la tipologia che meno soffre dei fenomeni di trasporto solido e che viene considerata autopulente per via del flusso idraulico che si forma all'interno del bacino. Una ulteriore miglioria viene eseguita realizzando una parte del setto amovibile, per essere rimossa in caso di inghiamento ed agevolare gli interventi di pulizia del passaggio per pesci.

4.2.4 Rilascio del DMV

La struttura è già dotata di due luci regolate da due paratoie a libro che permettono il rilascio della portata complementare al DMV. Il passaggio per pesci incrementerà la portata transitante a valle della traversa delle portate transitanti del passaggio per pesci.

La scala delle portate del passaggio per pesci è illustrata nella seguente tabella (Tabella 7) in cui viene indicata anche la portata minima da rilasciare dalle due luci presenti complessivamente:

Tabella 7: scala delle portate transitante nel passaggio per pesci

Livello idrico di monte (m)	Portata del passaggio per pesci (l/s)	Portata complementare al DMV (l/s)
98,30	253	2.827
98,31	256	2.824
98,32	260	2.820
98,33	264	2.816
98,34	267	2.813
98,35	271	2.809
98,36	274	2.806
98,37	278	2.802
98,38	282	2.798
98,39	285	2.795
98,40	289	2.791
98,41	292	2.788
98,42	296	2.784
98,43	300	2.780
98,44	303	2.777
98,45	307	2.773
98,46	310	2.770
98,47	314	2.766
98,48	318	2.762
98,49	321	2.759
98,50	325	2.755
98,51	328	2.752
98,52	332	2.748
98,53	336	2.744
98,54	339	2.741
98,55	343	2.737
98,56	347	2.733
98,57	350	2.730
98,58	354	2.726
98,59	357	2.723
98,60	361	2.719

La struttura sarà dotata di un **misuratore di livello idrico** con tecnologia radar a monte della struttura per quantificare, gestire e visualizzare la portata rilasciata come DMV.

In occasione di importanti eventi di piena, con conseguenti importati fenomeni di trasporto di materiale, è consigliabile chiudere il passaggio per pesci attraverso la paratoia di monte per escludere così gli effetti di sedimentazione all'interno dello stesso e riducendo quindi l'incidenza degli interventi di manutenzione.

La chiusura del passaggio per pesci durante questi eventi non arrecherà nessun disturbo alla fauna ittica migratrice in quanto, con importati portate all'interno del fiume, non è stimolata a muoversi lungo l'asta fluviale e quindi usufruire del passaggio per pesci.

4.2.5 Compatibilità idraulica

Come descritto in precedenza, le opere in progetto sono state progettate per non interferire con il deflusso delle piene, in particolare:

- l'opera è realizzata all'esterno del flusso principale di scorrimento delle piene;
- non ci sono opere che incrementano la quota di sfioro della briglia;
- non vi sono opere in progetto che limitino il deflusso delle piene o che restringano l'alveo del fiume come illustrato in Figura 21;
- la portata fluente dalla traversa con il livello idrico alla quota della soglia di sfioro, incrementa della portata defluente dal passaggio per pesci, aumentando la portata complessiva transitante sulla sezione.

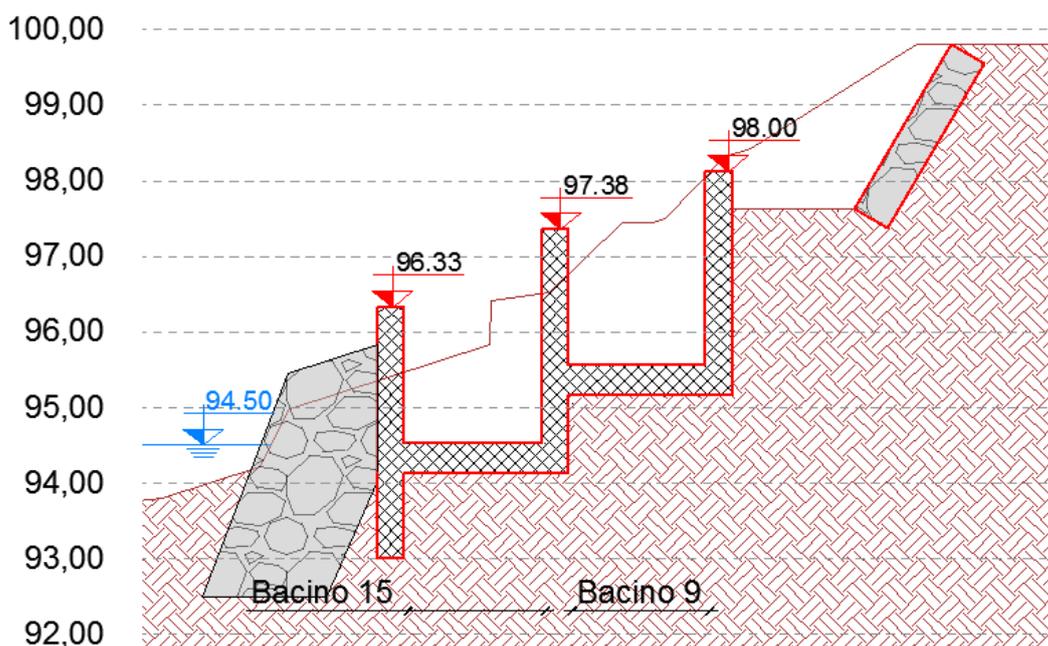


Figura 21: Vista della sezione E-E, estratto della tavola D.1.2.

In virtù delle considerazioni precedentemente illustrate si può ritenere che *l'opera in progetto è idraulicamente compatibile con la piena del corso d'acqua.*

4.2.6 Interferenze con le opere in progetto e problematiche del cantiere

Le interferenze con le opere in progetto sono costituite da:

- la presenza dell'opera di derivazione e delle sue opere idrauliche (paratoia sghiaiatrice);
- la presenza del canale derivatore senza opere di protezione dalle cadute;
- la presenza delle acque del fiume e le relative problematiche connesse alla variazione dei livelli (giornalieri e stagionali) e alle cadute nel corso d'acqua.

Le problematiche che caratterizzano il cantiere sono costituite dagli accessi, in quanto lungo il tracciato di accesso più prossimo e comodo alle aree di cantiere è presente un ponte con altezza massima di 3,40 m.

L'esecuzione delle opere dovrà prevedere la realizzazione di tre ture: una a valle della traversa per la realizzazione del corpo principale del passaggio per pesci, una a monte davanti alle opere di presa per consentire la realizzazione dell'imbocco di monte tramite il taglio del muro arginale ed il

posizionamento della paratoia. Oltre alle ture per la realizzazione della pista di cantiere e l'attraversamento del T. Mastallone.



Figura 22: inquadramento dell'area oggetto dell'opera: in verde la pista di accesso transitabile dagli automezzi con altezze superiori a 3,40 m, in giallo la pista per l'accesso agli automezzi con altezze inferiori, in marrone le ture per la realizzazione delle opere

4.3 Discontinuità B

La discontinuità B si inserisce in un contesto ambientale particolare (Figura 23). In questo tratto il fiume effettua una lunga curva a 180° al termine della quale, in sponda idraulica sinistra è presente l'opera di presa. Circa 70 m a valle dell'opera di presa è presente la briglia oggetto di realizzazione del passaggio per pesci e da cui deve essere rilasciato il DMV.

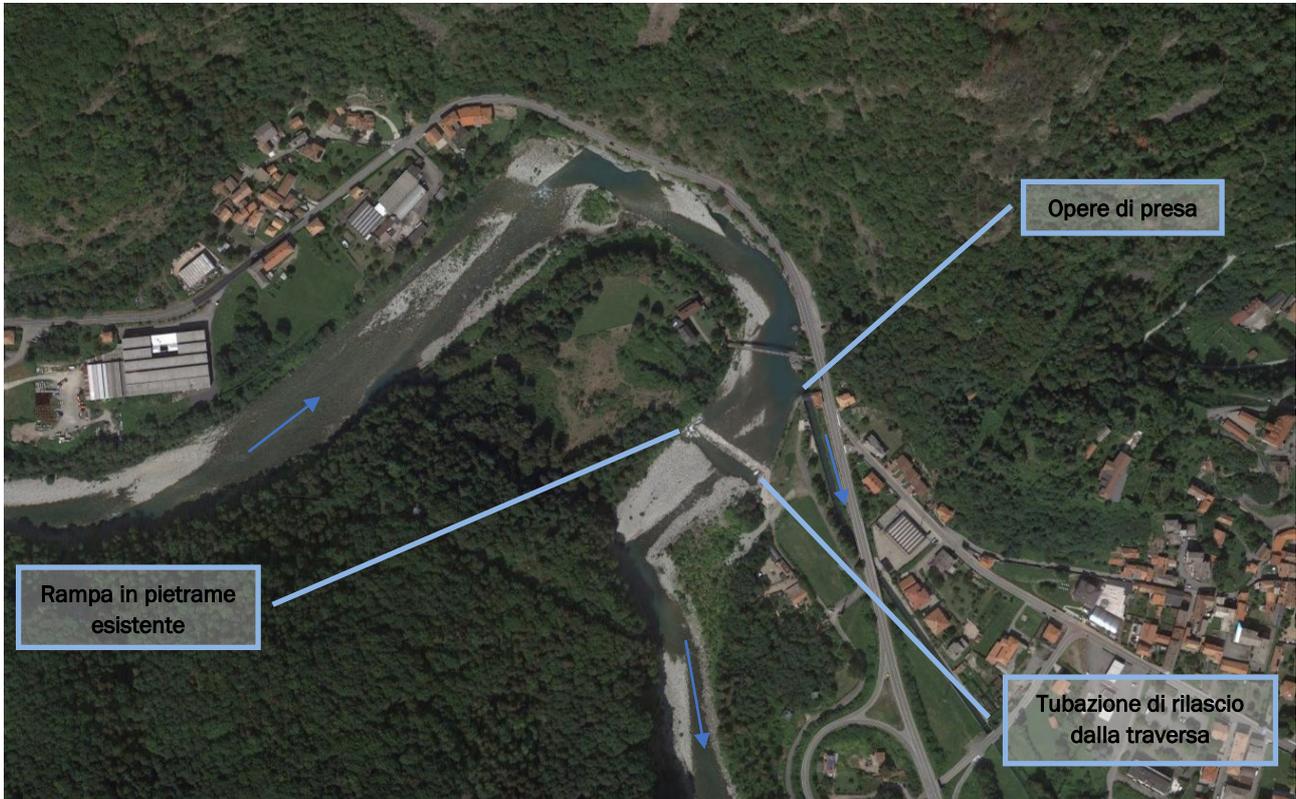


Figura 23: vista aerea dell'area in oggetto (fonte: Google Maps)

La particolarità di questa opera è quindi la distanza tra lo sbarramento e l'opera di presa. Normalmente, come per la discontinuità A, l'opera di presa è limitrofa alla traversa.

Anche per questa discontinuità, non sono presenti idrometri a monte e/o valle della traversa per la stima della variazione dei livelli.

L'area identificata per la realizzazione del passaggio per pesci è imposta dalla geometria dell'alveo e dalle indicazioni del gestore dell'impianto che identificano nella sponda destra, nella stessa posizione di quello attuale (Figura 24), l'area meno soggetta ai danneggiamenti dovuti al trasporto solido.



Figura 24: identificazione dell'area in cui sarà realizzato il passaggio per pesci

4.3.1 Scelta progettuale

In virtù delle considerazioni sopra esposte e delle principali tipologie di passaggi per pesci illustrate in precedenza, il tipo di passaggio individuabile come più idoneo in questo contesto è il **passaggio per pesci a bacini successivi** della tipologia “*vertical slot*”, nelle medesime geometrie utilizzate per il precedente passaggio per pesci.

4.3.2 Vincoli alla progettazione

I vincoli al contorno al dimensionamento dell'opera sono rappresentati dalle quote del livello idrico di monte e valle, dall'ingombro planimetrico dell'opera e dall'energia dissipata nei bacini, che deve essere tale da poter permettere la risalita della fauna ittica target.

4.3.2.1 Definizione del livello idrico di progetto

Come precedentemente accennato, la traversa non è dotata di una misurazione dei livelli idrici di monte, e di valle, e delle relative statistiche per la valutazione dell'escursione dei livelli.

Come per la precedente discontinuità si è scelto di utilizzare come livello idrico di progetto di monte il livello di sfioro della traversa (99,00 m). Questo accorgimento permette di sfruttare la larghezza della traversa, e le portate che da essa sfiorano, per limitare l'incremento del livello idrico di monte all'aumentare delle portate del fiume.

Il livello idrico di progetto di valle è stato identificato in 95,30 m, livello cautelativo rispetto al livello idrico rilevato in data 21.08.2019 e pari a 95,39 m, in condizioni di magra.

4.3.2.2 Ingombro planimetrico dell'opera

Come precedentemente illustrato il punto di inserimento del passaggio per pesci nel contesto ambientale presente è stato definito analizzando la geometria dell'alveo e le indicazioni del gestore dell'impianto che impongono la sua realizzazione in sponda destra, nella stessa posizione di quello attuale (rampa in pietrame). In questa posizione il passaggio per pesci è meno soggetto ai fenomeni di trasporto solido, più importanti in sponda sinistra per via della curva che effettua il fiume (Figura 24).

Per quanto riguarda l'ingombro planimetrico non esistono vincoli particolari che limitano il suo sviluppo. Gli unici accorgimenti sull'ingombro dell'opera sono:

- la realizzazione della stessa, più esterna possibile rispetto al deflusso delle piene, ma senza disconnettersi dall'alveo;
- la realizzazione dell'imbocco di valle più vicino possibile alla traversa ma senza che vi siano problemi dovuti alle piene che sfiorano dalla stessa o al rilascio del DMV.

4.3.2.3 Fauna ittica target

Come per la precedente discontinuità le specie target risultano essere composte sia da Ciprinidi che da Salmonidi.

Il principale parametro progettuale di riferimento per stimare la bontà di un passaggio per pesci è la potenza specifica dissipata dei bacini, misurata in W/m^3 . Questo valore dovrà risultare inferiore al valore bibliografico di riferimento per la fauna ittica target di minori capacità natatorie, che in questo caso è costituita dai Ciprinidi, per la quale la bibliografia di settore indica un valore di $150 W/m^3$.

4.3.3 Dimensionamento del passaggio per pesci

Il dimensionamento del passaggio per pesci è stato eseguito utilizzando le medesime modalità e geometrie della discontinuità A; a cui si fa riferimento per le formule utilizzate. Il contesto sito-specifico vede l'uso dei seguenti parametri di riferimento (Tabella 8).

Tabella 8: parametri di riferimento per il dimensionamento del passaggio per pesci

<i>Condizioni al contorno sito-specifiche</i>			
Livello idrico di monte di progetto	H_{m-p}	99,00	m*
Livello idrico di valle di progetto	H_{v-p}	95,30	m*
Salto idraulico di progetto	dH	3,70	m
<i>Vincoli/consigli da bibliografia (Regione Piemonte)</i>			
Potenza specifica dissipata (Ciprinidi) - target	E	≤ 150	W/m^3
Potenza specifica dissipata (Salmonidi)	E	≤ 200	W/m^3
Dislivello per i ciprinidi (target)	dH	≤ 20	cm
Dislivello per i salmonidi	dH	≤ 25	cm
Larghezza minima fenditura	s	> 20	cm
Lunghezza minima del bacino	$L_{B\ min}$	1,4-1,5	m
Lunghezza dei bacini	L	$8-10 \times s$	m
Larghezza	B	$6-8 \times s$	m

* quote relative

Il dimensionamento geometrico e i risultati qualitativi del passaggio per pesci sono riassunti rispettivamente in Tabella 9 e Tabella 10, in Figura 25 viene illustrato il profilo idraulico di progetto.

In Tabella 11 sono illustrate le geometrie dei setti del passaggio per pesci.

Tabella 9: parametri riassuntivi del passaggio pesci nelle condizioni di progetto

Condizioni al contorno			
Livello idrico di monte di progetto	Hm-p	99,00	m*
Livello idrico di valle di progetto	Hv-p	95,30	m*
Salto idraulico di progetto	dH	3,70	m
Vincoli idraulici			
Salto tra due bacini	D_h	0,205	m
Battente sulla soglia del primo setto	H_1	1,00	m
Altezza della soglia dal fondo del bacino		0,20	m
Dimensioni dei bacini			
Lunghezza	L	2,50	m
Larghezza	B	1,80	m
Dimensioni dei setti			
Spessore	S	0,25	m
Altezza massima	h	1,40	m
Larghezza fessura laterale	b	0,24	m
Dimensioni complessive			
Numero di salti		18	#
Lunghezza minima complessiva		47	m
Pendenza media	i	7,9	%
Portata	Q	0,36	m ³ /s
Potenza volumetrica dissipata	Pv	148	W/m ³

* quote relative

Tabella 10: confronto tra i parametri di riferimento per il dimensionamento del passaggio per pesci e quelli in progetto

Condizioni al contorno sito-specifiche			
Livello idrico di monte di progetto	H_{m-p}	99,00	m*
Livello idrico di valle di progetto	H_{v-p}	95,30	m*
Salto idraulico di progetto	dH	3,7	m
Vincoli/consigli da bibliografia (Regione Piemonte)			Valori di progetto
Potenza specifica dissipata (Ciprinidi)	E	≤ 150 W/m ³	148 W/m ³
Potenza specifica dissipata (Salmonidi)	E	≤ 200 W/m ³	
Dislivello per i ciprinidi (target)	dH	≤ 20 cm	20,5 cm
Dislivello per i salmonidi	dH	≤ 25 cm	
Larghezza minima fenditura	s	> 20 cm	24 cm
Lunghezza minima del bacino	$L_{B\ min}$	1,4 - 1,5 m	2,50 m
Lunghezza dei bacini	L	$8-10 \times s$ (1,92 m - 2,40 m) m	
Larghezza	B	$6-8 \times s$ (1,44 m - 1,92 m) m	1,80 m
Profondità minima dei bacini	-	> 60 cm	1,10 m

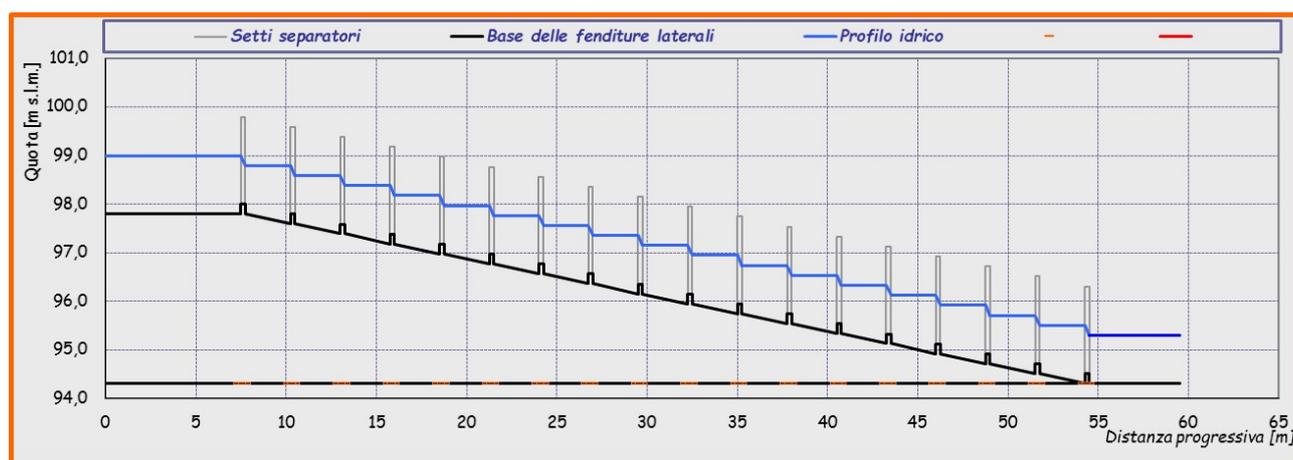


Figura 25: illustrazione del profilo idraulico del passaggio per pesci

Un accorgimento alla realizzazione del passaggio per pesci è la predisposizione dello stesso ad intasamenti dovuti alla presenza di trasporto solido.

Come per il precedente passaggio per pesci questa problematica viene affrontata utilizzando la tipologia "vertical slot" che, in questo contesto, è la tipologia che meno soffre dei fenomeni di trasporto solido e che viene considerata autopulente per via del flusso idraulico che si forma all'interno del bacino. Una ulteriore miglioria viene eseguita realizzando una parte del setto amovibile, per essere rimossa in caso di inghiamento ed agevolare gli interventi di pulizia del passaggio per pesci.

Tabella 11: geometrie dei setti del passaggio per pesci

Setto n°	Livelli idrici		Platea	Setto		
	Livello di monte	Livello di valle		Soglia di sfioro	Quota setto	H setto
1	99,00	98,79	97,80	98,00	99,40	1,60
2	98,79	98,59	97,59	97,79	99,19	1,60
3	98,59	98,38	97,39	97,59	98,99	1,60
4	98,38	98,18	97,18	97,38	98,78	1,60
5	98,18	97,97	96,98	97,18	98,58	1,60
6	97,97	97,77	96,77	96,97	98,37	1,60
7	97,77	97,56	96,57	96,77	98,17	1,60
8	97,56	97,36	96,36	96,56	97,96	1,60
9	97,36	97,15	96,16	96,36	97,76	1,60
10	97,15	96,94	95,95	96,15	97,55	1,60
11	96,94	96,74	95,74	95,94	97,34	1,60
12	96,74	96,53	95,54	95,74	97,14	1,60
13	96,53	96,33	95,33	95,53	96,93	1,60
14	96,33	96,12	95,13	95,33	96,73	1,60
15	96,12	95,92	94,92	95,12	96,52	1,60
16	95,92	95,71	94,72	94,92	96,32	1,60
17	95,71	95,50	94,51	94,71	96,11	1,60
18	95,50	95,30	94,30	94,50	95,90	1,60

4.3.4 Dimensionamento della luce di rilascio del DMV

Al contrario della discontinuità A, non sono presenti strutture di rilascio del DMV o strutture adeguabili a questo scopo, ma solo l'apertura della traversa in cui è presente il passaggio per pesci esistente.

È stata quindi prevista una luce di rilascio di un'ulteriore portata che integri la portata rilasciata dal passaggio per pesci, in questo modo la somma delle due portate costituisce la portata di DMV, pari a 2.026 l/s.

Questa portata, rilasciata in prossimità dell'imbocco di valle del passaggio per pesci (Figura 26, Figura 27 e Figura 28), consentirà l'incremento di visibilità del passaggio per pesci da parte della fauna ittica in risalita.

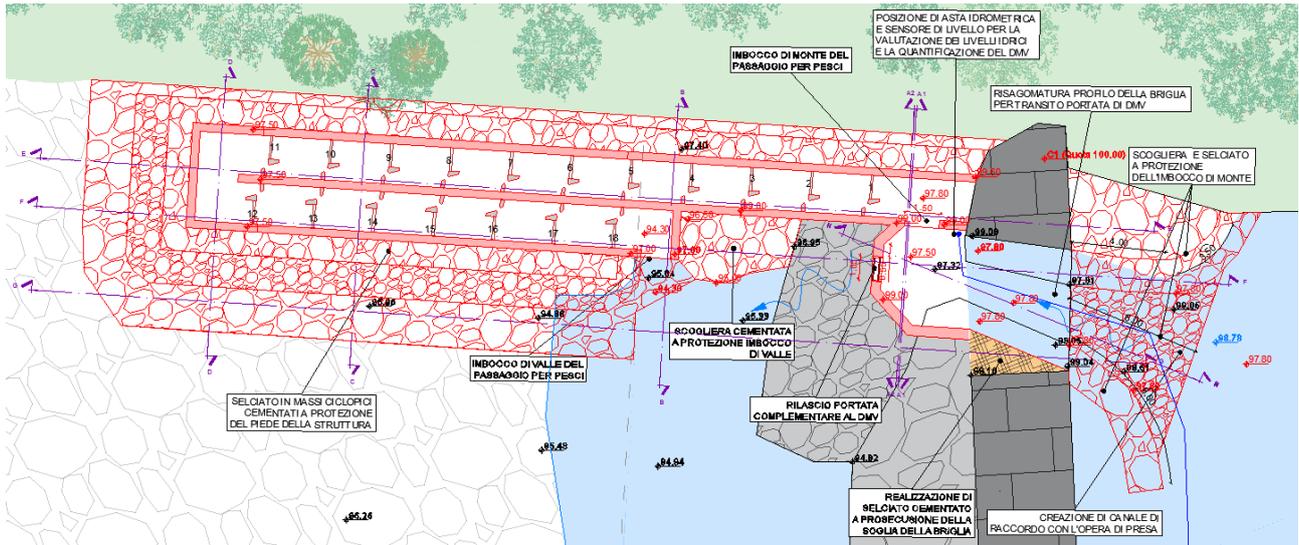


Figura 26: planimetria del passaggio per pesci in progetto

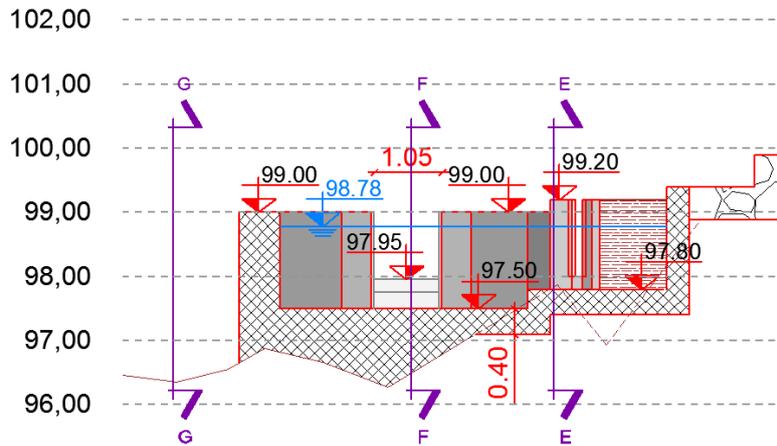


Figura 27: vista della sezione all'imbocco dell'opera, in sinistra il rilascio della portata complementare al DMV, in destra il passaggio per pesci

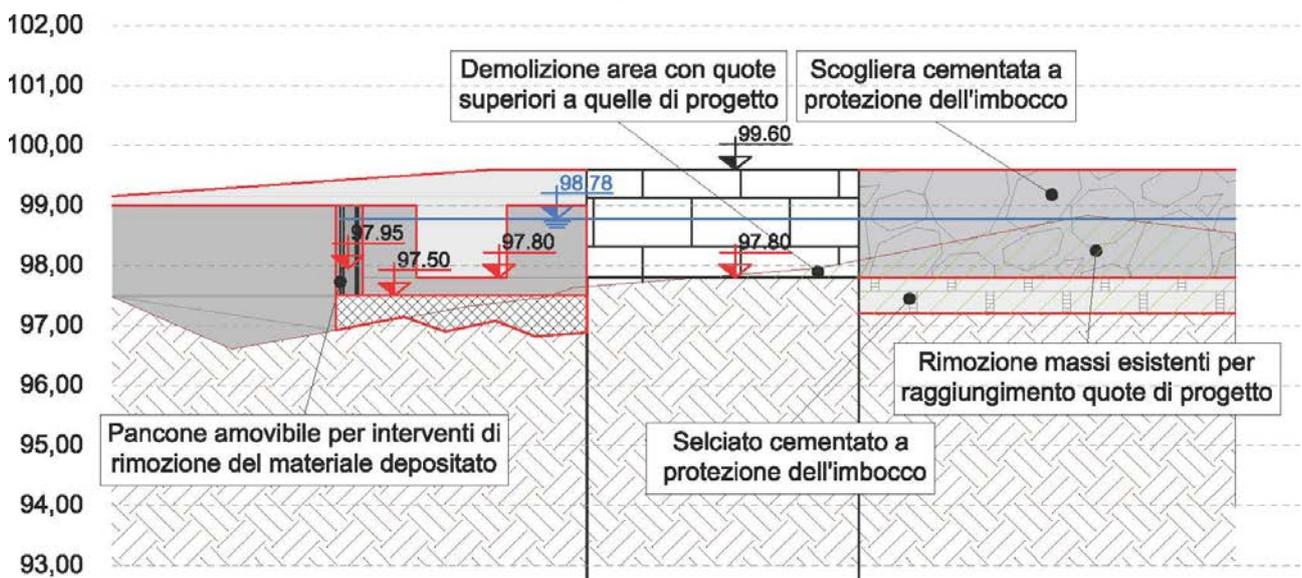


Figura 28: vista del profilo in corrispondenza della luce per il rilascio della portata complementare al DMV

Il livello di riferimento per il calcolo della portata di DMV utilizzato è quello presente all'interno del fiume in occasione del rilievo del 21 agosto 2019, in regime di magra, e pari a 98,78 m.

Per dimensionare la luce del passaggio per pesci è stata quantificata la portata transitante dal passaggio per pesci alla quota di riferimento, pari a 282 l/s. La luce in progetto per il rilascio della portata complementare al DMV dovrà quindi veicolare 1.744 l/s.

Per dimensionare tale opera è stata utilizzata la formula per il calcolo di una Bocca a stramazzo a parete sottile o di Bazin (Figura 29):

$$Q = \mu \cdot b \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2}$$

Dove:

b è la larghezza della luce di passaggio delle acque;

h è il battente sulla soglia di sfioro;

p altezza dal fondo della soglia

H è il battente del a monte dello sfioratore (h+p);

$$\mu = \left(0,405 + \frac{0,003}{h}\right) \cdot \left(1 + 0,55 \cdot \frac{h^2}{H^2}\right)$$

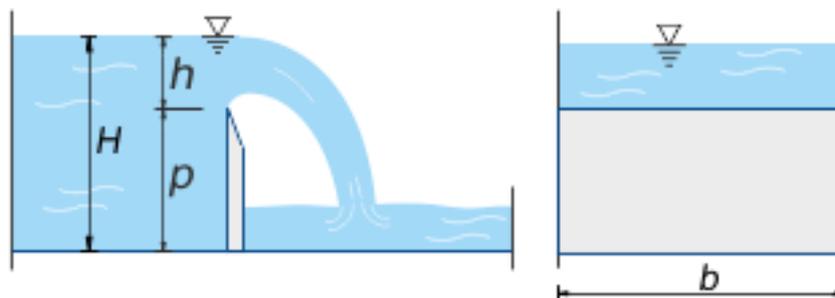


Figura 29: parametri geometrici nel calcolo di una Bocca a stramazzo a parete sottile o di Bazin (fonte: www.oppo.it)

Dato: il livello idrico di monte (98,78 m), il livello di scorrimento del canale a monte dello sfioratore (97,50 m) sono stati fatti variare la quota dello sfioro e la larghezza della luce di passaggio delle acque fino al raggiungimento del valore di portata da rilasciare,

Il compromesso ottenuto vede la **quota di sfioro a 97,95 m e la larghezza della luce di 1,05 m**, come illustrato in Figura 27.

Questa soluzione permette il funzionamento del passaggio per pesci e del rilascio del DMV contemporaneamente producendo anche un effetto sinergico per via dell'effetto di attrazione della fauna ittica realizzato dalle acque rilasciate dalla portata complementare del DMV.

A monte del rilascio del DMV è prevista la posa di un idrometro (indicato in tavola D.2.1) per quantificazione del battente sulla soglia e di conseguenza delle portate rilasciate dal passaggio per pesci e dalla luce del DMV durante i periodi di magra.

La struttura sarà inoltre dotata di un **misuratore di livello idrico ad immersione** posizionato nel bacino a monte della luce di rilascio del DMV per quantificare le portate rilasciate come DMV. In sponda sinistra sarà installata la centralina di gestione ed il sistema di visualizzazione delle portate rilasciate.

In fase di progettazione esecutiva sarà valutata l'opportunità di inserire al posto dello sfioratore precedentemente dimensionato una paratoia a libro, integrata al misuratore di livello per la gestione

del rilascio del DMV. Questa soluzione risulterebbe ottimale rispetto ad una struttura fissa in quanto permette la regolazione del livello di sfioro da remoto consentendo:

- la regolazione del DMV su tutti i livelli idrici di monte;
- l'abbattimento della paratoia in occasione degli eventi di piena per limitare gli effetti del trasporto solido e ridurre gli interventi di pulizia del canale a monte o del passaggio per pesci.

4.3.4.1 *Mantenimento in efficienza del rilascio della portata di DMV*

I principali fattori di riduzione dei livelli idrici presso la traversa, e di conseguenza della portata di DMV, che potranno verificarsi, sono da imputarsi alla distanza che si interpone con l'opera di presa e all'incile della stessa posizionato ad una quota di 96,50 m, inferiore alla soglia di rilascio del DMV (sia del passaggio per pesci che della luce di rilascio della portata complementare). In particolare si può verificare:

- la **sedimentazione di materiale nel canale**, realizzato all'interno dell'alveo (Figura 30), che le collega a seguito di eventi di piena e che riduce le portate veicolate alla traversa;
- nei periodi di magra, **uno squilibrio tra le portate derivate e quelle rilasciate dalla traversa**, che vede penalizzate le portate rilasciate.

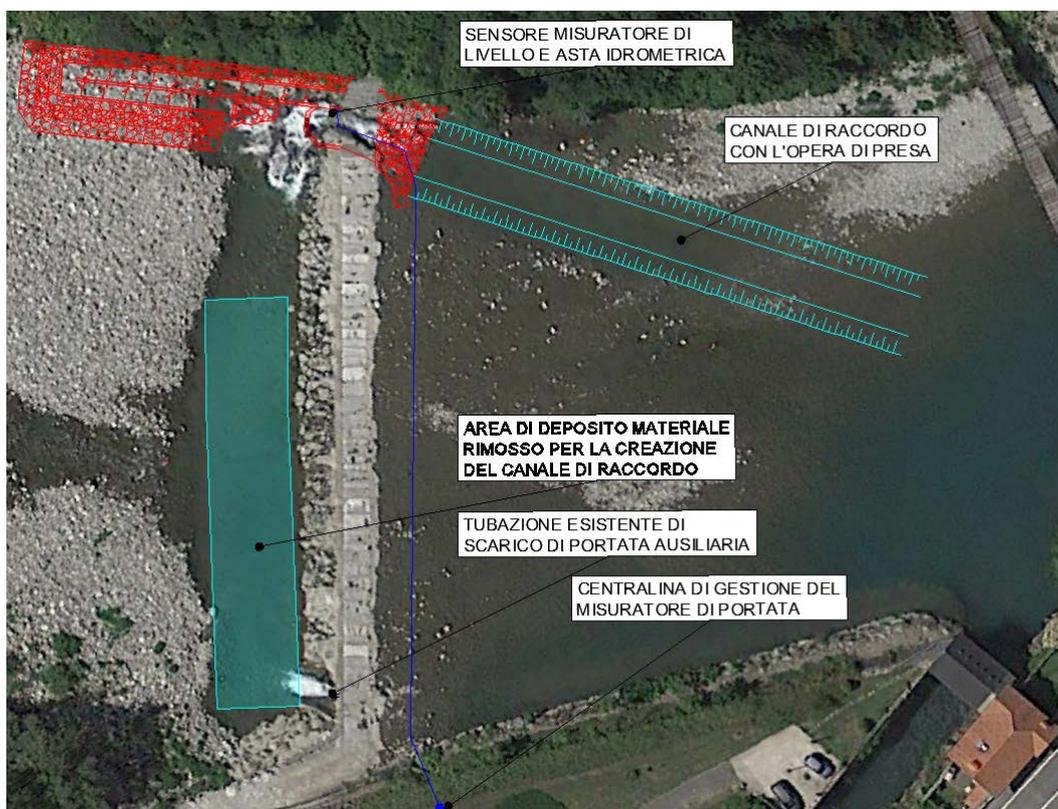


Figura 30: planimetria generale degli interventi in progetto

Per limitare l'incidenza degli eventi di deposito di materiale dovranno essere previsti dal derivatore (ed autorizzati dagli enti competenti) interventi di rimozione del materiale sedimentato nel canale di raccordo con l'opera di presa. Una soluzione temporanea, a seguito dell'intasamento del canale, consiste nella parzializzazione dell'opera di presa per produrre un incremento del livello idrico a monte della traversa e la riattivazione della portata che defluisce dall'opera in progetto.

Per quanto riguarda un eventuale squilibrio tra le portate derivate e quelle rilasciate dalla traversa, sarà necessario ridurre le portate prelevate agendo sulle paratoie all'imbocco del canale di derivazione.

4.3.5 Compatibilità idraulica

Come descritto in precedenza, le opere in progetto sono state progettate per non interferire con il deflusso delle piene, in particolare:

- l'opera è realizzata all'esterno del flusso principale di scorrimento delle piene;
- non ci sono opere che incrementano la quota di sfioro della briglia in quel tratto;
- non vi sono opere in progetto che limitino il deflusso delle piene o che restringano l'alveo del fiume;
- la portata fluente dalla traversa, con il livello idrico alla quota della soglia di sfioro, viene incrementata per via della portata effluente dal passaggio per pesci e dalla luce per il rilascio della portata complementare, aumentando la portata transitante sulla sezione rispetto allo stato attuale.

In virtù delle considerazioni precedentemente illustrate si può ritenere che *l'opera in progetto è idraulicamente compatibile con la piena del corso d'acqua*.

4.3.6 Interferenze con le opere in progetto e problematiche del cantiere

Le interferenze con le opere in progetto sono costituite da:

- la presenza delle acque del fiume e le relative problematiche connesse alla variazione dei livelli (giornalieri e stagionali) e alle cadute;
- la presenza di un cavidotto a monte della traversa che limita l'utilizzo di mezzi con uno sbraccio molto alto.

Per l'esecuzione dell'opera dovrà essere prevista realizzazione di due ture a protezione del cantiere, una a valle ed una a monte, l'attraversamento dello stesso a valle e la realizzazione di una savanella per l'abbassamento delle acque a valle della traversa.

4.4 Tempistiche per la realizzazione degli interventi

Gli interventi in progetto sono collocati all'interno dell'alveo del fiume Sesia e i relativi cantieri saranno quindi soggetto dei livelli del fiume e delle variazioni di portata. Tale condizione impone, come per la maggior parte dei lavori sui corsi d'acqua montani, di **realizzare le opere nel periodo invernale** dove le portate risultano essere inferiori e le escursioni del livello del fiume dovute agli eventi meteorici risultano essere modeste. Questo concetto è illustrato dall'andamento delle portate medi mensili rappresentate nelle seguenti figure (Figura 31 e Figura 32) per la stazione di Campertogno, sul F. Sesia (situata a monte delle aree oggetto degli interventi) e la stazione di Varallo sul Torrente Mastallone situata in prossimità della confluenza dello stesso e collocata tra le due discontinuità.

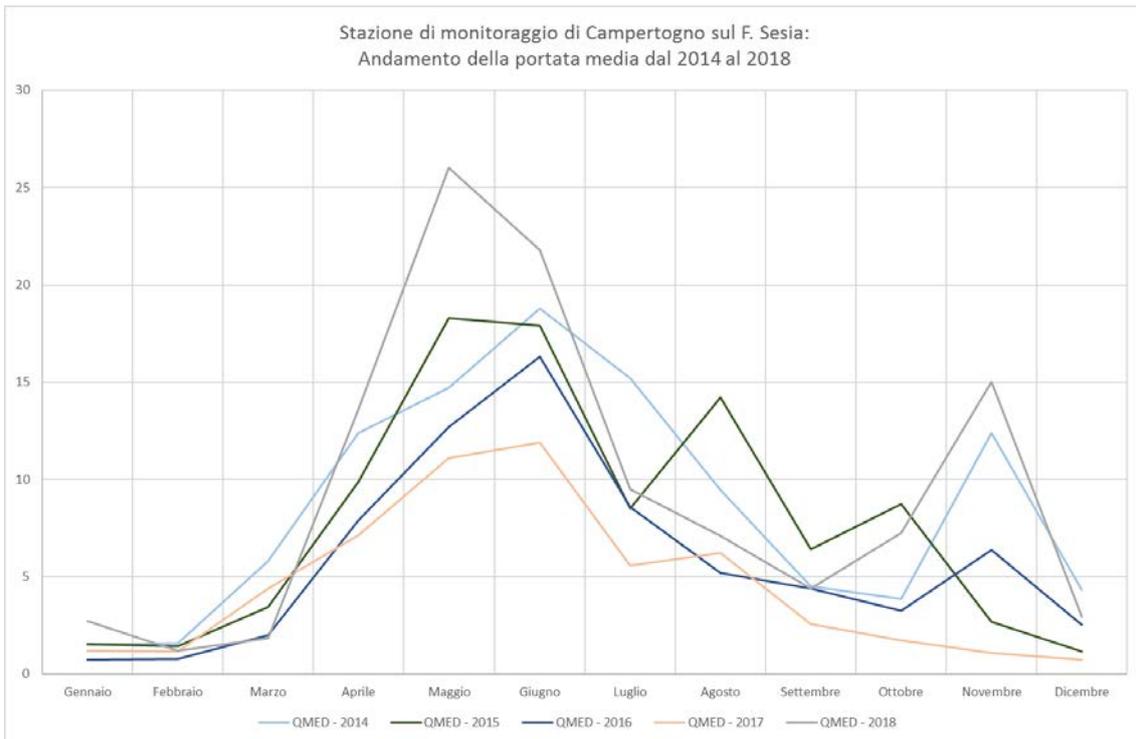


Figura 31: andamento delle portate medie presso la stazione di monitoraggio di Campertogno sul Fiume Sesia

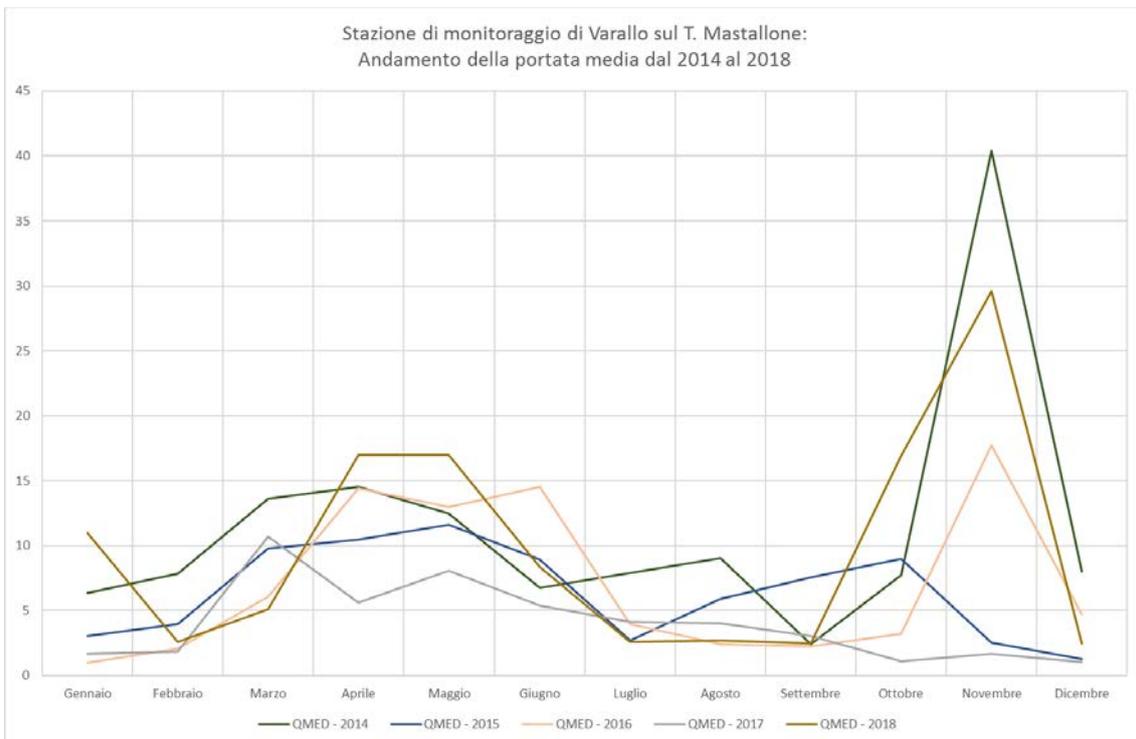


Figura 32: andamento delle portate medie presso la stazione di monitoraggio di Varallo sul Torrente Mastallone

5 PRIME INDICAZIONI PIANO DI SICUREZZA

Nel presente capitolo vengono raccolte le prime indicazioni di massima per poter redigere il piano di sicurezza e coordinamento dei lavori in oggetto e per poter dare in via estimativa una valutazione degli oneri di sicurezza.

Il piano di sicurezza e coordinamento dovrà essere redatto in conformità a quanto previsto dall'art.100 del D. Lgs. 81/08 e quindi dall'Allegato XV; il fascicolo dell'opera secondo l'Allegato XVI allo stesso Decreto. Nel seguito viene quindi fornita un'analisi preliminare del rischio mediante l'evidenziazione dei rischi specifici per ogni singola lavorazione, prescrizioni e schede relative al corretto utilizzo di attrezzature e mezzi d'opera al fine di garantire il rispetto delle norme per la prevenzione infortuni e la tutela della salute dei lavoratori.

I contenuti del presente documento dovranno essere ampliati ed integrati nell'ambito della redazione del progetto esecutivo in ottemperanza a quanto previsto negli artt. 33 e 39 del D.P.R.207/2010.

Tutti i soggetti interessati dal lavoro, maestranze e figure responsabili, nonché agli utenti della Committenza dovranno essere resi edotti sui rischi specifici e sulle misure di sicurezza previste.

Il piano di Sicurezza subirà l'evoluzione necessaria all'adattamento alle esigenze reali e concrete del cantiere, tenendo conto dell'utilizzo comune di impianti, attrezzature, mezzi logistici e di protezione collettiva.

Il Piano di Sicurezza che sarà sviluppato in seguito prenderà in considerazione ed approfondirà la salvaguardia dell'incolumità delle maestranze addette ai lavori come quella delle persone presenti nella casa di riposo (utenti e/o dipendenti dell'amministrazione). In particolare dovrà essere prevista una gestione del cantiere tale per cui i lavori specifici e tutto ciò che genera la presenza del cantiere stesso, non creino problemi sul normale andamento delle attività svolte nell'ambito della struttura stessa da parte sia del personale addetto che degli assistiti.

Si dovrà prevedere anche una stretta collaborazione tra il RUP, il coordinatore per la sicurezza ed il committente in modo che il cantiere non debba subire ritardi dovuti a interferenze con lavori non compresi nell'appalto in oggetto. Naturalmente tutte le problematiche comuni e generali di cantiere dovranno essere tenute in debita considerazione nella redazione del Piano di Sicurezza. Tutte le scelte di natura logistica, annoverate nel normale andamento dei lavori in cantiere, saranno prese in accordo con il RUP e con l'ufficio che si occuperà di gestire l'opera.

Indicazioni e prescrizioni preliminari

In generale le aree di cantiere saranno delimitate da recinzioni nelle zone di accesso ai singoli cantieri. L'ordine delle fasi lavorative riguarderà essenzialmente le operazioni di taglio della vegetazione e realizzazione delle piste di accesso al cantiere, le operazioni di scavo, la realizzazione delle opere in c.a. e in sasso, le operazioni di demolizione per apertura degli imbocchi di monte, il ripristino delle aree interessate, la formazione di opere di ingegneria naturalistica, il ripristino ambientale delle aree coinvolte.

I lavori nelle singole aree di cantiere potranno iniziare solo dopo aver montato la recinzione di cantiere e dopo aver affisso tutta la cartellonistica di cantiere.

Valutazione del rischio

Nel Piano di Sicurezza e Coordinamento verranno analizzati i rischi che procederanno dalle lavorazioni previste per la realizzazione dei lavori in oggetto.

L'organizzazione e le modalità operative saranno alla base della valutazione del Piano di Sicurezza. A seguito dell'individuazione delle varie fasi lavorative, saranno evidenziati i rischi prevedibili e, le misure di prevenzione da adottare per il mantenimento delle condizioni di sicurezza in cantiere. L'obiettivo della valutazione dei rischi, è di consentire al datore di lavoro di prendere tutti i provvedimenti necessari per salvaguardare la sicurezza dei lavoratori, sulla base dell'individuazione dei possibili rischi. Le indicazioni qui riportate non vogliono analizzare o riguardare le problematiche inerenti le diverse fasi lavorative che dovranno essere oggetto del piano di sicurezza e coordinamento e dei relativi POS, ma vogliono solo sottolineare alcune criticità che dovranno essere valutate durante la progettazione del cantiere. Pertanto in linea di massima si individuano di seguito una serie di rischi potenziali che potranno essere analizzati in dettaglio nel Piano di Sicurezza.

I costi della sicurezza che saranno riportati nella Stima relativa, saranno identificati da tutto quanto previsto nel Piano di Sicurezza e Coordinamento ed in particolare:

- a) apprestamenti, servizi e procedure necessari per la sicurezza del cantiere, incluse le misure preventive e protettive per lavorazioni interferenti;
- b) impianti di cantiere;
- c) attrezzature, infrastrutture, mezzi e servizi di protezione collettiva;
- d) coordinamento delle attività nel cantiere;
- e) coordinamento degli apprestamenti di uso comune;
- f) procedure contenute nel PSC e previste per specifici motivi di sicurezza.

Pianificazione delle lavorazioni

Il Piano di Sicurezza e Coordinamento dovrà contenere il cronoprogramma al fine di definire ciascuna fase di lavoro, comprese le fasi di allestimento e smontaggio di tutte le misure atte a provvedere alla messa in sicurezza del cantiere. Ogni fase così definita sarà caratterizzata da un arco temporale.

Vincoli connessi al sito

Per gli interventi previsti nei contesti urbani (prossimità di strade comunali) dovranno essere adottate tutte le misure necessarie per creare il minor disagio possibile e lavorare in sicurezza. Particolare attenzione dovrà essere posta per quanto riguarda i sottoservizi esistenti lungo le strade comunali. L'impresa dovrà provvedere alla verifica e all'esatta ubicazione dei sottoservizi unitamente agli enti interessati al fine di evitare il danneggiamento degli stessi e le possibili interruzioni dei lavori non programmate.

Fasi lavorative e rischi connessi

In base alla mappatura dei rischi presenti in cantiere verrà predisposto un dettagliato piano di sicurezza all'inizio di ogni fase lavorativa che andrà ad integrare quello generale. Tale piano prevedrà le misure antinfortunistiche che si renderanno necessarie con l'avanzamento dell'opera e delle tecnologie che verranno adottate per l'esecuzione di ogni singola lavorazione. A loro volta queste misure saranno rese operative con ordini di servizio corredati da schemi, planimetrie e disposizioni particolareggiate atte ad affrontare le singole necessità.

6 QUADRO ECONOMICO

Nella seguente tabella (Tabella 12) viene illustrato il quadro economico di spesa delle opere in progetto e le somme a disposizione.

Tabella 12: quadro economico di progetto

<i>Voce di prezzo</i>	<i>Lavorazione</i>	<i>Progetto definitivo</i>
A	Discontinuità A	€ 228 332,50
B	Discontinuità B	€ 181 977,93
C	Totale lavorazioni (A+B)	€ 410 310,43
D	Di cui oneri per la sicurezza	€ 8 585,43
E	Totale lavorazioni appalto (C-D)	€ 401 725,00
Somme a disposizione		
F	IVA sui lavori	€ 90 268,29
G	Lavori in economia, previsti in progetto, ed esclusi dall'appalto, ivi inclusi i rimborsi previa fattura	€ 5 000,00
H	Imprevisti e acquisizione aree o immobili e pertinenti indennizzi	€ 1 765,07
I	Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal capitolato speciale d'appalto, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici	€ 7 250,00
L	Spese per attività di programmazione, verifica preventiva dei progetti, di predisposizione e controllo delle procedure di bando, di esecuzione dei contratti pubblici, di RUP , di direzione dei lavori e di collaudo tecnico amministrativo e statico (art. 113 comma 2 D.lgs. 50/2016)	€ 8 206,21
M	Recupero della fauna ittica per le operazioni di cantiere	€ 1 500,00
N	Totale somme a disposizione	€ 113 989,57
O	TOTALE (C+N)	€ 524 300,00

Morazzone, febbraio 2020

Ing. Stefano Molinari

