



Regione Autonoma
Friuli Venezia Giulia



Comune di Cavazzo
Carnico



Comune di Trasaghis



Comune di Bordano

L. R. n. 13 del 05.08.2022 Art. 4 – C. 15
Studio specialistico
volto ad approfondire le interazioni
tra la Centrale idroelettrica di Somplago
e il Lago dei Tre Comuni
e a definire le conseguenti azioni
di mitigazione sul breve e sul medio periodo

*3.2 – Scheda d'intervento – Recupero della
connettività biologica mediante realizzazione di
nuovo canale artificiale*

GRUPPO DI LAVORO

COORDINAMENTO	CONSULENZA		
Ing. Andrea Selleri Via Raffaello n. 1 12100 Cuneo (CN)	Dott. Massimo Pascale Via Aurora n. 5 10064 Pinerolo (TO)	Dott. Fabrizio Merati Via Rosmini n. 10 21014 Laveno (VA)	Prof. Giovanni Bacaro Piazzale Europa n. 1 34127 Trieste (TS)
	<i>Albo professionale Ordine dei Biologi n. 045787</i>	<i>Albo professionale Ordine dei Biologi n. 038759</i>	<i>Dipartimento di Scienze della Vita Università di Trieste</i>
Idrologia ed idraulica	Ecologia fluviale ed ittologia	Riqualficazione lacuale	Monitoraggio della diversità vegetale

Indice

1.IDROGRAFIA A VALLE DEL LAGO.....	3
1.1 Canale emissario del Lago.....	3
1.2 Corsi d'acqua naturali.....	4
2.CONNETTIVITÀ BIOLOGICA ATTUALE DEL LAGO.....	6
3.TRACCIATO DEL CANALE DI COLLEGAMENTO.....	8
3.1 Indicazioni planimetriche.....	8
3.1.1 Valutazioni preliminari.....	8
3.1.2 Analisi di dettaglio e punti salienti.....	8
3.2 Profilo altimetrico.....	17
3.2.1 Rilievo topografico dello stato attuale.....	17
3.2.2 Portata di prelievo.....	18
3.2.3 Dimensionamento idraulico.....	18
4.DETTAGLI RELATIVI ALLA REALIZZAZIONE DEL CANALE.....	20
4.1 Profilo del fondo canale rispetto al piano campagna.....	20
4.2 Modalità di scavo.....	20
4.2.1 Scavi a cielo aperto.....	20
4.2.2 Attraversamenti di infrastrutture.....	20
4.3 Accorgimenti in fase di esecuzione.....	21
5.STIMA DEI COSTI DELL'OPERA.....	22
6.CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	23
6.1 Benefici ambientali.....	23
6.2 Costi dell'intervento.....	24
6.2.1 Costi di realizzazione dell'opera.....	24
6.2.2 Impatti ambientali.....	24
6.3 Criticità tecniche.....	27
6.4 Compatibilità con gli strumenti di pianificazione.....	27
6.4.1 Piano Regionale di Tutela delle Acque.....	27
6.4.2 Altri vincoli.....	30

1. IDROGRAFIA A VALLE DEL LAGO

1.1 Canale emissario del Lago

I primi documenti dedicati allo studio analitico del comportamento del Lago di Cavazzo risalgono alla fine del XIX secolo, quando il Prof. Olinto Marinelli, Presidente della Società Alpina Friulana e Direttore della Rivista Geografica Italiana, nella Rivista *“In Alto – Cronaca bimestrale della Società Alpina Friulana – Anno 3° – N° 2 del 01.03.1892”*, descriveva le sue caratteristiche facendo riferimento alla presenza di una briglia di sbarramento del Lago sul lato meridionale dello stesso. In pratica, la struttura determinava un rigurgito a monte in grado di generare un invaso, soggetto a consistenti oscillazioni di livello a causa degli apporti meteorici e delle consistenti perdite idriche nel subalveo.

Con specifico riferimento alla trattazione di cui al presente capitolo, già all'epoca non era presente un emissario del Lago equiparabile ad un Torrente e dotato di una portata continua: le immissioni idriche da monte comportavano esclusivamente un innalzamento dei livelli, sul quale generalmente prevaleva l'infiltrazione in subalveo. Solamente durante il corso degli eventi di piena di maggiore entità, il pelo libero della superficie del bacino lacustre raggiungeva e superava la quota di uno sfioratore, posto in prossimità della suddetta briglia, il quale alimentava una sorta di canale scolmatore con sviluppo in direzione dei corsi d'acqua naturale posti a valle (esplicitati al paragrafo successivo). Tale corso d'acqua fortemente intermittente era noto agli studiosi e agli abitanti del luogo con il nome di “Canale Taj”.

In seguito alla realizzazione delle opere costituenti il sistema idroelettrico della Valle del Tagliamento, alla fine degli anni '50, la briglia ed il Canale Taj vennero sostituiti da un emissario costituito da un canale artificiale in c.a. regolato da n. 2 paratoie piane a strisciamento disposte in serie all'imbocco del tratto in galleria, lungo il versante orografico sinistro (porzione sud-orientale del Lago). Il canale artificiale ancora oggi consente lo scarico delle portate fino al Torrente Leale.

La regolazione operata dal Soggetto titolare della centrale idroelettrica di Somplago mantiene costantemente la quota idrica superficiale entro valori compresi tra un minimo di 194,20 m s.l.m. e 195,20 m s.l.m., nonostante il Disciplinare di

Concessione consenta oscillazioni comprese tra 192,90 m s.l.m. e 196,90 m s.l.m. Il prelievo del canale emissario è in ogni caso garantito, essendo il suo fondo a quota 192,30 m s.l.m..



Fig. 1.1 - Imbocco del canale emissario artificiale.

1.2 Corsi d'acqua naturali

Ad una distanza di circa 1.400 m dal Lago di Cavazzo, procedendo in direzione sud-ovest, si identifica il punto di emergenza del Rio Pusala, alimentato da alcune risorgive e dal suo principale affluente di sinistra, ovvero il Rio Stiraz, che raccoglie i deflussi provenienti dalla collina.

Il Pusala, soggetto a frequenti fenomeni di infiltrazione nel subalveo che ne rendono nulla la portata per lunghi periodi durante l'anno, si sviluppa in direzione nord-sud per circa 1.000 m, con alveo di larghezza superiore a 10 m e pendenza molto ridotta (dell'ordine dello 0,6%).

Circa 2.400 m a sud del lembo meridionale del Lago avviene l'immissione del Rio Pusala nella sponda sinistra del Torrente Palar, il quale dopo appena 80 m confluisce nel Torrente Leale, in prossimità di un'ampia curvatura verso la destra idrografica da parte di quest'ultimo, come si vede dalla figura seguente:

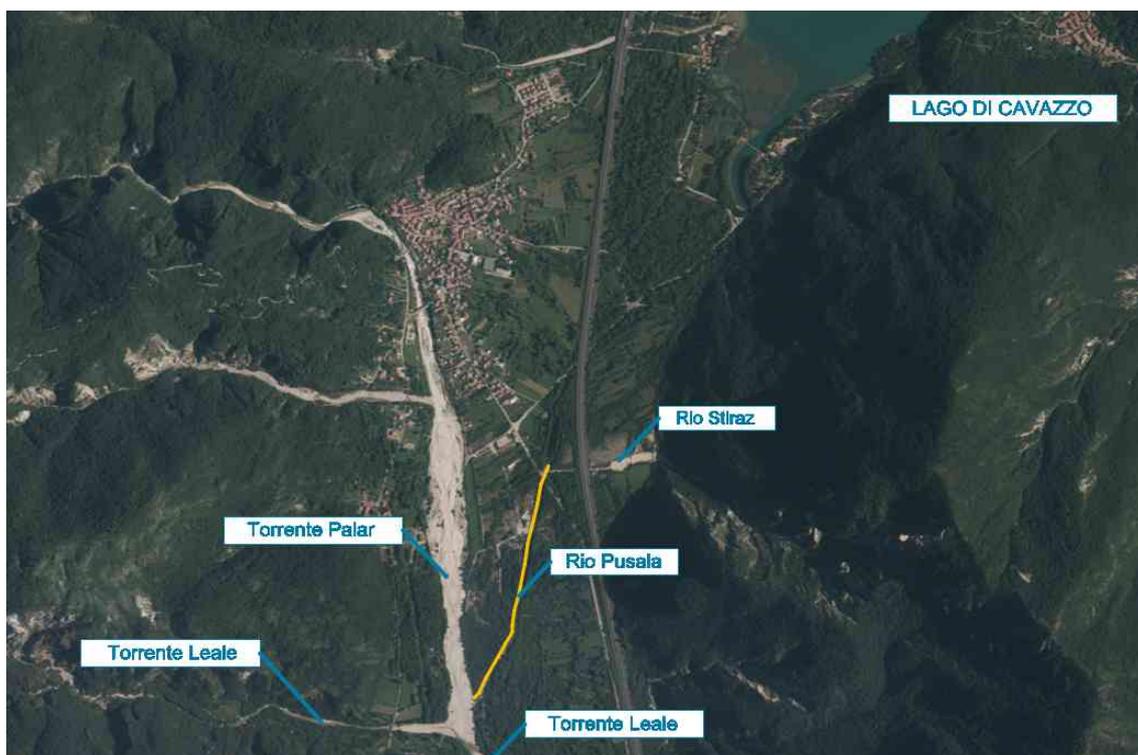


Fig. 1.2 - Planimetria su ortofoto con indicazione dei corsi d'acqua citati (in giallo il tracciato del Pusiala).

Il Torrente Leale, che sorge ai piedi del Monte Mason, ad ovest del Lago di Cavazzo, percorre i primi 7 km con le caratteristiche tipiche di un corso d'acqua montano, ricevendo gli apporti dei Rii Tromba, Cita, Cuvii, Pinet, Amula, Flangel, Cengia, Cuar e Boscat.

Il tratto di pianura, che ha origine proprio alla confluenza con il Torrente Palar, presenta una lunghezza di 5 km ed uno sviluppo nord-sud.

Il contributo al Torrente Leale da parte dell'attuale canale emissario del Lago di Cavazzo avviene ancora in sponda sinistra, presso Trasaghis, circa 3 km a monte dello sbocco nel Fiume Tagliamento.

2. CONNETTIVITÀ BIOLOGICA ATTUALE DEL LAGO

Il Lago di Cavazzo, allo stato attuale, è direttamente connesso dal punto di vista biologico con i piccoli corsi d'acqua che vi si immettono da monte, come il Rio da Cout ed il Rio Schiasazze (anche indicato nel Piano di Tutela delle Acque con il nome di Rio Pusala, codice IT0602SS1T31). Con specifico riferimento alla fauna ittica, infatti, non sono presenti particolari manufatti nelle vicinanze del bacino lacustre che impediscano la migrazione lungo tali corpi idrici.



Fig. 2.1 - Rio Schiasazze a monte della confluenza nel Lago di Cavazzo.

Al contrario, a valle del Lago la possibilità di spostamento, soprattutto in fase di risalita, è notevolmente limitata (per non dire impossibilitata) dai seguenti fattori:

- un tratto molto lungo del canale artificiale emissario a valle del Lago (più di 3 km) è in galleria, ovvero non a cielo aperto;
- l'area dove avviene la confluenza del canale artificiale emissario nel Torrente Leale, interessata dalla realizzazione di un impianto idroelettrico a salto concentrato, presenta dispositivi che non consentono la libera circolazione della fauna ittica.



Fig. 2.2 - Punto di restituzione del canale emissario nel Leale, con centralina idroelettrica.

Se la seconda problematica potrebbe essere trovare soluzione nella realizzazione di un nuovo passaggio per pesci, rimarrebbe la notevole difficoltà, per alcuni esemplari del tutto insormontabile, di raggiungere il Lago dopo aver affrontato le correnti idriche percorrendo un tratto di canale fortemente artificializzato e caratterizzato da almeno 3.000 m in galleria.

La possibilità di migrazione delle specie a partire dal Torrente Leale, invece, sarebbe importante ai fini di ripristinare nel Lago di Cavazzo una buona produttività, dato che attualmente essa risulta molto limitata, come evidenziato dai campionamenti svolti e dalle proiezioni in funzione dei parametri chimici riscontrati. Ai fini di mettere a disposizione delle comunità ittiche del sistema Leale-Tagliamento un percorso in fase di risalita verso il Lago decisamente più naturalistico e soprattutto meno denso di ostacoli artificiali, si provvede ad analizzare una possibile soluzione consistente nella realizzazione di un nuovo canale di collegamento tra il Torrente Leale ed il Lago di Cavazzo, con tracciato completamente differente rispetto a quello attuale.

3. TRACCIATO DEL CANALE DI COLLEGAMENTO

3.1 Indicazioni planimetriche

3.1.1 Valutazioni preliminari

Risalendo il percorso del Torrente Leale a partire dal punto di immissione del canale artificiale proveniente dal Lago, si può appurare che esso non presenta discontinuità altimetriche artificiali, non ravvisandosi briglie o traverse di derivazione fino all'immissione del Torrente Palar. La connettività fluviale è quindi attualmente garantita per tutto il tratto indicato.

Poco a monte della citata confluenza, come si vede dalla Fig. 1.2, il Torrente Palar riceve dalla sponda sinistra le acque (intermittenti) del Rio Pusala, il quale si sviluppa esattamente nella direzione del Lago di Cavazzo, fino alla sua "sorgente" (comunque posizionata decisamente a valle rispetto al Lago stesso).

Al fine di raggiungere l'obiettivo della connettività, è necessario e sufficiente prevedere un tracciato planimetrico che ricalchi all'incirca l'andamento del Rio Pusala

3.1.2 Analisi di dettaglio e punti salienti

Si prevede che il prelievo idrico della portata destinata al canale naturaliforme di collegamento con il Torrente Leale avvenga in un'area del Lago dedicata ad attrezzature sportive, distante circa 150 m dall'imbocco del canale emissario artificiale, dove in verità si intravede un piccolo incile di larghezza inferiore a 1,00 m. Appena 170 m a valle del Lago, il canale di collegamento studiato andrebbe ad intersecare planimetricamente la Strada Comunale denominata "Via Interneppo", in prossimità di un ponticello esistente ("Attraversamento 1").

In seguito, il tracciato proseguirebbe per circa 530 m verso sud-ovest, andando a riguardare un'area boscata, dove trovano posto una strada sterrata ed alcune abitazioni (rispetto alle quali il manufatto si manterrebbe a distanza superiore a 30 m). In corrispondenza della Strada Comunale "Via Lago", il canale dovrebbe superare l'infrastruttura ("Attraversamento 2") e proseguire affiancato ad una strada asfaltata esistente per 200 m, fino a giungere in prossimità della Strada Regionale n. 512 e dell'Autostrada A23.



Fig. 3.1 - Ramo del Lago dal quale si prevede il prelievo a favore del canale di collegamento.



Fig. 3.2 - Primo tratto di canale previsto a valle del Lago di Cavazzo, con presenza di un piccolo incile.



Fig. 3.3 - Attraversamento 1 presso Via Inerneppo, posta circa 170 m a valle del Lago.



Fig. 3.4 - Attraversamento 2 presso Via Lago, circa 670 m a valle del bacino.

Presso l'intersezione con la Strada Regionale ("Attraversamento 3") e con l'Autostrada ("Attraversamento 4") il canale dovrebbe subire una brusca doppia curvatura, prima verso sud ed in seguito nuovamente verso sud-ovest.

Dopo i primi 155 m a valle dell'Autostrada, il nuovo corso d'acqua incontrerebbe un'area fortemente ribassata rispetto al territorio circostante, di sviluppo longitudinale pari a circa 200 m, dove sono attualmente presenti scaturigini e, talvolta, vegetazione tipica degli ambienti palustri.

Le suddette risorgive appaiono delimitate e contenute dalla presenza di una soglia di fondo, posta circa 1.400 m a valle del Lago di Cavazzo, peraltro dotata di canale scatolare in c.a di by-pass.

Appena oltre il manufatto, il canale di collegamento raggiungerebbe finalmente l'alveo del Rio Pusala, alimentato dalla sponda sinistra grazie agli apporti della collina (grazie al Rio Stiraz), situato poco a monte del ponte della medesima Strada Regionale n. 512 incontrata in precedenza.

Da tale punto in poi la nuova opera in esame seguirebbe fedelmente il tracciato del Rio Pusala, il quale si mantiene pseudo-rettilineo e di larghezza pressoché costante (circa 15-20 m) per circa 950 m prima di immettersi nel Torrente Palar.



Fig. 3.5 - Area a monte dell'attraversamento 3 della Strada Regionale n. 512, 870 m a valle del Lago.



Fig. 3.6 - Rilevato della Strada Regionale n. 512, da attraversare con il canale previsto.



Fig. 3.7 - Attraversamento 4: sottopasso dell'Autostrada A23, circa 1.000 m a valle del Lago.



Fig. 3.8 - Area poco a valle dell'Autostrada, ribassata rispetto ai terreni circostanti.



Fig. 3.9 - Affioramento della linea piezometrica, localizzato 1.100 m a valle del Lago.



Fig. 3.10 - Risorgive con vegetazione igrofila, circa 1.200 m a valle del Lago.



Fig. 3.11 - Soglia in c.a. di delimitazione dell'area caratterizzata da emergenze idriche.



Fig. 3.12 - Canale di by-pass della soglia in c.a..



Fig. 3.13 - Immissione del Rio Stiraz nel Rio Pusala, a 1.430 m dal Lago e a 1.000 m dal Palar.



Fig. 3.14 - Origine del Rio Pusala, a breve distanza dall'attraversamento 5 della Strada Regionale.



Fig. 3.15 - Rio Pusala circa 1.800 m a valle del Lago.

3.2 Profilo altimetrico

3.2.1 Rilievo topografico dello stato attuale

Individuato a livello planimetrico il percorso che dovrebbe seguire il nuovo canale di collegamento, lo scrivente ha svolto un'accurata indagine topografica con strumentazione di precisione al fine di indagare la morfologia del territorio posto a valle del Lago di Cavazzo. Il rilievo ha riguardato il tratto compreso tra il punto di prelievo ipotizzato ed il Torrente Palar, mediante la realizzazione di una poligonale aperta.

Rimandando agli elaborati di dettaglio allegati alla presente, è stato appurato che, procedendo da monte verso valle:

- per un primo tratto di circa 660 m (fino all'“Attraversamento 2”) le quote del piano campagna tendono a crescere, passando da 195,50 m s.l.m. della riva del ramo del Lago ai 200,49 m s.l.m. della Strada Comunale “Via Lago”;
- nel tratto compreso tra l'“Attraversamento 2” e l'“Attraversamento 3” la livelletta si mantiene sostanzialmente costante;
- tra la Strada Regionale n. 512 e l'Autostrada A23 si verifica un repentino incremento di pendenza dalla quota 200,80 m s.l.m. del piano calpestabile della Strada Regionale alla quota 197,11 m s.l.m. medi in corrispondenza del fondo di un canale in c.a. di sottopasso dell'Autostrada;
- l'area dove si riscontra la presenza di risorgive è pianeggiante, salvo alcuni tratti in lieve contropendenza;
- a valle della soglia in c.a. esistente, e quindi del ponte stradale, la quota del fondo alveo del Rio Pusala decresce progressivamente dalla quota 196,26 m s.l.m. alla quota 190,05 m s.l.m. del Torrente Palar, con una pendenza media pari allo 0,6% circa.

In base ai risultati principali elencati, appare subito evidente la necessità di eseguire degli scavi consistenti per poter procedere alla realizzazione del nuovo canale di collegamento, dovendo “compensare” i tratti (soprattutto il primo) in forte contropendenza. Le quote idriche del Lago, indicate al paragrafo 1.1 , risultano infatti decisamente inferiori, a titolo di esempio, rispetto alle quote della Strada Comunale “Via Lago” o della Strada Regionale n. 512.

3.2.2 Portata di prelievo

Per la quantificazione della portata da destinare al canale di collegamento è necessario ragionare sull'attrattività che essa deve dimostrare nei confronti della fauna ittica. Il valore da assegnare deve essere sicuramente sufficiente al mantenimento di un adeguato tirante idrico, ma non sovrabbondante.

Infatti, al crescere della portata defluente corrisponde un aumento della velocità e delle turbolenze nel corso d'acqua, elementi di ostacolo e disturbo per la migrazione delle specie presenti, soprattutto di quelle dotate di scarsa mobilità. Per contenere l'incremento di tali grandezze, e rendere adeguatamente fruibile l'ambiente acquatico, occorrerebbe maggiorare anche le dimensioni del canale, ma ciò comporterebbe la lievitazione dei costi.

Quest'ultimo aspetto assume particolare rilevanza soprattutto nella circostanza in esame, nella quale si prevede la realizzazione di un canale in ambiente fortemente antropizzato di sviluppo longitudinale dell'ordine dei 2 km.

Per le ragioni esposte, in accordo con il biologo incaricato per l'analisi dell'ittiofauna, è stata scelta una portata di prelievo di riferimento pari a $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Si tratta di un valore ampiamente compatibile con i valori dei deflussi scaricati dall'attuale canale emissario del Lago (mediamente, più di $17 \text{ m}^3/\text{s}$), che consente la realizzazione di sezioni tipo dotate di area bagnata, velocità e tirante idrico adeguati ai pesci, oltre che contenuti in termini dimensionali (al netto della necessità di esecuzione di scavi a grandi profondità, di cui si tratterà in seguito).

3.2.3 Dimensionamento idraulico

Per il dimensionamento idraulico del nuovo corso d'acqua è necessario innanzitutto definire la quota di fondo presso il punto di prelievo.

Come anticipato, le oscillazioni del Lago variano tra 194,20 m s.l.m. e 195,20 m s.l.m., attestandosi mediamente durante l'anno su di un valore di 194,90 m s.l.m.. Il dimensionamento del canale di collegamento avviene utilizzando come riferimento tali quote, anziché quelle massime indicate nel Disciplinare di Concessione (192,90 – 196,90 m s.l.m.). Tale impostazione è giustificata dal fatto che la realizzazione del nuovo canale di collegamento viene concepita come un'azione di “medio periodo”, ovvero da attuare in seguito alla conclusione della procedura di assegnazione della Concessione in scadenza: si ritiene, infatti, che il futuro Disciplinare, a differenza di

quello vigente, dovrebbe limitare le oscillazioni massime del livello a valori prossimi a quelli individuati durante l'attuale gestione, per assicurare una corretta fruizione del Lago.

Al fine di garantire un ambiente ospitale per la fauna ittica, si rende necessario garantire un tirante idrico medio durante l'anno di almeno 0,70 m e un tirante idrico minimo (nelle condizioni più sfavorevoli ed eccezionali) di 0,20 m. Imponendo una quota di fondo presso il punto di prelievo di 193,94 m s.l.m., si ottiene un tirante idrico minimo di 0,26 m con la quota idrica minima del Lago di 194,20 m s.l.m. e un tirante idrico medio di 0,96 m associato alla quota più frequentemente presente di 194,90 m s.l.m.. La pendenza di primo tentativo viene assunta pari allo 0,1%, per tener conto del fatto che lungo il tracciato planimetrico rilevato sono stati riscontrati diversi tratti a quota altimetrica crescente.

Il calcolo idraulico del canale di collegamento può quindi essere eseguito grazie alla formula di Chezy del moto uniforme:

$$Q = c \cdot \Omega^{(5/3)} \cdot R^{(2/3)} \cdot i^{(1/2)} \quad [3.1]$$

dove:

- Q = portata del canale di collegamento [m^3/s];
- c = scabrezza di Strickler [$m^{1/3}/s$];
- Ω = area bagnata della sezione [m^2];
- R = raggio idraulico [m];
- i = pendenza del fondo = 0,001.

Il termine c relativo alla scabrezza viene valutato sulla base della Manualistica, che associa un valore di $25 m^{1/3}/s$ ai canali naturaliformi con fondo costituito da materiale fine e grossolano, come quello in esame.

Per quanto riguarda la geometria della sezione, si ritiene di poter realizzare una forma pseudo-trapezia, con base di larghezza pari a 2,20 m e sponde inclinate di 45° rispetto all'orizzontale. Con un tirante idrico di 0,75 m l'area bagnata Ω risulta di $2,21 m^2$, con il raggio idraulico R (rapporto tra area e contorno bagnato) di 4,32 m.

Con tali condizioni si ottiene una portata di $1,08 m^3/s$, praticamente pari al valore obiettivo. La velocità media sulla sezione è di $0,49 m/s$; si presume che il suo valore in corrispondenza del fondo e delle sponde, caratterizzate da una maggiore scabrezza e quindi da un maggiore attrito, possa ridursi ancora del 50%, compatibile con il movimento delle specie presenti nel Torrente Leale.

4. DETTAGLI RELATIVI ALLA REALIZZAZIONE DEL CANALE

4.1 Profilo del fondo canale rispetto al piano campagna

Con le condizioni di quota iniziale e di pendenza del fondo è possibile tracciare il profilo altimetrico del canale di collegamento. Esso si colloca sempre a quota molto inferiore rispetto al piano campagna attuale, andando a riprendere il fondo alveo del Rio Pusala solamente 2.255 m a valle del Lago di Cavazzo, a quota 191,85 m s.l.m., circa 200 m a monte della confluenza nel Torrente Palar.

Gli approfondimenti risultano molto variabili da punto a punto, in considerazione di quanto rilevato ed evidenziato al paragrafo 3.2.1 . Si tratta, comunque, di valori compresi tra 2-3 m (tipici del primissimo tratto a valle del Lago e del tratto terminale in vicinanza del Torrente Palar) e 6-7 m (relativi in particolare al segmento dove si rende necessario l'attraversamento della Strada Regionale e dell'Autostrada).

Si rimanda agli elaborati grafici allegati e al paragrafo seguente per maggiori dettagli circa le modalità di scavo nelle diverse condizioni.

4.2 Modalità di scavo

4.2.1 Scavi a cielo aperto

Gli scavi dovranno essere eseguiti a partire dal piano campagna con pareti inclinate con pendenza 1:1, o eventualmente superiore per il tempo strettamente necessario all'esecuzione dell'attività. Come anticipato, la larghezza alla base dovrà essere di circa 2,20 m: non si tratta, in ogni caso, di un valore fisso e inderogabile, per le ragioni che vengono esplicitate al paragrafo 4.3 . Il profilo del fondo dovrà mantenere una livelletta sostanzialmente costante e tale da ottenere una pendenza dello 0,1%.

4.2.2 Attraversamenti di infrastrutture

La strategia per il superamento delle infrastrutture prevede di operare con la tecnica del pipe-jacking (concettualmente analoga al microtunneling), evitando scavi a cielo aperto a partire dal piano stradale, che determinerebbero serie problematiche alla viabilità. Si prevede, in ciascuno degli attraversamenti (ad

eccezione del n. 5, a cielo aperto), la realizzazione di un canale scatolare in c.a. di larghezza pari a 2,20 m e altezza interna compresa tra 1,30 e 1,40 m, in grado di contenere eventuali oscillazioni positive di livello idrico.

Lo scatolare sarà di lunghezza strettamente necessaria a consentire il transito della portata. Per gli attraversamenti 1 e 2, l'affermazione si traduce in una lunghezza non superiore a 15 m. In merito agli attraversamenti 3 e 4, in cui si rende necessario il passaggio con il manufatto in progetto dapprima al di sotto della Strada Regionale, ed in seguito ad una quota 4 m inferiore rispetto al piano di calpestio dell'esistente canale in c.a. di sottopasso dell'Autostrada A23, si ritiene preferibile dal punto di vista tecnico-operativo optare per la realizzazione di un unico scatolare di lunghezza pari a 180 m, con imbocco presso la sezione di Fig. 3.5 e uscita presso il tratto di Fig. 3.8. La lunghezza del tratto in carenza di luce naturale non dovrebbe creare problematiche particolari alla fauna ittica.

4.3 Accorgimenti in fase di esecuzione

Considerato che l'obiettivo fondamentale della trattazione consiste nella valutazione dell'ipotesi di realizzazione di un canale di collegamento che consenta il transito della fauna ittica, è utile introdurre gli accorgimenti in fase esecutiva che potrebbero migliorare la funzionalità di tale opera mitigativa.

Innanzitutto, al di là dell'approccio apparentemente rigido delle formule dell'idraulica di cui al paragrafo 3.2.3 (mostrato anche nelle sezioni trasversali allegate al presente documento), in fase di cantiere sarà possibile (anzi, persino auspicabile) una piccola deroga ai valori standard di larghezza del fondo e di pendenza: al fine di rendere l'alveo il più possibile naturaliforme, infatti, si potrà procedere a variare localmente la larghezza entro un range limitato a qualche decina di centimetri, e così anche la pendenza potrà risultare non perfettamente costante lungo il tratto.

Per raggiungere un adeguato livello di eterogeneità, anche il materiale costituente il fondo potrà essere disposto in modo da generare piccoli avvallamenti ed accumuli: è proprio in prossimità di accumuli o di sedimenti di maggiori dimensioni che la velocità della corrente diminuisce fino a valori pressoché nulli ed il pesce trova le condizioni per una fase di riposo durante la risalita.

Infine, una corretta piantumazione con specie autoctone potrà garantire l'ombreggiamento dell'alveo, favorendo la fruizione per i pesci delle zone rifugio.

5. STIMA DEI COSTI DELL'OPERA

I costi del canale di collegamento sono stati calcolati tramite il computo metrico estimativo riportato in allegato alla presente relazione. Il prezzario utilizzato per l'individuazione dei costi unitari delle lavorazioni è quello della Regione Friuli Venezia Giulia aggiornato al 2023.

Dalle analisi condotte è emerso un costo complessivo dei lavori di entità pari a circa 3.820.300 €, ripartiti nelle seguenti macrovoci:

A) Fasi preliminari di cantiere ed esbosco:	397.300 €
B) Operazioni di scavo:	500.500 €
C) Trasporto del materiale scavato:	1.770.800 €
D) Realizzazione degli attraversamenti delle infrastrutture:	1.078.900 €
E) Interventi di mitigazione:	72.800 €

Si rileva che a tale importo lavori debbano essere sommati oneri per la sicurezza pari a circa il 5% dell'importo complessivo, per un totale di 191.000 €. Inoltre, si considerano compensi professionali, legati alla progettazione architettonica e strutturale, alle indagini geologiche, alle indagini ambientali e alla Direzione Lavori, di importo pari al 10% rispetto a quello dei lavori.

Si devono tenere in conto, infine, le indennità che dovrebbero spettare, eventualmente al seguito all'attivazione di una procedura espropriativa, ai proprietari dei terreni attraversati dalla nuova opera.

Pertanto, per giungere alla definizione del quadro economico complessivo dell'intervento, rispetto al risultato del computo metrico estimativo è ancora necessario tenere in considerazione ulteriori macrovoci:

F) Oneri per la sicurezza:(5%)	191.000 €
G) Imposta sul Valore Aggiunto sui lavori (22%)	882.500 €
H) Compensi professionali con cassa previdenziale (10%)	382.000 €
I) Imposta sul Valore Aggiunto sui compensi (22%)	84.100 €
J) Indennità per proprietari (esproprio od accordi bonari)	300.000 €

Il costo complessivo dell'opera in oggetto ammonta dunque alla somma di ciascuna delle macrovoci citate, per un totale di circa 5.659.900 €.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

6.1 Benefici ambientali

Al capitolo 2. sono state introdotte le motivazioni che hanno spinto alla presente analisi, legate all'importanza di ricostituire una connettività biologica con il Torrente Leale e consentire la libera circolazione della fauna ittica.

La realizzazione dell'intervento consentirebbe alle specie presenti di migrare liberamente lungo un tratto compreso tra il Fiume Tagliamento ed il Rio Schiasazze, quest'ultimo identificato quale principale immissario del Lago.

La scelta di focalizzare l'attenzione sulla fauna ittica è dovuta all'importanza del pesce quale rappresentante della classe posta al vertice della catena alimentare dei corsi d'acqua dolce del territorio italiano. In letteratura scientifica e in infiniti casi reali è stato appurato che laddove la fauna ittica presenta popolazione abbondante e strutturata, anche le altre componenti biologiche (quali macroinvertebrati e vegetazione) sono in grado di generare e sviluppare comunità, incrementando a loro volta la biodiversità dell'ecosistema acquatico.

Inoltre, la soluzione prospettata consentirebbe di garantire un'alimentazione idrica all'alveo del Torrente Palar e quindi del Torrente Leale a partire da una sezione collocata decisamente a monte (circa 2 km) rispetto al punto di scarico attuale del canale emissario del Lago. Tale aspetto avrebbe ripercussioni positive anche sulla componente morfologica dei suddetti corpi idrici. In realtà, è opportuno sottolineare che la limitata portata di progetto del canale di collegamento (pari a circa 1 m³/s) e le caratteristiche degli alvei di entrambi i corsi d'acqua citati, particolarmente predisposti alle infiltrazioni, portano a valutare di livello "lieve" il beneficio ottenibile. Infine, la maggiore produttività ittica del Lago potrebbe indirettamente favorire la fruizione turistica dello stesso, determinando un beneficio apprezzabile sulla componente socio-economica.

In generale, comunque, appare come lampante la portata del vantaggio in termini ambientali che sarebbe determinato dalla realizzazione dell'opera in esame.

6.2 Costi dell'intervento

6.2.1 Costi di realizzazione dell'opera

Il capitolo 4 ha messo in evidenza la necessità di esecuzione di scavi a profondità elevata e di tratti costituiti entro canali in c.a. in prossimità di infrastrutture esistenti. Considerata anche la lunghezza del segmento oggetto di intervento, è innegabile che i costi da sostenere per la progettazione, le indennità e la fase di cantiere risultino particolarmente elevati.

Quanto esposto risulta strettamente legato alla topografia del luogo e alla presenza di importanti infrastrutture interferenti. Si chiarisce, infatti, che un intervento analogo da realizzare, a titolo esemplificativo, in un territorio costituito esclusivamente da terreni agricoli e, soprattutto, degradante verso valle, avrebbe un costo di circa un ordine di grandezza inferiore.

D'altro canto, è opportuno sottolineare come non esistano tracciati planimetrici che escludano l'interferenza con l'Autostrada e che lo sviluppo plano-altimetrico dell'area non permetta di recapitare la portata nel Torrente Palar in una sezione molto diversa da quella prevista.

Per tale ragione, in assenza di alternative valide, si deve accettare l'ipotesi che la migliore soluzione possibile comporti costi di realizzazione molto rilevanti.

6.2.2 Impatti ambientali

Le volumetrie di scavo in gioco e le dimensioni dell'opera in generale comporterebbero innegabili impatti ambientali negativi a carico del territorio, per quanto concentrati principalmente durante la fase di cantiere. Le componenti ambientali interferite sarebbero le seguenti, inserite nell'ordine di importanza definito a giudizio dello scrivente:

1. Suolo e vegetazione.

La realizzazione delle opere comporterebbe un consumo decisamente rilevante di suolo, con un volume da asportare superiore a 45.000 m³ e una superficie manipolata che, considerando anche la striscia laterale per il transito dei mezzi e per gli accumuli temporanei di materiale estratto, non sarebbe inferiore a 55.000 m².

Per quanto non si tratti di suoli tipicamente agricoli o con elevata classe d'uso

(per lunghi tratti si eseguirebbero scavi al di sotto dell'alveo), è evidente che tale componente risentirebbe in modo rilevante dell'attività di cantiere.

In merito alla vegetazione, il tratto maggiormente critico da affrontare sarebbe quello che a partire dalla Strada Comunale "Via Interneppo" raggiunge e supera la Strada Comunale "Via Lago", per un totale di circa 700 m di sviluppo. Una stima dell'impronta del cantiere nel segmento considerato porterebbe ad un'occupazione (e quindi ad un taglio di vegetazione) per circa 17.000 m², valore anche in questa circostanza molto significativo.

In questo senso, le misure di mitigazione indirettamente proposte al paragrafo 4.3 consentirebbero di ripristinare almeno in corrispondenza dell'alveo e delle aree limitrofe una continuità delle formazioni vegetali.

2. Fauna terrestre.

L'impatto di un progetto sulla fauna omeoterma coincide in larga misura con le interazioni che esso presenta sul sistema biologico locale, considerato nel suo complesso biotico e abiotico, ovvero sugli ecosistemi presenti.

Si prevede che la realizzazione delle opere possa causare un'azione di disturbo conseguente soprattutto al rumore prodotto dai mezzi meccanici e all'asportazione di

suolo, che comporterebbe l'eliminazione di quelle specie animali, soprattutto invertebrati, dotati di scarsa mobilità. Viste le consistenti superfici in gioco, anche su tale componente ambientale si stima un impatto rilevante.

3. Infrastrutture

L'interferenza più pesante con le infrastrutture si concentrerebbe in prossimità del sistema Strada Regionale n. 512-Autostrada A23, con sottopasso di entrambe a profondità considerevoli rispetto al piano calpestabile. Considerata la realizzazione con tecniche di pipe-jacking e la (relativa) limitatezza del tratto interessato, l'impatto può essere ricondotto ad un livello medio. Nei confronti delle altre infrastrutture intersecate planimetricamente si stima un impatto di livello inferiore.

4. Paesaggio

La presenza dei mezzi d'opera per tutta la durata (non trascurabile) del cantiere in un'area tendenzialmente naturalistica (al netto delle importanti infrastrutture presenti) comporterebbe sicuramente impatti temporanei

rilevanti. In fase di esercizio, invece, si ritiene che gli interventi di mitigazione previsti a carico della vegetazione e il transito costante di una portata idrica, sebbene entro un canale fortemente incassato, potrebbero apportare discreti benefici alla componente.

5. Geologia e compatibilità idraulica

In corrispondenza dell'area interessata dagli scavi, non emerge dalla consultazione delle carte geologiche una possibile interferenza con il substrato roccioso. Al contrario, i lavori dovranno essere eseguiti, almeno parzialmente, in presenza d'acqua di falda superficiale, rendendo necessari tutti gli accorgimenti previsti per tali tipologie.

Dal punto di vista idraulico, concettualmente la realizzazione di un canale completamente "in scavo" offre garanzie in merito al deflusso delle acque durante il corso degli eventi di piena. Anche l'alveo del Rio Pusala, ribassato rispetto alla quota di fondo attuale, dovrebbe essere in grado di smaltire una portata quanto meno non inferiore rispetto allo stato attuale (è da considerare, infatti, una minore pendenza di progetto nel tratto di intervento che compensa parzialmente il beneficio legato dell'approfondimento).

Complessivamente, si ritiene che l'impatto su tali componenti possa essere considerato di livello medio.

6. Altre componenti

La soluzione prospettata non comporterebbe impatti particolari sul bilancio idrico della zona, dal momento che solo una quota parte (pari a circa il 5%) della portata attualmente immessa nel Torrente Leale da parte dell'emissario artificiale del Lago sarebbe scaricata più a monte, nel Torrente Palar.

Durante la fase di cantiere, i mezzi d'opera potrebbero produrre emissioni acustiche ed in atmosfera, per quanto concentrate in determinate aree (si tratterebbe di un cantiere a sviluppo fortemente "lineare").

Un aspetto da considerare riguarda la produzione di terre e rocce da scavo, che come anticipato raggiungerebbe volumetrie notevoli: si auspica che il materiale estratto possa essere destinato al riutilizzo, preferibilmente rispetto al conferimento in discarica.

6.3 Criticità tecniche

In ultimo, ma non per importanza, si sottolinea la presenza di criticità di tipo tecnico nella realizzazione dei lavori.

L'esecuzione di scavi a cielo aperto di tale rilevanza volumetrica a profondità così elevate rispetto al piano campagna attuale richiederebbe l'affidamento ad imprese altamente qualificate, con lunga e proficua esperienza in materia. Tale scelta non metterebbe comunque al riparo da problematiche realizzative ulteriori riscontrabili puntualmente in loco in fase esecutiva. L'aspetto dell'interferenza con la falda acuirebbe ulteriormente le difficoltà durante i lavori.

L'esecuzione del pipe-jacking, soprattutto nel tratto più critico relativo all'intersezione tra Strada Regionale e Autostrada, andrebbe invece affidato a ditte specializzate in questa particolare tipologia di lavorazioni, di certo non comuni in ambito nazionale. Si tratterebbe, anche in questo caso, di attività particolarmente complesse e, soprattutto, estremamente delicate, vista la presenza delle due infrastrutture citate, nonché dell'esistente canale scatolare presso l'Autostrada, rispetto al quale il progetto dovrebbero garantire la totale ininfluenza.

6.4 Compatibilità con gli strumenti di pianificazione

6.4.1 Piano Regionale di Tutela delle Acque

Al paragrafo 3.2.3 del documento “3. *Indirizzi di Piano*” il Piano Regionale di Tutela delle Acque si occupa di n. 2 aspetti riguardanti il Lago di Cavazzo:

- il “*progetto di realizzazione di una condotta di collegamento tra il lago di Cavazzo e il sistema derivatorio Ledra Tagliamento che consentirebbe di risolvere le difficoltà che annualmente si verificano ad Ospedaletto garantendo da un lato il fabbisogno del Consorzio e migliorando, dall'altro, gli ecosistemi acquatici del fiume Tagliamento a valle di Ospedaletto che ogni estate vengono messi a dura prova*”;
- la valutazione della “*fattibilità tecnico-economica di realizzazione di un canale di by-pass, o di un'altra soluzione progettuale che mitighi l'impatto dello scarico della centrale di Somplago sul lago di Cavazzo con lo scopo di recuperare le condizioni di naturalità del lago stesso e di garantirne la*

fruibilità.

In merito al primo punto, si evidenzia che il progetto della condotta citata è stato predisposto al fine della derivazione, da parte del Consorzio, dall'attuale canale emissario artificiale del Lago di Cavazzo, di una portata massima di 15 m³/s e di una portata media di 10 m³/s, da mettere in atto durante i periodi estivi di particolare idroesigenza per l'agricoltura.

Il canale di collegamento oggetto della presente relazione, con prelievo di una portata di circa 1 m³/s direttamente dal Lago, risulterebbe, almeno in parte, tecnicamente incompatibile con la soluzione progettuale individuata, dal momento che determinerebbe la sottrazione di una porzione di risorsa idrica al Consorzio. In realtà, si ritiene opportuno esprimere le seguenti considerazioni:

- L'entità del prelievo da parte del canale di collegamento sarebbe pari a meno del 7% del valore massimo previsto dal Consorzio, per cui si ritiene possibile una coesistenza delle due derivazioni.
- Nel caso di accertata emergenza idrica, in presenza di condizioni critiche sia per l'agricoltura che per gli ecosistemi acquatici del Fiume Tagllamento, la portata di alimentazione del nuovo canale di collegamento potrebbe essere regolata mediante l'installazione di una paratoia all'imbocco (presso il Lago), così da ridurre opportunamente il deflusso in direzione del Rio Pusala e del Torrente Palar. Tale soluzione, se limitata al periodo estivo, non dovrebbe costituire particolare pregiudizio per la fauna ittica, dal momento che la stragrande maggioranza delle specie non effettua migrazioni durante i mesi di luglio, agosto e settembre.

Il secondo punto costituisce l'oggetto dell'incarico conferito allo scrivente: la realizzazione di un canale emissario per favorire la migrazione della fauna ittica è pensato esattamente con lo scopo di migliorare la naturalità del bacino lacustre.

In merito ai corpi idrici coinvolti nel progetto, l'elaborato "6. Schede di sintesi" del Piano di Tutela ne riporta lo stato chimico e lo stato ecologico, nonché i relativi obiettivi di qualità e le alterazioni presenti:

C.I.	Codice	Stato chimico	Obiettivo chimico	Stato ecologico	Obiettivo ecologico	Pressioni e impatti
Rio Pusala	IT0602SS2T55	-	-	-	Buono al 2027	Scarichi depuratori, difese idrauliche, alterazioni idromorfologiche
Torrente Palar	IT0602SS1T34	Buono	Mantenim Stato Buono	Sufficiente-	Obiettivo meno rigoroso	Traverse, difese idrauliche, alterazioni morfologiche
Torrente Leale	IT0602SS2T156	Buono	Mantenim Stato Buono	Buono	Mantenim Stato Buono	Nessuna pressione od impatto significativo
Lago di Cavazzo	IT06AL-43	Buono	Mantenim Stato Buono	-	Buono al 2027	Alterazioni idrologiche

Tab. 6.1 - Stato e obiettivi chimici ed ecologici riportati nel P.R.T.A..

I volumi “4/a - Repertorio dello stato ambientale dei corpi idrici” e “7/a - Repertorio degli obiettivi ed esenzioni dei corpi idrici” del Piano di Gestione delle Acque redatto dall'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali hanno aggiornato al 2021 lo stato e gli obiettivi di qualità per i corpi idrici in esame:

C.I.	Codice	Stato chimico	Obiettivo chimico	Stato ecologico	Obiettivo ecologico
Rio Pusala	ITARW10TG01900010FR	Sconosciuto	Sconosciuto	Cattivo	Sconosciuto
Torrente Palar	ITARW10TG01800010FR	Buono	Mantenim Stato Buono	Sufficiente	Obiettivo meno rigoroso
Torrente Leale	ITARW10TG01700020FR	Buono	Mantenim Stato Buono	Buono	Mantenim Stato Buono
Lago di Cavazzo	ITALW10TG0100FR	Buono	Mantenim Stato Buono	Buono e oltre	Mantenim Stato Buono

Tab. 6.2 - Stato e obiettivi chimici ed ecologici riportati nel Piano di Gestione delle Acque distrettuale.

Per il Torrente Palar il mancato raggiungimento di uno stato ecologico “buono” è legato a ragioni di fattibilità tecnica, per cui si considera l'obiettivo di qualità meno rigoroso, già raggiunto.

Analizzando gli effetti dell'intervento descritto sui livelli e sugli obiettivi di qualità per i corpi idrici citati, si può affermare che il nuovo canale di collegamento:

- consentirebbe il miglioramento dello stato chimico e dello stato ecologico del Rio Pusala, apportando un deflusso idrico in grado di favorire il ripristino di ecosistemi acquatici, oltre che di diluire maggiormente gli inquinanti provenienti dai depuratori citati;

- agevolerebbe il mantenimento dello stato chimico e dello stato ecologico di livello “buono” nel Torrente Leale, immettendo una portata idrica attualmente non presente proprio all'origine di monte del tratto individuato dal P.R.T.A. e dal Piano di Gestione;
- contribuirebbe al mantenimento dello stato ecologico “buono” per il Lago di Cavazzo.

L'opera, invece, sarebbe sostanzialmente ininfluenza nei confronti degli obiettivi di qualità del Torrente Palar, visto il brevissimo tratto (80 m circa) interessato dall'immissione di portata.

Si ritiene, in definitiva, che quanto proposto sia compatibile con le indicazioni pianificatorie del P.R.T.A. e del Piano di Gestione delle Acque distrettuale.

6.4.2 Altri vincoli

Il canale oggetto di studio ricade in un'area soggetta parzialmente a vincolo paesaggistico ai sensi del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i., nonché (per la porzione nell'alveo del Rio Pusala), a vincolo idraulico di cui al R.D. 523/1904 e s.m.i.. Si ritiene che, con opportuni accorgimenti, le opere possano risultare adeguate e compatibili con i dettami del Piano Paesaggistico Regionale e del Regio Decreto citato.

L'area di intervento si trova al di fuori di aree facente parte della Rete Natura 2000: i siti “IT3320015 – Valle del medio Tagliamento” e “IT3320013 – Lago Minisini e Rivoli Bianchi”, infatti, sono collocati rispettivamente alcuni km a sud e ad est rispetto al nuovo canale di collegamento.