

NUOVE OPERE DI REGOLAZIONE PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL LAGO D'IDRO



RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROGETTISTI



PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATI GENERALI

INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO

Relazione generale

Fase PE	Ambito 000	Opera INQ	Argomento GE	Progressivo 002	Tipo elaborato RG	Revisione B
Redatto S. Binando		Controllato M. Ghidoli		Approvato P. Galvanin		Scala - Data 10/01/23

 Agenzia Interregionale per il fiume Po	IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. M. Vergnani	
	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE ALPINA S.p.A. Ing. Paola Erba	PROGETTAZIONE STRUTTURALE ALPINA S.p.A. Ing. Paolo Galvanin

REV.	DATA	OGGETTO REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	18/10/2022	Prima emissione	SBI	MGI	PGA
B	10/01/2023	Revisione cronoprogramma	SBI	MGI	PGA
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	6
1.1	Sistema di riferimento quote altimetriche	9
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	10
2.1	Campagna di indagine geognostica integrativa 2022.....	10
2.2	Campagna di indagine geognostica integrativa 2016-2017	11
2.2.1	Imbocco sud lato Lavenone	11
2.2.2	Imbocco nord lato Idro.....	13
2.2.3	Nuova traversa di sbarramento	16
2.3	Contesto geologico e stratigrafico	17
2.3.1	Arenarie di Val Sabbia (AVS)	17
2.3.2	Formazione di San Giovanni Bianco (SGB)	18
2.3.3	Formazione di Castro Sebino (CSO)	19
2.3.4	La Dolomia Principale (DP)	19
2.4	Depositi quaternari di copertura	21
2.5	Caratteristiche geologico strutturali	21
2.6	Caratteri geomorfologici e di dinamica geomorfologica	22
2.7	Caratteristiche idrogeologiche	23
3	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	25
3.1	Misure di falda e modellazione della permeabilità nel detrito	25
4	CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA E GEOTECNICA.....	27
4.1	Galleria naturale	27
4.2	Imbocco sud lato Lavenone.....	30
4.3	Imbocco nord lato Idro	30
4.4	Nuova traversa	31
5	INQUADRAMENTO SISMICO	32
6	LA PROGETTAZIONE DELLA NUOVA GALLERIA DI SICUREZZA	33
6.1	Scelte progettuali	33
6.1.1	Problematiche e rischi potenziali lungo il tracciato.....	33
6.2	Sezioni tipo di scavo.....	34
6.2.1	Camerone convergente.....	35
6.2.2	Sezione C1P	36
6.2.3	Sezione C1.....	36
6.2.4	Sezione B2.....	36
6.2.5	Sezione B2VP.....	37

6.2.6	Sezione B2P	37
6.2.7	Sezione B2V*	37
6.2.8	Sezione B0	37
6.2.9	Sezione B2 "Allargata"	37
6.2.10	Sezione C2V	38
6.2.11	Sezione Ab	38
6.2.12	Sezione Ac	38
6.2.13	Sezione B2V	38
6.2.14	Sezione Ab "Allargata"	38
6.3	Durabilità calcestruzzo dei rivestimenti	39
6.4	Sistema di impermeabilizzazione	39
6.4.1	Sistema di impermeabilizzazione e drenaggio tipo 1	39
6.4.2	Sistema di impermeabilizzazione e drenaggio tipo 2	40
6.4.3	Sistema di impermeabilizzazione e drenaggio tipo 3	40
6.5	Scavo all'interno del detrito lato Idro: dimensionamento dell'intervento di compartimentazione	41
6.5.1	Descrizione degli interventi	41
6.6	Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	42
7	LA PROGETTAZIONE IDRAULICA DELLE NUOVE OPERE DI REGOLAZIONE	43
7.1	Modelli e strumenti a supporto della progettazione	45
7.1.1	Modello fisico	45
7.2	Il progetto della nuova galleria di by-pass	46
7.2.1	Generalità	46
7.2.2	Percorso progettuale	46
7.2.3	Obiettivi raggiunti	48
7.3	Il progetto della nuova traversa	49
7.3.1	Obiettivi raggiunti	50
8	DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO ESECUTIVO	51
8.1	Premesse	51
8.2	Opere di imbocco	51
8.2.1	Descrizione dell'opera e caratteristiche dimensionali	51
8.2.2	Opere provvisorie e fasi realizzative	53
8.3	Nuova galleria	56
8.3.1	Descrizione dell'opera e caratteristiche dimensionali	56
8.3.2	Caratteristiche costruttive	56

8.4	Manufatto di restituzione.....	57
8.4.1	Descrizione dell'opera e caratteristiche dimensionali	57
8.4.2	Fasi e metodologie costruttive	58
8.5	Nuova traversa e sistemazioni in alveo	60
8.5.1	Descrizione dell'opera e caratteristiche dimensionali	60
8.5.2	Fasi e metodologie costruttive	61
8.6	Opere di adeguamento della traversa di sbarramento esistente.....	63
8.7	Opere di messa fuori servizio della galleria degli agricoltori.....	64
8.8	Sistemazione ambientale e opere a verde	66
8.8.1	Descrizione degli interventi.....	66
8.8.2	Aspetti vegetazionali.....	67
8.8.3	Area di imbocco	69
8.8.4	Nuova traversa.....	70
8.8.5	Area di sbocco.....	71
8.8.6	Altri interventi – interventi di deframmentazione.....	72
9	RISOLUZIONE INTERFERENZE CON SOTTOSERVIZI ESISTENTI	73
9.1	Enti gestori	73
9.2	Sottoservizi interferenti	74
9.2.1	Zona imbocco.....	74
9.2.2	Zona sbocco	75
9.2.3	Zona nuova traversa.....	76
10	CANTIERIZZAZIONE.....	78
10.1	Premessa.....	78
10.2	Criteri di progettazione dei cantieri	78
10.2.1	Tipologia di edifici e installazioni del cantiere logistico.....	78
10.2.2	Tipologia di edifici e installazioni dei cantieri operativi	78
10.3	Preparazione delle aree	79
10.4	Raccolta e smaltimento delle acque nei cantieri.....	79
10.4.1	Acque meteoriche.....	79
10.4.2	Acque nere	79
10.4.3	Acque industriali.....	80
10.4.4	Approvvigionamento energetico	80
10.5	Aree di cantiere.....	80
10.5.1	Inquadramento generale	80
10.5.2	Cantiere operativo zona imbocco galleria.....	81

10.5.2.1	Allestimenti principali.....	83
10.5.3	Cantiere logistico – Cantiere operativo zona sbocco galleria.....	83
10.5.3.1	Lavorazioni.....	86
10.5.3.2	Accantieramento.....	87
10.5.3.3	Viabilità.....	87
10.5.3.4	Allestimenti principali.....	87
10.5.4	Cantiere operativo nuova traversa.....	88
10.5.4.1	Lavorazioni.....	88
10.5.4.2	Accantieramento.....	89
10.5.4.3	Viabilità.....	89
10.5.4.4	Allestimenti principali.....	89
10.6	Ripristino delle aree e piste di cantiere.....	90
11	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE.....	91
11.1	Obiettivi del Piano di Monitoraggio Ambientale.....	91
11.2	Articolazione temporale.....	92
11.3	Criteri metodologici per la stesura del piano.....	93
11.4	Integrazione dei sistemi finalizzati al controllo ambientale.....	94
11.5	Il sistema informativo.....	94
11.6	Componenti ambientali monitorate.....	95
11.6.1	Atmosfera.....	95
11.6.2	Acque sotterranee.....	95
11.6.3	Acque superficiali.....	96
11.6.4	Suolo e sottosuolo.....	97
11.6.5	Vegetazione e flora.....	97
11.6.6	Fauna.....	98
11.6.7	Rumore.....	99
11.6.8	Vibrazioni.....	99
12	ASPETTI ARCHEOLOGICI.....	101
12.1	Quadro paleontologico.....	101
12.2	Quadro archeologico.....	101
12.3	Rischio archeologico.....	103
13	DURATA DEI LAVORI.....	105

1 PREMESSA

Il presente Progetto Esecutivo riguarda le opere per la messa in sicurezza idraulica del Lago d'Idro.

Il Lago d'Idro, meno comunemente noto come Eridio, è situato nelle Prealpi Orobiche Bresciane, all'estremità sud-orientale della Provincia di Brescia, delineando a nord per un breve tratto il confine con la Provincia di Trento. Il suo immissario principale è il Fiume Chiese.

Il Chiese rappresenta anche l'emissario naturale dell'Idro e, dopo esser stato ampiamente utilizzato a scopo irriguo nella bassa bresciana, si immette nel Fiume Oglio, tributario di sinistra del Po.

Il Lago d'Idro è uno dei primi laghi alpini europei ed il primo lago naturale italiano ad essere stato sottoposto a regolazione artificiale con il duplice scopo irriguo e di produzione idroelettrica.

La causa prima che genera la necessità di una messa in sicurezza del lago d'Idro è costituita dalla presenza di un fenomeno franoso attivo che interessa la sponda sinistra del fiume Chiese, subito a valle dell'attuale traversa di sbarramento.

Le misure topografiche eseguite a partire dal 1985 hanno evidenziato che l'intera massa franosa, resa particolarmente plastica in periodi di forte imbibizione, è in lento scivolamento verso valle.

La constatazione del movimento in atto indica chiaramente che l'ammasso franoso non ha ancora raggiunto una configurazione definitiva di equilibrio e porta decisamente a considerare la situazione assai pericolosa per la possibilità che, in casi di eventi meteorici particolarmente intensi e prolungati, il movimento dell'ammasso possa accelerare fino a determinare un collasso più o meno generale, con invasione del fondo valle.

Il verificarsi di un calamitoso evento di dissesto causerebbe l'ostruzione dell'emissario del Lago e degli organi di scarico e di regolazione artificiali attualmente presenti (galleria degli Agricoltori e traversa di sbarramento); in tale scenario il lago vedrebbe crescere il proprio livello fino a:

- l'incontrollabile sommersione a monte di vaste aree abitate nei comuni di Idro, Anfo, Bondone, Bagolino;
- la possibilità di collasso improvviso del rilevato che genera l'ostruzione dell'alveo e liberazione improvvisa di una rilevantissima massa d'acqua e altro materiale con effetti devastanti sul territorio a valle.

La presenza della frana rappresenta dunque motivazione prima e sufficiente per provvedere all'attuazione di interventi mirati alla messa in sicurezza del territorio.

E' da notare che l'obbligatorietà di interventi di tal fatta risulta indipendente dallo stato o meno di regolazione artificiale del lago d'Idro: essi dovrebbero essere messi in atto anche se il lago non fosse regolato artificialmente. Oltre alla presenza del fenomeno franoso sinteticamente descritto, le opere di messa in sicurezza del Lago si rendono necessarie anche per sostituire gli attuali manufatti di scarico e di regolazione in quanto le opere di regolazione attuale hanno caratteristiche funzionali, geometriche e di stato di conservazione tali da non poter garantire la sicurezza dei territori rivieraschi e vallivi anche in assenza del collasso di frana. In particolare:

- l'attuale traversa di sbarramento ha già dovuto subire un intervento di restringimento di una luce, da 11 a 9 m, a causa delle sollecitazioni indotte dal movimento franoso sul suo fianco in sinistra orografica; anche se il suo stato attuale, dal punto di vista statico, non desta oggi preoccupazioni, è sempre possibile un repentino mutamento di detto stato in funzione dell'evolversi dell'evento franoso con dirette conseguenze sulla sua capacità di tenuta;

- la galleria di scarico risulta inoltre interessata da ricorrenti eventi di instabilità del cavo che, oltre ad averne limitato la portata idraulica, ne hanno fortemente diminuito il grado di affidabilità statica. Attualmente la galleria è inservibile.

Quanto appena asserito chiarisce sinteticamente le ragioni che stanno alla base del titolo del presente progetto di: “regolazione per la messa in sicurezza del lago d'Idro”.

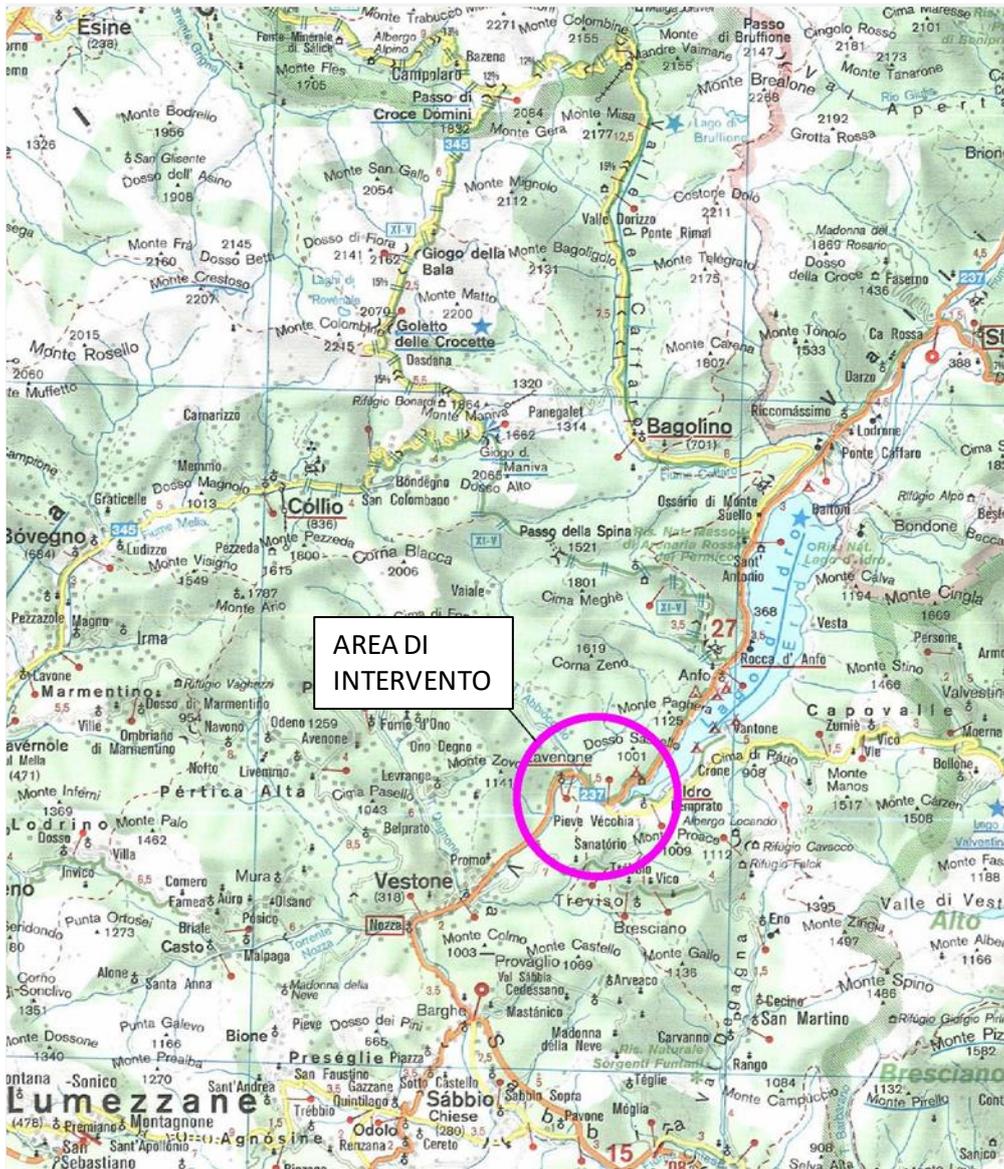
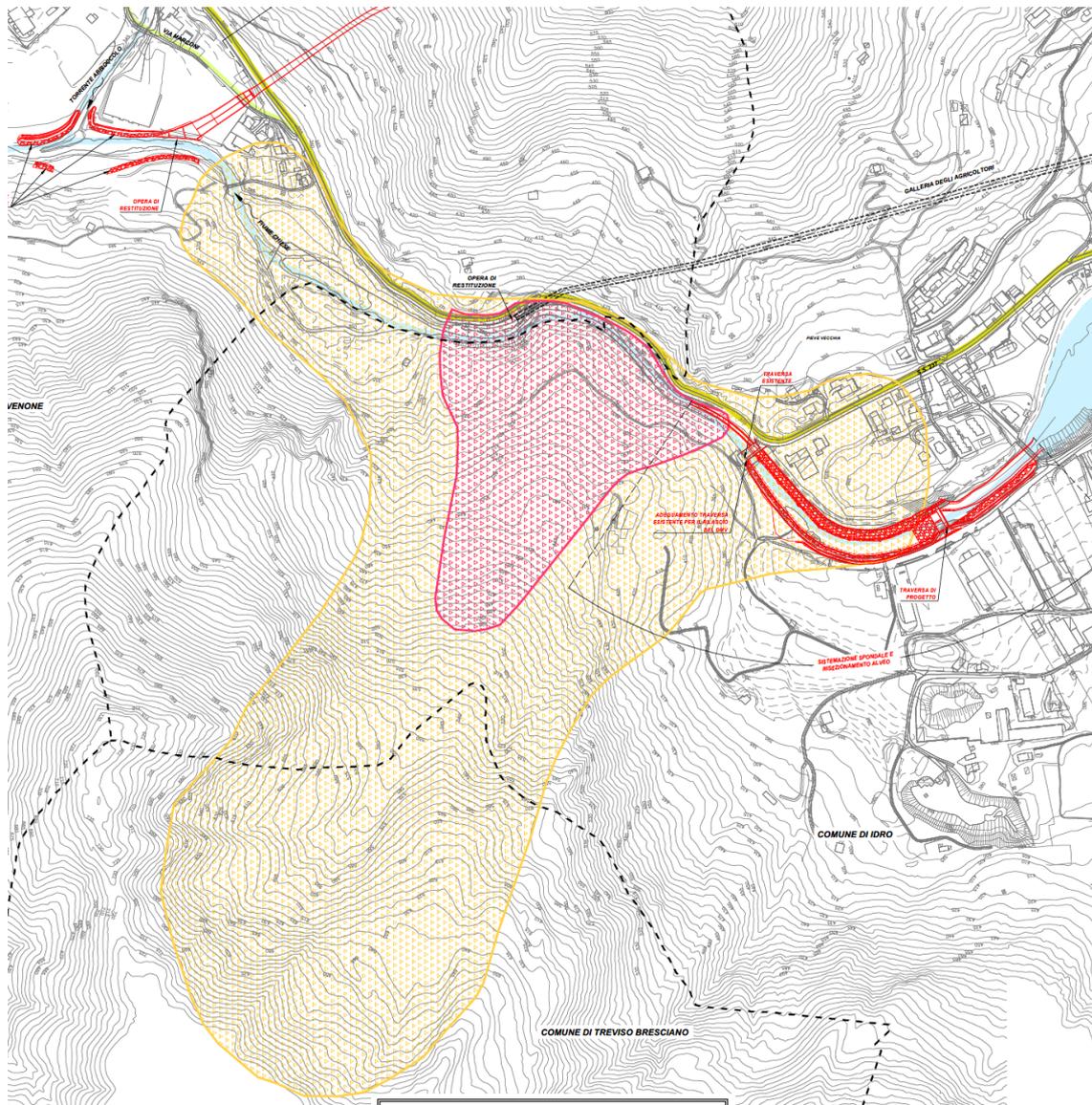


Figura 1: inquadramento geografico dell'area di intervento



LEGENDA :

	CONFINI COMUNALI
	OPERE DI PROGETTO
	VIABILITA' PRINCIPALE
	VIABILITA' SECONDARIA
	CORSI D'ACQUA
	ZONA AD ELEVATO RISCHIO IDROGEOLOGICO PERIMETRAZIONE ZONA 1 (legge 267/98)
	ZONA AD ELEVATO RISCHIO IDROGEOLOGICO PERIMETRAZIONE ZONA 2 (legge 267/98)

Figura 2: planimetria dello stato di fatto con perimetrazione del pendio in frana (legge 267/98: aree ad elevato rischio idrogeologico)

1.1 Sistema di riferimento quote altimetriche

Le quote di progetto sono tutte riferite alla rete IGM che risulta inferiore di circa 2.0m alle quote idrometriche S.L.I. (Società Lago Idro). Per maggiori dettagli, si rimanda alla "Relazione tecnica descrittiva dei rilievi" (PE-000-RIL-GE-001-RT-A).

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nel presente capitolo si fornirà una sintesi delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area interessata, rimandando alle relazioni specialistiche allegate al progetto esecutivo per maggiori dettagli. L'area ove si colloca la galleria idraulica in progetto e le opere accessorie si trova nella parte nord-orientale della provincia di Brescia, nei comuni di Idro e di Lavenone ed occupa la parte terminale di estuario del Lago d'Idro e il tratto immediatamente a valle dell'emissario naturale costituito dal Fiume Chiese. Immediatamente a valle dell'abitato di Idro è presente un antico processo di instabilità di versante lento ma attivo che interessa la sponda sinistra del Fiume Chiese, noto come paleofrana di Idro.

L'inquadramento geologico ed il relativo Modello Geologico di Riferimento qui descritti sono stati elaborati sulla base degli studi ed indagini svolte a supporto del Progetto Preliminare (2007), del Progetto Definitivo (2009) e del progetto Esecutivo (2018) di cui il presente costituisce la revisione generale, nonché sulla base degli approfondimenti specifici condotti nell'ambito del presente Progetto Esecutivo (2022), mediante un'apposita campagna d'indagini integrative.

Inoltre, a supporto delle elaborazioni per la definizione del MGR sono stati utilizzati gli studi ed indagini pregresse relative alla paleofrana (*Studio Griffini (2017) – Modellazione geotecnica e individuazione delle soglie di criticità nelle aree di frana monitorate dal CMG di ARPA – Area di Idro (Comune di Idro, BS)*) e quelli condotti per lo studio dei processi d'instabilità che hanno interessato la galleria degli Agricoltori contenuti nella relazione sulle indagini del Progetto Preliminare (Doc. E00609A.E.X00.RI000.0.IS.IG.002.0) oltre all'ampia bibliografia scientifica a carattere geologico l.s. che riguarda l'area.

Gli studi geologici condotti nelle precedenti fasi di progettazione sono stati condotti con un elevato grado di approfondimento che ha permesso di delineare le caratteristiche geologiche l.s. principali dell'area. Tuttavia, la complessità dell'area ha richiesto ulteriori approfondimenti allo scopo di integrare le conoscenze e limitare le incertezze connesse principalmente alla presenza di contatti eteropici e di tipo transizionale tra le diverse unità ed anche alla presenza di elementi strutturali le cui giaciture ed estensioni non sono definite e non sono compiutamente descritti neppure nella documentazione scientifica più recente.

Sulla base dei nuovi dati rilevati anche mediante ulteriori sondaggi di cui uno profondo 160 m e sulla base di una revisione critica dei rilevamenti in sito pregressi, è stato ricostruito il Modello Geologico di Riferimento che, seppure confermi il precedente nelle sue linee generali, apporta nuove integrazioni molto significative ai fini del presente Progetto Esecutivo.

2.1 Campagna di indagine geognostica integrativa 2022

Le indagini integrative realizzate nell'ambito del Progetto Esecutivo del 2022, sono state eseguite con lo scopo di minimizzare le incertezze del modello geologico e del modello geotecnico, con particolare riguardo alla zona interessata da una presunta faglia identificata dai risultati delle indagini geofisiche (stendimento L2_sis) realizzate a supporto del Progetto Esecutivo 2018.

Le indagini sono state mirate all'ottenimento delle informazioni necessarie riguardo alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche delle aree direttamente interessate o limitrofe alle opere in progetto, con particolare attenzione all'individuazione delle potenziali pericolosità geologiche connesse alla realizzazione dell'opera, alla definizione delle proprietà fisiche e meccaniche delle unità attraversate e agli aspetti idrogeologici.

Nel corso delle stesse, ed in particolare a seguito della realizzazione del sondaggio profondo S01-22 è stato possibile l'identificazione e successiva caratterizzazione di una formazione non presente nelle stratigrafie e nella documentazione delle precedenti fasi progettuali: si tratta della Formazione di Castro Sebino, costituita da brecce intraformazionali carbonatiche.

Per quanto riguarda l'ubicazione, le metodologie, le strumentazioni impiegate, i log stratigrafici, le prove di laboratorio geotecnico, i dati geofisici e le relative interpretazioni, si rimanda ai documenti specifici (PE-000-GEO-IN-001-RT-A, PE-000-GEO-IN-002-PL-A).

I risultati di questa campagna d'indagine integrativa sono descritti nei paragrafi successivi.

Nella tabella che segue sono sintetizzate le caratteristiche delle indagini in sito eseguite.

Area	Opera	Sondaggio	Quota [m s.m.]	Orientazione		Lunghezza Perforazione			Strumentazione installata	
				Direzione	Inclinazione	Distruzione	Carotaggio continuo	Totale	Tipologia	Lunghezza
				[°]	[°]	[m]			[-]	[m]
Idro	Galleria naturale	S01-22	452.9	310	45	80.0	80.0	160.0	-	-
Idro	GdA	PZ01-22	389.1	Verticale		0.0	40.0	40.0	Piezometro in doppio tubo	40.0

Note:
1 – La direzione dei sondaggi inclinati fa riferimento al nord geografico;
2 – L'inclinazione dei sondaggi è misurata rispetto all'orizzontale.

2.2 Campagna di indagine geognostica integrativa 2016-2017

Le indagini geognostiche sono state concentrate nelle zone di imbocco della galleria, ed in corrispondenza della traversa di sbarramento del Fiume Chiese, poiché il resto della galleria si sviluppa all'interno di un rilievo caratterizzato da versanti acclivi non raggiungibili dalle normali sonde perforatrici.

In relazione alla specificità dei contesti in cui si collocano le opere, sono stati quindi individuati i seguenti contesti di intervento:

- Contesto imbocco Sud Galleria di by-pass, lato Lavenone e canale di scarico in Chiese;
- Contesto imbocco Nord Galleria di by-pass, lato Idro (lago);
- Contesto nuova traversa di sbarramento (località Pieve Vecchia, comune di Idro).

2.2.1 Imbocco sud lato Lavenone

Nel settore terminale costituito dal canale di scarico in Chiese, l'opera insiste sui depositi alluvionali a granulometria grossolana, ghiaioso-sabbiosa, con frequenti ciottoli ben arrotondati distribuiti in adiacenza al corso del Fiume Chiese. La petrografia dei clasti, come evidenziato nella Relazione Geologica del Progetto Definitivo, "vede la presenza di litologie estranee alle formazioni affioranti sui versanti a monte"; i clasti sono nello specifico riconducibili alla formazione del Verrucano Lombardo, alle tonaliti del Plutone dell'Adamello, a rocce effusive.

L'attacco della galleria naturale, come da ricostruzione stratigrafica del Progetto Definitivo, avviene in massima parte entro la formazione delle Arenarie della Val Sabbia; alla base del versante, in corrispondenza dell'imbocco,

è stata rilevata una coltre detritica di modesto spessore, nelle previsioni marginalmente interferente con la galleria naturale, limitatamente al settore di calotta.

Le Arenarie di Val Sabbia, affioranti lungo la SS237, a Est della sezione sotto-attraversata dalla galleria di bypass, sono di "colore rosso, rosso-grigio, a grana medio fine, con laminazione sottile piano-parallela non sempre visibile", risultando localmente intensamente fratturata, in frammenti scagliosi di dimensioni millimetriche.

I depositi detritici risultano talora associati a grossi blocchi e a depositi eluvio-colluviali, presentano spessori generalmente limitati (nell'ordine dei 5-10 m). L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di un lineamento strutturale di importanza regionale, la Faglia dell'Abbioccolo.

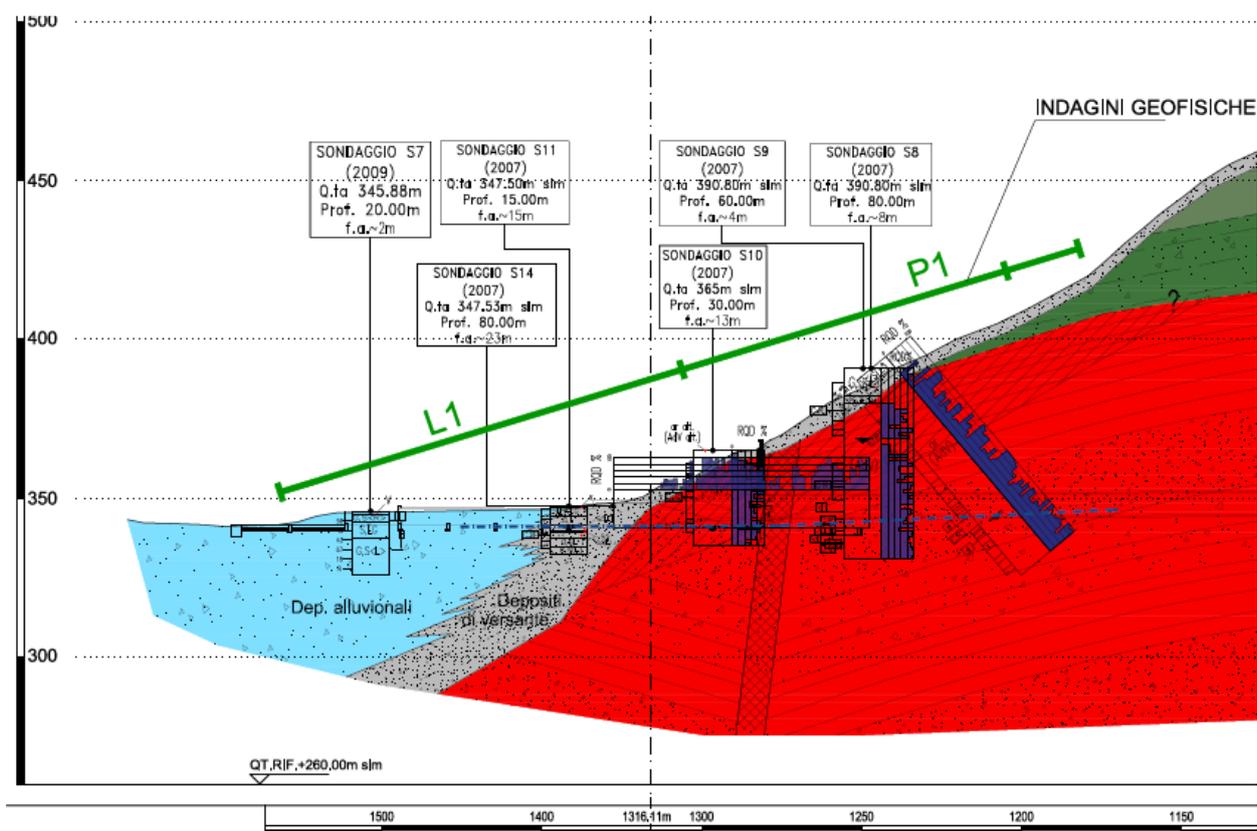


Figura 3 Sondaggi imbocco lato Lavenone

Indagini geognostiche del Progetto Preliminare (2007):

- esecuzione di 5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S8, S9, S10, S11, S14 - orizzontale) di cui quattro perforati entro l'ammasso roccioso (S8, S9, S10, S14) ed uno (S11) entro la coltre alluvionale, da posizione posta a valle della SS237;
- esecuzione di num. 1 sezione di tomografia elettrica e num. 3 stendimenti sismici a rifrazione.

Indagini geognostiche del Progetto Definitivo (2009):

- esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo entro i depositi alluvionali del Chiese (sondaggio S7).

Indagini geognostiche del Progetto Esecutivo (2016):

Il quadro conoscitivo attuale relativamente la formazione delle Arenarie della Val Sabbia è stato ritenuto adeguato allo sviluppo della progettazione esecutiva.

2.2.2 Imbocco nord lato Idro

Le opere in progetto, sia a cielo aperto che in sotterraneo, saranno realizzate nei depositi detritici di versante che, nel settore in disamina, raggiungono spessori dell'ordine della decina di metri. Essi sono costituiti da ghiaie grossolane con clasti spigolosi con sfericità bassa, immersi in matrice sabbioso – limosa. Sono presenti frequenti porzioni cementate, ben visibili in affioramento.

Il substrato roccioso è costituito dalla cosiddetta facies terrosa della Formazione di San Giovanni Bianco. I sondaggi geognostici realizzati nel corso della Campagna 2009 hanno nello specifico intercettato una facies mediamente compatta della Formazione, costituita da prevalenti silti grigio verdastre, con livelli di breccie calcaree e breccie poligeniche grigio verdastre.

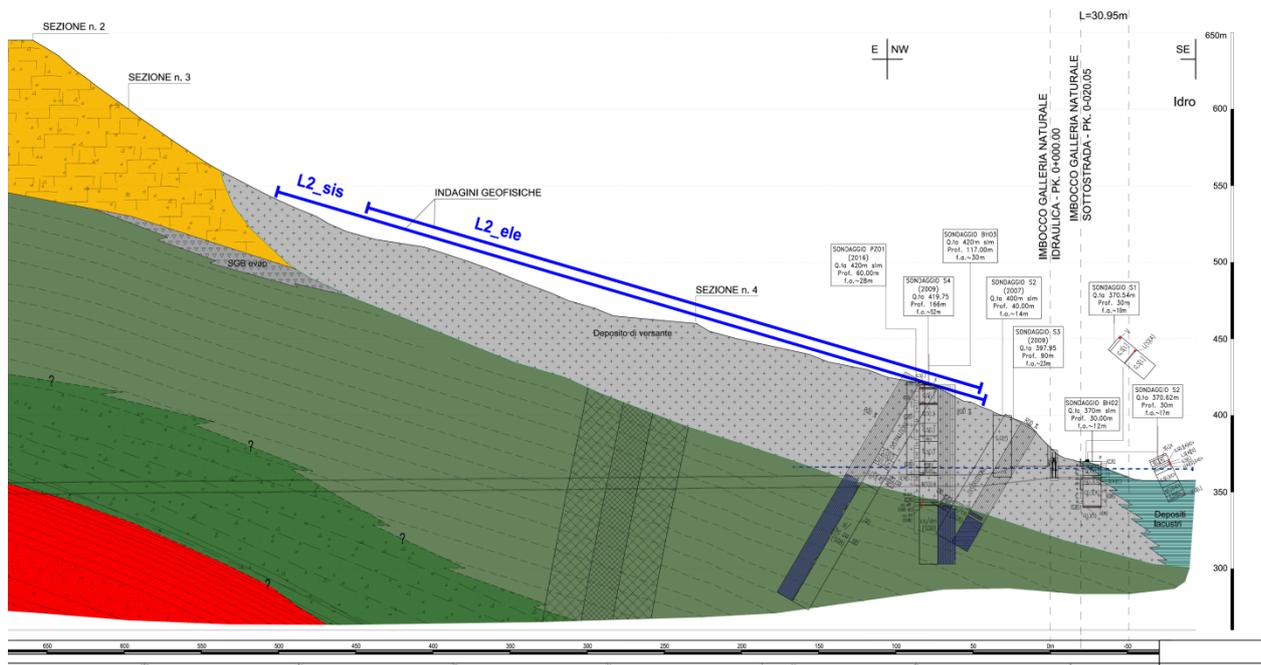


Figura 4 Sondaggi imbocco lato Idro

A seguito specifica richiesta avanzata alla Società del Lago d'Idro, è stata resa disponibile la documentazione inerente la campagna indagini geognostica condotta nell'anno 2002 presso l'imbocco lato Idro della Galleria degli Agricoltori. Dall'esame delle stratigrafie di sondaggio, con particolare riferimento alla verticale geognostica S2, appare evidente la netta variabilità litologica che interessa il substrato roccioso alla base della coltre detritica, pur a breve distanza (nell'ordine dei 100 m in linea d'aria), rispetto all'ubicazione dei sondaggi condotti in sede di Progettazione Definitiva delle Nuove Opere di Regolazione. Infatti, sulla base delle risultanze di detto sondaggio S2, la Formazione del San Giovanni Bianco risulta ivi essere difatti presente nella sua facies evaporitica, ovvero dapprima come silti ed argilliti con abbondanti intercalazioni di gesso ed anidrite di scadenti caratteristiche, quindi come alternanza di bancate di anidriti compatte e livelli caratterizzati da maggior fratturazione ed alterazione.

In considerazione dell'elevata eterogeneità litologica riscontrata a breve distanza, si è ritenuto necessario indagare più in dettaglio il primo tratto di galleria prevedendo una campagna geognostica integrativa composta da una serie di indagini sismiche, tarate dai sondaggi presenti.

L'interpretazione di tali approfondimenti di indagini, mentre da un lato non sembrerebbe indicare la presenza di importanti lenti evaporitiche di caratteristiche geomeccaniche molto scadenti lungo la prima parte di tracciato, dall'altro individua comunque la presenza di un settore a peggiori caratteristiche geomeccaniche, assimilabile con ogni probabilità ad una zona di faglia.

Indagini geognostiche per lo studio delle problematiche relative alla g."degli Agricoltori" (2002)

sondaggio a carotaggio continuo S1 - profondità 35 m

- ubicazione a circa 100 m dalla g. di by-pass;
- esecuzione di prove SPT in foro;
- esecuzione prove di permeabilità;
- prelievo campioni rimaneggiati;
- prove laboratorio: analisi granulometriche, limiti.

sondaggio a carotaggio continuo S2 - profondità 40.40 m

- ubicazione a circa 100 m dalla g. di by-pass;
- esecuzione di prove SPT in foro;
- esecuzione prove di permeabilità;
- prelievo campioni rimaneggiati ed indisturbati;
- prove laboratorio: analisi granulometriche, limiti, prove di point-load.

Sono state effettuate indagini geofisiche di tipo geoelettrico in numero di 4 stendimenti (1 long. e 3 trasv.)

Indagini geognostiche del Progetto Preliminare (2007)

sondaggio a carotaggio continuo S1 - profondità 25 m

- ubicazione a valle della SS237;
- esecuzione di prove SPT in foro;
- Rilevamento sup. falda;
- prelievo campioni rimaneggiati;
- prove laboratorio: analisi granulometriche, limiti, taglio diretto su campioni ricostituiti.

sondaggio a carotaggio continuo S2 – profondità 40 m

- ubicazione a monte della SS237;
- SPT in foro;
- Prove pressiometriche (num. 2);
- Rilevamento sup. falda;
- prelievo campioni rimaneggiati;
- prove laboratorio: analisi granulometriche, limiti, taglio diretto su campioni ricostituiti.

Sono stati effettuati altresì n°. 1 sezione di tomografia elettrica e num.3 stendimenti sismici a rifrazione.

Indagini geognostiche del Progetto Definitivo (2009)

sondaggio a carotaggio continuo S1 – profondità 30 m

- ubicazione a valle della SS237;
- prelievo campioni rimaneggiati;
- prove laboratorio: analisi granulometriche.

sondaggio a carotaggio continuo S2 – profondità 30 m

- ubicazione a valle della SS237;
- prelievo campioni rimaneggiati;
- prove laboratorio: analisi granulometriche.

sondaggio a distruzione/carotaggio continuo S3 – profondità 90 m

- ubicazione a monte della SS237;
- tratto a distruzione nel detrito, a carotaggio continuo nel substrato (SGB);
- Prova dilatometrica (num. 2);
- Prova Lugeon (num. 1);
- Prelievo campioni di roccia;
- Prove di laboratorio su campioni di roccia: peso di volume, brasiliana, compressione semplice con rilievo deformazioni, point load test.

sondaggio a distruzione/carotaggio continuo S4 – profondità 166 m

- ubicazione a monte della SS237;
- tratto a distruzione nel detrito sino alla profondità di 50 m, a carotaggio continuo nella parte rimanente (50-76.50 m) e quindi nel substrato (SGB);
- prova pressiometrica (detrito);
- prova Lefranc;
- prova dilatometrica (num. 2);
- prelievo campioni rimaneggiati nel detrito;
- prelievo campioni di roccia;
- prove di laboratorio su campioni detrito: analisi granulometrica, limiti
- prove di laboratorio su campioni roccia: peso di volume, brasiliana, compressione semplice con rilievo deformazioni, Point Load Test, taglio su giunto.

Indagini geognostiche del Progetto Esecutivo (2016)

- sondaggio BH01, eseguita a distruzione di nucleo e spinta sino alla profondità di 120 circa, da posizione alla quota 420 m s.l.m., sul versante soprastante l'imbocco della galleria di by-pass; la perforazione è funzionale alla conduzione della prova cross hole da fondo foro sino al tetto del substrato roccioso (intercettato alla profondità di 75.00 m da p.c.), congiuntamente con il condizionamento dell'adiacente sondaggio geognostico BH03.
- sondaggio BH02, perforato a carotaggio continuo, da posizione posta immediatamente a valle della SS237, in corrispondenza dell'opera di imbocco. Il sondaggio è stato spinto sino alla profondità di 30 m con lo scopo di caratterizzare idraulicamente il deposito detritico interagente con la sezione di attacco dello scavo (progettazione schermatura idraulica e tampone di fondo della galleria), i manufatti di imbocco e l'approntamento del cantiere di attacco dello scavo lato Idro.
- sondaggio BH03, perforato a carotaggio continuo, da posizione alla quota 420 m s.l.m., sul versante soprastante l'imbocco della galleria di by-pass. Il sondaggio interessa nella sua prima parte la coltre

detrítica ed è stato spinto entro il substrato (Formazione di San Giovanni Bianco) per una profondità di 117.00 m.

È stata prevista contestualmente l'esecuzione una prova Cross-Hole (l'ulteriore foro di prova è rappresentato dalla perforazione a distruzione di nucleo BH01).

È stata inoltre eseguita l'installazione di un piezometro tipo Casagrande (cella piezometrica posta a quota galleria), in apposita perforazione a distruzione denominata **PZ01**; l'interesse progettuale risiede in particolare nel poter correlare le misure piezometriche (PZ01) con l'oscillazione del lago (registrazioni livelli effettuate dalla Società Lago Idro).

Infine, è stata eseguita una campagna sismica costituita da n° 2 stese (150 m e 490 m) con metodologia geoelettrica, e sismica a riflessione ed a rifrazione.

2.2.3 Nuova traversa di sbarramento

Il settore in cui si colloca l'opera di sbarramento è caratterizzato, in termini geologici e stratigrafici, da una marcata eterogeneità, muovendo lungo l'alveo del Chiese emissario; se in destra idrografica si rilevano gli affioramenti del substrato costituito dalle Arenarie della Val Sabbia, in sinistra idrografica il substrato medesimo è atteso a profondità da p.c. superiori ai 20 m; si è rilevata inoltre la presenza di depositi di natura alluvionale/lacustre anche a granulometria fine (sabbioso, sabbioso-limoso).

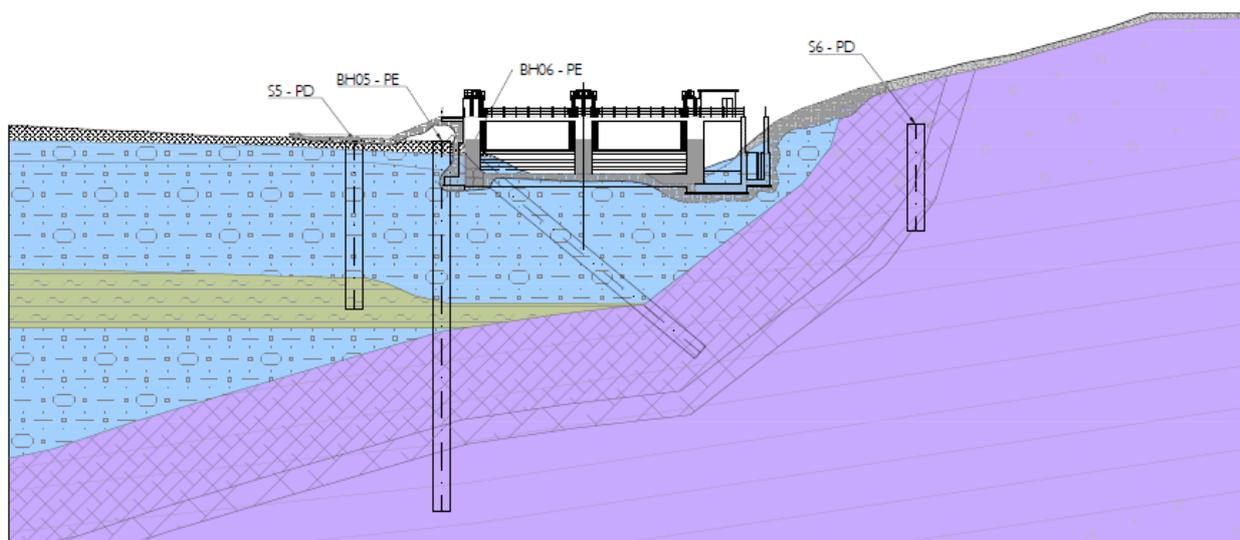


Figura 5 Sondaggi imbocco lato Lavenone

Indagini geostatiche del Progetto Definitivo (2009)

Sono stati realizzati due sondaggi a carotaggio continuo denominati S5 e S6 (rispettivamente in sinistra e destra idrografica). Il sondaggio S5, spinto sino alla profondità di 20 m, è stato effettuato in posizione prossima all'allineamento della traversa medesima, mentre il sondaggio S6 è stato perforato circa 80 m più a valle della sezione di cui sopra. Il sondaggio S6 (in destra idrografica) ha intercettato il substrato alla profondità di 5.95 m da p.c., mentre il sondaggio S5 (in sinistra idrografica) non ha raggiunto l'unità litoide (coltre alluvionale di

potenza 20.00 m, di cui gli ultimi 3.50 m costituiti da limo e sabbia da debolmente argilloso ad argilloso, con rari clasti centimetrici).

Indagini geognostiche del Progetto Esecutivo (2016)

Si è prevista l'esecuzione di num. 2 verticali geognostiche:

- sondaggio BH05 eseguito in sinistra idrografica, spinto per 45.00 m, con lo scopo di individuare l'esatta posizione del contatto con il substrato roccioso;
- sondaggio BH06 (40 m ca) dalla sponda in sinistra idrografica, perforato a distruzione di nucleo, con direzione inclinata di 40° sull'orizzontale (ad intercettare il tetto del substrato a centro alveo).

2.3 Contesto geologico e stratigrafico

Le unità geologiche che affiorano nella regione sono rappresentate dalle unità della successione sedimentaria dalla sequenza Carnico-Norica, rappresentata da:

2.3.1 Arenarie di Val Sabbia (AVS)

Litofacies

Siltiti e litareniti vulcaniche plagioclastiche con scarsissimo quarzo, molto compatte e ben stratificate in banchi fino a plurimetrici, più frequentemente pluridimetrici, la successione è organizzata in sequenze cicliche di fining-upward FU di spessore decametrico con base spesso erosionale, irregolarmente ondulata. Alla base di ciascun ciclo possono essere presenti conglomerati intraformazionali a clasti pelitici rosso cupo o grigio nerastri; seguono litareniti feldspatiche da fini a medie, con laminazioni piano-parallele, passanti verso l'alto a siltiti massive, spesso contenenti noduli calcareo-cloritici di origine pedogenetica, cristalli di pirite ed intercalati livelli di siltiti e litareniti finissime. Le arenarie si presentano in strati centimetrici e decimetrici spesso amalgamati, mentre le peliti sono prevalentemente a stratificazione indistinta; un clivaggio diffuso conferisce un prevalente aspetto scheggiato ai livelli pelitici.

Ambiente deposizionale

Sedimenti terrigeni riferiti ad un sistema deltizio in progradazione con ambienti prevalentemente alluvionali a sud e deltizio-marini verso NW, delimitato verso mare da lagune costiere a sedimentazione carbonatico-pelitica.

Età

Carnico inferiore – medio

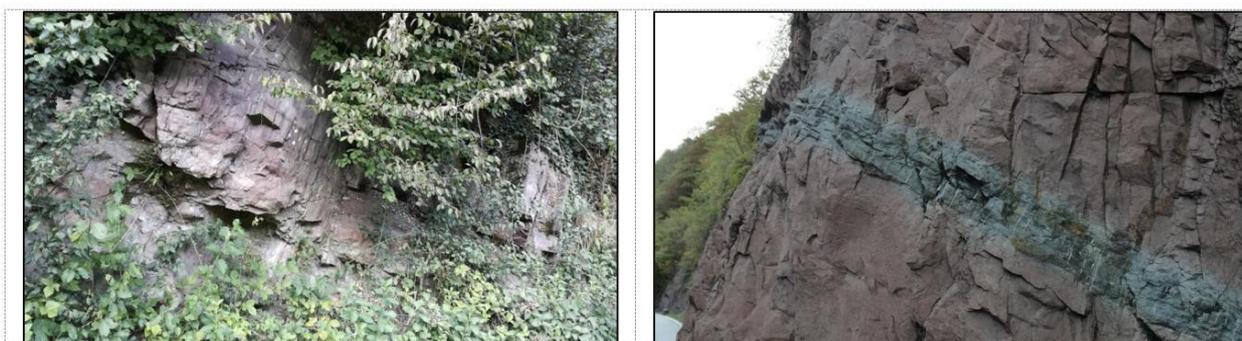


Figura 6 - Arenarie di Val Sabbia. Riprese lungo la SS237 tra Lavenone e Pieve Vecchia

2.3.2 Formazione di San Giovanni Bianco (SGB)

Litofacies

La Formazione di S. Giovanni Bianco è caratterizzata da una estrema variabilità; come detto, nell'area in esame si riconoscono le seguenti litofacies:



- **Facies arenacea (SGB_{aren}):** Arenarie e peliti da verdi a rosse con arricchimento in quarzo nelle zone più settentrionali delle Prealpi bresciane. I livelli francamente arenacei divengono progressivamente più abbondanti a mano a mano che ci si avvicina alla fascia di transizione con le arenarie di Val Sabbia con la quale, localmente, presenta carattere eteropico;
- **facies pelitiche (o terrose) (SGB_{ter}):** argilliti verdastre, talora rossicce, sottilmente stratificate ed alternate a dolomie marnose e marne grigie, con patina di alterazione giallastra. Localmente sono state segnalate dolomie vacuolari. La facies è eteropica con entrambe le altre facies della formazione di SGB;
- **Facies evaporitica (SGB_{evap}):** nell'area in esame, la litofacies è caratterizzata da siltiti, argilliti e arenarie, con gessi e anidriti diffusi in quantità subordinata rispetto alle peliti; localmente, come in una tratta di circa 200 – 300 m lungo l'asse della Galleria degli Agricoltori, le litologie evaporitiche diventano più abbondanti. Questa unità è coeva ed eteropica con la facies pelitica.

Lo spessore complessivo della Formazione varia tra 200 m ad oltre 300 m

Ambiente deposizionale

Area costiera poco profonda, a sedimentazione mista carbonatico-terrigena in ambiente lagunare che passa gradualmente ad ambienti a sabkha con sedimentazione mista.

Età

Carnico medio-superiore

Figura 7 - Formazione di San Giovanni Bianco in litofacies dolomitico-pelitica

2.3.3 Formazione di Castro Sebino (CSO)

Litofacies

Si riconoscono due litozone:

- litozona superiore, massiccia, costituita da breccie calcaree, grano sostenute con clasti centimetrici intraformazionali, spigolosi; colore grigio scuro o grigio-marrone chiaro. In genere ben amalgamate con aspetto massiccio, organizzate in grossi banchi o in corpi cuneiformi. Verso il letto dell'unità sono presenticlasti siltitici di colore giallo oca- attribuibili al SGB.
- litozona inferiore, massiccia, costituita da calcari dolomitici grigio scuri con subordinate intercalazioni di breccie. La litozona inferiore è eteropica con la Formazione di San Giovanni Bianco.

Nell'area di Idro e Lavenone e, in genere in Val Sabbia, è stata riconosciuta con certezza solo la litozona superiore

Lo spessore della Formazione varia tra 100 m ad oltre 250 m.



Figura 8 – Formazione di Castro Sebino in foro di sondaggio S1-22 alla profondità di 120-125

2.3.4 La Dolomia Principale (DP)

L'Unità è caratterizzata da dolomie micritiche scure disposte in banchi e spesso a stratificazione indistinta. Alla sommità della formazione sono presenti breccie caotiche, a clasti di Dolomia principale o di Dolomie zonate, disposti in corpi di forma lenticolare: questa unità (Norico Medio) è nota come Membro delle "Breccie Sommitali" della Dolomia Principale.

Questa formazione non viene mai intercettata dalla galleria in Progetto trovandosi sempre a quote superiori; tuttavia, è risultato molto importante rilevarne la presenza e dedurne il contatto con il sottostante San Giovanni Bianco, per poter stimare gli spessori e l'andamento delle formazioni sottostanti, interferenti con la galleria (Arenarie della Val Sabbia e San Giovanni Bianco).

Litofacies

Costituita da breccie minute a clasti mediamente centimetrici, intraformazionali di calcari grigio-chiari e scuri ricristallizzati (microspartiti e pseudo spartiti) con numerose fratture tensionali primarie e tardo diagenetiche ed intercalazioni di calcari grigio chiari e scuri in prevalenza micritici.

Nella parte mediana sono prevalenti breccie calcaree in grossi banchi amalgamati.

Vi sono brecce tettoniche in genere connesse soprattutto a fenomeni di sovrascorrimento di età alpina, molto diffusi in corrispondenza del limite stratigrafico con la Formazione di San Giovanni Bianco.

Localmente sono diffusi fenomeni erosivi, di risedimentazione, pedogenetici e carsici di età ancora incerta, alcuni sembrano sindeposizionali mentre la maggior parte appare di età più tardiva, verosimilmente compresa tra il Neogene e il Pleistocene.

Al letto il passaggio è graduale con comparsa di brecce calcareo-dolomitiche intraformazionali massive o in grossi banconi amalgamati localmente con intercalati calcari o calcari dolomitici grigi e scuri (Formazione di Castro Sebino)

Il limite di letto con la Formazione di S. Giovanni Bianco è raramente esposto in quanto la Dolomia Principale forma versanti dirupati alla base dei quali si accumulano detriti provenienti dalle pareti soprastanti che coprono il limite.

Ambiente deposizionale

Bacini e laghi effimeri non sempre in diretto contatto con il mare aperto e con influssi di acque meteoriche in un regime climatico verosimilmente monsonico; emersioni periodiche, fenomeni erosivi e di dissoluzione-collasso controllati da tettonismo sinsedimentario e da variazioni volumetriche dei sottostanti corpi evaporitici appartenenti alla Formazione di San Giovanni Bianco, hanno contribuito alla messa in posto di potenti accumuli di brecce intraformazionali.

Età

Carnico Superiore – Norico Inferiore

Nell'area di studio tale formazione è presente alle quote più elevate, con aspetto prevalentemente massivo, per cui risulta particolarmente difficile determinarne la giacitura; costituisce le pareti rocciose subverticali che rappresentano le zone di distacco di frane di crollo antiche e recenti.

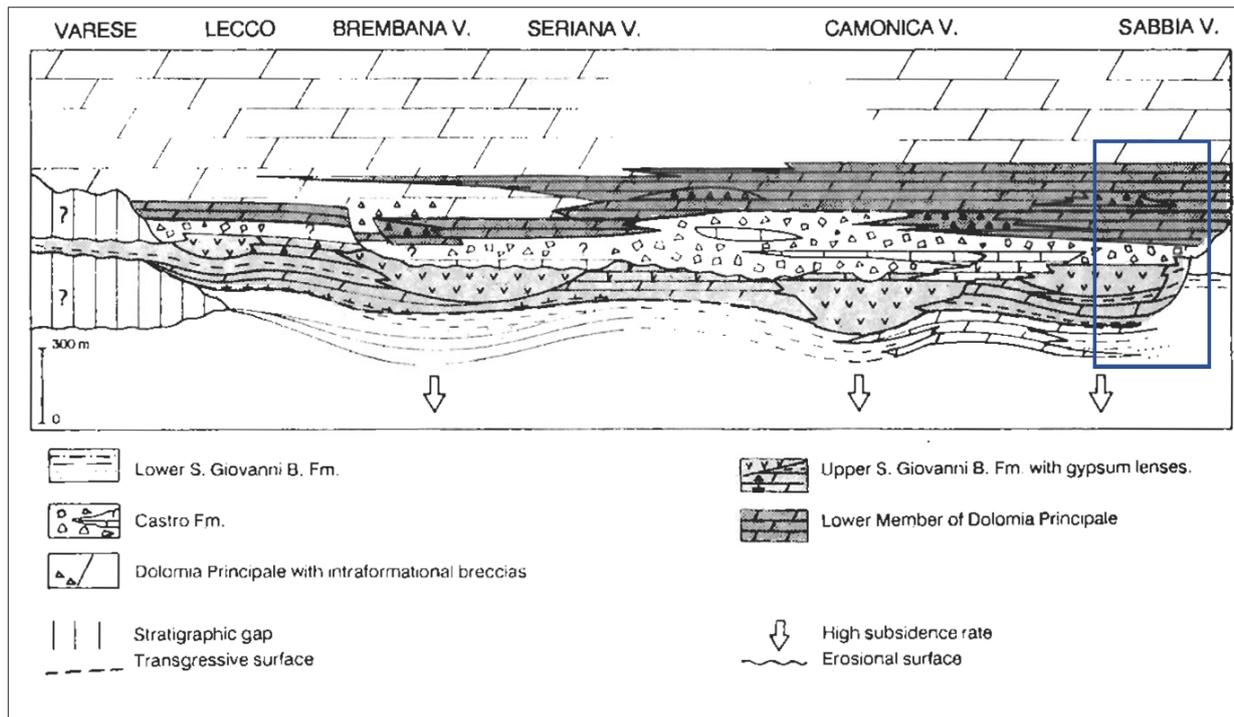


Figura 9 - Schema stratigrafico della successione del Carnico superiore della Lombardia (da F. Jadoul et al. (1992))

2.4 Depositi quaternari di copertura

Depositi di versante

sono presenti alla base delle pareti rocciose poste nel settore orientale dell'area considerata. Possono raggiungere spessori di diverse decine di metri.

Sono costituiti da ghiaie grossolane con clasti spigolosi con sfericità bassa immersi in matrice sabbioso-limosa, con evidente embricatura, talora interrotta da porzioni caotiche. Nella parte sommitale dei depositi sono presenti frequenti porzioni cementate da cemento secondario di natura carbonatica

Depositi alluvionali e alluvionali terrazzati

In generale sono costituiti da ghiaie sabbiose con ciottoli di natura poligenica passanti a sabbie e sabbie limose con ghiaia più o meno abbondante.

Occupano generalmente le posizioni più vicine al letto del fiume Chiese. Quelli terrazzati risultano in adiacenza a quote leggermente superiori.

Depositi lacustri

Sono costituiti generalmente da depositi ghiaioso-sabbiosi immersi in abbondante matrice fine, limosa e limoso argillosa.

Nell'area di studio occupano porzioni limitate lungo le rive del lago e nel tratto iniziale del F. Chiese poco a monte della nuova traversa in progetto.

2.5 Caratteristiche geologico strutturali

Le principali famiglie di linee tettoniche presenti in questo settore delle Prealpi Bresciane sono riferibili al Sistema Triumplino o Orobico e al Sistema Giudicariense: le prime hanno direzione che varia da E-W a ENE-WSW, le seconde hanno direzione all'incirca NNE-SSW.

Il lineamento strutturale più importante presente nella zona di progetto è costituito da una faglia nota come flessura-faglia dell'Abbioccolo (rif. Figura 11).

Attraverso le indagini integrative condotte nel 2018 e nel 2022, nella zona ove è ubicato il tracciato della nuova galleria in progetto, è stata individuata una faglia con direzione NNE-SSW e con immersione presunta verso ESE e che può essere associata quindi al sistema Giudicariense.

Lo stile tettonico è caratterizzato dalla presenza di un sistema a pieghe ad ampio raggio che nell'area d'interesse assume la forma di anticlinale asimmetrica molto blanda, con l'asse spostato in direzione del Lago d'Idro; la giacitura del braccio orientale dell'anticlinale, secondo i dati rilevati nelle riprese BOTV (vedi Figura 10) nel sondaggio S01-22, presenta una giacitura prevalente della stratificazione NE con inclinazione $45\div 60^\circ$ circa

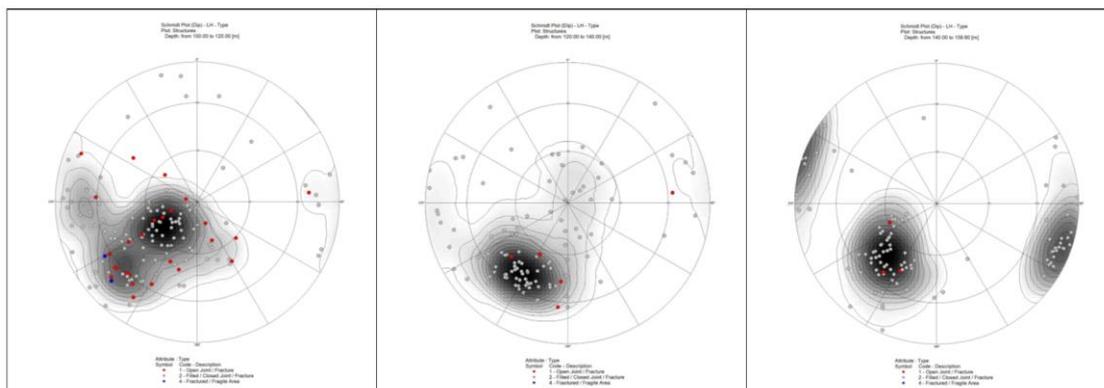


Figura 10 - Giaciture medie misurate nel sondaggio profondo S01-22 nei tratti tra 100 e 160 m di profondità

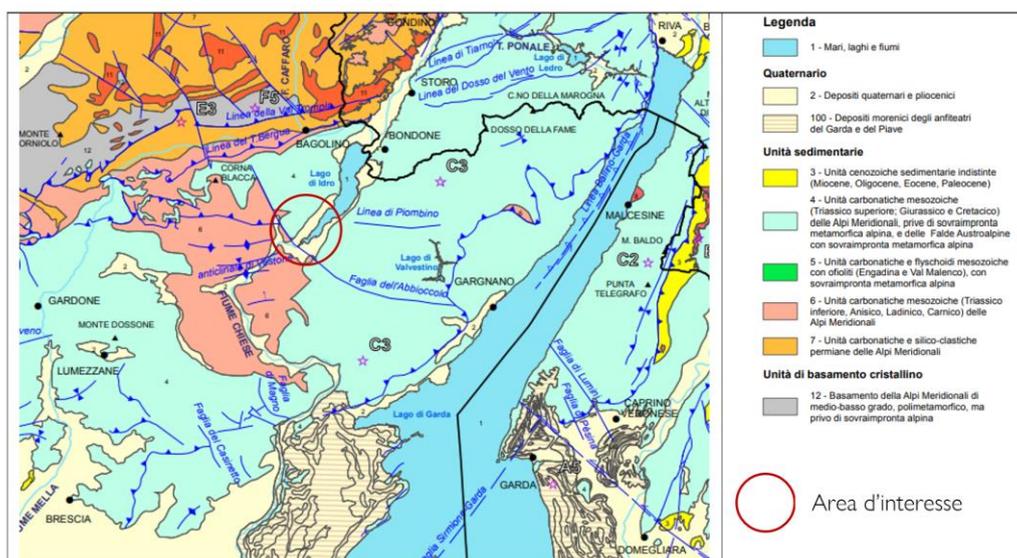


Figura 11 - Stralcio carta Geologico-Strutturale Provincia Autonoma di Trento (2018)

2.6 Caratteri geomorfologici e di dinamica geomorfologica

L'analisi geomorfologica e la relativa Carta Geomorfologica (Elab. PE-0000-GEO-GG-005-CG-A) descrive lo studio di base dell'Inventario delle frane dei dissesti idrogeologici.

Il fenomeno franoso in corrispondenza della traversa è stato oggetto di ulteriori approfondimenti rispetto al quadro conoscitivo, già particolarmente dettagliato, riportato nello studio (Studio Griffini (2017) – Modellazione geotecnica e individuazione delle soglie di criticità nelle aree di frana monitorate dal CMG di ARPA – Area di Idro (Comune di Idro, BS).

Si sottolinea che la posizione della nuova traversa è stata definita, già in fase di progettazione preliminare e definitiva, sulla base della perimetrazione di rischio ex L. 267/98, in modo da risultare non condizionata da tale cinematico; l'assenza di interferenze è confermata anche dalle più recenti misure condotte dal Centro di Monitoraggio Geologico (CNG) di Arpa Lombardia aggiornate all'ultimo rapporto del 2019.

Inoltre, la nuova posizione consente la realizzazione dei lavori senza arrecare alcun disturbo alla stabilità del versante.

Dai rilievi eseguiti, si esclude allo stato attuale la possibilità di interferenza tra le opere in progetto ed eventuali elementi geomorfologici instabili.

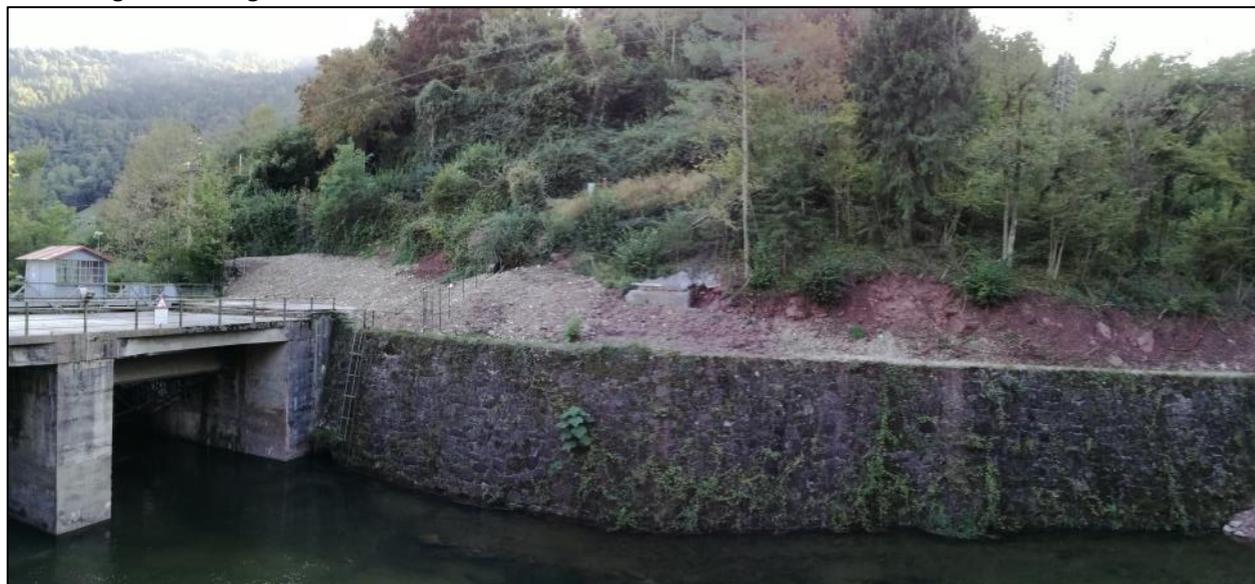


Figura 12 - Piede della paleofrana a lenta deformazione, in prossimità della traversa esistente, dove è presente un orlo di scarpata erosionale

2.7 Caratteristiche idrogeologiche

Si riportano di seguito i principali elementi idrogeologici che caratterizzano l'area ove sono ubicate le opere in progetto.

Aspetti idrogeologici relativi agli ammassi rocciosi:

- la Dolomia principale, unitamente alla Formazione di Castro Sebino è caratterizzata da un fitto reticolo di fratture più o meno continue e beanti, le quali conferiscono all'intero complesso un'alta permeabilità secondaria; le due formazioni sono sede di un probabile acquifero carsico, il cui letto è rappresentato dalla sottostante Formazione di San Giovanni Bianco, a comportamento reologico più duttile, almeno per quanto riguarda la litofacies terrosa;
- Laddove alla base della Dolomia Principale o della Formazione di Castro Sebino si trova la facies evaporitica della Formazione di San Giovanni Bianco si deve considerare la possibilità di processi di dissoluzione carsica delle evaporiti, tuttavia, risultano confinate idraulicamente alla base dalla facies pelitica (terrosa) del SGB; questo aspetto comporta una probabile limitazione dell'afflusso idrico alla quota galleria;
- La litofacies arenacea della Formazione di San Giovanni Bianco e la sottostante Formazione delle Arenarie di Val Sabbia presentano un comportamento intermedio rispetto alle precedenti, con un grado di permeabilità medio, legato prevalentemente al grado di fatturazione.

Il conseguente modello idrogeologico generale risulta caratterizzato dalla possibile presenza di un acquifero carsico nella Dolomia Principale e nella sottostante Formazione di Castro Sebino, in lenta e progressiva evoluzione conseguente ai processi di dissoluzione dei sottostanti corpi evaporatici presenti irregolarmente all'interno della Formazione di San Giovanni Bianco.

In generale l'acquifero risulta confinato alla base in corrispondenza delle litologie pelitico-marnose, le quali sono localmente interessate da deformazioni tettoniche legate al fatto che esse rappresentano uno dei principali orizzonti di scollamento alpino.

Le due faglie riconosciute dalle campagne d'indagine nelle diverse fasi progettuali costituiscono, localmente, una via di comunicazione preferenziale tra le unità superiori (Dolomia Principale e F. di Castro Sebino) o anche con i depositi detritici di versante, inducendo vie preferenziali per la circolazione idrica.

In un simile assetto generale dell'area è possibile aspettarsi, lungo il tracciato della galleria di progetto, locali venute d'acqua, la cui portata è difficilmente stimabile, concentrate prevalentemente, come detto, in corrispondenza della Faglia dell'Abbioccolo e della faglia rinvenuta nel corso delle ultime indagini circa alla progressiva 260÷300 m da imbocco Idro.

La circolazione idrica all'interno dei depositi sciolti di copertura nella zona delle opere d'imbocco lato Idro è monitorata da appositi assi piezometrici che nel corso delle Indagini integrative del 2022 sono stati attrezzati con sistema di registrazione in continuo. Nel corso delle medesime indagini, sono state eseguite nuove prove di permeabilità che, confrontate con i livelli idrici del lago, hanno permesso di confermare che la circolazione idrica sotterranea avviene per filtrazione delle acque del lago verso le aree circostanti.

I livelli piezometrici misurati differiscono in misura trascurabile con quelli lacuali; il piezometro PZ01-22, ubicato in prossimità della Galleria degli Agricoltori e fuori asse rispetto alla nuova galleria, mostra addirittura un leggero abbassamento rispetto al livello del lago (-0.40 ÷ -0.45 m) (rif. Figura 13).

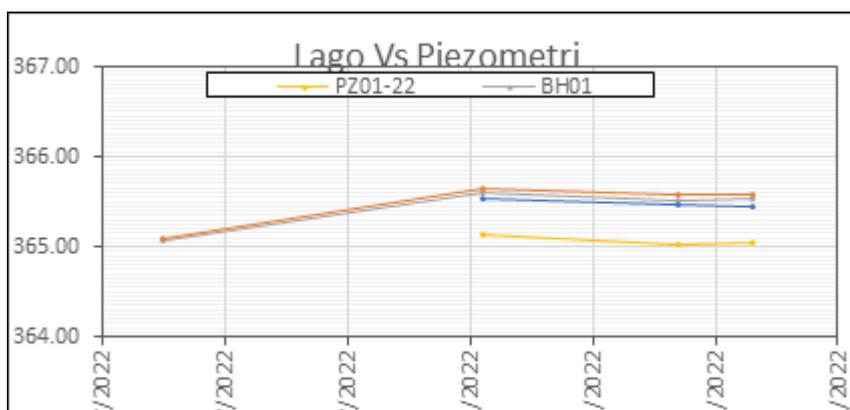


Figura 13 – Confronto livello piezometrici con livello lacuale zona Imbocco IDRO

In corrispondenza dello sbocco lato Lavenone le misure effettuate nel corso del mese di agosto 2022 indicano che il livello di falda nella zona del canale di restituzione, si attesta ad una profondità di circa 4.10÷4.16 m da bocca foro, ossia a quota 341÷342 m s.m. circa coincidenti con il livello locale del F. Chiese.

3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

È stata condotta la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione della nuova traversa di sbarramento del lago d'Idro, presso il Chiese emissario, e dei depositi detritici/alluvionali interagenti con lo scavo della nuova galleria di derivazione ed opere ad essa connesse, in corrispondenza delle due aree di imbocco della galleria scolmatore.

L'attività di caratterizzazione è stata condotta sulla base degli esiti delle indagini geognostiche pregresse (Campagna indagini del Progetto Preliminare 2007, propedeutica al Progetto Definitivo), dalle indagini relative al progetto Definitivo del 2009 e dalle indagini condotte nella presente fase di Progettazione Esecutiva (Campagna di Indagini Geognostiche 2016/2017).

L'elaborazione dei risultati delle campagne indagini e la conseguente caratterizzazione geotecnica dei terreni interagenti con le opere è stata implementata con riferimento a singoli contesti di intervento chiaramente individuabili in funzione delle specifiche opere d'arte previste da progetto presso ciascuno di essi e di precisi elementi di omogeneità in termini di assetto stratigrafico e caratteristiche fisico meccaniche dei terreni ivi presenti.

I contesti inquadrati sono pertanto:

- Contesto Nuova Traversa di Sbarramento;
- Contesto Imbocco lato lago Idro – sub-contesto a valle della SP237;
- Contesto Imbocco lato lago Idro – sub-contesto a monte della SP237;
- Contesto sbocco Lavenone - sub contesto imbocco galleria derivazione;
- Contesto sbocco Lavenone – sub contesto canale di restituzione.

Con riferimento ad ogni singolo contesto operativo, nella specifica relazione specialistica è offerta dapprima una rassegna delle attività condotte nell'ambito delle diverse campagne geognostiche e a seguire sono esposti gli esiti e le elaborazioni dei risultati delle prove di laboratorio, l'interpretazione delle prove geotecniche in situ e la determinazione dei parametri geotecnici di uso progettuale (caratterizzazione).

3.1 Misure di falda e modellazione della permeabilità nel detrito

Allo scopo di approfondire la tematica della risposta del livello di falda all'interno dei depositi detritici alle oscillazioni del livello di alimentazione costituito dal lago di Idro, sono stati installati nei depositi detritici e monitorati in continuo n° 2 piezometri, il primo di tipo Casagrande in corrispondenza del sondaggio BH03 di PE posizionato a quota galleria, il secondo costituito da un trasduttore elettrico posizionato all'interno di un tubo aperto a fondo foro del sondaggio S02, integrati poi nel 2022 con l'installazione di due sensori piezometrici ad acquisizione in continuo nei piezometri S02 del Progetto Preliminare e nel PZ01-22 realizzato nella campagna d'indagini integrative del 2022.

Dall'analisi della risposta delle variazioni piezometriche alle oscillazioni del lago, si evidenzia come le due cose siano strettamente connesse, ad indicare come la falda all'interno del detrito sia alimentata costantemente dal Lago di Idro. In particolare, nel piezometro S02, più vicino al lago (70 m ca.) rispetto al PZ01 (150 m ca.), la risposta tra oscillazioni del lago e variazioni di falda appare essere quasi istantanea, mantenendosi i due livelli pressoché coincidenti nel tempo. Nel PZ1 più lontano dal lago, seppur confermando la stretta correlazione, sembra esserci un certo ritardo ed anche una piccola differenza di quota tra il livello idrometrico che si mantiene fino ad 1 m circa più alto di quello di falda, a conferma di un flusso lago-versante.

La risposta molto veloce tra variazioni del lago e livello di falda sta ad indicare la presenza di una rilevante permeabilità all'interno dei depositi detritici.

Tali elementi possono costituire una reale criticità costruttiva, considerando che lo scavo della galleria di by-pass all'interno del detrito avverrà in condizioni sotto falda, costantemente alimentata dal lago di Idro e gli elevati valori di permeabilità rilevati, se non adeguatamente ridotti attraverso la realizzazione di tamponi di consolidamento impermeabilizzanti, finirebbero per determinare l'ingresso di portate molto rilevanti in fase di scavo, con conseguenti probabili fenomeni di trasporto solido ed instabilità dell'ammasso al fronte ed al contorno. In particolare, poi nel primo tratto presso l'imbocco Nord si dovrà sottopassare la SS con sezioni di scavo importanti (sezione d'attacco e camera convergente).

4 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA E GEOTECNICA

Ai fini dell'elaborazione del Progetto Esecutivo delle nuove opere di regolazione per la messa in sicurezza del lago di Idro, sono stati definiti i parametri geomeccanici degli ammassi rocciosi che saranno interessati dalle lavorazioni in progetto.

La caratterizzazione geomeccanica è stata elaborata a partire dal Modello Geologico di Riferimento. Per la redazione del MGR si sono utilizzati i risultati delle diverse campagne d'indagine di seguito riassunte:

- Campagna d'indagini a supporto del Progetto Preliminare (2007);
- Campagna d'indagini a supporto del Progetto Definitivo (2009);
- Campagna d'indagini a supporto del Progetto Esecutivo (2018);
- Campagna d'indagini integrative del Progetto Esecutivo (2022).

Le indagini integrative realizzate nell'ambito del Progetto Esecutivo del 2022, sono state eseguite con lo scopo di minimizzare le incertezze del modello geologico e del modello geotecnico, con particolare riguardo alla zona interessata da una presunta faglia identificata dai risultati delle indagini geofisiche (stendimento L2_sis) realizzate a supporto del Progetto Esecutivo 2018.

Le indagini sono state mirate all'ottenimento delle informazioni necessarie riguardo alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche delle aree direttamente interessate o limitrofe alle opere in progetto, con particolare attenzione all'individuazione delle potenziali pericolosità geologiche connesse alla realizzazione dell'opera, alla definizione delle proprietà fisiche e meccaniche delle unità attraversate e agli aspetti idrogeologici.

Nel corso delle stesse, ed in particolare a seguito della realizzazione del sondaggio profondo S01-22 è stato possibile l'identificazione e successiva caratterizzazione di una formazione non definita nel dettaglio nelle stratigrafie e nella documentazione delle precedenti fasi progettuali: si tratta della Formazione di Castro Sebino, costituita da brecce intraformazionali carbonatiche.

Per quanto riguarda l'ubicazione, le metodologie, le strumentazioni impiegate, i log stratigrafici, le prove di laboratorio geotecnico, i dati geofisici e le relative interpretazioni, si rimanda ai documenti di progetto specifici (PE-000-GEO-IN-001-RT-A).

4.1 Galleria naturale

La caratterizzazione di seguito proposta è articolata in funzione delle litologie presenti lungo il tracciato della galleria naturale in progetto, partendo dall'imbocco lato Idro e proseguendo verso lo sbocco lato Lavenone.

La distribuzione delle diverse unità geomeccaniche è sintetizzata nel Profilo Geotecnico -Geomeccanico e di Monitoraggio di Progetto (PE-GAL-000-GE-004-PF-A).

I limiti tra le diverse unità indicati nel profilo geotecnico-geomeccanico derivano dall'interpretazione delle caratteristiche geologico-strutturali rilevate in superficie, dai risultati delle indagini geofisiche e dai log stratigrafici e relative indagini in foro (OB-OTV) eseguite nel corso delle diverse campagne d'indagine e, in particolare, dai risultati della campagna d'indagini 2022. Questi limiti sono di tipo transizionale, non definiti da una superficie netta e pertanto le posizioni dei contatti dovranno essere necessariamente accertate in corso d'opera mediante sondaggi in avanzamento.

Le indagini integrative del 2022 hanno compreso un sondaggio profondo (S01-22) di lunghezza 160 m, con inclinazione 45°; sino a 160 m di profondità. Il sondaggio ha attraversato sempre brecce carbonatiche (attribuite alla Formazione di Castro Sebino) non riconosciute nel corso delle campagne precedenti.

Lo stato apparente di fratturazione misurato sulle carote appena estratte risulta da moderato a basso, con RQD, compreso in genere tra 80 e 100%. I risultati del log eseguito con sonda ottica OB-OTV mostrano che

nel primo tratto, tra 80 e 100 m circa (rif.) lo stato di fratturazione è molto più intenso di quanto risulta dai valori di RQD misurati sulle carote, con un valore di intercetta delle discontinuità pari a $20/177 = 0.113$ m, ossia un valore di RQD di poco superiore al 10%.

Questa particolarità è confermata dall'osservazione diretta delle carote che, appena estratte, mostrano uno stato di fratturazione apparentemente moderato e con fratture serrate. A seguito dell'estrazione però, con la perdita della tensione di confinamento dovuto al carico litostatico, tendono ad aprirsi naturalmente senza alcuna azione meccanica.

Più in profondità, tra 120 e 160 m e poi tra 140 e 160 m, ossia nell'intorno della quota galleria, si hanno condizioni di minore stato di fratturazione, seppure sempre intensa. (RQD = 18÷20%).

Il maggior stato di fratturazione nella porzione superiore del sondaggio, tra 80 e 100 m di profondità, è congruente con la presenza della fascia di rilascio nell'intorno della faglia individuata dalle indagini geofisiche del 2018, che, tuttavia non è stata pienamente intercettata dal sondaggio S01-22 e presenta una fascia di rilascio meno spessa di quella interpretata dalle indagini sismiche del 2018.

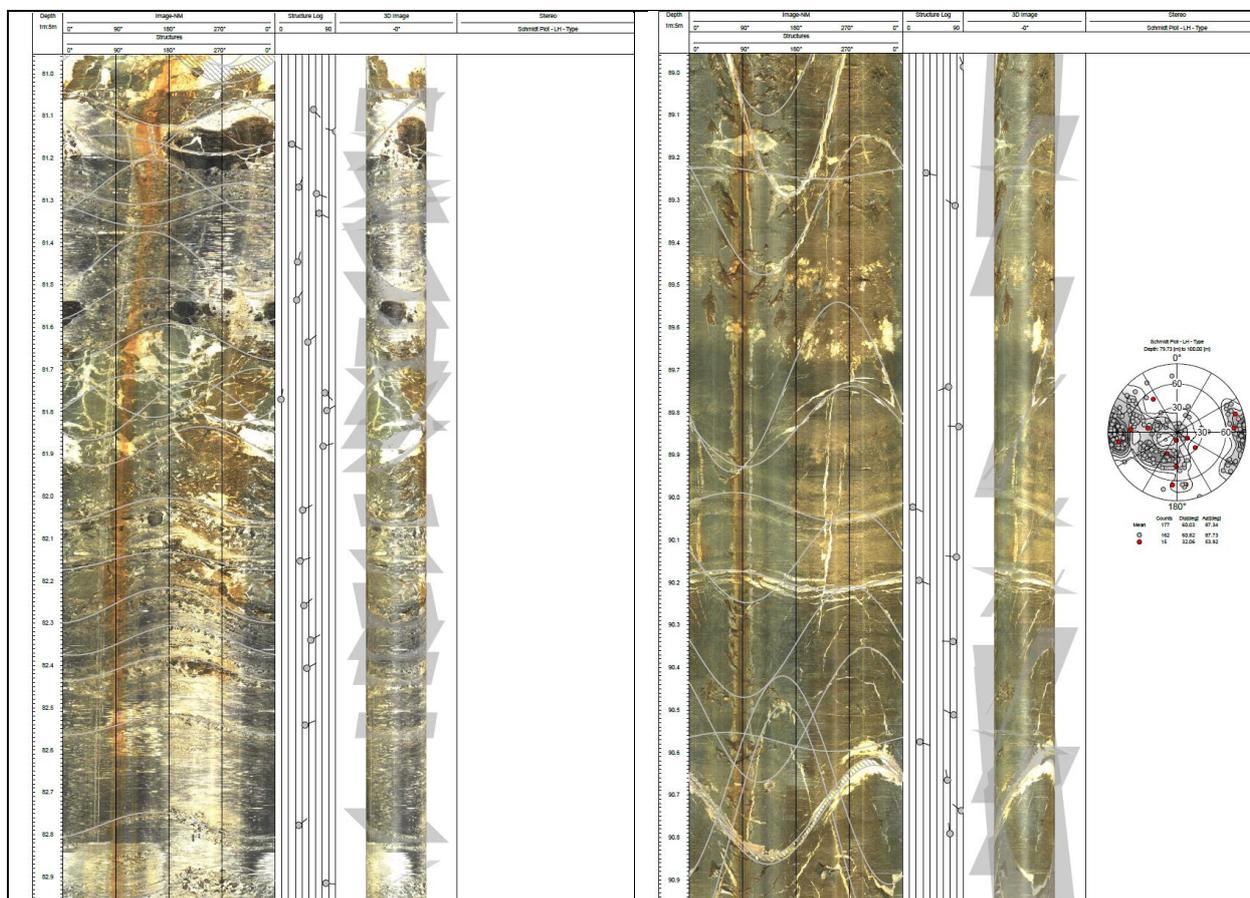


Figura 14 – Riprese OTV tratti 81-82 e 88-91 m con proiezione stereografica delle discontinuità presenti nel tratto 80÷100 m

Le breccie intraformazionali dell'Unità di Castro Sebino sono state incontrate dal sondaggio profondo a valle della zona di faglia individuata dalle indagini geofisiche del 2018 e si estendono sino a circa 15 m al di sotto della quota della galleria di progetto in asse al sondaggio.

Tra il sondaggio S04 e la faglia, ossia tra le progressive metriche 110 e 260 circa, non si dispone di indagini dirette che indichino con certezza quali unità siano presenti al di sotto dei depositi di copertura quaternaria; le indicazioni stratigrafiche ricavate da log stratigrafico del sondaggio S4(2009) alla profondità della galleria indicano

la presenza di “ *Formazione di San Giovanni Bianco compatta, costituita da siltiti grigio-verdastre con livelli di breccie calcaree grigie molto deformate estremamente compatte.....* “. Questa descrizione è ambigua e lascia supporre che in quella zona in realtà sia stato attraversato il contatto tra le Breccie della Formazione di Castro Sebino per poi entrare nella sottostante formazione di San Giovanni Bianco. Considerata questa incertezza si è preferito adottare un'interpretazione cautelativa indicando la presenza dell'unità geomeccanica più debole, ossia l'Unità San Giovanni Bianco in facies evaporitica. Per questo tratto sono previsti, in fase esecutiva, sondaggi in avanzamento a carotaggio continuo in modo da eliminare le incertezze descritte.

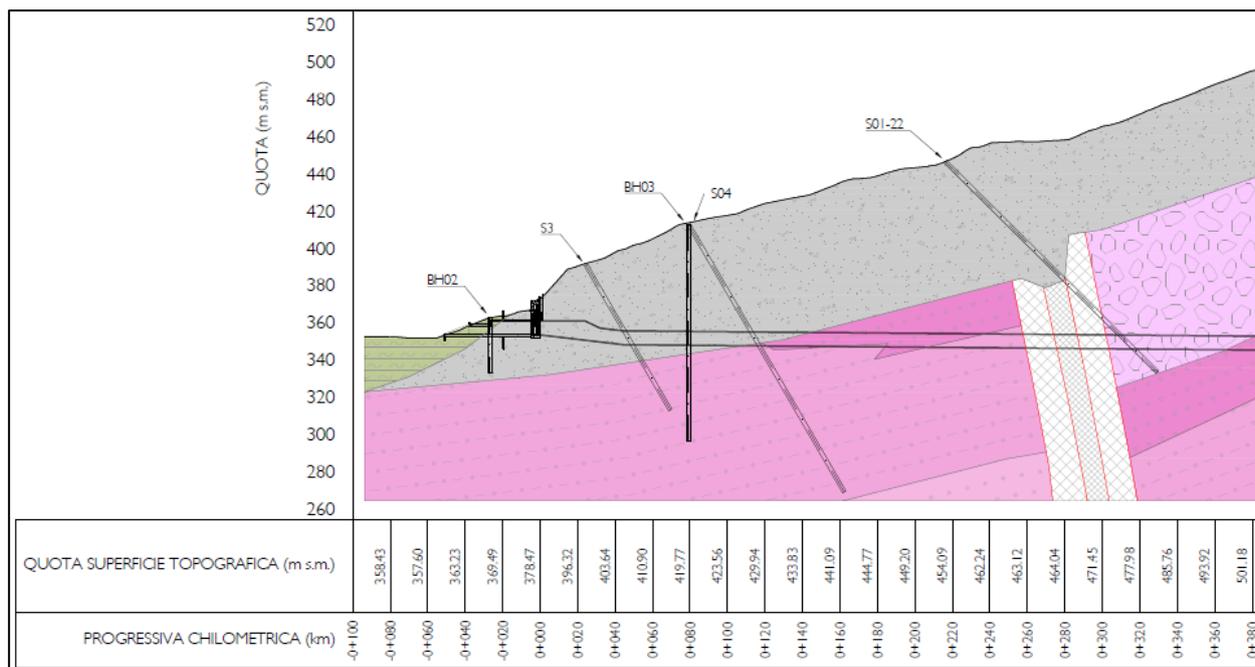


Figura 15 – Stralcio profilo Geotecnico-Geomeccanico nel tratto compreso tra l'imbocco lato Idro a la progressiva 0+380 circa.

Sulla base delle indagini in sito e delle prove di laboratorio condotte, come detto, nel corso delle diverse campagne d'indagine citate sono stati definiti i parametri di resistenza e deformabilità della matrice roccia e degli ammassi rocciosi, per i dettagli dei quali si rimanda alla Relazione geomeccanica (PE-000-GEO-GG-002-RB-A).

4.2 Imbocco sud lato Lavenone

L'attacco sud della galleria naturale avviene in massima parte entro la formazione delle Arenarie della Val Sabbia; alla base del versante, in corrispondenza dell'imbocco, è stata rilevata una coltre detritica di modesto spessore, nelle previsioni marginalmente interferente con la galleria naturale, limitatamente al settore di calotta.

Le Arenarie di Val Sabbia, affioranti lungo la SS237, a Est della sezione sotto-attraversata dalla galleria di bypass, sono di "colore rosso, rosso-grigio, a grana medio fine, con laminazione sottile piano-parallela non sempre visibile", "risultando localmente intensamente fratturata, in frammenti scagliosi di dimensioni millimetriche.

I depositi detritici risultano talora associati a grossi blocchi e a depositi eluvio-colluviali, presentano spessori generalmente limitati (nell'ordine dei 5-10 m). L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di un lineamento strutturale di importanza regionale, la Faglia dell'Abbioccolo.

Per quanto concerne i depositi sciolti a valle dell'imbocco, la caratterizzazione geotecnica è stata eseguita sulla base delle indagini geofisiche eseguite, dai dati ottenuti con le indagini geognostiche effettuate in sito e dalle prove di laboratorio geotecnico integrate con dati bibliografici relativi ai siti prossimi a quello in oggetto e/o depositi analoghi per caratteristiche granulometriche e di addensamento.

Sulla base di quanto sopra, è stata definita la successione stratigrafica delle unità geotecniche presenti in sito:

- Da 0.0 a 1.5 m: depositi costituiti prevalentemente da riporti antropici costituiti da ghiaie sabbiose limose;
- Da 1.5 a 14.0 m: depositi costituiti da ghiaie grossolane in matrice sabbiosa debolmente limosa moderatamente addensate;
- Da 14.0 a 15.0 m: depositi costituiti da sabbie e ghiaie medio-fine in matrice limosa da poco a moderatamente addensate;
- Da 15.0 a 30.0: depositi costituiti da ghiaie grossolane in matrice sabbiosa debolmente limosa da moderatamente a ben addensate.

Per i dettagli dei risultati ottenuti si rimanda alla Relazione Geotecnica (Doc. PE-000-GEO-GG-003-A).

4.3 Imbocco nord lato Idro

Lato Nord, le opere in progetto, sia a cielo aperto che in sotterraneo, saranno realizzate nei depositi detritici di versante che nel settore raggiungono spessori dell'ordine di oltre 20÷30 metri. Si tratta di materiali eterometrici costituiti prevalentemente da ghiaie grossolane con clasti spigolosi con sfericità bassa, immersi in matrice sabbioso – limosa, talora abbondante. Sono presenti frequenti porzioni cementate, ben visibili in affioramento.

Sulla base dei risultati delle indagini e prove, è stata definita la successione stratigrafica delle unità geotecniche presenti in sito:

- Da 0.0 a 1.5 m: depositi costituiti prevalentemente da riporti antropici costituiti da ghiaie sabbiose limose;
- Da 1.5 a 6.0 m: depositi costituiti da ghiaie in matrice sabbioso-limosa moderatamente addensate;
- Da 6.0 a 25.0 m: depositi costituiti da ghiaie sabbiose debolmente limose moderatamente addensate;
- Da 25.0 a >25.0: depositi costituiti da ghiaie sabbiose debolmente limose da moderatamente a ben addensate.

Per i dettagli dei risultati ottenuti per la caratterizzazione dei depositi sciolti si rimanda alla Relazione Geotecnica (Doc. PE-000-GEO-GG-003-A).

Il substrato roccioso nella zona d'imbocco nord non interessa direttamente il tracciato della galleria. È presente a quote inferiori alla profondità massima delle opere ed è risulta è costituito dalla facies terrosa (o pelitica) delle F. di San Giovanni Bianco.

4.4 Nuova traversa

La caratterizzazione dell'ammasso roccioso presente al di sotto dei depositi alluvionali nell'area in cui è prevista la realizzazione della nuova traversa è stato condotto attraverso la rielaborazione dei dati dei tre sondaggi disponibili nell'area e dalle osservazioni dirette in sito è stata ricostruita la sezione geologica rappresentativa in asse alla traversa.

Come si può osservare dalla figura riportata di seguito l'assetto stratigrafico della zona è fortemente asimmetrico con presenza di depositi alluvionali di spessore via via crescente verso sud-est (sinistra idraulica) e il substrato roccioso sub-affiorante in sponda destra.

Il substrato roccioso, costituito dalle Arenarie di Val Sabbia, è stato suddiviso ai fini della caratterizzazione geomeccanica in "cappellaccio d'alterazione (AVS_{CAPP})", "ammasso roccioso estremamente fratturato (AVS_{EXF})" e "substrato roccioso (AVS_{AR})" propriamente detto.

La caratterizzazione geomeccanica è stata condotta tenendo conto delle variazioni connesse al diverso valore di GSI alle varie profondità.

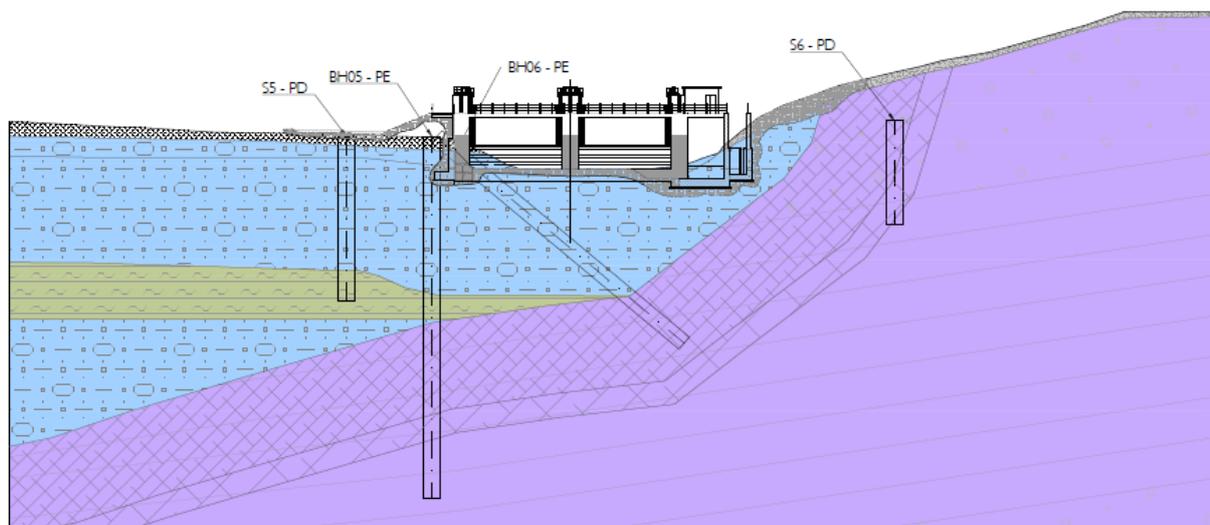


Figura 16 - Sezione geologica in asse alla nuova traversa di progetto

La caratterizzazione geotecnica per l'area in esame è stata definita a partire dalle informazioni riportate nel Modello Geologico di Riferimento, dalle indagini geofisiche eseguite, dai dati ottenuti con le indagini geognostiche effettuate in sito e dalle prove di laboratorio geotecnico integrate con dati bibliografici relativi ai siti prossimi a quello in oggetto e/o depositi analoghi per caratteristiche granulometriche e di addensamento. Sulla base di quanto sopra, è stata definita la successione stratigrafica delle unità geotecniche presenti in sito:

- Da 0.0 a 2.0 m: depositi costituiti prevalentemente riporti antropici caratterizzati da ghiaie sabbiose limose moderatamente addensate;
- Da 2.0 a 20.0 m: depositi costituiti da ghiaie sabbiose argilloso-limose moderatamente addensate;
- Da 20.0 a 23.0: depositi costituiti da limi argillosi sabbiosi poco addensati.

Per i dettagli dei risultati ottenuti per la caratterizzazione dei depositi sciolti si rimanda alla Relazione Geotecnica (Doc. PE-000-GEO-GG-003-A).

5 INQUADRAMENTO SISMICO

L'area di studio si colloca nell'ambito del contesto sismotettonico dell'Arco Alpino, caratterizzato dalla convergenza tra la placca africana e quella europea ed è ubicata lungo il margine settentrionale della catena Sudalpina, che ha subito un imponente sollevamento (uplift) a partire dal Pliocene (Zanferrari et al., 1982).

In base alla zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004) l'area si colloca al confine tra le zone sismogenetiche 906 e 907, caratterizzate dalle strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate; in particolare l'area è interessata dal sistema di faglie delle Giudicarie, legato a thrusts e strutture transpressive ad andamento NNE-SSW associate al sistema di faglie legate alla flessura dell'Abbioccolo ad al di sott generalmente NW-SE.

Poiché le strutture più importanti del dominio Sudalpino sono thrusts sepolti, gli studi geomorfologici e paleosismologici non hanno identificato le faglie principali responsabili dei terremoti di grande magnitudo (e.g. Galadini et al., 2001).

Tutti i terremoti dell'area mostrano allineamenti di epicentri lungo il sistema delle Giudicarie e profondità ipocentrali dell'ordine dei 5-10 km.

Le strutture tettoniche individuabili da rilievi geologici di superficie non rappresentano l'espressione diretta delle strutture sismogenetiche profonde, che per questo sono definite "cieche"; le strutture individuabili con maggior evidenza in superficie rappresentano, per la maggior parte dei casi, strutture ancestrali pre-orogeniche legate al regime distensivo di età triassica, riattivate ed invertite in tempi diversi durante l'orogenesi alpina.

Per quanto riguarda la valutazione della pericolosità sismica dell'area si fa riferimento ai recenti studi di settore eseguiti nell'ambito dei progetti sismologici INGV-DPC e recepiti nell'ambito della Normativa Tecnica per le Costruzioni, al fine di definire l'azione sismica progettuale.

6 LA PROGETTAZIONE DELLA NUOVA GALLERIA DI SICUREZZA

6.1 Scelte progettuali

6.1.1 Problematiche e rischi potenziali lungo il tracciato

Come rappresentato nei documenti “Profilo geologico in asse tracciato” e “Profilo geotecnico-geomeccanico e di monitoraggio” allegati al presente progetto, il tracciato dell’opera in oggetto è stato suddiviso in tratte a comportamento geotecnico-geomeccanico omogeneo, all’interno delle quali si possono evidenziare le problematiche e i rischi potenziali di seguito descritti.

Zona d’imbocco lato Idro da pk. -20,00 ca. a pk. 0+140,00 ca. (160 m ca.). Lo scavo interessa depositi detritici sottofaldati costantemente alimentati dal lago. In ragione dell’elevata permeabilità di tali depositi, in assenza d’interventi di consolidamento e d’impermeabilizzazione dell’ammasso in avanzamento sono prevedibili importanti portate in ingresso in fase di scavo, con associati elevati rischi di fenomeni di trasporto solido e conseguenti instabilità del fronte e del contorno di scavo. Tale rischio diviene particolarmente sensibile nelle zone più prossime all’imbocco (sezione d’attacco e camerone convergente) dove sono previste importanti aree di scavo (da 150 mq fino a oltre 200 mq) e il sottoattraversamento della SP BS 237. In tale area, in assenza di interventi, diverrebbe conseguentemente altrettanto elevato il rischio di importanti fenomeni di subsidenza in superficie indotti dagli scavi.

Da pk. 0+140 ca. a pk. 0+260 ca. (120 m ca.). Lo scavo interessa il primo tratto della Formazione di San Giovanni Bianco in facies terrosa caratterizzata da un ammasso roccioso da compatto ad alterato in particolare nelle zone di passaggio con il detrito da un lato e con la zona di faglia dall’altro. In questa tratta, specialmente nei tratti alterati, in assenza di interventi si prevede un rischio elevato di fenomeni di instabilità del fronte e del contorno con associati fenomeni deformativi del fronte e del cavo. Elevato anche il rischio di acque aggressive ed associati fenomeni di dissoluzione sia dell’ammasso che dei rivestimenti, vista la componente gessosa-anidritica presente all’interno della Formazione di San Giovanni Bianco. In particolare, detti fenomeni di dissoluzione potrebbero essere particolarmente intensi all’interno dell’ammasso nella zona di passaggio tra detrito e San Giovanni Bianco, in virtù della circolazione d’acqua presente, con il conseguente elevato rischio, oltre che di aggressione dei rivestimenti se non adeguatamente protetti, di creazione di cavità e/o zone alterate/detensionate al contorno del cavo, che potrebbero gravare in modo anomalo sulla galleria. Tale problematica è stata riscontrata nell’adiacente galleria “Degli Agricoltori”.

Da pk. 0+260 ca. a pk. 0+310 ca. (50 m ca.). Lo scavo interessa una zona a caratteristiche geomeccaniche scadenti (probabile zona di faglia) all’interno della Formazione di San Giovanni Bianco in facies terrosa. In questa tratta, in assenza di interventi si prevede un rischio elevato di fenomeni di instabilità del fronte e del contorno con associati fenomeni deformativi del fronte e del cavo. Elevato anche il rischio di venute d’acqua significative, oltre che di acque aggressive ed associati fenomeni di dissoluzione sia dell’ammasso che dei rivestimenti, vista la componente gessosa-anidritica presente all’interno della Formazione di San Giovanni Bianco.

Da pk. 0+310 ca. a pk. 0+380 ca. (70 m ca.). Lo scavo interessa la Formazione di Castro Sebino caratterizzato da un ammasso roccioso da compatto ad alterato in particolare in corrispondenza circa del passaggio con la zona di faglia. In questa tratta, specialmente nei tratti alterati, in assenza di interventi si prevede un rischio elevato di fenomeni di instabilità del fronte e del contorno con associati fenomeni deformativi del fronte e del cavo.

Da pk. 0+380 ca. a pk. 0+630 ca. (250 m ca.). Lo scavo interessa la Formazione di San Giovanni Bianco in facies terrosa che in tale tratto si dovrebbe presentare prevalentemente compatta. In tale tratto, in assenza di

interventi, potrebbero verificarsi fenomeni d'instabilità locale al fronte ed al contorno (cunei di roccia). Nel tratto inoltre potrebbero presentarsi localmente lenti evaporitiche di scadenti caratteristiche geomeccaniche, all'interno delle quali, in assenza di interventi, si prevedono fenomeni di instabilità del fronte e del contorno con associati rilevanti fenomeni deformativi. Elevato anche il rischio di acque aggressive ed associati fenomeni di dissoluzione sia dell'ammasso che dei rivestimenti, vista la componente gessosa-anidritica presente all'interno della Formazione di San Giovanni Bianco.

Da pk. 0+630 ca. a pk. 0+780 ca. (150 m ca.). Lo scavo interessa la Formazione di San Giovanni Bianco in facies arenacea che in tale tratto si dovrebbe presentare prevalentemente compatta. In tale tratto, in assenza di interventi, potrebbero verificarsi fenomeni d'instabilità locale al fronte ed al contorno (cunei di roccia). Inoltre, sono possibili localizzate zone più fratturate o di faglia, all'interno delle quali, in assenza di interventi, si prevedono fenomeni di instabilità del fronte e del contorno con associati fenomeni deformativi.

Da pk. 0+780 ca. a pk. 1+260 ca. (480 m ca.). Lo scavo interessa la formazione delle Arenarie di Val Sabbia che in tale tratto si dovrebbe presentare prevalentemente compatta e molto compatta. In tale tratto, in assenza di interventi, potrebbero verificarsi fenomeni d'instabilità locale al fronte ed al contorno (cunei di roccia). Inoltre, sono possibili localizzate zone più fratturate o di faglia, all'interno delle quali, in assenza di interventi, si prevedono fenomeni di instabilità del fronte e del contorno con associati fenomeni deformativi.

Da pk. 1+260 ca. a pk. 1+293 ca. (37 m ca.). Lo scavo interessa la formazione delle Arenarie di Val Sabbia che in tale tratto si dovrebbe presentare prevalentemente allentata ed alterata. In tale tratta è presente, inoltre, la Faglia di Abbioccolo (L = 10 m ca.). In tale tratta, in assenza di interventi, si prevedono fenomeni di instabilità del fronte e del contorno con associati fenomeni deformativi oltre che, nella zona di faglia, possibili venute d'acqua concentrate.

Zona d'imbocco lato Lavenone da pk. 1+293 ca. a pk. 1+317 ca. (24 m ca.). Lo scavo interessa la formazione delle Arenarie di Val Sabbia che in tale tratto si presenta molto alterata (Cappellaccio). Nella parte alta del fronte della sezione d'attacco sono presenti, inoltre depositi detritici di versante. In assenza d'interventi vi è un rischio elevato di fenomeni d'instabilità al fronte ed al contorno e conseguenti importanti fenomeni di subsidenza indotti sulle persistenze di superficie (sottoattraversamento SP).

6.2 Sezioni tipo di scavo

Le sezioni di scavo proposte dovranno possedere i requisiti prestazionali tali da assicurare le condizioni di stabilità del fronte e del contorno di scavo ed il contestuale contenimento della risposta deformativa dell'ammasso. Le sezioni di scavo previste, progettate secondo l'approccio ADECO-RS, dovranno gestire sostanzialmente le seguenti tre condizioni geomeccaniche:

- 1) Zona d'imbocco e primi 140m. Lo scavo dall'imbocco Idro attraversa materiale detritico sottofalda costantemente alimentata dal lago, che, in virtù dell'elevata permeabilità di tali depositi, necessita un sistematico intervento di consolidamento ed impermeabilizzazione al fronte, al contorno, e sul fondo dello scavo, al fine di assicurare in fase di realizzazione la stabilità e la tenuta idraulica del fronte, del contorno del cavo e del fondo di scavo. Ciò si realizza al contorno del cavo mediante colonne in jet-grouting sub-orizzontale ed al fronte ed al fondo dello scavo mediante tamponi d'impermeabilizzazione e consolidamento da realizzarsi mediante iniezioni selettive in pressione di miscele cementizie e chimiche. Tale tecnologia, che permette con adeguati fattori di sicurezza il successivo scavo a piena sezione, è prevista sin a partire dalla sezione d'attacco lato Idro, nel successivo tratto di camerone

convergente e nei primi 100 m circa di galleria idraulica a sezione policentrica costante fino al termine dei depositi detritici (sezioni tipo C1/C1P). Il pre-rivestimento è costituito da centine e spritz-beton fibrorinforzato ed i rivestimenti definitivi di calotta murette ed arco rovescio sono previsti in c.a., previa la messa in opera di un'impermeabilizzazione full-round senza alcun tubo di drenaggio acque, allo scopo di isolare idraulicamente la galleria dagli ingenti afflussi idrici provenienti dal lago. Tale accorgimento sarà cautelativamente da proseguirsi per almeno 50 m oltre il contatto detrito/San Giovanni Bianco, in modo da non istaurare nel corso della vita media dell'opera fenomeni di filtrazione al contorno dell'opera e conseguenti fenomeni di dissoluzione all'interno dell'ammasso con creazione di cavità e/o zone alterate/detensionate al contorno del cavo, che potrebbero gravare in modo anomalo sulla galleria. Detti fenomeni di filtrazione al contatto detrito/San Giovanni Bianco verranno anche limitati riducendo la permeabilità dell'ammasso mediante iniezioni di miscele cementizie in pressione sia nell'ultimo tratto di detrito (sezioni tipo C1/C1P) che nel primo tratto di San Giovanni Bianco (sezioni tipo B2/B2V/C2).

- 2) Tratti in roccia compatta (Formazioni San Giovanni Bianco e Arenarie di Val Sabbia). Si applicano prevalentemente sezioni di scavo con scavo a piena sezione e pre-rivestimento bullonato o centinato (sezioni tipo Ab/Ac/B0), nella Formazione delle Arenarie di Val Sabbia, e prevalentemente centinato (sezioni tipo B0/B2/B2V/B2P/B2VP), nella Formazione di San Giovanni Bianco. I rivestimenti definitivi di calotta murette ed arco rovescio sono previsti in CLS senza armatura per sezioni Ab/Ac/B0, mentre per le restanti sezioni tipo è previsto un rivestimento definitivo in c.a. Nella Formazione del San Giovanni Bianco facies Evaporitica, allo scopo di evitare fenomeni di aggressione del CLS da parte delle acque di falda contenenti solfati, gli stessi prevederanno una classe di esposizione di tipo XA3; inoltre, il sistema d'impermeabilizzazione sarà di tipo full-round (calotta ed arco rovescio).
- 3) Tratti in roccia fratturata-alterata/faglia (Formazioni San Giovanni Bianco e Arenarie di Val Sabbia). In funzione dell'entità della fratturazione/alterazione e della resistenza a compressione della matrice si prevede il pre-consolidamento al fronte mediante VTR (sezioni tipo B2/B2P in San Giovanni Bianco) o anche un pre-sostegno metallico o pre-consolidamento con VTR valvolati al contorno (sezioni tipo B2V/B2V*/B2VP/C2). Lo scavo è previsto a piena sezione con mezzi meccanici. Il pre-rivestimento è costituito da centine e spritz-beton fibrorinforzato. I rivestimenti definitivi di calotta murette ed arco rovescio sono previsti in c.a. Nella Formazione del San Giovanni Bianco facies Evaporitica, allo scopo di evitare fenomeni di aggressione del CLS da parte delle acque di falda contenenti solfati, gli stessi prevederanno una classe di esposizione di tipo XA3; inoltre, il sistema d'impermeabilizzazione sarà di tipo full-round (calotta ed arco rovescio).

6.2.1 Camerone convergente

Campo di applicazione

La sezione in oggetto è prevista in corrispondenza dell'imbocco (lato lago) mediante n°4 campi a geometria di scavo particolare ($L_{TOT} = 32$ m) e dalle dimensioni maggiorate per permettere il convogliamento dell'acqua dal lago nella sagoma di galleria corrente.

Il camerone convergente segue al campo d'attacco che accoglie la camera paratoie, il cui fabbricato sarà solidarizzato ai piedritti della galleria.

Al termine della realizzazione dei 4 campi di avanzamento da 8 m previsti da progetto per il camerone convergente, bisognerà attendere il completamento della galleria di by-pass proveniente dal lato Lavenone.

6.2.2 Sezione C1P

Campo di applicazione

L'applicazione di tale sezione tipo è prevista all'interno dei depositi detritici presenti presso l'imbocco lato Idro, nel primo tratto di galleria di by-pass all'interno dei depositi più permeabili ($K = 10^{-3} \div 10^{-5}$ m/sec). L'applicazione di tale sezione potrebbe essere necessaria anche nella parte detritica a cavallo con il contatto del San Giovanni Bianco (facies Evaporitica), dove potrebbero essere localmente presenti elevate permeabilità.

6.2.3 Sezione C1

Campo di applicazione

L'applicazione di tale sezione tipo è prevista all'interno dei depositi detritici meno permeabili ($K = 10^{-5} \div 10^{-6}$ m/sec) presenti nel tratto più lontano dall'imbocco lato Idro, più prossimo alla Formazione del San Giovanni Bianco (facies Evaporitica), dove, in ragione della ridotta permeabilità, gli afflussi idrici previsti sono contenuti e gli annessi fenomeni di trasporto solido poco rilevanti. In tale contesto (se si esclude il tratto detritico proprio a cavallo del contatto con il San Giovanni Bianco dove potrebbero essere localmente presenti elevate permeabilità ed è quindi cautelativo prevedere l'utilizzo della sezione tipo C1P) non sono necessari i tamponi d'impermeabilizzazione al fronte ed al fondo dello scavo mediante iniezioni cementizie e chimiche, mentre va comunque garantita la tenuta del cavo e del fronte mediante adeguati interventi di consolidamento, viste le scadenti caratteristiche geotecniche dei materiali.

Resta inteso che, considerata la criticità del contesto (scavo in materiali granulari sottofalda alimentata dal lago), la condizione di ridotta permeabilità dovrà essere costantemente verificata mediante l'esecuzione di sistematiche prospezioni in avanzamento con misure di portata propedeutiche all'esecuzione di ogni campo di scavo.

6.2.4 Sezione B2

Campo di applicazione

L'applicazione di tale sezione tipo è prevista (in differenti percentuali di applicazione) all'interno della Formazione di San Giovanni Bianco in facies Evaporitica ($GSI = 40-50$) nella tratta che segue i depositi sciolti, in

San Giovanni Bianco in facies Terrosa (GSI = 45-53), nella Formazione di Castro Sebino (GSI = 45-50) e nella Formazione San Giovanni Bianco in facies arenacea (GSI = 55-60).

6.2.5 Sezione B2VP

Campo di applicazione

L'applicazione di tale sezione tipo è prevista all'interno della Formazione di San Giovanni Bianco in facies Evaporitica (GSI = 40-50) e in corrispondenza della formazione di Castro Sebino, una volta superata la zona di faglia.

6.2.6 Sezione B2P

Campo di applicazione

L'applicazione di tale sezione tipo è prevista (in differenti percentuali di applicazione) all'interno della Formazione di San Giovanni Bianco in facies Evaporitica (GSI = 40-50), nella Formazione di Castro Sebino (GSI = 45-50), nella Formazione San Giovanni Bianco in facies Terrosa (GSI = 45-50).

6.2.7 Sezione B2V*

Campo di applicazione

L'applicazione di tale sezione tipo è prevista (in differenti percentuali di applicazione) all'interno della Formazione di San Giovanni Bianco in facies Evaporitica (GSI = 40-50), nella Formazione di Castro Sebino (GSI = 45-50), nella Formazione San Giovanni Bianco in facies arenacea (GSI = 55-60) e nell'Arenaria di Valsabbia (GSI = 45-55), compresa la zona di faglia (GSI = 15-25); in particolare sarà impiegata in alternativa alla sezione B2V in presenza di possibili intercettazioni di zone più fratturate o di faglia.

6.2.8 Sezione B0

Campo di applicazione

L'applicazione di tale sezione tipo è prevista all'interno della Formazione delle Arenarie di Val Sabbia compatte (GSI= 45-55) e nella Formazione San Giovanni Bianco in facies arenacea (GSI = 55-60).

6.2.9 Sezione B2 "Allargata"

Campo di applicazione

L'applicazione di tale sezione tipo è prevista all'interno della Formazione San Giovanni Bianco in facies Arenacea. L'allargo avrà la funzione di inversione mezzi in fase di scavo. La sagomatura idraulica verrà ripristinata in fase di getto dei rivestimenti.

6.2.10 Sezione C2V

Campo di applicazione

L'applicazione di tale sezione tipo è prevista all'interno della Formazione delle Arenarie di Val Sabbia a seguire della sezione di attacco lato Lavenone, là dove nella zona di calotta possono essere ancora presenti i depositi detritici di versante e il Cappellaccio delle Arenarie di Val Sabbia.

6.2.11 Sezione Ab

Campo di applicazione

L'applicazione di tale sezione tipo è prevista all'interno della Formazione delle Arenarie di Val Sabbia compatte nel suo range maggiore di resistenza (GSI= 45-55).

6.2.12 Sezione Ac

Campo di applicazione

L'applicazione di tale sezione tipo è prevista all'interno della Formazione delle Arenarie di Val Sabbia compatte nel suo range minore di resistenza (GSI= 45-55).

6.2.13 Sezione B2V

Campo di applicazione

L'applicazione di tale sezione tipo è prevista (in differenti percentuali di applicazione) all'interno della Formazione di San Giovanni Bianco in facies Evaporitica (GSI = 40-50), nella Formazione di Castro Sebino (GSI = 45-50), nella Formazione San Giovanni Bianco in facies arenacea (GSI = 55-60) e nell'Arenaria di Valsabbia (GSI = 45-55), compresa la zona di faglia (GSI = 15-25).

6.2.14 Sezione Ab "Allargata"

Campo di applicazione

L'applicazione di tale sezione tipo è prevista all'interno della Formazione delle Arenarie di Val Sabbia compatte. L'allargo avrà la funzione di inversione mezzi in fase di scavo. La sagomatura idraulica verrà ripristinata in fase di getto dei rivestimenti.

6.3 Durabilità calcestruzzo dei rivestimenti

Allo scopo di incrementare la durabilità del CLS nelle zone dove sono previste le massime velocità idrauliche, a partire dalla pk. 990 ca. (termine scivolo seconda curva) fino allo sbocco lato Lavenone, il CLS incrementerà le sue prestazioni prevedendo:

- Classe di resistenza: C35/45
- Aggiunta di fumi di silice ad alto indice di pozzolanicità in dosaggio di 15/20 kg/mc
- Aggiunta di additivo impermeabilizzante /cristallizzante in dosaggio dell'1% del peso del cemento

Inoltre, allo scopo di incrementare la durabilità del CLS nelle eventuali zone di attraversamento di lenti evaporitiche il CLS incrementerà le sue prestazioni prevedendo:

- Classe di esposizione: XA3
- Classe di resistenza: C35/45
- Rapporto A/C: 0.45
- Contenuto minimo di cemento: 360 kg/m³

6.4 Sistema di impermeabilizzazione

Il progetto prevede sostanzialmente tre tipologie di impermeabilizzazione in estradosso ai rivestimenti definitivi, come di seguito illustrato.

6.4.1 Sistema di impermeabilizzazione e drenaggio tipo 1

Per la tratta scavata in roccia nelle Arenarie della Val Sabbia fino allo sbocco lato Lavenone, è prevista l'adozione di un sistema di impermeabilizzazione e drenaggio TIPO 1, che si estende in calotta e murette e permette il drenaggio al contorno essendo dotato di appositi tubi sulle murette e sotto l'arco rovescio. Tale sistema di impermeabilizzazione e drenaggio, è sostanzialmente caratterizzato dai seguenti apprestamenti:

- posa del pacchetto di impermeabilizzazione dotato di teli in tessuto non tessuto in propilene e teli in PVC (spessore 2 mm) sull'arco di calotta e murette fino alla quota del piano di scavo;
- posa del waterstop tra getto dell'arco rovescio e getto della calotta;
- posa del cordolino idroespansivo su tutte le riprese di getto sulle riprese di getto tra campi successivi;
- presenza di tubi microfessurati $\Phi 160$ mm in estradosso dei rivestimenti definitivi, posti alla quota sommitale delle murette;
- convogliamento delle acque drenate, mediante tubi $\Phi 160$ mm (ogni 25 m) e pozzetti di ispezione (ogni 200 m), agli appositi tubi $\Phi 300$ mm di smaltimento e raccolta acque drenate, posti al di sotto dell'arco rovescio.

Come si evince dalla descrizione sopra riportata e dai relativi schemi, il sistema Tipo 1 consente il drenaggio delle eventuali acque di filtrazione presenti all'interno dell'ammasso roccioso.

NOTA BENE: La verifica della tenuta delle saldature tra i teli in PFO andrà effettuata mediante test di pressione del vano risultante nel doppio cordone di termofusione.

6.4.2 Sistema di impermeabilizzazione e drenaggio tipo 2

Nella Formazione rocciosa del San Giovanni Bianco, caratterizzata dalla presenza all'interno dell'ammasso di acque aggressive (vista la possibile presenza di gessi ed anidriti), il progetto prevede l'adozione del sistema di impermeabilizzazione Tipo 2 full-round cioè con teli disposti in calotta murette ed arco rovescio, in modo da impedire il contatto delle acque di falda con i rivestimenti definitivi. Sono presenti, comunque, tubazioni di drenaggio sulle murette ed al di sotto dell'arco rovescio allo scopo di contenere le pressioni idrauliche sui rivestimenti. Tale sistema di impermeabilizzazione e drenaggio, è sostanzialmente caratterizzato dai seguenti apprestamenti:

- posa del pacchetto di impermeabilizzazione dotato di teli in tessuto non tessuto in propilene e teli in PVC (spessore 2 mm) sull'arco di calotta, murette e in arco rovescio;
- posa del waterstop tra getto dell'arco rovescio e getto della calotta;
- posa del cordolino idroespansivo su tutte le riprese di getto sulle riprese di getto tra campi successivi;
- presenza di tubi microfessurati $\Phi 160$ mm in estradosso dei rivestimenti definitivi, posti alla quota sommitale delle murette;
- Convogliamento delle acque drenate, mediante tubi $\Phi 160$ mm (ogni 25 m) e pozzetti di ispezione (ogni 200 m), agli appositi tubi $\Phi 300$ mm di smaltimento e raccolta acque drenate, posti al di sotto dell'arco rovescio.

NOTA BENE: La verifica della tenuta delle saldature tra i teli in PFO andrà effettuata mediante test di pressione del vano risultante nel doppio cordone di termofusione.

6.4.3 Sistema di impermeabilizzazione e drenaggio tipo 3

Tale sistema d'impermeabilizzazione presenta pari caratteristiche del Tipo 2 con l'unica differenza di non essere dotato di tubi di drenaggio sulle murette ed al di sotto dell'arco rovescio. Il suo utilizzo è previsto in tutto il tratto in detrito lato Idro, per impedire il drenaggio che comporterebbe l'ingresso di ingenti quantitativi di acqua proveniente dall'adiacente lago e conseguenti fenomeni di trasporto solido deleteri per la stabilità del fronte e del contorno e quindi assolutamente da evitarsi.

Tale tipologia di impermeabilizzazione sarà prolungata cautelativamente per 50 m oltre il passaggio tra il detrito e la formazione di San Giovanni Bianco, per evitare l'istaurarsi nel corso della vita media dell'opera di fenomeni di filtrazione e conseguente dissoluzione dell'ammasso al contorno del cavo, indotti dal drenaggio della galleria.

Tali fenomeni potrebbero determinare anomalie di carico dell'ammasso sui rivestimenti, come rilevato nell'adiacente galleria "degli Agricoltori".

Tale sistema di impermeabilizzazione e drenaggio, è sostanzialmente caratterizzato dai seguenti apprestamenti:

- posa del pacchetto di impermeabilizzazione dotato di teli in tessuto non tessuto in propilene e teli in PVC (spessore 2 mm) sull'arco di calotta, murette e in arco rovescio;
- posa del waterstop tra getto dell'arco rovescio e getto della calotta;
- posa del cordolino idroespansivo su tutte le riprese di getto sulle riprese di getto tra campi successivi.

NOTA BENE: La verifica della tenuta delle saldature tra i teli in PFO andrà effettuata mediante test di pressione del vano risultante nel doppio cordone di termofusione.

6.5 Scavo all'interno del detrito lato Idro: dimensionamento dell'intervento di compartimentazione

6.5.1 Descrizione degli interventi

Dato che i primi 160m circa di galleria lato Idro sono scavati in detrito ad una quota più bassa rispetto al pelo libero del lago d'Idro, che alimenta costantemente la falda, è stato necessario valutare accuratamente la permeabilità del materiale scavato (vedi relazione di caratterizzazione geotecnica) per dimensionare correttamente gli interventi di consolidamento ed impermeabilizzazione al contorno del cavo, al fronte ed al di sotto del piano di scavo. Tali interventi sono necessari al fine di evitare l'instaurarsi di moti di filtrazione, che potrebbero comportare un crescente trasporto solido di fino al conseguente collasso della cavità.

Interventi di consolidamento ed impermeabilizzazione al contorno del cavo

Gli interventi di consolidamento ed impermeabilizzazione al contorno del cavo sono costituiti da una doppia coronella di jet-grouting con colonne $\varnothing 800$ L = 16 m, sovrapposizione 8 m. Le geometrie sono studiate al fine di garantire un adeguata sovrapposizione (vedi scavi e consolidamenti delle sezioni tipo C1, C1P e camerone convergente).

Qualora, per incontrollabili fenomeni di filtrazione, le colonne di jet fossero soggette a significativi effetti di dilavamento e/o deviazione, sarà da prevedersi un propedeutico intervento d'impermeabilizzazione al contorno mediante iniezioni cementizie + chimiche, le cui geometrie verranno definite in corso d'opera.

Tamponi d'impermeabilizzazione e consolidamento al fronte e al fondo dello scavo

Per garantire assieme la riduzione della permeabilità ed il consolidamento dei depositi detritici verranno eseguiti interventi mediante iniezioni selettive in pressione di miscele cementizie (funzione strutturale) + miscele chimiche (funzione impermeabilizzante).

In particolare, al fronte di scavo per ogni campo d'avanzamento di L = 8 m verranno realizzati mediante perforazioni attrezzate con tubi in PVC valvolati (3 vlv/m) L = 12 m, sovrapposizione 4 m, dei tamponi d'impermeabilizzazione e consolidamento di lunghezza L = 4 m davanti al fronte di fine campo. Nei tratti compresi tra due tamponi al fronte (L = 4 m), che risultano essere isolati dall'apporto di falda verrà eseguito esclusivamente un consolidamento strutturale con iniezioni cementizie.

Il tamponamento d'impermeabilizzazione e consolidamento del fondo dello scavo prevede geometrie tali da garantire il trattamento di una fascia di almeno 3 m al di sotto del piano di scavo (vedi scavi e consolidamenti delle sezioni tipo C1P e camerone convergente).

6.6 Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo

In corso d'opera potrà essere verificata l'adeguatezza delle sezioni tipo definite sulla base dei rilievi geostrukturali e del comportamento deformativo del cavo (convergenze), in rapporto alle lavorazioni condotte secondo le fasi e cadenze prestabilite nel progetto. Gli elementi raccolti in fase di scavo permetteranno infatti di:

- confermare la sezione tipo prevista in una determinata tratta e riportata sull'elaborato "Profilo geomeccanico" di progetto;
- individuare una diversa sezione tipo, tra quelle previste in progetto, qualora le condizioni realmente riscontrate risultino difformi da quelle ipotizzate per la tratta in esame

I criteri di valutazione nell'ambito dell'applicazione delle sezioni tipo sono essenzialmente legati alla caratterizzazione dell'ammasso al fronte mediante rilievi geomeccanici ed alla valutazione della risposta deformativa del cavo mediante misure di convergenza.

7 LA PROGETTAZIONE IDRAULICA DELLE NUOVE OPERE DI REGOLAZIONE

L'opera progettata rispetta gli obiettivi e i vincoli posti alla base della progettazione, di seguito elencati:

- La galleria di by-pass consente l'evacuazione delle portate di piena anche nell'ipotesi di collasso della frana con ostruzione dell'emissario del lago. L'imbocco e lo sbocco sono al di fuori del perimetro di frana
- L'opera di scarico è dimensionata in modo tale da garantire la sicurezza idraulica delle zone rivierasche a valle del lago. La sua portata massima rilasciata è pari a quella scaricata in piena lungo il Chiese
- Le opere sono dimensionate per garantire un livello massimo di regolazione pari a 368.00 m s.m. (quote assolute IGM, pari a circa 370.00 m s.m. in quote idrometriche) ed una escursione del lago tra la quota di massima e minima regolazione di 3.25 m
- La nuova traversa di regolazione è dimensionata per tempi di ritorno di 1000 anni e posizionata esternamente alla perimetrazione di frana
- La configurazione della traversa consente di far defluire il D.M.V. anche con il minimo livello di regolazione del lago
- La scala di risalita della fauna ittica è predisposta per funzionare per ogni livello di regolazione presente nel lago

Di seguito si riportano le principali grandezze idrauliche considerate nell'ambito della progettazione esecutiva delle opere:

- Portata di progetto del manufatto scolmatore: 332 m³/s
- Quota di massimo invaso per T=1000 anni: 371.23 m s.m.
- Quota di massima regolazione: 368.00 m s.m.
- Quota di minima regolazione: 364.75 m s.m.
- Escursione di livello: 3.25 m
- Livello di attivazione del by-pass (quota di massimo svasso ad opera del solo bypass e/o quota di fondo dell'imbocco della galleria) pari a 359.50 m s.m.;
- Immodificabilità della geometria e delle quote dell'imbocco della galleria nella parte esterna a monte delle paratoie

Tutte le suddette quote altimetriche sono coerenti con le quote IGM, che sono inferiori rispetto alle quote idrometriche di circa 2.07-2.09 m (per comodità +2 m)

Di seguito si illustrano le principali assunzioni e le relative verifiche idrauliche alla base della progettazione esecutiva delle opere che compongono il sistema di regolazione del lago di Idro, per la messa in sicurezza idraulica del lago stesso.

Cuore dell'intervento, è il progetto esecutivo di una nuova galleria con funzione di scolmatore del lago, il cui scopo è quello di ovviare alla minaccia di ostruzione dell'emissario naturale (fiume Chiese) da parte di corpi franosi, i quali già attualmente riducono la funzionalità dalla traversa di regolazione esistente. L'intervento infatti prevede, oltre al nuovo scolmatore, anche la costruzione di una nuova traversa di regolazione circa 300 metri più a monte dell'attuale.

L'analisi progettuale in parte accoglie ed in parte modifica ipotesi e risultati derivati da precedenti studi e/o da fasi precedenti della progettazione, ma si avvale di strumenti di analisi aventi dettaglio superiore, quali modelli numerici full 2D ed un modello fisico in scala 1:30 che riproduce l'intera galleria di by-pass ed il tratto di Chiese in cui si immette. L'attività di modellazione fisica è stata seguita anche dal **Ministero delle Infrastrutture e dei**

Trasporti - Direzione Generale per le Dighe e le Infrastrutture idriche ed elettriche, che nel corso delle attività ha formalizzato alcune osservazioni e richieste di studio di soluzioni progettuali alternative, che sono state recepite.

Nell'individuazione delle soluzioni tecniche per il nuovo progetto esecutivo, l'attenzione è stata primariamente posta alle osservazioni mosse al progetto definitivo posto a base gara, da parte degli enti competenti.

Esse si sintetizzano in:

- Elevato grado di riempimento in galleria
- Necessità di approfondimento sull'andamento trasversale dei peli liquidi con verifiche della formazione di roll-waves
- Elevate velocità della corrente in uscita dall'opera di restituzione nel fiume Chiese.

Nell'approfondire gli aspetti di cui sopra, anche grazie all'utilizzo dei sopraccitati strumenti di analisi di livello superiore, sono state riscontrate problematiche che hanno richiesto variazioni talvolta rilevanti rispetto a quanto proposto nel progetto definitivo. Tali variazioni sono riportate della Relazione idrologica-idraulica (elaborato PE-000-IDR-ID-001-RH-A).

Opere esistenti

Le opere di regolazione del lago d'Idro sono ad oggi costituite da:

1. una traversa di sbarramento con paratoie mobili;
2. uno scarico di fondo denominato "galleria degli agricoltori";
3. una derivazione ad uso idroelettrico della centrale ENEL di Vobarno.

Si descrivono sinteticamente le caratteristiche di tali opere, indicando se siano coinvolte o meno nella progettazione esecutiva e facendo riferimento alla loro attuale e futura capacità di scarico.

1. La traversa attuale è minacciata da un corpo di frana che ha parzialmente occluso una delle due luci, portandola da 11 a 9 metri. È pertanto prevista la costruzione di un nuovo manufatto, con le stesse finalità, ma posto più a monte.
2. la galleria degli agricoltori non verrà più utilizzata in ragione di gravi problematiche strutturali.
3. la centrale idroelettrica di Vobarno riceve acqua attraverso una galleria dedicata, la cui portata massima (prelievo massimo consentito) è di 30 m³/s e tale viene considerata anche nelle future condizioni di progetto ad opere ultimate.

Opere in progetto

Le opere oggetto della progettazione esecutiva e trattate nella presente relazione sono rappresentate nella seguente planimetria di inquadramento generale.

Si tratta in sintesi di:

1. Una nuova traversa sull'emissario naturale del lago (fiume Chiese), posta circa 300 m a monte della traversa esistente, la quale ha visto ridurre la propria officiosità a causa di un corpo franoso.
2. Una galleria con funzione di by-pass (scolmatore), che recapita le acque del lago nel fiume Chiese, a valle del tratto minacciato da movimenti franosi e quindi a un possibile rischio di occlusione dell'emissario. La galleria viene progettata per fare fronte ad un evento di piena con tempo di ritorno

di 1000 anni e di farlo anche in qualità di unica opera di scarico del lago (in caso l'emissario naturale sia ostruito da detriti di frana).

Entrambe le opere concorrono alla regolazione del lago di Idro, nell'ottica della protezione idraulica degli insediamenti e degli abitati in prossimità del lago stesso.

7.1 Modelli e strumenti a supporto della progettazione

Nell'ambito delle ingegnerizzazioni necessarie allo sviluppo del progetto esecutivo, si è dovuto indagare ed ottemperare in maniera rigorosa alle prescrizioni e alle osservazioni presentate al progetto definitivo ovvero agli aspetti evidenziati dalla struttura ministeriale in conferenza dei servizi. L'approccio metodologico utilizzato nel progetto definitivo, che era basato sulla verifica per singole sezioni delle opere in progetto, è stato dunque reso sinergico e sequenziale mediante la realizzazione di un modello bidimensionale unico, il quale ha permesso di investigare le fenomenologie idrauliche sull'intero sviluppo del bypass in progetto, dalle sezioni di imbocco (in particolare per ciò che avviene a valle delle paratoie) fino a quelle di sbocco, prima dell'immissione in Chiese. Il modello unico viene completato includendo le sezioni poste a valle della sezione di sbocco nel Chiese del bypass in progetto: tali informazioni risultano dunque rappresentative delle condizioni specifiche del progetto esecutivo che rispetto al progetto definitivo ha inteso riprodurre l'intero by-pass, sia attraverso il modello numerico 2D, sia attraverso il modello fisico.

Al modello 2D si è affiancato l'uso del modello 1D (HEC-RAS) per valutazioni di massima e/o per confronto, in particolare quando l'elevato grado di riempimento delle sezioni chiuse (tipo policentrica) portavano ad uscire dal campo di piena rappresentatività del modello 2D.

7.1.1 Modello fisico

Vista la particolarità delle fenomenologie indagate e la rilevanza della forma da assegnare a certi dettagli costruttivi, dettagli sulla cui rappresentazione la modellistica numerica non sempre può dirsi efficace, la progettazione esecutiva dell'opera si è avvalsa anche della modellazione fisica dell'opera stessa.

Il modello fisico, interamente a fondo fisso), è stato realizzato in scala 1:30 secondo la similitudine di Froude ed ha rappresentato l'intero manufatto scolmatore (partendo dalle paratoie) ed un tratto sufficientemente significativo del fiume Chiese tale da riprodurre debitamente i fenomeni allo sbocco della galleria e gli eventuali effetti di rigurgito.

Le attività di modellazione, la cui descrizione ed illustrazione dei risultati sono incluse in un elaborato specifico (PE-000-IDR-ID-002-RT-A), sono state condotte presso il Politecnico di Milano ed hanno richiesto due fasi: una principale ed una di affinamento (definite "ANTE" e "POST") sulle problematiche evidenziate proprio dalla fase iniziale e che non erano state appieno previste o descritte dai modelli numerici. Nello specifico:

PRIMA FASE

La prima fase ha previsto la modellazione di un manufatto avente le seguenti caratteristiche (si considera 0 la progressiva in corrispondenza delle paratoie in ingresso alla galleria):

Tratto da imbocco a paratoie:

Come da progetto definitivo.

Da paratoie a inizio galleria:	Nuovo tratto a forte pendenza, test condotti per pendenze pari a 8% e 11.9%. Galleria a sezione policentrica avente diametro 6.95 m (in scala reale).
Galleria:	Tratto a sezione costante (policentrica D=6.95) e pendenza costante pari 0.85%, fino a circa 20m dall'immissione nel manufatto di restituzione
Disconnessione:	Tratto a forte pendenza (circa 12%) che separa la galleria dal manufatto di restituzione.
Manufatto di restituzione:	Sezione divergente e separazione in due canali di restituzione a mezzo di setto. Macro-scabrezze inserite nei canali di restituzione rappresentate da 4 ordini di soglie alte 60 cm (in scala reale). Pendenza costante pari a 0.3%.

SECONDA FASE

Nella prima fase si fissa a 11.9% la pendenza del tratto fra le paratoie e l'inizio della galleria.

Tuttavia, in ragione di elevati gradi di riempimento riscontrati al termine del rettilineo principale della galleria, si provvede a traslare in quella posizione il tratto a forte pendenza (circa 12%) che separa la galleria dal manufatto di restituzione.

Viene quindi rimossa la disconnessione (salto di quota) fra la galleria policentrica ed il manufatto divergente di restituzione.

Viene inoltre affinata la forma del setto centrale che divide la corrente nei due canali di restituzione.

Viene aumentata l'altezza dell'ultima soglia nel manufatto di restituzione a 90 cm, al fine di ridurre ulteriormente la velocità della corrente in corrispondenza dello sbocco nel fiume Chiese.

7.2 Il progetto della nuova galleria di by-pass

7.2.1 Generalità

La galleria di by-pass a servizio del lago di Idro, per le prestazioni che le sono richieste in qualità di derivatore di emergenza del lago stesso, nonché per i vincoli di natura plano-altimetrica e geologica che ne condizionano il tracciato, si presenta come un'opera complessa dal punto di vista idraulico. In particolare, il deflusso attraverso l'opera alterna tratti in pressione (da imbocco sotto battente a paratoie – Tratto 1), e tratti a pelo-libero (galleria vera e propria e restituzione in alveo - Tratti da 2 a 6)

7.2.2 Percorso progettuale

In base ai vincoli elencati al paragrafo 1 della Relazione idrologica-idraulica (elaborato PE-000-IDR-ID-001-RH-A)), lo scolmatore ed in particolare la parte in galleria, deve veicolare le acque da quota 359.50 m s.l.m., che è sia la quota di imbocco dell'opera, sia la quota del fondo in corrispondenza delle paratoie (inizio del Tratto 2, figura 6), fino a quota 341.61 m s.l.m., termine della galleria a sezione corrente (fine Tratto 5, inizio Tratto 6). Si tratta di un dislivello di quasi 18 metri, che nel progetto definitivo venivano così distribuiti:

- Circa 8 metri assorbiti da una rampa a forte pendenza (16.7%) posta nel tratto finale della galleria che terminava in una vasca di dissipazione
- Circa 10 metri distribuiti in modo omogeneo sui restanti 1200 metri di galleria alla pendenza costante di 0.85%

Nel corso delle analisi di dettaglio svolte, come si vedrà giustificato in dettaglio nelle relazioni specialistiche, si è riscontrato che l'assetto sopra descritto non fosse in grado di garantire la dovuta officiosità dell'opera, ossia non garantiva il transito della portata di progetto in condizioni di efficienza e con adeguati franchi di sicurezza. Ricordando che la galleria è progettata per funzionare a pelo libero (non in pressione), si rammenta che il motore del moto a pelo libero è la forza di gravità, in questo caso rappresentata dalla pendenza e/o dai dislivelli. Pertanto, in primo luogo, per superare le problematiche emerse è stato necessario rivedere la distribuzione delle pendenze e dei dislivelli di cui sopra. Congiuntamente, si è rivelato necessario anche un incremento del diametro della sezione policentrica della galleria, portato a 6.95 m, rispetto ai 6.50 m previsti nel progetto definitivo. Le ragioni analitiche alla base della nuova distribuzione delle pendenze e della scelta del nuovo diametro sono riportate in dettaglio ai paragrafi 4.4 e 4.5 della Relazione idrologica-idraulica (elaborato PE-000-IDR-ID-001-RH-A).

Il progetto esecutivo sviluppa soluzioni tecniche che consentono un corretto funzionamento dell'opera, combinando in modo ottimale i risultati emersi (in fasi successive) nel corso della progettazione stessa e le risultanze derivanti dalle attività di modellazione fisica. Per meglio comprendere il funzionamento dello scolmatore nelle parti che lo compongono e conseguentemente comprendere le ragioni alla base delle scelte progettuali (dimensionamento), si rimanda allo schema di figura 6 della Relazione idraulica.

Per le ragioni sopra introdotte e di seguito giustificate analiticamente, la nuova soluzione progettuale individuata:

- introduce e dimostra la necessità di una disconnessione idraulica (tratto a forte pendenza), nel convergente a valle delle paratoie, dalle paratoie stesse fino poco oltre il raccordo con la sezione policentrica;
- mantiene la forma policentrica della sezione corrente della galleria, ma ne aumenta il diametro da 6.50 m a 6.95 m;
- introduce e dimostra la necessità di una seconda disconnessione idraulica in galleria, al termine del tratto rettilineo (Tratto 3). Tale necessità e la problematica che l'ha generata sono emerse grazie alle prove su modello fisico.;
- elimina, dimostrandone la sostenibilità sia mediante modello numerico ed attraverso le evidenze sperimentali del modello fisico, la discontinuità idraulica ("dislivello") al termine della galleria;
- elimina (conseguentemente) la vasca di dissipazione al termine del sopraccitato "dislivello" al termine della galleria;
- ottimizza l'immissione in Chiese del manufatto di sbocco della galleria, modificandone l'ingombro planimetrico da Via Marconi verso valle, allargando (nel rispetto delle aree di esproprio) il canale di restituzione di circa 2.50 m verso Ovest;
- rimuove circa 30 metri della soletta di copertura del doppio canale di restituzione, anticipando quindi il momento in cui l'acqua fluisce a cielo aperto;
- mantiene pertanto il moto in corrente veloce nel manufatto di restituzione, ritardandolo progressivamente ed esclude i casi di formazione di risalto idraulico nei tratti a sezione chiusa (limitando conseguenti oneri di dimensionamento e/o incertezze nel posizionamento degli aerofori).

Come già affermato (e come per altro evidenziato nella relazione descrittiva della modellazione fisica dell'opera di scarico allegata al progetto definitivo a base gara) la camera di dissipazione proposta nel progetto definitivo

non sortiva gli effetti desiderati. Infatti, nel progetto a base gara le velocità di immissione nel fiume Chiese (in uscita dai canali di restituzione) risultavano analoghe a quelle riscontrate nelle sezioni conclusive della sezione corrente della galleria (circa 9.5 m/s), rendendo nei fatti pleonastico il ruolo della camera di dissipazione.

In aggiunta alla mutata gestione della corrente nel tratto terminale dello scolmatore, si sono resi necessari ulteriori apprestamenti, volti sia al perseguimento di condizioni di funzionamento in sicurezza, sia all'ottimizzazione degli effetti dovuti a perturbazioni locali. Effetti evidenziati dal modello numerico 2D e dalle prove svolte su modello fisico.

In sostanza, il nuovo assetto progettuale conferisce pendenza (sinonimo di energia cinetica/velocità) alla corrente nei punti più critici, ossia ove il livello e quindi il grado di riempimento della galleria tenderebbero a crescere verso valori non affidabili o non sostenibili.

Inoltre, gli interventi sopra descritti permettono di raggiungere cospicue riduzioni della velocità con cui lo scolmatore recapita le acque nel fiume Chiese.

La riduzione è così significativa che le velocità di uscita, in particolare quelle del canale destro possono risultare inferiori alle velocità che naturalmente si verificherebbero in quel tratto di alveo se in esso transitasse la portata di progetto (332 m³/s). Simulazioni numeriche 2D appositamente condotte e relative al solo Chiese (portata in alveo proveniente da monte e non dalla galleria), hanno infatti mostrato valori fino a 7 m/s nell'intorno dello sbocco della galleria, in occasione della portata di piena e di riferimento.

7.2.3 Obiettivi raggiunti

Si riassumono le caratteristiche prestazionali dello scolmatore (galleria di by-pass) frutto del presente progetto esecutivo, meglio descritte nelle relazioni specialistiche.

Supportate dalle analisi numeriche su modello 2D e dalle prove sperimentali su modello fisico, le soluzioni proposte:

- Hanno determinato variazioni nella distribuzione delle pendenze interne al manufatto
- Hanno eliminato la vasca di dissipazione ed introdotto macro-scabrezze (soglie) nel manufatto di restituzione
- Hanno richiesto l'incremento del diametro della sezione policentrica

In sintesi, il progetto esecutivo assolve a tutte le osservazioni presentate al progetto definitivo posto a base gara, da parte degli enti competenti, in quanto:

- riduce il grado di riempimento in galleria;
- analizza con modelli numerici 2D spinti ad elevata risoluzione (cella di calcolo con magliatura compresa tra 2 e 10 m) ed anche mediante modello fisico, i fenomeni di perturbazione del profilo liquido, dovuti ad onde stazionarie e roll waves;
- elimina le incertezze relative all'ubicazione del risalto e degli aerofori nel manufatto di restituzione, rimuovendo la vasca di dissipazione e mantenendo la corrente in condizione supercritica (veloce) ritardata;
- riduce sensibilmente le velocità della corrente in uscita dal manufatto di restituzione verso il fiume Chiese.

7.3 Il progetto della nuova traversa

La nuova traversa per la regolazione del lago d'Idro è situata al termine meridionale del lago e precisamente circa 130 m a valle dell'attuale ponte d'Idro e circa 300 m a monte dell'attuale traversa. Prevede due luci principali aventi larghezza 11.5 m, quindi superiore a quella esistente.

Le luci sono presidiate da paratoie mobili a ventola, che consentono varie possibilità di regolazione. Una paratoia minore regola, inoltre la gestione del canale destinato al DMV (savenella di magra) ed alla risalita pesci. E' inoltre prevista, sempre in destra idraulica una scala per la risalita pesci, appositamente ottimizzata nel corso della presente progettazione esecutiva.

La soglia delle luci principali è posta alla quota di 365.00 m s.l.m. come emerso nel progetto definitivo e qui confermato. Le paratoie delle luci principali, quando chiuse contro la soglia inferiore, presentano la soglia superiore alla quota di 368.00 m s.l.m. pari alla massima regolazione.

Le stesse paratoie delle luci principali, in posizione di massima apertura, presentano una luce libera inferiore di circa 4.20 m.

Come accennato, a valle della traversa, in destra idraulica, verrà realizzata una savanella rivestita in massi conformata e dimensionata per:

- Consentire il passaggio di una portata pari al doppio del minimo deflusso vitale (circa 5 m³/s) con un livello del lago pari alla quota di minima regolazione di 364.75 m s.l.m.
- Consentire la risalita della fauna ittica

A parte la savanella laterale in sponda destra, la cui quota di fondo passa da 363.80 m s.l.m. in corrispondenza della nuova traversa a 363.25 m s.l.m. presso la traversa esistente, l'alveo non verrà abbassato tra la nuova traversa e quella esistente, ma semplicemente livellato omogeneizzando il fondo alla quota di 365.00 m s.l.m.

Rispetto al progetto a base gara, la quota della soletta superiore è stata alzata di 80 cm, portandola a 372.80 m s.l.m., con sotto trave ugualmente innalzato a 372.30 m s.l.m., ovvero al di sopra della quota di massimo vaso di 371.23 m s.l.m. (livello di massimo vaso previsto).

Il franco tra l'intradosso della soletta e la quota di massimo vaso è pertanto incrementato di 1.07 m.

A valle del nuovo sbarramento si conferma la protezione delle sponde mediante scogliere in massi del peso minimo di 2000 kg e, in sponda sinistra ove la corrente raggiungerà le maggiori velocità, superiormente, anche con materassi metallici tipo Reno Sp=25cm, riempiti con pietrame di media pezzatura, sormontati da georete intasata con terreno vegetale e fissata con ancoraggi su strato portante di base e terreno vegetale inerbito. La sponda sinistra verrà rialzata fino alla quota di sicurezza di 370.50 m s.l.m. (1.07 m superiore al livello massimo raggiunto in caso di piena con TR=200 anni – pari a 369.43 m s.l.m. - e superiore alla massima piena millenaria in tutti gli scenari già analizzati nel progetto definitivo, del quale si confermano i risultati).

A monte della traversa di progetto si conferma l'innalzamento della sponda sinistra fino alla quota di 372.00 m s.l.m. (superiore al massimo vaso previsto a 371.23 m s.l.m.); tale innalzamento si rende necessario per evitare l'aggrimento incontrollato dello sbarramento, durante le piene, attraverso le zone produttive ubicate a quote altimetricamente depresse. Sulla sommità della sponda verrà realizzato un camminamento ciclo-pedonale protetto mediante staccionate in legno. La sponda verrà protetta dal lato dell'alveo mediante una scogliera in massi del peso minimo di 2000 kg alla base e superiormente con materassi metallici tipo Reno Sp=25cm, riempiti con pietrame di media pezzatura, sormontati da georete intasata con terreno vegetale e fissata con ancoraggi su strato portante di base e terreno vegetale inerbito.

7.3.1 Obiettivi raggiunti

Le prestazioni idrauliche della nuova traversa restano di fatto immutate rispetto al progetto definitivo in quanto immutate sono le geometrie che determinano la scala di deflusso del manufatto, nel dettaglio:

- Quota di imposta del manufatto (livello della soglia) pari a 365.00 m s.l.m.;
- Larghezza delle luci, pari a 11.50 m
- Sommità sfiorante delle paratoie in condizioni di chiusura totale, pari a 368.00 m s.l.m. (quota di massima regolazione);
- Massima apertura delle paratoie, pari a 4.20 m
- Quote e forma della sezione fluviale nel tratto a valle della nuova traversa, con particolare riferimento alla pendenza dello stesso, pari a 0.

Pertanto, in ragione degli invarianti sopra esposti, si confermano le valutazioni svolte e contenute nel progetto definitivo relative alla scala di deflusso del nuovo manufatto ed alla sua capacità di esitare portata al variare del livello nel lago e del grado di apertura delle paratoie.

In particolare, la nuova traversa, in ragione della sua posizione (necessaria per garantire un'ubicazione esterna all'area di frana) e soprattutto avendo a valle del tratto di alveo a pendenza pressoché nulla fino alla traversa esistente, è soggetta ad un funzionamento idraulico del tipo luce a battente rigurgitata a partire da un grado di apertura delle paratoie di 2.20 m. Inoltre, considerando un livello di 368,00 m s.l.m. del lago (massima regolazione), la portata effluente, variabile in ragione del grado di apertura delle paratoie, raggiunge a paratoie completamente aperte i 130 m³/s.

Qualora si dovesse scaricare attraverso la nuova traversa l'intera portata di progetto (332 m³/s), sarebbe necessario un livello del lago pari a 372.17 m s.l.m.

Ne consegue che la galleria di by-pass è più efficiente della traversa, in quanto, come indicato nella relazione idrologico-idraulica e nella relazione del modello fisico,

riesce a scaricare la portata di progetto già per un livello del lago pari a 369.70 m s.l.m.

Come già suggerito nel progetto definitivo, al fine di limitare livelli elevati nel lago oltre alla corrente in Chiese e relativi possibili inneschi di dissesti, la nuova galleria di bypass si presta ad essere utilizzata non solo laddove si verificasse la temuta ostruzione dell'emissario del lago, ma anche quale regolatore più efficiente dei fenomeni di piena che investono il lago.

8 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO ESECUTIVO

8.1 Premesse

La nuova galleria di by-pass rappresenta il principale intervento per la messa in sicurezza idraulica del Lago, avendo come scopo primario l'evacuazione delle portate anche in caso di collasso di frana con ostruzione del fiume emissario.

Il tracciato si sviluppa in sponda orografica destra lungo circa 1316 m, l'imbocco è situato circa 180 m a nord-est dell'imbocco della galleria di svaso attuale, in Comune di Idro, lo sbocco è sito nel comune di Lavenone circa 460 metri a valle dello sbocco esistente.

L'opera risulta completamente esterna alla perimetrazione della frana in sinistra orografica.

La galleria può essere suddivisa in 3 manufatti:

- Opere di imbocco
- Galleria di by-pass
- Manufatto di scarico e restituzione al fiume Chiese.

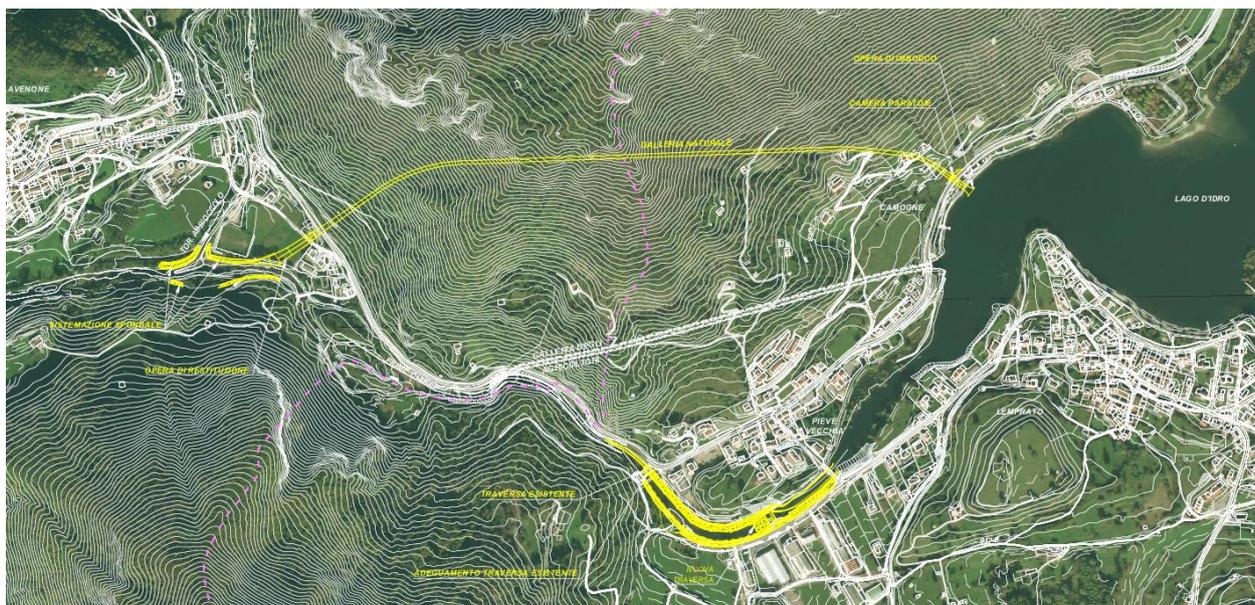


Figura 17 Planimetria delle opere su base ortofotografica

8.2 Opere di imbocco

8.2.1 Descrizione dell'opera e caratteristiche dimensionali

L'opera sarà costituita, procedendo da monte verso valle, dalle seguenti parti:

- Opera di presa con soglia di ingresso a lago sagomata idraulicamente per limitare le perdite di carico, con larghezza di 22 m e muri laterali di contenimento
- Manufatto di raccordo di tipo scatolare a doppio fornice, di sviluppo circa 32 m, con dimensioni di 4.50+4.50 m di larghezza e 4.50 m di altezza.

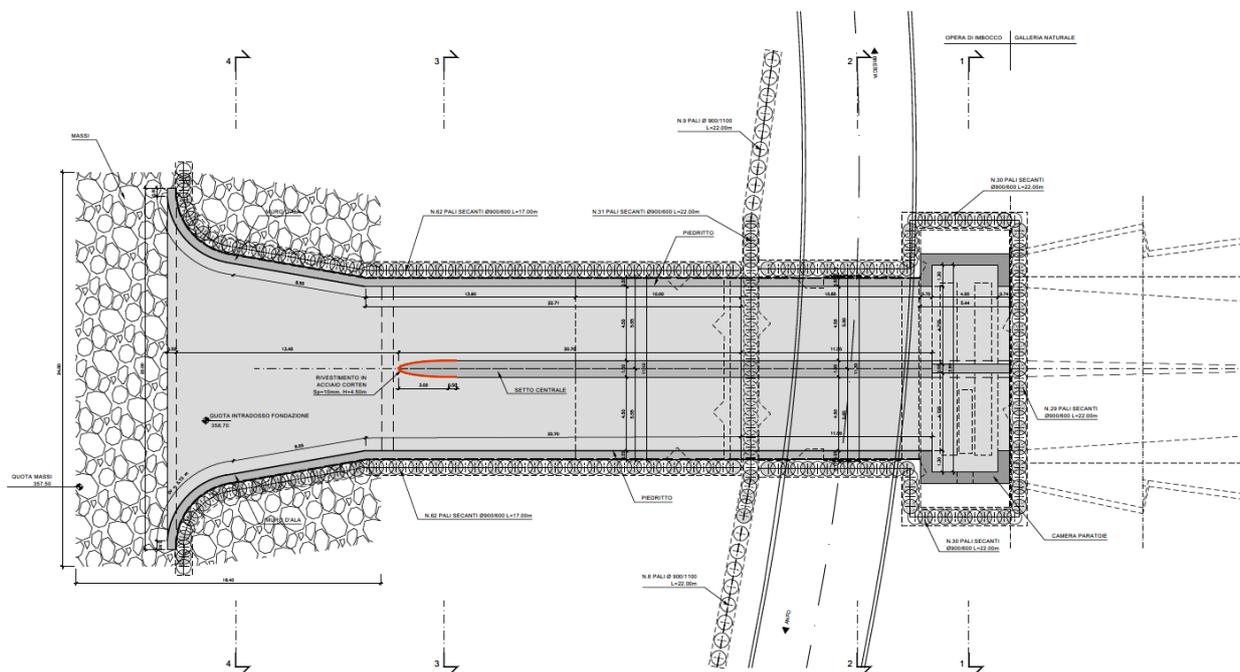


Figura 19. Planimetria del manufatto di imbocco

Per il corretto inserimento architettonico e naturalistico del manufatto si prevede:

- la realizzazione dei paramenti a vista in massi granitici, con caratteristiche visive simili ai muri di sostegno stradale già presenti in sito
- la finitura superiore del cordolo dell'imbocco a lago con lastre di granito
- la posa di staccionate in legno a protezione dell'imbocco
- il completo ripristino, a lavori ultimati, dell'area attrezzata a parco sulla riva del lago.

8.2.2 Opere provvisorie e fasi realizzative

La costruzione del manufatto di imbocco, della struttura scatolare fino alla camera paratoie e del primo tratto di galleria naturale lato lago, richiede la preliminare realizzazione di interventi di consolidamento ed impermeabilizzazione del fondo di scavo per consentire la costruzione in sicurezza delle opere in progetto.

Si precisa, come dettagliato in seguito, che per la realizzazione delle opere di imbocco lato Lago è necessaria una regolazione provvisoria massima del lago di +365.65m slm. Nelle fasi successive viene indicata una finestra tra le fasi di esecuzione, nella quale la regolazione è prevista. Al di fuori di questi termini, la regolazione massima è di +368m slm.

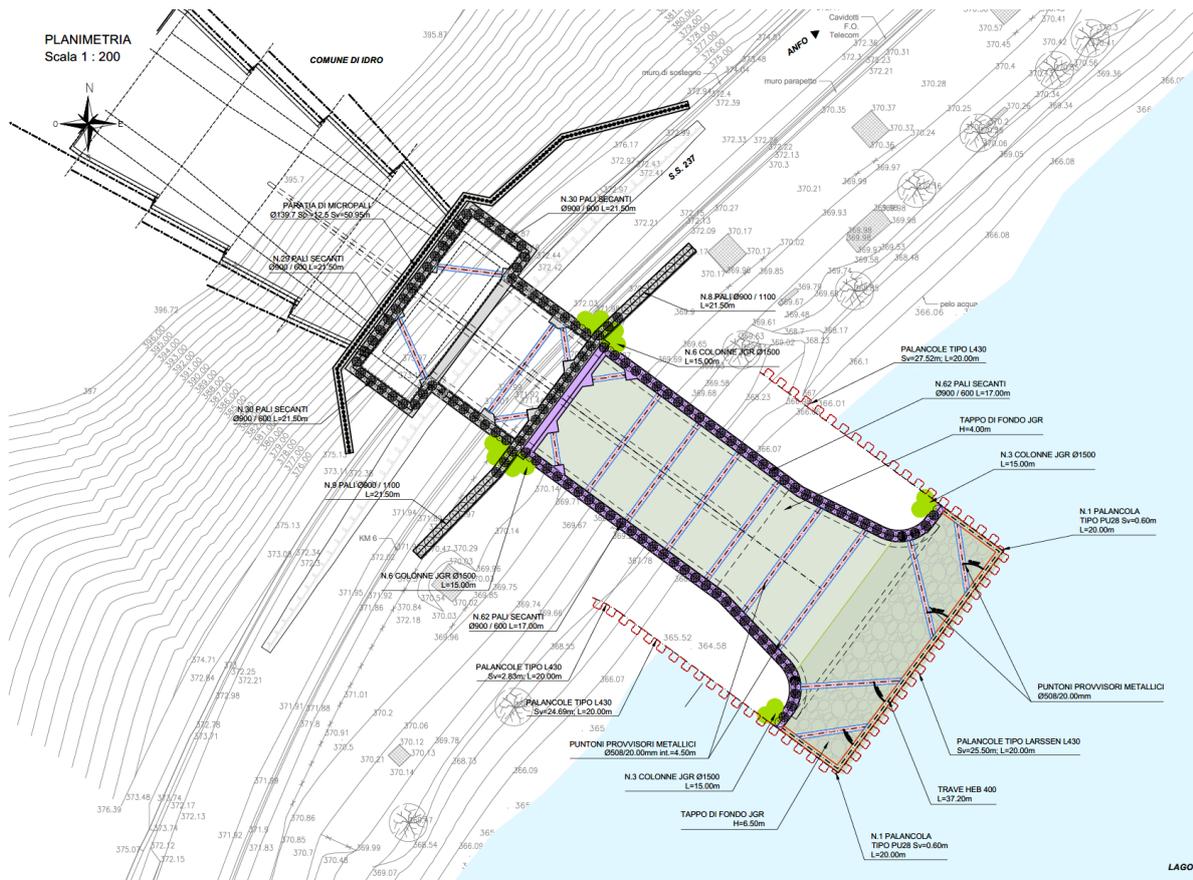


Figura 20 - Imbocco - Opere provvisorie - Planimetria di progetto

In particolare, si prevede la seguente successione di fasi realizzative.

1. Infissione di palancole tipo Larssen in corrispondenza della soglia di imbocco, per consentire la realizzazione della stessa, situata sotto il livello della minima regolazione del lago in fase esecutiva.
2. Rinterro e riprofilatura del terreno interno alle palancole e creazione del piano di lavoro necessario per l'esecuzione delle paratie di pali Ø 900mm con interasse 600 ÷ 1100 mm per il sostegno delle terre, al fine di consentire l'esecuzione degli scavi necessari per costruire il tratto iniziale del manufatto di raccordo (tratto di presa), con il sistema cut and cover. Esecuzione paratia di pali Ø 900mm con interasse 600 ÷ 1100 mm
3. Realizzazione trave di coronamento.
4. Regolazione lago q.ta +365.65m slm e scavo fino a q.ta 365.90m slm. Realizzazione paratie laterali Ø 900mm con interasse 600mm
5. Realizzazione di un tampone di fondo mediante trattamento colonnare in jet grouting per consentire la realizzazione in sicurezza degli scavi sotto battente idraulico. Posa impermeabilizzazione e strato di spritz-beton sulla paratia frontale (in corrispondenza della nuova veletta). Realizzazione trave di coronamento
6. Installazione puntoni metallici e raggiungimento del fondo scavo fino a q.ta +358.60m slm. Completamento della posa dell'impermeabilizzazione e spritz-beton sulla paratia frontale
7. Realizzazione della galleria artificiale con rimozione puntoni interferenti, inclusa l'esecuzione della controparete tra la trave di testa e lo scatolare

8. Deviazione provvisoria della strada S.S.237 e dei relativi sottoservizi, realizzazione consolidamenti a tergo della paratia in pali della camera paratoie (Campo 1, tratto convergente galleri naturale)
9. Fine vincolo di regolazione quota lago (max q.ta +368m slm). Messa in opera di muri di sostegno prefabbricati a monte della strada, per costruire la pista di cantiere ed il piano di lavoro funzionali alla realizzazione della berlinese tirantata di micropali di monte. Realizzazione berlinese di micropali. Quest'ultima costituisce l'opera di sostegno provvisoria per consentire la costruzione del muro di sostegno definitivo, del fabbricato paratoie e della relativa piazzola di accesso.
10. Raggiungimento del fondo scavo a q.ta +371.90m slm e contestuale rimozione dei muri prefabbricati provvisori.
11. Costruzione di un pozzo mediante esecuzione di paratie di pali accostati per l'alloggiamento della camera paratoie.
12. Realizzazione di un tampone di fondo mediante trattamento colonnare in jet grouting per consentire la realizzazione in sicurezza degli scavi sotto battente idraulico. Esecuzione trave di coronamento paratie pozzo.
13. Lo scavo viene eseguito attraverso ribassi successivi e installazione di due ordini di puntoni metallici. Completamento dello scavo fino a q.ta +358.60m slm
14. Esecuzione consolidamenti al contorno e presostegno con infilaggi metallici del camerone convergente (Campo 1), successiva realizzazione dima d'attacco.
15. Scavo Campo1 e consolidamento Campo 2
16. Completamento scavo e consolidamento fino Campo 4. Getto Murette e arco rovescio
17. Completamento dello scavo della galleria naturale (direzione Lavenone). Getto rivestimento definitivo, e impermeabilizzazione (Campo 1,2,3,4).
18. Demolizione parziale della dima e realizzazione camera paratoie e scatolare adiacente (Lato Lago) inclusa l'installazione degli organi di regolazione delle paratoie. Completamento del layout idraulico interno al tratto convergente
19. Regolazione q.ta lago +365.65 m slm. Demolizione parziale paratia di pali in corrispondenza dello scatolare e getto di completamento galleria artificiale.
20. Rimozione palancole e fine del vincolo di regolazione q.ta lago. Realizzazione muri definitivi piazzale e sistemazione finale piazzale.
21. Lavori di completamento e finitura con ripristino della S.S.237

conformazione geologica di volta in volta interessata e della presenza della falda, legata alla quota di invaso del lago.

La tratta iniziale in corrispondenza dell'imbocco, estesa per circa 150m, si sviluppa attraverso materiale detritico con coperture variabili da 10 a 70m, è completamente immersa in falda ed è caratterizzata da sezioni che prevedono la realizzazione di interventi di consolidamento ed impermeabilizzazione per consentire lo scavo in sicurezza della galleria stessa.

La restante parte della galleria, che si sviluppa in formazioni rocciose, verrà realizzata con tecniche tradizionali che comprendono l'utilizzo di microcariche di esplosivo, infilaggi, chiodature, ancoraggi del fronte con VTR e la realizzazione di pre-rivestimento mediante centine metalliche e spritz beton.

8.4 Manufatto di restituzione

8.4.1 Descrizione dell'opera e caratteristiche dimensionali

Lo sbocco in alveo del Chiese avviene tramite un manufatto in cemento armato avente due luci di passaggio separate da un setto centrale; il manufatto ha una lunghezza pari a circa 79 m e viene realizzato in artificiale e quindi totalmente ricoperto di terreno per mitigarne l'impatto ambientale.

Al termine dello stesso è previsto un manufatto diffusore, lungo circa 54 m, realizzato in parte con una struttura a U" in c.a. e nella parte finale, verso il Chiese, con la costruzione di muri laterali in c.a. ed il rivestimento del fondo con massi.

Si prevede inoltre di realizzare una protezione delle sponde del Chiese, con scogliere in massi, in corrispondenza dell'intero tratto tra il manufatto di restituzione e la confluenza con il Rio Abbioccolo.

L'area di cantiere, a lavori ultimati, verrà ricomposta morfologicamente mediante riporto di terreno vegetale ed inerbimento delle superfici manomesse.



Figura 22. Planimetria manufatto di restituzione

8.4.2 Fasi e metodologie costruttive

Il primo tratto del manufatto di restituzione, a partire dallo sbocco della galleria, sarà coperto e verrà realizzato con scavo "a cielo aperto" e costruzione di manufatto interno in c.a. In corrispondenza dello sbocco della galleria naturale, in considerazione delle risultanze delle indagini geologiche integrative che hanno evidenziato affioramenti di arenarie, verrà realizzata una paratia tipo berlinese. Il secondo tratto sarà invece scoperto e prevede per una parte la realizzazione di una struttura a U" in c.a. e per la parte finale, verso il Chiese, la costruzione di muri laterali in c.a. ed il rivestimento del fondo con massi.

Lo sbocco in alveo del Chiese avviene tramite un manufatto scatolare in cemento armato avente due luci di passaggio pari a $5.59 \div 8.60 \times 4.50$ m con area trasversale complessiva di $66.2 \div 87$ m², il manufatto ha una lunghezza pari a circa 79 m e viene realizzato in artificiale e quindi totalmente ricoperto di terreno per mitigarne l'impatto.

Al termine dello stesso è previsto un diffusore realizzato mediante due muri d'ala e un fondo in massi cementati. Per garantire un corretto invito della corrente proveniente dalla galleria verso il fiume Chiese si prevede la curvatura della parete destra e del setto centrale del manufatto interrato.

Il flusso viene così indirizzato verso l'asse del fiume limitando i fenomeni di erosione in sponda sinistra.

Si prevede comunque una protezione delle sponde del Chiese, con scogliere in massi, in corrispondenza dell'intero nodo tra sbocco della galleria, Chiese e confluenza con il Rio Abbioccolo.

Per un corretto inserimento ambientale delle opere si prevede il totale interrimento del manufatto di scarico ed il rivestimento dei muri a vista dello sbocco in Chiese mediante paramento in pietrame granitico.

Per la protezione contro il vuoto si prevede la posa in opera di staccionate in legno che si armonizzano nel contesto ambientale.

L'area di cantiere, a lavori ultimati, verrà ricomposta morfologicamente mediante riporto di terreno vegetale ed inerbimento delle superfici compromesse.

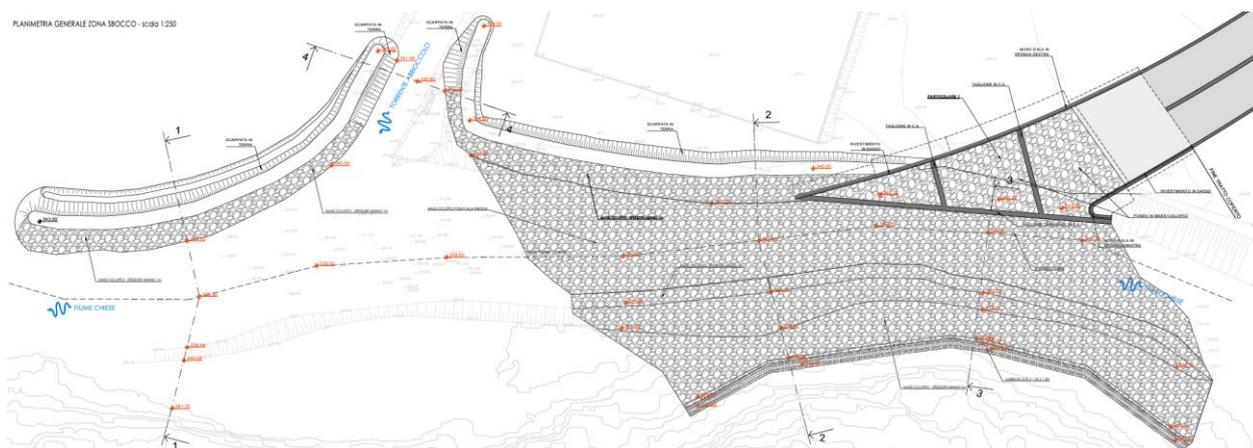


Figura 23: planimetria opere di restituzione e di protezione confluenza galleria di by-pass / Chiese

In corrispondenza del canale di restituzione della galleria, la presenza di alcune abitazioni, nonché la volontà di limitare i volumi di scavo, benché provvisori, ha portato a prevedere la realizzazione della prima parte del canale all'interno di uno scavo sostenuto da paratie di pali $\Phi 800/600$ di lunghezza pari a 14.70m.

La parte terminale del canale sarà invece realizzata all'interno di scavi di sbancamento con pendenza 3 (h) su 2 (v).

La pista di accesso al cantiere della galleria naturale, nonché i piani di posa necessari per la realizzazione dei diaframmi saranno realizzati utilizzando materiale proveniente dai primi scavi di sbancamento nel tratto finale del canale di restituzione.

Per la realizzazione dell'opera si prevede di procedere con le seguenti fasi costruttive:

1. Pre-scavo e realizzazione della pista di accesso al cantiere dalla S.S. 237
2. Realizzazione micropali a cavalletto e paratia di pali (fase 1) nell'area non interferente con Via Marconi
3. Spostamento sottoservizi al di sopra delle travi di coronamento realizzate, con struttura di sostegno provvisoria
4. Realizzazione paratia di pali di completamento (fase 2).
5. Completamento tiranti e scavi.
6. Posizionamento dima di attacco e realizzazione galleria da valle verso monte
7. Realizzazione opere in c.a. e difese di sponda
8. Rimozione pista provvisoria e ripristini morfologici ed ambientali.

8.5 Nuova traversa e sistemazioni in alveo

8.5.1 Descrizione dell'opera e caratteristiche dimensionali

La nuova traversa per la regolazione del lago d'Idro sarà di tipo mobile, dotata di due paratoie principali a settore oltre a una paratoia minore piana per la gestione del DMV, e sarà ubicata al termine meridionale del lago, circa 150 m a valle dell'attuale ponte d'Idro e circa 300 m a monte dell'attuale traversa.

La traversa è costituita da una struttura massiccia in cemento armato munita di platea e muri d'ala verticali, con pila centrale che delimita le due luci di efflusso principali larghe, ciascuna, 11,5 m.

La quota del coronamento è pari a 372.80 m s.l.m. (alzandola di 80 cm rispetto il progetto definitivo), portando quindi il sottotrave a quota 372.30 m s.l.m., ovvero al di sopra della quota di massimo invaso di 371.23 m s.l.m. (livello di massimo invaso previsto).

Tra la sponda e il muro d'ala in destra è ricavata una luce minore di efflusso, di dimensioni 4,5 x 1,55 m, per il rilascio del DMV. A detta luce minore è affiancata la scala per la risalita delle specie ittiche, in grado di funzionare per ogni livello del lago compreso tra le quote 364,75 m s.l.m. e 368,0 m s.l.m.

In considerazione dei risultati delle indagini geologiche integrative condotte, che hanno confermato che il piano della nuova traversa verrà realizzato prevalentemente su materasso di terreno alluvionale, a tutela delle problematiche legate al sifonamento dell'opera, verrà realizzata al di sotto della traversa una barriera impermeabile costituita da pali secanti in calcestruzzo.

In corrispondenza della luce minore, a valle della traversa, verrà realizzata una savanella rivestita in massi conformata e dimensionata per:

- consentire il passaggio di una portata pari al doppio del minimo deflusso vitale con un livello del lago pari alla minima regolazione;
- consentire la risalita della fauna ittica, intervallando in sponda sinistra e sponda destra delle nicchie di ristagno della corrente, adeguate alle soste dei pesci in fase di migrazione.

A parte la savanella laterale in sponda destra, l'alveo non verrà abbassato tra la nuova traversa e quella esistente, ma semplicemente livellato regolarizzando il fondo alla quota di 365.00 m s.l.m.

A valle del nuovo sbarramento le sponde verranno protette mediante scogliere in massi e, in sponda sinistra, ove la corrente raggiungerà le maggiori velocità, anche superiormente con materassi tipo Reno sormontati da geostuoia tridimensionale e terreno vegetale inerbito. La sponda sinistra verrà rialzata fino alla quota di sicurezza di 370.50 m s.l.m, superiore alla massima piena millenaria. Sulla sommità della sponda verrà realizzato un camminamento ciclo-pedonale protetto mediante staccionate in legno e metalliche, rispettivamente sul lato fiume e su quella strada.

Il nuovo sbarramento si inserisce tra due infrastrutture preesistenti:

- il ponte di Idro a monte
- la traversa di sbarramento attuale a valle.

Il ponte storico di Idro (unico accesso alla sponda sinistra del lago e al maggiore centro abitato), presenta una quota di intradosso (sotto trave) di 371.50 m s.l.m.

Lo sbarramento esistente (che non potrà essere demolito per non innescare disastrosi fenomeni di dissesto del pendio in frana in sinistra orografica), presenta un sotto trave di 370.95 m s.l.m.

A monte della traversa di progetto si prevede l'innalzamento della sponda sinistra fino alla quota di 372.00 m s.l.m (superiore alla massima piena millenaria); tale innalzamento si rende necessario per evitare l'aggrimento

incontrollato dello sbarramento, durante le piene, attraverso le zone produttive ubicate a quote altimetricamente depresse. Sulla sommità della sponda verrà realizzato un camminamento ciclo-pedonale protetto mediante staccionate in legno e metalliche, rispettivamente sul lato fiume e su quella strada. La sponda verrà protetta dal lato dell'alveo mediante una scogliera in massi alla base e superiormente con materassi tipo Reno sormontati da geostuoia tridimensionale e terreno vegetale inerbito.

A completamento dell'opera, si prevede a monte dello sbarramento di progetto, un abbassamento dell'alveo lacustre fino alla quota di 364.00 m s.lm, al fine di garantire anche con il livello minimo di regolazione di 364.75 m s.lm, un tirante minimo e di conseguenza un "effetto lago" con basse velocità di corrente.

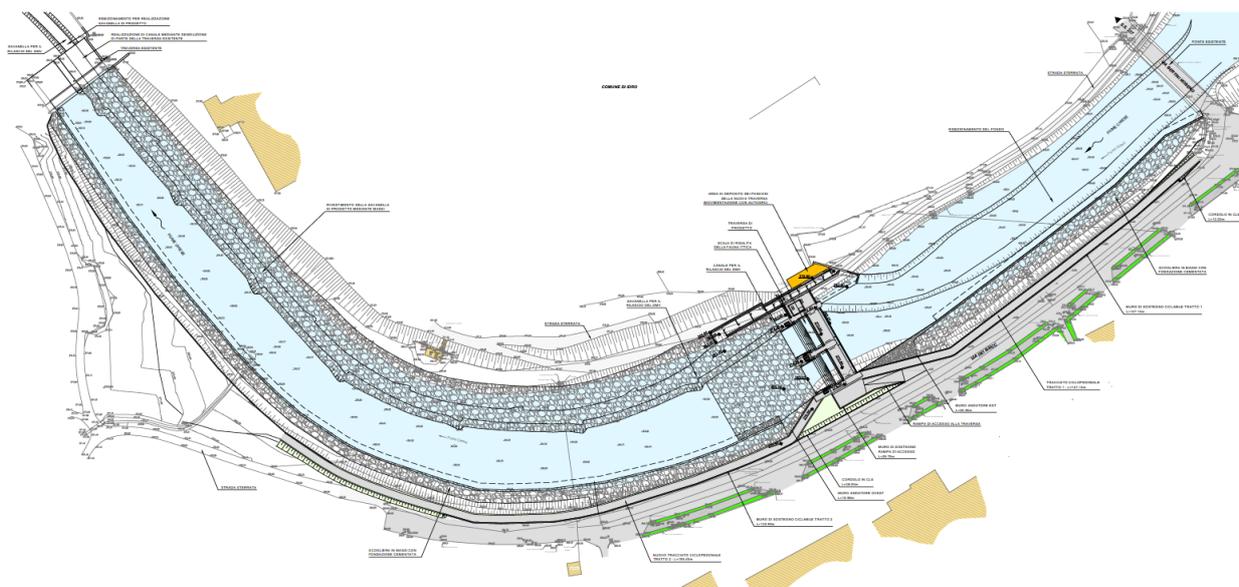


Figura 24 Planimetria nuova traversa e sistemazione alveo Fiume Chiese

8.5.2 Fasi e metodologie costruttive

Le opere d'arte costituenti la nuova traversa e l'adeguamento delle sponde del f. Chiese saranno eseguite previa realizzazione di scavi di sbancamento. Si prevede la realizzazione di due guadi provvisori e di un argine in terra che funga da tura provvisoria e consenta la segregazione dell'area di cantiere all'interno dell'alveo.

Per la realizzazione dell'opera si prevede dunque di procedere con le seguenti fasi costruttive, illustrate graficamente nell'elaborato "Fasi esecutive: planimetria e sezioni":

1. Recinzione area di cantiere.
2. Realizzazione rampa di accesso in sponda sx.
3. Formazione di isola all'interno dell'alveo con l'esecuzione di sbancamento della sponda sx, tura provvisoria e formazione piano di lavoro alla quota di 366.00 m s.l.m..
4. Esecuzione di n°49 pali secanti Ø 900/700 della barriera idraulica.
5. Allargamento e riprofilatura argine, smantellamento pista provvisoria e ri-modellazione isola di lavoro in sponda sx.
6. Canalizzazione provvisoria fiume Chiese.

7. Realizzazione nuova rampa di accesso in sponda sx.
8. Ampliamento isola di lavoro all'interno dell'alveo con esecuzione di sbancamento della sponda dx e formazione piano di lavoro alla quota di 366.00 m s.l.m..
9. Completamento della barriera idraulica mediante la realizzazione dei restanti 65 pali secanti Ø 900/700.
10. Esecuzione tura provvisoria di monte e di valle della nuova traversa.
11. Realizzazione del guado di valle con canalizzazione provvisoria fiume Chiese.
12. Realizzazione di bauletto di protezione del metanodotto in sponda dx.
13. Esecuzione scavo di sbancamento in sponda dx per realizzazione parte della traversa.
14. Realizzazione fondazione ed elevazione della scala pesci, DMV, pila "A" e parte della soletta.
15. Realizzazione savanella di monte e di valle, riprofilatura arginatura, posa massi di sponda e di fondo DMV.
16. Taglio platea della traversa esistente per consentire lo scarico dell'acqua e realizzazione savanella a valle della traversa esistente.
17. Smantellamento parziale guado e completamento della savanella e arginatura.
18. Smantellamento parziale della tura provvisoria a monte della nuova traversa per consentire il convogliamento del fiume Chiese nel nuovo assetto.
19. Smantellamento guado di valle e realizzazione nuova rampa provvisoria in sponda sx.
20. Rimozione pista di accesso e tubazioni provvisorie, successivo scavo di sbancamento in sponda sx; Completamento opere della traversa (fondazione ed elevazione pile "B e C", muri andatori, soletta e posa paratoie).
21. Realizzazione soletta di fondazione a protezione del metanodotto in sponda sx.
22. Riprofilatura argini, posa massi in sponda sx e sul fondo a valle della nuova traversa.
23. Rimozione tura provvisoria e completamento della savanella a monte della nuova traversa.
24. Smantellamento pista provvisoria con successivo completamento dell'arginatura e rivestimento in sponda sx.
25. Realizzazione nuovo pista ciclopedonale.
26. Posa paratoie, realizzazione cabina di controllo e altre opere di finitura.
27. Rimozione recinzione di cantiere.

8.6 Opere di adeguamento della traversa di sbarramento esistente

Il manufatto esistente è in calcestruzzo armato con fondazione diretta a platea.

Gli interventi oggetto hanno come obiettivo la realizzazione di un canale (o savanella) di larghezza netta 4.5m e altezza netta 1.75m, all'interno di una delle due luci della traversa esistente, ubicata a valle della nuova traversa prevista in progetto per la regolazione del livello del lago (coordinate geografiche traversa esistente: Lat. = 45°,73343; Long.=10°,45453).

L'opera esistente si trova all'interno dell'area a rischio idrogeologico molto elevato (L.267/98).

La perimetrazione del dissesto riportata nei documenti di monitoraggio periodico di ARPA Lombardia evidenzia come la traversa si trovi all'interno dell'area in dissesto perimetrazione zona 2.

I dati di monitoraggio disponibili confermano lo stato di attività del dissesto in prossimità della spalla sx della traversa esistente: la verticale inclinometrica IN81DR, con quota di testa a 372 m s.m., evidenzia una superficie di scivolamento a circa 12.0m da testa foro (360.0 m s.m.) con risultante di scorrimento di 6.8mm direzione ENE cumulata dal 19/11/2020 al 16/11/2021, e cumulata totale di spostamento di circa 120mm dall'installazione dello strumento a febbraio 2008 (velocità media sull'intero periodo di circa 9mm/anno).

Anche le misure di controllo GPS (strumento GPS4, posto circa 70m a valle della traversa) confermano lo stato di attività del dissesto, con spostamento superficiale cumulato di 17.8mm nell'ultimo anno di misura.

Gli interventi prevedono la sequenza costruttiva e le opere necessarie a garantire il mantenimento delle attuali condizioni di stabilità della traversa anche in considerazione delle spinte derivanti dalla presenza di un corpo frana che insiste sul versante in sinistra idrografica del fiume Chiese.

Le sequenze costruttive e opere previste sono le seguenti:

- o Realizzazione, a partire dalla soletta esistente, di doppia paratia di micropali di diametro ϕ 220 mm passo 300 mm di lunghezza 6.00 m, armate con profili tubolari in acciaio S355 ϕ 168.3/12.5 mm;
- o Realizzazione di cordoli di testa in c.a. di dimensioni m 0.50 x 0.70;
- o Parziale demolizione della soletta di fondo esistente;
- o Installazione di puntoni metallici di diametro ϕ 419/10 mm ad una distanza di 0.4 m dall'estradosso dei cordoli dei micropali, ancorati ai cordoli stessi;
- o Realizzazione getti di riempimento a tergo del cordolo di testa della berlinese (porzione di valle) per realizzazione piano a quota 365.0 m s.m.
- o Completamento della demolizione della soletta di fondo esistente nella porzione compresa tra le due paratie di micropali;
- o Realizzazione di nuovo solettone di fondo di spessore 1.00 m ed esecuzione di nuove fodere (muri) laterali di spessore 0.50 m a ridosso dei micropali, ancorati alla struttura esistente mediante inghisaggi in barre B450C ϕ 24mm.

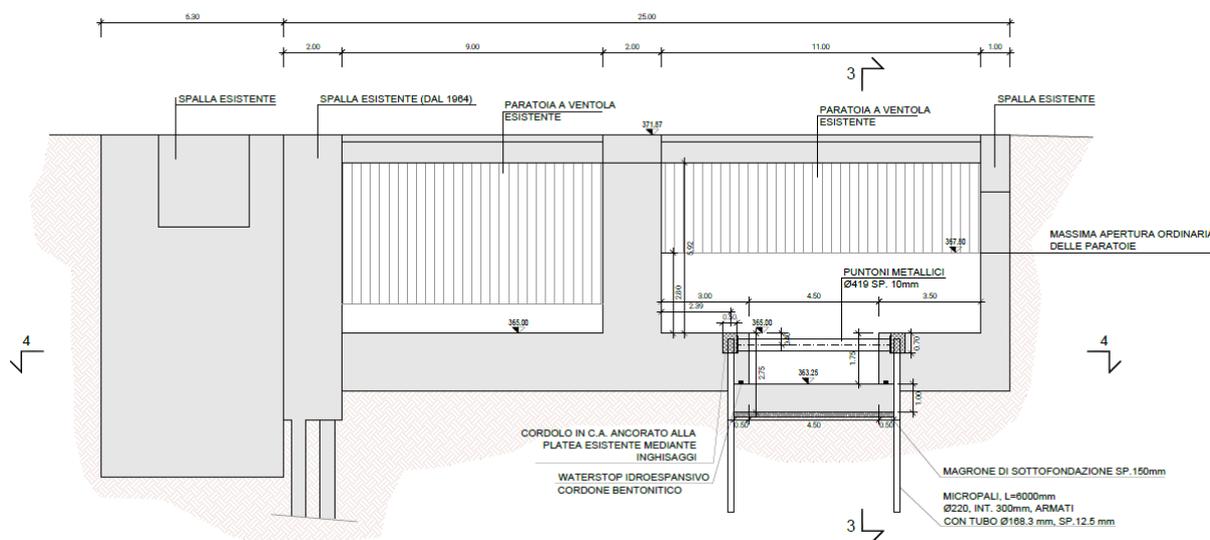


Figura 25 Planimetria nuova traversa e sistemazione alveo Fiume Chiese

Quando la nuova traversa sarà stata completata, si provvederà infine alla rimozione delle paratoie a settore e delle relative cabine di comando.

8.7 Opere di messa fuori servizio della galleria degli agricoltori

Ad ultimazione dei lavori di progetto si prevede la chiusura definitiva dell'imbocco e dello sbocco della galleria esistente degli agricoltori e la sua messa in sicurezza.

Nell'ambito della progettazione è stata valutata la proposta di provvedere al riempimento della galleria con "materiale idoneo" come richiesto. Tuttavia, l'ipotesi è stata considerata non idonea ed, anzi potenzialmente peggiorativa delle condizioni di sicurezza del cavo. Infatti, il processo deformativo che, nonostante gli interventi del 2004, ha provocato lo sfornellamento e la formazione di un sink-hole sino alla superficie nel 2007 sono stati causati dalla formazione di cavità carsiche all'interno delle formazioni evaporitiche che soggiacciono al tratto di galleria interessato dalle deformazioni. Dai monitoraggi eseguiti periodicamente fino ad oggi, si evidenzia un costante abbassamento dell'asse della galleria, nel tratto sopraccitato: il cedimento massimo, rispetto alla misura iniziale, ha raggiunto i 46,82 cm e l'incremento medio mensile, nel secondo semestre 2021, si è attestato a circa 1,85 mm. In queste condizioni si ritiene che il sovraccarico dovuto al ritombamento del cavo sarebbe stato potenzialmente peggiorativo rispetto a soluzioni di rinforzo e stabilizzazione strutturale.

Il progetto proposto prevede la realizzazione di un anello di rinforzo in c.a. armato all'interno del rivestimento esistente per una lunghezza di 90 m lasciando un'apposita apertura alla base in modo da dare libero accesso all'acqua di risalita in modo da evitare di modificare la circolazione idrica naturale, cosa che si verificherebbe col ritombamento del cavo.



Figura 26 – Risalita d' acqua al fondo della galleria (2004)

Per la chiusura dell'imbocco si prevedono le seguenti fasi esecutive:

1. Spostamento panconi metallici presenti all'imbocco della galleria per consentire la chiusura della zona di imbocco;
2. Aggottamento dell'acqua interna all'area di cantiere;
3. Esecuzione inghisaggi di ancoraggio e posa di waterstop;
4. Realizzazione setto in c.a. di chiusura galleria esistente;
5. Rimozione panconi metallici e riposizionamento.

Per lo sbocco si è previsto di chiudere l'accesso mediante un grigliato in acciaio con telaio di forma circolare, di 6 m di diametro, completo di cancello pedonale L 1 m x H 2.2 m, con barre verticali in acciaio F 30 mm e interasse tra le stesse non superiore a 0.17 m. Questo sistema permetterà l'accesso per ispezione e per consentire un agevole deflusso delle acque di filtrazione.

8.8 Sistemazione ambientale e opere a verde

L'opera in progetto consiste principalmente nella realizzazione di una galleria idraulica per il trasporto delle portate in uscita dal lago d'Idro e di una nuova traversa per la regolazione del fiume Chiese.

Le sistemazioni ambientali e le opere a verde interessano le aree dei cantieri operativi puntuali:

- cantiere operativo zona di imbocco galleria;
- cantiere operativo zona di sbocco galleria;
- cantiere operativo zona nuova traversa;

nonché il tratto del fiume Chiese compreso tra la vecchia traversa e lo sbocco della galleria, per quanto riguarda gli interventi legati alle opere di de-frammentazione per la fauna ittica.

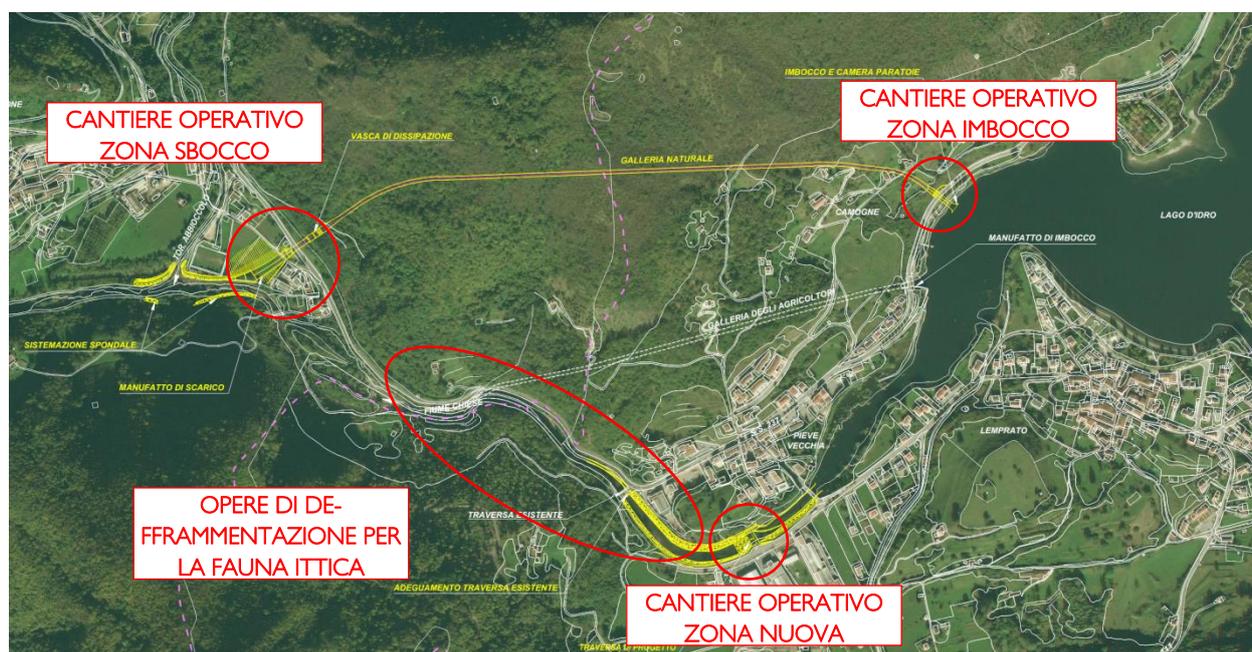


Figura 27 Inquadramento aree di cantiere su ortofoto

Nel seguito vengono descritti gli interventi di sistemazione ambientale e delle opere a verde e presentate singolarmente le diverse aree.

8.8.1 Descrizione degli interventi

Gli interventi di progetto verranno realizzati nei comuni di Lavenone e Idro (BS) nella zona sud del Lago d'Idro e nel primo chilometro del suo emissario Fiume Chiese (area di intervento).

Durante le fasi di cantiere per la realizzazione delle opere, tuttavia, per l'abbassamento dei livelli nel lago legato a necessità operative, il contesto paesaggistico che verrà potenzialmente interessato dagli interventi di progetto riguarderà l'intero perimetro lacuale (area vasta). Nel seguito si forniranno pertanto le necessarie descrizioni del contesto paesaggistico per l'intero sistema del lago d'Idro e quindi si entrerà maggiormente nel dettaglio per la descrizione del paesaggio nell'area di intervento.

Le sistemazioni con opere a verde consistono nella realizzazione di interventi diversificati in funzione delle tipologie costruttive previste dal progetto, dalle funzioni ambientali assegnate alle strutture vegetali e dalle condizioni ambientali di inserimento.

Gli interventi a verde possono essere realizzati sia attraverso l'impiego di moduli di impianto semplici sia dalla combinazione di moduli base scelti in funzione delle aree da impiantare.

Ciascuna tipologia è rappresentata nella tavola PE-000-AMB-SA-006-DT, mentre per l'esatta ubicazione dei vari interventi rispetto all'infrastruttura e alle altre pertinenze, si dovrà fare riferimento alla Planimetria generale. Il progetto si compone di una Planimetria della vegetazione ante operam dove sono individuati i principali vegetazionali presenti.

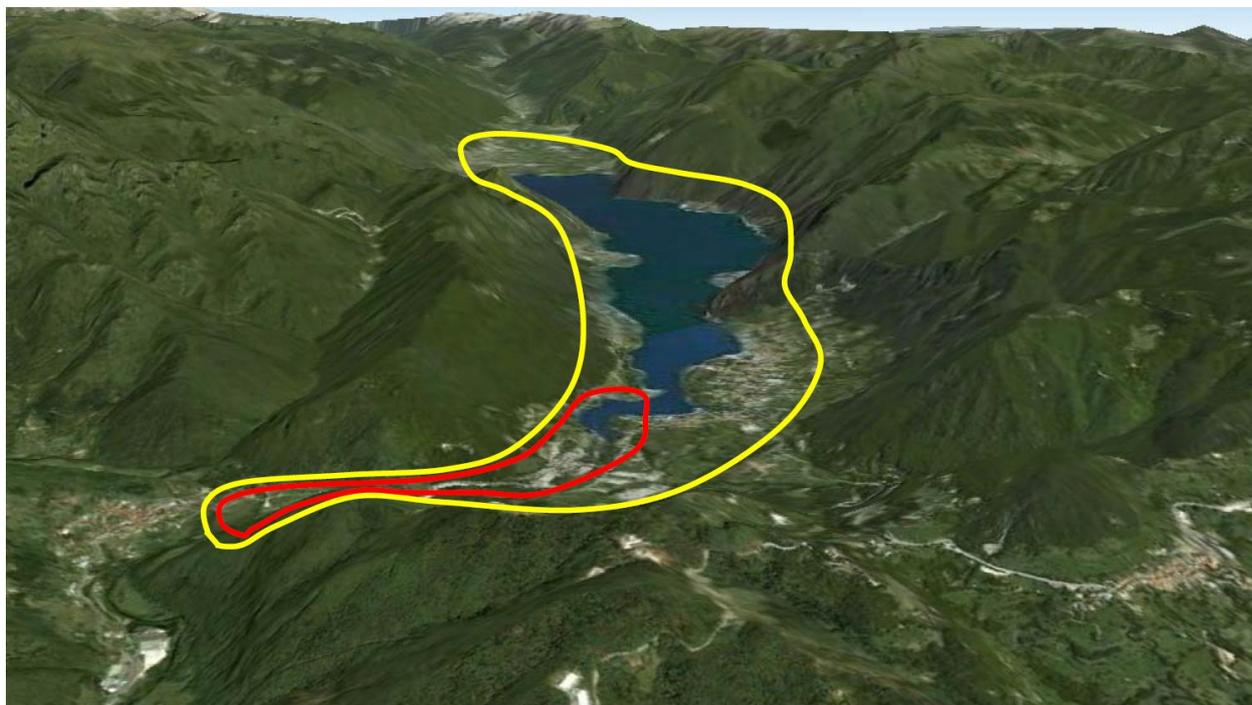


Figura 28 Contesto dell'area di intervento (in rosso) e dell'area vasta di studio (in giallo)

8.8.2 Aspetti vegetazionali

L'area di studio si colloca nell'ambito della regione forestale esalpica centro-orientale esterna che comprende i primi rilievi prealpini che si succedono alla fascia collinare dove prevalgono nettamente le latifoglie anche se non mancano formazioni di conifere costituite prevalentemente da pinete di pino silvestre. Gli abeti, pur talvolta presenti, sono assai spesso introdotti dall'uomo anche se successivamente possono essersi diffusi spontaneamente. Questi, rispetto a quelli presenti nella regione mesalpica, si caratterizzano per una rapida crescita ed un invecchiamento precoce.

In particolare nella regione esalpica interna, che prosegue anche nel Vento e in Friuli- Venezia Giulia, si sviluppa in un'area dove si incontrano substrati di tipo carbonatico, la cui reazione si riflette, in diversa misura, sulle tipologie di copertura forestale che caratterizzano i soprassuoli boscati presenti che sono caratterizzati dalla presenza, nell'orizzonte submontano, dei querceti di roverella e degli orno ostrieti governati a ceduo

matricinato composti da roverella, carpino nero, frassino ornello, nocciolo tipici di un substrato calcareo con poco suolo e poca disponibilità d'acqua. Nei versanti più freschi troviamo il castagneto dei substrati carbonatici, mentre nelle aree più pianeggianti e "degradate" compaiono i corileti. Nelle situazioni a minore evoluzione edafica, delle pinete di pino silvestre e in quelle più favorevoli, ma assai rare, soprattutto di impluvio, dagli aceri frassinetti.

Nell'orizzonte montano ed altimontano dominano invece nettamente le faggete che trovano in questo ambiente le condizioni ottimali di sviluppo che, nelle stazioni più fresche, lascia lo spazio alla pecceta, a quote intorno ai 1200 m s.l.m., mescolandosi poi, limite della vegetazione arborea, con il larice.

Dal punto di vista della vegetazione, componente naturalistica essenziale per la configurazione del paesaggio, le rive del Lago d'Idro possono essere ricondotte sostanzialmente alle seguenti situazioni:

- Versanti

Si tratta delle situazioni in cui il soprasuolo forestale che copre i versanti si spinge fino alle rive. Le tipologie forestali che caratterizzano i versanti sono rappresentate tipicamente dagli orno-ostrieti nei quali, dove le condizioni edafiche più fresche ovvero nella parte più settentrionale e esposta ad ovest del lago, subentra il faggio. La presenza del faggio con l'aumentare della quota si fa sempre più significativa fino a divenire la specie dominante determinando il passaggio ad una tipologia inquadrabile nella faggeta submontana dei suoli dei suoli carbonatici.

Dove i terreni sono meno evoluti e la disponibilità idrica è minore, come avviene nella parte mediana del lago sul versante esposto ad ovest, nel soprasuolo forestale diventa dominante il pino silvestre che forma delle pinete pure. Queste formazioni non si trovano però mai nella parte basale del versante, ossia in prossimità del lago, in quanto la maggiore disponibilità idrica favorisce decisamente le specie tipiche dell'orno-ostrieto che sostituiscono il pino silvestre.

- Fasce ripariali

In alcuni tratti, dove la riva degrada dolcemente verso il lago e al piede delle rive, si trovano spesso delle formazioni ripariali dove è molto diffuso *Salix alba*, a cui si accompagna il *Populus alba* che occupa aree più pianeggianti e sottoposte a periodi di sommersione più brevi.

Per lunghi tratti, soprattutto in corrispondenza dei centri abitati e delle aree attrezzate per la fruizione turistica, le rive risultano inerbite a formare dei prati polifiti, sottoposti a taglio periodico, ottenuti mediante la semina di miscugli commerciali di sementi per prato con dominanza di *Lilium* e *Poa pratensis*. Queste formazioni erbacee non presentano, da un punto di vista ecologico e floristico, alcun interesse. Spesso sul ciglio superiore delle rive inerbite, anche in ragione della funzione ornamentale di questi tratti di sponda lacuale, si trovano dei filari di piante arboree di diverse specie, anche se in genere è stato utilizzato il tiglio.

- Canneti

Tali formazioni, composte quasi esclusivamente da *Phragmites australis*, si sono formate nei tratti dove la riva degrada più dolcemente verso il lago. Tale situazione si ritrova principalmente nella parte settentrionale del lago e, più localmente, nelle anse di immissione degli affluenti laterali. Già legati ad un precario equilibrio tra periodi di sommersione e asciutta la presenza e diffusione dei canneti risulta anche influenzata dagli interventi di regolazione dei livelli lacuali. Non potendo arretrare per la presenza di bosco e di versanti spesso acclivi, l'eccessiva sommersione determina un graduale assottigliamento della fascia da essi colonizzabile. D'altro canto un periodo eccessivamente prolungato (alcune stagioni) di livelli bassi favorisce l'insediamento di vegetazione arborea arbustiva interna al canneto con progressivo imboschimento delle aree.

8.8.3 Area di imbocco

Con riferimento alla tavola PE-000-AMB-SA-003-PL, in questo settore si prevedono, oltre a conclusione delle operazioni di completa rimozione del cantiere e relativi apprestamenti e servizi, i seguenti interventi:

- Ricostituzione di fasce arboreo arbustive con specie forestali autoctone.
- Formazione di fasce ripariali mediante la posa di talee di salice.
- Formazioni di bordure con specie rampicanti.
- Ripristino della percorrenza pedonale bordo lago.
- Posa di soggetti arborei pronto effetto.
- Inerbimento con idrosemina delle aree verdi.
- Posizionamento di arredi fruitivi.

Ricostituzione di fasce arboreo arbustive con specie forestali autoctone

I tratti oggetto di questa tipologia di intervento sono distinguibili in due fasce con caratteristiche microstazionali differenti: una fascia a monte della strada statale, con condizioni di xericità elevate e substrato superficiale; una fascia a bordo lago in condizioni mesofile.

Il postime forestale dovrà essere, come indicato in capitolato, di età almeno S1T2 appartenente materiale vegetale autoctono ai sensi della normativa vigente. Si prevede un sesto di impianto di 1,5 x 1,5 m con alternanza tra specie. Tale tipologia di intervento comprende il ripristino delle superfici boscate trasformate temporaneamente. Complessivamente si prevede la posa di circa 200 piante suddivise tra alberi ed arbusti.

Formazione di fasce ripariali mediante la posa di talee di salice

Nella porzione superiore delle difese spondali si prevede la realizzazione di fasce spondali arbustive mediante l'impiego di talee di salice. Considerato che le stesse verranno poste in adiacenza a manufatti si preferiranno specie a portamento arbustivo quali *Salix eleagnos*, *Salix purpurea* e *Salix glabra*.

Lungo ogni fascia si prevede l'impiego di due talee per metro lineare. La lunghezza complessiva del tratto oggetto di piantumazione è di 20 m lineari.

Formazioni di bordure con specie rampicanti.

A monte della strada statale, a tergo dei manufatti di nuova realizzazione, si posizioneranno specie rampicanti o sarmentose a copertura di sezioni con pendenze tali da non consentire l'inserimento di specie arboree o arbustive. In particolare si prevede l'utilizzo di *Clematis vitalba* e *Lonicera caprifolium*.

Ripristino della percorrenza pedonale bordo lago

Al termine dei lavori e della dismissione del cantiere verrà ripristinata l'attuale percorrenza pedonale bordo lago per la lunghezza del tratto interessato dal cantiere. Per il ripristino verrà predisposto idoneo cassonetto di contenimento di larghezza 1,8 m e si procederà di seguito alla stesura di calcestruzzo per uno spessore indicativo medio tra i 10 ed i 20 cm. Al termine della stesura il piano di calpestio dovrà essere compattato mediante passaggio con rullo. La lunghezza complessiva del tratto pedonale da ripristinare è di circa 170 m.

Posa di soggetti arborei pronto effetto

Al termine dei lavori verranno reinseriti alcuni soggetti arborei pronto effetto di classe 8/10 cm di circonferenza. Questi impianti avranno la funzione di ripristinare il filare di Tigli che verrà in parte tagliato per consentire l'installazione del cantiere e introdurre alcune piante di maggior sviluppo a completamento dell'area fruitiva. Oltre al Tiglio, come specie si prevede l'impiego di Olmo montano e Carpino nero.

Inerbimento con idrosemina delle aree verdi

Le future aree verdi, una volta dismessi gli apprestamenti di cantiere e riprofilato il terreno naturale sottostante, verranno inerbite mediante la tecnica dell'idrosemina la quale oltre alla semente in ragione di 40 g/m², dovrà

fornire fertilizzanti, ammendanti organici naturali (ammendante compostato misto), fitoregolatori in acqua, collanti per evitarne il dilavamento.

Per la semente si utilizzerà un miscuglio di specie locali idoneo a condizioni xeriche di bassa fertilità. Saranno quindi da preferirsi specie rustiche a comportamento pioniero e specie miglioratrici del suolo quali ad esempio le leguminose come il *Trifolium repens*.

Complessivamente le superfici che verranno inerbite saranno circa 3 000 m².

Posizionamento di arredi fruitivi

Per tali interventi si prevede il riposizionamento dei Barbecue, dei tavoli e delle panche. Verrà anche riposizionata una bacheca illustrativa ed un sistema di giochi per bambini. Quest'ultimo verrà posizionato su una pavimentazione in gomma del tipo antitrauma.

Sinteticamente gli arredi riposizionati saranno:

- 5 punti fuoco/barbecue in pietra e cemento.
- 5 tavoli con panche in legno.
- 5 panchine in legno con schienale.
- 1 bacheca in legno con tettoia.
- 1 gioco complesso per bambini.
- 20 m² di pavimentazione antitrauma in gomma.

Si prevede inoltre il posizionamento di una staccionata nei tratti maggiormente esposti in prossimità dei nuovi manufatti e delle percorrenze per complessivi 80 metri lineari. La staccionata dovrà essere realizzata in pali di legno di castagno essiccati e scortecciati.

8.8.4 Nuova traversa

Con riferimento alla tavola PE-000-AMB-SA-005-PL, in questo settore si prevedono, oltre a conclusione delle operazioni di completa rimozione del cantiere e relativi apprestamenti e servizi, i seguenti interventi:

- Ricostituzione di fasce arboreo arbustive con specie forestali autoctone.
- Formazione di fasce ripariali mediante la posa di talee di salice.
- Inerbimento con idrosemina delle aree verdi.

Ricostituzione di fasce arboreo arbustive con specie forestali autoctone

I due tratti spondali in destra e sinistra idrografica presentano caratteristiche microstazionali abbastanza simili per cui si prevede l'impiego di un'unica associazione vegetale.

Il postime forestale dovrà essere, come indicato in capitolato, di età almeno S1T2 appartenente materiale vegetale autoctono ai sensi della normativa vigente. Si prevede un sesto di impianto di 1,5 x 1,5 m con alternanza tra specie.

Complessivamente si prevede la posa di circa 373 piante suddivise tra alberi ed arbusti.

Formazione di fasce ripariali mediante la posa di talee di salice

Nella porzione superiore delle difese spondali si prevede la realizzazione di fasce spondali arbustive mediante l'impiego di talee di salice.

Considerato che le stesse verranno poste in adiacenza a manufatti si preferiranno specie a portamento arbustivo quali *Salix eleagnos*, *Salix purpurea* e *Salix glabra*.

Lungo ogni fascia si prevede l'impiego di due talee per metro lineare. La lunghezza complessiva del tratto oggetto di piantumazione è di 420 m lineari.

Inerbimento con idrosemina delle aree verdi

Le future aree verdi, una volta dismessi gli apprestamenti di cantiere e riprofilato il terreno naturale sottostante, verranno inerbite mediante la tecnica dell'idrosemina la quale oltre alla semente in ragione di 40 g/m², dovrà

fornire fertilizzanti, ammendanti organici naturali (ammendante compostato misto), fitoregolatori in acqua, collanti per evitarne il dilavamento.

Per la semente si utilizzerà un miscuglio di specie locali idoneo a condizioni xeriche di bassa fertilità. Saranno quindi da preferirsi specie rustiche a comportamento pioniero e specie miglioratrici del suolo quali ad esempio le leguminose come il *Trifolium repens*.

Complessivamente le superfici che verranno inerbite saranno circa 5 250 m².

8.8.5 Area di sbocco

Con riferimento alla tavola PE-000-AMB-SA-004-PL, in questo settore si prevedono, oltre a conclusione delle operazioni di completa rimozione del cantiere e relativi apprestamenti e servizi, i seguenti interventi:

- Ricostituzione di fasce arboreo arbustive con specie forestali autoctone.
- Formazione di fasce ripariali mediante la posa di talee di salice.
- Posa di soggetti arborei pronto effetto.
- Inerbimento con idrosemina delle scarpate.
- Ripristino dei prati da sfalcio.

Ricostituzione di fasce arboreo arbustive con specie forestali autoctone

I due tratti spondali in destra e sinistra idrografica presentano caratteristiche microstazionali abbastanza simili per cui si prevede l'impiego di un'unica associazione vegetale riconducibile alla tipologia forestale del Saliceto di ripa.

Il postime forestale dovrà essere, come indicato in capitolato, di età almeno S1T2 appartenente materiale vegetale autoctono ai sensi della normativa vigente. Si prevede un sesto di impianto di 1,5 x 1,5 m con alternanza tra specie. Tale tipologia di intervento comprende il ripristino delle superfici boscate trasformate temporaneamente. Complessivamente si prevede la posa di circa 240 piante suddivise tra alberi ed arbusti.

Formazione di fasce ripariali mediante la posa di talee di salice

Nella porzione superiore delle difese spondali si prevede la realizzazione di fasce spondali arbustive mediante l'impiego di talee di salice.

Considerato che le stesse verranno poste in adiacenza a manufatti si preferiranno specie a portamento arbustivo quali *Salix eleagnos*, *Salix purpurea* e *Salix glabra*.

Lungo ogni fascia si prevede l'impiego di due talee per metro lineare. La lunghezza complessiva del tratto oggetto di piantumazione è di 340 m lineari.

Posa di soggetti arborei pronto effetto

Al termine dei lavori verranno reinseriti alcuni soggetti arborei pronto effetto di classe 8/10 cm di circonferenza. Questi impianti avranno la funzione di ripristinare le aree a prato arborato esistenti con utilizzo di specie tipiche del paesaggio agrario locale. In particolare si prevede il reimpianto di 25 alberi da frutta tra cui Noci, Ciliegi, Cachi, Melo selvatico.

La scelta delle specie potrà essere definita al termine dei lavori concordandola con i conduttori dei fondi.

Inerbimento con idrosemina delle aree verdi

Le future aree verdi, una volta dismessi gli apprestamenti di cantiere e riprofilato il terreno naturale sottostante, verranno inerbite mediante la tecnica dell'idrosemina la quale oltre alla semente in ragione di 40 g/m², dovrà fornire fertilizzanti, ammendanti organici naturali (ammendante compostato misto), fitoregolatori in acqua, collanti per evitarne il dilavamento.

Per la semente si utilizzerà un miscuglio di specie locali idoneo a condizioni xeriche di bassa fertilità. Saranno quindi da preferirsi specie rustiche a comportamento pioniero e specie miglioratrici del suolo quali ad esempio le leguminose come il *Trifolium repens*. Complessivamente le superfici che verranno inerbite saranno circa 1 270 m².

Ripristino dei prati da sfalcio

Generalmente, nelle aree interessate dalla cantierizzazione, come attività propedeutica all'allestimento dei cantieri stessi, viene effettuato uno scotico superficiale con successivo accantonamento in cumuli protetti in modo da mantenere e garantire le medesime caratteristiche pedologiche per eventuali riutilizzazioni dello stesso.

A seguito della completa dismissione del cantiere le attività previste per il ripristino della fertilità sono:

- lavorazione del terreno: scasso o aratura profonda;
- riporto dello scotico superficiale;
- concimazione organica
- erpicatura e lavorazioni superficiali
- lavorazioni superficiali di concimazione e finitura.

A seguito della preparazione del piano di semina si procederà alla semina vera e propria con miscuglio di sementi costituito da specie autoctone di buona valenza foraggera.

A titolo indicativo la miscela dovrà contenere in quota significativa le seguenti specie: Festuca Arundinacea, Loietto Perenne, Lupinella, Loietto, Erba mazzolina, Fleolo pratense, Trifoglio pratense, Trifoglio B.repens.

La superficie prativa che verrà ripristinata a fine lavori è di 12900 m².

8.8.6 Altri interventi – interventi di deframmentazione

Nel tratto a valle dell'attuale traversa di sbarramento il corso del fiume Chiese è caratterizzato da una forte artificializzazione dell'alveo.

Dallo sbarramento fino alla confluenza della galleria degli agricoltori esistente l'alveo ha subito tali trasformazioni da essere sostanzialmente del tutto artificiale. La sezione è rettangolare e regolare, impostata dalla presenza di muri di protezione spondale sia in riva destra che sinistra.

Gran parte delle opere di protezione sono realizzate in calcestruzzo, ma in riva sinistra sono presenti tratti a gabbionata di pietrame ed in massi ciclopici. Il fondo è dovunque molto regolare, costituito da grossi massi incastrati. In questo tratto si trova anche una serie di basse briglie, alcune delle quali evidentemente insuperabili dalla fauna ittica a causa della distribuzione dell'acqua sull'alveo. Il battente infatti risulta essere uniforme su gran parte della sezione. In molti casi l'altezza del battente idrico a valle delle briglie è tale da non consentire il nuoto dei pesci di taglia media e grande in modo tale da impedirne il superamento degli ostacoli artificiali. I pesci di piccola taglia non possono invece risalire il tratto artificializzato a causa della velocità della corrente e della scarsità di strutture che possano creare aree di sosta e rifugio.

Per consentire la movimentazione della fauna ittica lungo il Chiese dallo sbocco della galleria degli Agricoltori fino allo sbarramento esistente e quindi al lago d'Idro, si prevede la posa a valle delle briglie esistenti, di massi ciclopici al fine di ricreare delle zone a velocità ridotta e di aumentare la diversità morfologica dell'alveo. Agendo in tal senso non si avrà alcun intorbidimento delle acque che risulterebbe più nocivo della temporanea messa in asciutto del tratto di alveo artificializzato a valle dello sbarramento esistente che non subirà alcun danno, ma ne riceverà rilevanti benefici ad opera ultimata. Progettualmente si utilizzerà una pendenza progettuale di riferimento per la riduzione delle discontinuità del 5%. I salti presenti risultano essere di altezza limitata, in generale inferiore agli 0,5m. I massi, di dimensioni progressivamente più contenute verranno posizionati quindi fino ad una distanza di una decina di metri dal salto idraulico.

Considerato che il fondo dell'alveo, nel tratto di intervento, è in gran parte consolidato, i massi ed il pietrame che verrà utilizzato dovrà essere vincolato onde evitarne il trasporto da parte della corrente.

9 RISOLUZIONE INTERFERENZE CON SOTTOSERVIZI ESISTENTI

Il censimento delle reti tecnologiche è stato effettuato, a partire dalle indicazioni contenute nel progetto definitivo e nella precedente versione del progetto esecutivo, interpellando direttamente gli Enti Gestori. Si è pervenuti in tal modo ad una mappatura aggiornata ed attendibile dei sottoservizi, con l'obiettivo di individuare le eventuali interferenze con l'intervento in progetto e, se del caso, di impostare i relativi progetti di adeguamento/spostamento, discussi in via preventiva con i soggetti interessati.

9.1 Enti gestori

Sulla base di un'indagine conoscitiva sul territorio sono stati individuati i seguenti Enti Gestori di reti tecnologiche e/o sottoservizi.

Ente / Società	Reparto	Sede	Sottoservizi gestiti
Retragas s.r.l.	Segmento 3: rete Nozza – Vestone – Feeder Val Giudicarie	Via Lamarmora, 230 25124 Brescia Aldo Martire - Responsabile operativo – 335 7868546 - aldo.martire@retragas.it Claudia Ferrari - Area Gestionale 348 6245733 - claudia.ferrari@retragas.it Mattia Rossoni - Area Gestionale 342 3272144 - mattia.rossoni@retragas.it Franco Nicolini - Area Tecnica 347 4950530 - franco.nicolini@retragas.it	Gas
Unareti S.p.A.	Progettazione reti Brescia e Valsabbia	Sede legale: Via Lamarmora 230 25124 Brescia - 03035531 Sede operativa: via Della Ferriera 14 25079 Brescia - 0365596811	Gas
Unareti S.p.A.	Settore distribuzione energia elettrica	Sede legale: Via Lamarmora 230 25124 Brescia - 03035531 Sede operativa: via Della Ferriera 14 25079 Brescia - 0365596811	Linea Elettrica
A2A Ciclo idrico S.p.A.	Ufficio tecnico acqua	Via Lamarmora, 230 25124 Brescia 800135845	Acquedotto e Fognatura
Telecom		https://oaimprese.telecomitalia.com/portale-impreses/#/PortaleImpresa/Servizi	Linea telefonica e fibra ottica

Tabella 1 Elenco degli enti gestori

9.2 Sottoservizi interferenti

Nel presente capitolo sono descritte tutte le linee interferenti divise per zona di lavoro (imbocco, sbocco, nuova traversa). A corredo del presente documento sono stati sviluppati gli elaborati, contenuti nel capitolo "Interferenze sottoservizi", dove sono rappresentati i principali sottoservizi che insistono nelle diverse aree interessate dagli interventi e, qualora ci fossero delle interferenze, sono indicate le modalità di risoluzione delle stesse, attraverso monografie e tavole specifiche di dettaglio.

9.2.1 Zona imbocco

Nella zona interessata dai lavori per la realizzazione dell'imbocco della galleria sono presenti i seguenti sottoservizi posati sotto la strada statale n. 237:

- Condotta di fognatura nera in pressione in ghisa DN200;
- Condotta di gas metano in acciaio DN300;
- Condotta acquedotto in acciaio DN100;
- Linea fibre ottiche.

Tali sottoservizi sono interferenti con le opere in progetto:

- **Interferenza 1.1:** La rete di metanodotto interferente con le opere in progetto è costituita da un tubo di diametro esterno $\phi 300$ mm ad alta pressione (12bar), posizionato a circa 2.10 m dal ciglio stradale, ad una profondità di circa 1.10 m da p.c.. Da informazioni ricevute dall'ente gestore il metanodotto risulta essere posato sopra ad una soletta in calcestruzzo di spessore 10 cm e protetto superiormente da una canaletta corrugata in plastica, impiegata come cassero a perdere, e da un getto integrativo in calcestruzzo. Le figure seguenti riportano uno stralcio della planimetria con la segnalazione del metanodotto in via Trento e alcune foto. Si prevede di risolvere l'interferenza mediante deviazione provvisoria degli stessi a lato della strada esistente, che verrà anch'essa deviata provvisoriamente, e successivo riposizionamento al di sotto della via Trento ripristinata a fine lavori.
- **Interferenza 1.2:** Nella zona di imbocco sono presenti n. 2 cavi in rame in trincea sotto la sede stradale ad una profondità di circa $1 \div 1.20$ m da p.c. Di seguito si riportano le sezioni tipologiche fornite da Telecom relative al posizionamento dei cavi su banchina e in attraversamento. Si prevede di risolvere l'interferenza mediante deviazione provvisoria degli stessi a lato della strada esistente, che verrà anch'essa deviata provvisoriamente, e successivo riposizionamento al di sotto della via Trento ripristinata a fine lavori.
- **Interferenza 1.3:** A monte della camera delle paratoie è presente un tubo per acquedotto in acciaio di diametro 100 mm disposto parallelamente a via Trento (rete antincendio). Non avendo a disposizione una planimetria con l'esatta ubicazione della tubazione, in fase esecutiva l'impresa dovrà eseguire un sopralluogo dettagliato con i tecnici competenti al fine di verificare l'effettiva interferenza tra acquedotto e le opere di progetto. Si prevede di risolvere l'interferenza mediante deviazione provvisoria degli stessi a lato della strada esistente, che verrà anch'essa deviata provvisoriamente, e successivo riposizionamento al di sotto della via Trento ripristinata a fine lavori.
- **Interferenza 1.4:** Nella zona di imbocco è presente una tubazione in ghisa DN200 con funzionamento in pressione. La figura seguente riporta la planimetria con indicato il tracciato della fognatura. Si prevede di risolvere l'interferenza mediante deviazione provvisoria degli stessi a lato della strada esistente, che

verrà anch'essa deviata provvisoriamente, e successivo riposizionamento al di sotto della via Trento ripristinata a fine lavori.

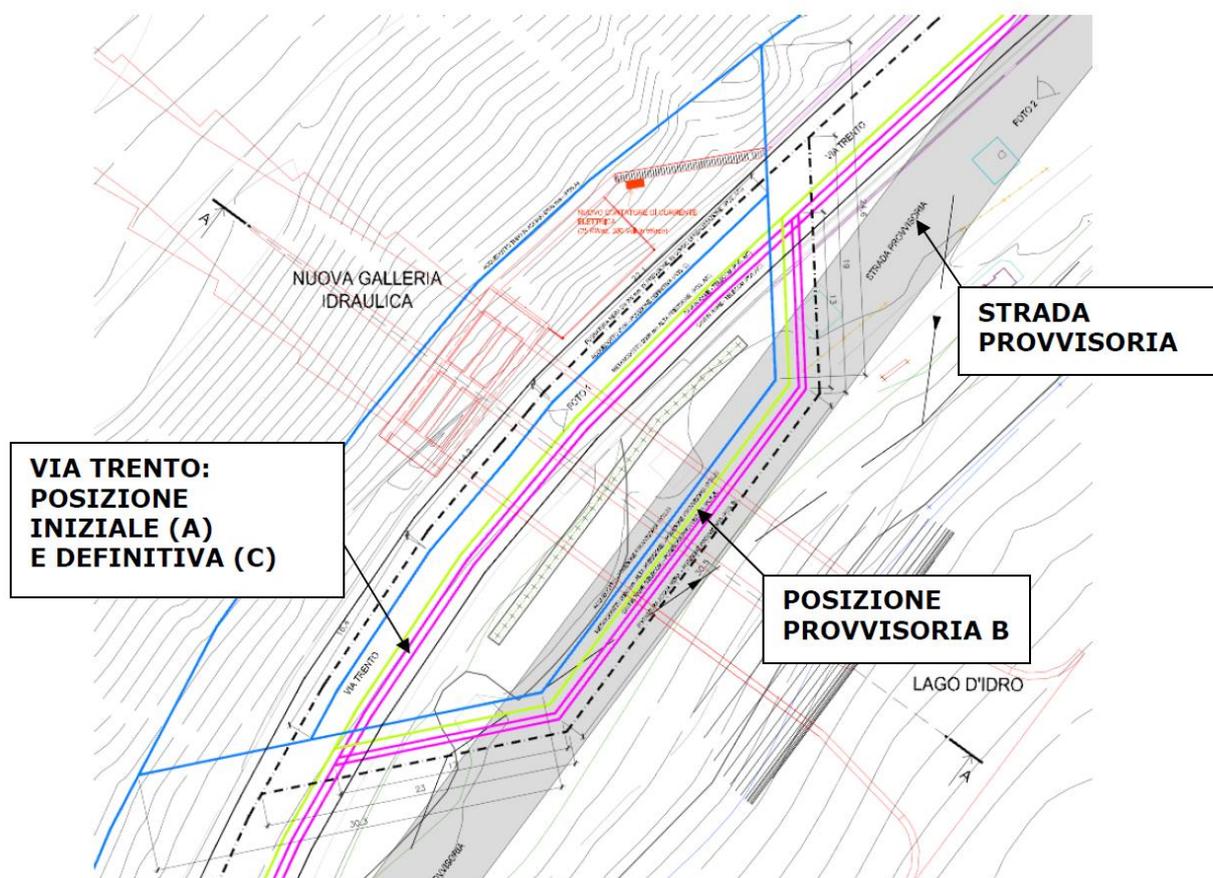


Figura 29 - Planimetria con indicato lo spostamento dei sottoservizi in fase provvisoria dalla posizione (A) alla posizione (B), e in fase definitiva dalla posizione (B) alla posizione (C).

9.2.2 Zona sbocco

Nell'area oggetto di intervento si riscontrano interferenze con linee di telecomunicazione, linea elettrica, linee di illuminazione pubblica interrate ed aeree, condotte del gas metano ad alta e bassa pressione, condotta dell'acquedotto e tubazione di fognatura nera.

- **Interferenza 2.1:** presenza di linee telecomunicazioni interrate lungo via Marconi, interferenti con l'opera in progetto. Si prevede di risolvere l'interferenza mediante deviazione provvisoria a lato della strada esistente, e successivo ripristino lungo il successivo sovrizzo della sede stradale di via Marconi per scavalcare il nuovo manufatto idraulico.
- **Interferenza 2.2:** presenza di linea di acquedotto PE90 lungo via Marconi, interferente con l'opera in progetto. Si prevede di risolvere l'interferenza mediante deviazione provvisoria a lato della strada esistente, e successivo ripristino lungo il successivo sovrizzo della sede stradale di via Marconi per scavalcare il nuovo manufatto idraulico.
- **Interferenza 2.3:** presenza di condotta gas a bassa pressione DN80 interrata lungo via Marconi, interferente con l'opera in progetto. Si prevede di risolvere l'interferenza mediante deviazione

provvisoria a lato della strada esistente, e successivo ripristino lungo il successivo sovrizzo della sede stradale di via Marconi per scavalcare il nuovo manufatto idraulico.

- **Interferenza 2.4:** presenza di una condotta di acque nere e di un pozzetto di ispezione, interferenti con l'opera in progetto. Si prevede l'arretramento in posizione definitiva del pozzetto di ispezione interferente con le opere in progetto e conseguente deviazione di un tratto di condotta (in PEAD DN400) per il collegamento con la tubazione esistente, mediante posa di un nuovo pozzetto. La quota dei pozzetti sarà fin da subito compatibile con il sovrizzo della sede stradale di via Marconi, realizzato per scavalcare il nuovo manufatto idraulico. La lunghezza della deviazione è di circa 5 m.
- **Interferenza 2.5:** presenza di condotta gas ad alta pressione DN300 interrata lungo via Marconi, interferente con l'opera in progetto. Si prevede di risolvere l'interferenza mediante deviazione provvisoria a lato della strada esistente, e successivo ripristino lungo il successivo sovrizzo della sede stradale di via Marconi per scavalcare il nuovo manufatto idraulico.
- **Interferenza 2.6:** presenza di linea elettrica interrata lungo via Marconi, interferente con l'opera in progetto. Si prevede di risolvere l'interferenza mediante deviazione provvisoria a lato della strada esistente, e successivo ripristino lungo il successivo sovrizzo della sede stradale di via Marconi per scavalcare il nuovo manufatto idraulico.
- **Interferenza 2.7:** presenza di linea di illuminazione pubblica interrata lungo via Marconi, interferente con l'opera in progetto. Si prevede di risolvere l'interferenza mediante deviazione provvisoria a lato della strada esistente, e successivo ripristino lungo il successivo sovrizzo della sede stradale di via Marconi per scavalcare il nuovo manufatto idraulico.
- **Interferenza 2.8:** presenza di linea aerea telefonica, interferente con l'opera in progetto. Si prevede di risolvere l'interferenza mediante deviazione provvisoria a lato della strada esistente, e successivo ripristino lungo il successivo sovrizzo della sede stradale di via Marconi per scavalcare il nuovo manufatto idraulico.
- **Interferenza 2.9:** presenza di condotta di acque nere lungo la sponda destra del fiume Chiese interferente con l'opera in progetto. Si prevede la deviazione definitiva della condotta acque nere per sottopassare il canale di restituzione in progetto. La pendenza minima della nuova condotta è pari a 0.45%, che risulta maggiore di quella minima della tubazione esistente rilevata. Nel tratto di attraversamento del manufatto la tubazione sarà in ghisa DN400 annegata nella soletta di fondo della nuova opera (ricoprimento minimo 30 cm), mentre nei restanti tratti è prevista una condotta in PEAD DN400. A monte dell'opera sarà posato un pozzetto di salto. La lunghezza complessiva del tratto deviato è di circa 145 m.

Il sostegno dei suddetti sottoservizi in fase provvisoria avverrà mediante struttura metallica appoggiata a cavalletto sul coronamento dei pali previsti per la realizzazione del manufatto di sbocco; tale ponte metallico provvisorio sarà posizionato più a valle verso il F. Chiese, in modo da non interferire con le aree di scavo interessate dalle lavorazioni delle opere di sostegno provvisorie.

In sede esecutiva sarà definita l'esatta posizione dei vari sottoservizi.

9.2.3 Zona nuova traversa

Nell'area oggetto di intervento si riscontrano alcune interferenze con la linea di illuminazione pubblica e le condotte del gas metano ad alta pressione e della fognatura nera e bianca.

- **Interferenza 3.1:** presenza di cavo aereo di illuminazione pubblica sostenuto da un palo su via dei Baicci interferente con la nuova pista ciclopedonale. Si prevede la dismissione della linea e la rimozione definitiva del palo.

- **Interferenza 3.2:** presenza di linea di fognatura bianca interrata sotto via dei Baicc, interferenti con le attività di sistemazione dell'alveo. Si tratta di collettori di scarico delle acque meteoriche nel fiume Chiese, che verranno provvisoriamente deviati per poi essere ripristinati nella posizione originaria durante le fasi di costruzione delle opere.
- **Interferenza 3.3:** presenza di linea di fognatura bianca interrata sotto via dei Baicc, interferenti con le attività di sistemazione dell'alveo. Si pianifica lo spostamento definitivo della tubazione ed il ripristino di eventuali allacci esistenti, mentre lo scarico nel fiume Chiese verrà provvisoriamente deviato, per poi essere ripristinato nella posizione originaria durante le fasi di costruzione delle opere.
- **Interferenza 3.4:** presenza di linea di fognatura nera interrata sotto la strada sterrata in destra orografica interferente con la struttura della nuova traversa. Si pianifica lo spostamento del tratto interferente verso nord, posando una nuova tubazione a 1 m dal muro della scala pesci.
- **Interferenza 3.5:** presenza di linea di gas metano ad alta pressione interrata che attraversa dapprima via dei Baicc e poi il fiume Chiese. Dagli elaborati forniti dall'Ente Gestore la tubazione non risulta interferente con le opere in progetto, ma per evitare eventuali deformazioni del tubo durante in lavori in alveo, si prevede di proteggere la condotta con piastre e bauletti in calcestruzzo in corrispondenza delle fasce di fiume rivestite con massi ciclopici (per i dettagli si rimanda all'elaborato specifico nel capitolo "Interferenze sottoservizi").

10 CANTIERIZZAZIONE

10.1 Premessa

Al fine di realizzare le opere in progetto, è prevista l'installazione di una serie di aree di cantiere lungo il tracciato dell'opera in progetto, che sono state selezionate sulla base delle seguenti esigenze principali:

- disponibilità di aree libere in prossimità delle opere da realizzare;
- facile collegamento con la viabilità esistente;
- minimizzazione del consumo di territorio;
- minimizzazione dell'impatto sull'ambiente naturale ed antropico.

Va comunque evidenziato che l'ipotesi di cantierizzazione rappresentata non è vincolante ai fini di eventuali diverse soluzioni che l'Appaltatore intenda attuare nel rispetto della normativa vigente, delle disposizioni emanate dalle competenti Autorità, dei tempi e costi previsti per l'esecuzione delle opere.

10.2 Criteri di progettazione dei cantieri

Scopo del presente capitolo è quello di illustrare i criteri che l'appaltatore potrà seguire nell'organizzazione interna del campo base e del cantiere operativo.

La progettazione di un cantiere segue regole dettate da numerosi fattori, che riguardano la geometria dell'opera da costruire, la morfologia e la destinazione d'uso del territorio, il tipo e il cronoprogramma delle lavorazioni previste all'interno di ogni singola area.

Di seguito alcune indicazioni circa il possibile allestimento delle suddette aree.

10.2.1 Tipologia di edifici e installazioni del cantiere logistico

Ospitano i box prefabbricati e le attrezzature necessarie per il controllo, la direzione dei lavori e tutte le strutture del personale di cantiere (spogliatoi, servizi igienici, parcheggi dei mezzi, infermeria, refettorio, magazzino, box controllo accessi, oltre alla piazzola rifiuti).

Sono previste strade con carreggiate di 3 metri e parcheggi per autoveicoli privati e mezzi d'opera di dimensioni pari ad almeno 2x5m.

10.2.2 Tipologia di edifici e installazioni dei cantieri operativi

Sono aree fisse di cantiere distribuite lungo il tracciato che svolgono la funzione di cantiere-appoggio per tratti d'opera su cui realizzare più manufatti. Al loro interno saranno previste aree logistiche, aree per lo stoccaggio dei materiali da costruzione, uffici, spogliatoi, servizi igienici, parcheggi dei mezzi, box controllo accessi, infermeria/presidio pronto soccorso, refettorio, oltre alle installazioni di cantiere (lavaruote, compressore, impianto jet grouting, compressore, impianto depurazione acque, gruppo elettrogeno, etc).

10.3 Preparazione delle aree

Le aree di lavoro corrispondono alle porzioni di territorio interessate dall'opera in oggetto. In particolare, le aree di lavoro coincidono con: sedime per la realizzazione dell'opera di presa, sedime del manufatto di sbocco, sedime per la realizzazione della nuova traversa e sistemazioni idrauliche spondali.

La preparazione dei cantieri prevedrà indicativamente le seguenti attività, tenendo presenti le tipologie impiantistiche presenti:

- scotico del terreno vegetale (quando necessario), con relativa rimozione e accatastamento o sui bordi dell'area per creare una barriera visiva e/o antirumore o stoccaggio in siti idonei a ciò destinati (il terreno scotico dovrà essere conservato secondo modalità agronomiche specifiche);
- formazione di piste di cantiere e di piazzali (questa fase può anche comportare attività di scavo, sbancamento, riporto, rimodellazione); Si evidenzia che verranno realizzati idonei pacchetti di pavimentazioni in cls o bitume praticamente impermeabili sia al fine di garantire una adeguata portanza delle viabilità di cantiere rispetto ai carichi applicati, sia al fine di contenere la polverosità degli stessi ed i relativi oneri manutentivi. Verranno realizzate adeguate pendenze per convogliare le acque verso la rete di raccolta prevista e per evitare che le acque interne al cantiere possano interessare aree esterne.
- delimitazione dell'area con idonea recinzione e cancelli di ingresso;
- predisposizione degli allacciamenti alle reti dei pubblici servizi;
- realizzazione delle reti di distribuzione interna al campo (energia elettrica, rete di terra e contro le scariche atmosferiche, impianto di illuminazione esterna, reti acqua potabile e industriale, fognature, telefoni, gas, ecc.) e dei relativi impianti;
- costruzione dei basamenti di impianti e fabbricati;
- montaggio dei capannoni prefabbricati e degli impianti.

Al termine dei lavori, i prefabbricati e le installazioni saranno rimossi e si procederà al ripristino dei siti. La sistemazione degli stessi sarà concordata con gli aventi diritto e con gli enti interessati e comunque in assenza di richieste specifiche si provvederà al ripristino, per quanto possibile, come nello stato ante operam.

10.4 Raccolta e smaltimento delle acque nei cantieri

10.4.1 Acque meteoriche

Prima della realizzazione delle pavimentazioni dei piazzali del cantiere saranno predisposte tubazioni e pozzetti della rete di smaltimento delle acque meteoriche.

Le acque meteoriche saranno convogliate nella rete di captazione costituita da pozzetti e caditoie collegati ad un cunettone in c.a. e da una tubazione interrata che convoglia tutte le acque nella vasca di accumulo di prima pioggia, dimensionata per accogliere i primi 15 minuti dell'evento meteorico.

Un deviatore automatico, collocato all'ingresso della vasca di raccolta dell'acqua di prima pioggia, invia l'acqua in esubero (oltre i primi 15 minuti) direttamente in fognatura, mediante una apposita canalizzazione aperta.

10.4.2 Acque nere

Gli impianti di trattamento delle acque assicureranno un grado di depurazione tale da renderle idonee allo scarico secondo le norme vigenti; pertanto, le stesse potranno essere impiegate per eventuali usi industriali oppure immesse direttamente in fognatura.

10.4.3 Acque industriali

L'acqua necessaria per il funzionamento degli impianti di cantiere potrà essere approvvigionata dal Fiume Chiese, o qualora possibile prelevata dalla rete acquedottistica comunale. L'impianto di trattamento delle acque industriali prevede apposite vasche di decantazione per l'abbattimento dei materiali fini in sospensione e degli oli eventualmente presenti.

10.4.4 Approvvigionamento energetico

L'impianto elettrico di cantiere sarà costituito essenzialmente dall'impianto di distribuzione in Bassa Tensione per le utenze del campo industriale, tra le quali principalmente:

- impianti di pompaggio acqua industriale;
- impianto trattamento acque reflue;
- illuminazione esterna;
- officina, laboratorio, uffici, spogliatoi etc.

La fornitura di energia elettrica dall'ente distributore avviene con linea cavo derivato da cabina esistente.

L'impianto consta essenzialmente di:

- cabina "punto di consegna" ente gestore dei servizi elettrici;
- cabina di trasformazione containerizzata completa di scomparti M.T., trasformatore, quadro generale di distribuzione B.T. e centralina di rifasamento automatica;
- impianto di distribuzione alle utenze in B.T. attraverso cavi alloggiati entro tubazioni in PVC interrate;
- impianto generale di messa a terra per tutte le apparecchiature e le infrastrutture metalliche;
- stazione di produzione energia per le emergenze.

Tutte le apparecchiature considerate saranno dimensionate, costruite ed installate nel rispetto delle normative e leggi vigenti.

10.5 Aree di cantiere

10.5.1 Inquadramento generale

L'opera in progetto consiste principalmente nella realizzazione di una galleria idraulica per il trasporto delle portate in uscita dal lago d'Idro e di una nuova traversa per la regolazione del fiume Chiese e il ripristino della galleria esistente "degli Agricoltori". Per lo svolgimento dei lavori si prevede pertanto l'allestimento di cantieri operativi puntuali, organizzati in relazione alle specifiche attività da svolgere nelle rispettive aree di pertinenza, nonché di un'area logistica maggiore, presso la quale verrà invece insediato il campo base.

La cantierizzazione prevista per i lavori si compone dei seguenti ambiti:

- cantiere operativo zona di imbocco galleria;
- cantiere operativo zona di sbocco galleria;
- cantiere operativo zona nuova traversa.

Il campo base verrà allestito a margine del cantiere operativo per la zona di sbocco della galleria.

L'immagine di seguito riportata identifica l'ubicazione delle suddette aree.

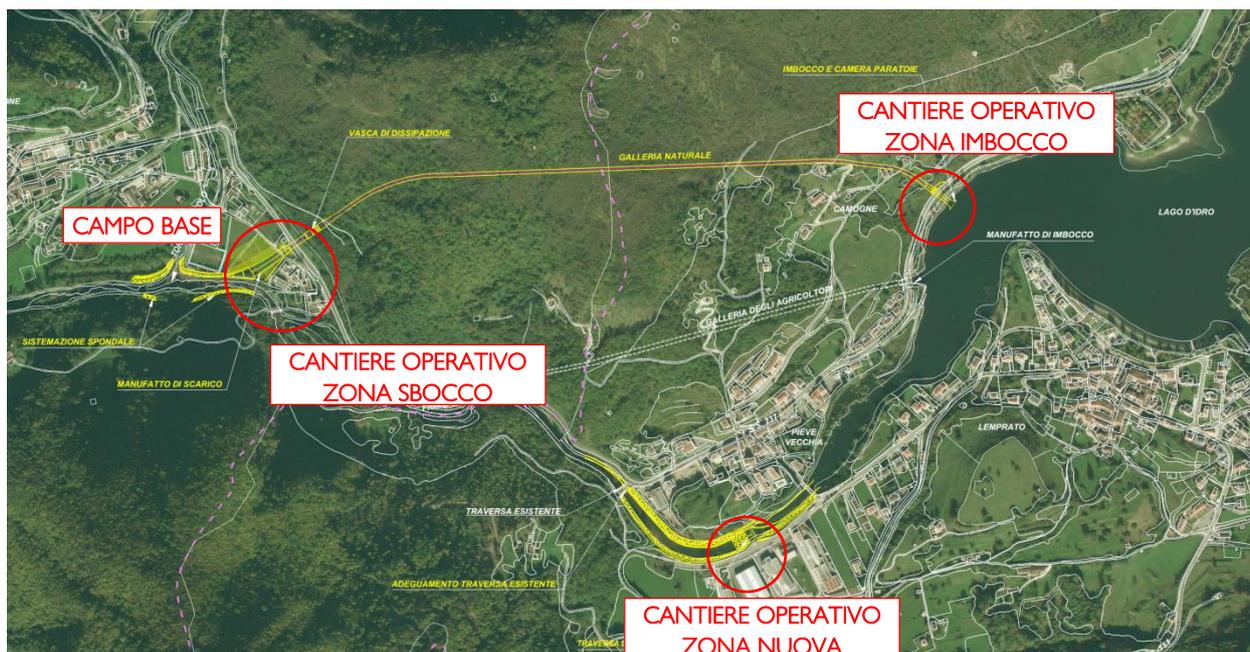


Figura 30 Inquadramento aree di cantiere su ortofoto

Nel seguito vengono presentate singolarmente le diverse aree che verranno occupate dal cantiere, illustrandone l'articolazione essenziale e le principali caratteristiche previste in termini di allestimenti ed organizzazione spaziale e funzionale.

10.5.2 Cantiere operativo zona imbocco galleria

Le opere di imbocco della galleria di by-pass sono ubicate lungo in corrispondenza della sponda sud-occidentale del lago d'Idro. L'area è caratterizzata dalla presenza della strada statale n. 237 ubicata al piede di un ripido versante e sopraelevata di circa 2m rispetto all'area spondale del lago attualmente adibita ad area ristoro picnic. Per consentire l'esecuzione dei lavori risulta pertanto necessario realizzare delle opere provvisorie per l'arretramento ed il contenimento delle acque rispetto agli attuali limiti dell'invaso.

Le lavorazioni delle opere di imbocco e di conseguenza la relativa cantierizzazione verranno quindi organizzate secondo fasi e sottofasi, come di seguito specificato.

Le fasi iniziali prevedono la cantierizzazione dell'area interclusa tra la sponda del lago d'Idro e la strada statale n. 237 per un'area di estensione complessiva pari a circa 4100mq. L'intera area verrà interamente delimitata con recinzioni di altezza adeguata; sul lato prospiciente la strada verrà installata una recinzione con new-jersey in cemento sormontati da pannelli in legno sostenuti da pali metallici. Sul lato prospiciente il lago verrà invece installata una recinzione con rete elettrosaldata con sovrapposta rete in PVC arancione ad alta visibilità. L'area di cantiere sarà accessibile utilizzando lo stesso varco attualmente presente per accedere all'area picnic. L'uscita dal cantiere verrà realizzata predisponendo una opportuna rampa alla fine dell'area di cantiere nel lato verso Anfo. (vedere Figura 31)

In questa fase si prevede le principali lavorazioni riguarderanno:

- Realizzazione di palancole provvisorie per l'arretramento del limite dell'invaso attuale del lago;
- Realizzazione degli elementi verticali dell'opera di imbocco, costituiti da pali secanti (perforazione, posa armatura e getto di calcestruzzo eseguiti in opera);

- Realizzazione del tampone di fondo in jet-grouting per la chiusura inferiore dell'opera di imbocco;
- Scavi di ribasso per il raggiungimento della quota di fondo prevista in progetto;
- Conferimento differenziato del materiale di risulta per l'accumulo selezionato nella presente area di cantiere e nell'area gestione terre realizzata presso il campo base;
- Realizzazione delle strutture in c.a. dell'opera di presa
- Movimenti terra e stesa del materiale necessario alla realizzazione del piano di lavoro;

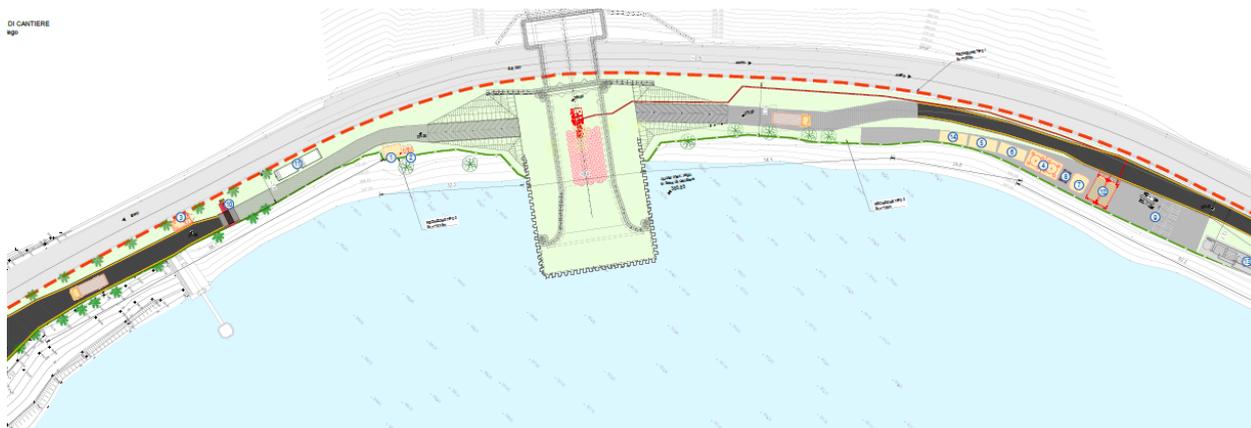


Figura 31 Planimetria dell'area cantiere operativo zona imbocco galleria – Fasi 5-6-7

Dopo aver completato la realizzazione del primo tratto dell'opera di presa si potrà quindi procedere alla realizzazione della rimanente tratto di galleria artificiale, della camera paratoie e del primo tratto di galleria naturale previa deviazione provvisoria della viabilità della strada statale n. 237 e i servizi presenti sotto la pavimentazione stradale (vedere Figura 32)

In questa fase si prevede le principali lavorazioni riguarderanno:

- Spostamento della viabilità e dei sottoservizi
- Realizzazione muro provvisorio e relativa rampa per l'accesso in quota per la realizzazione della paratia berlinese
- Realizzazione paratia berlinese della camera paratoie
- Demolizione opere provvisorie
- Esecuzione paratia dei pali secanti per la realizzazione del manufatto scatolare, camera paratoie e dima d'attacco del camerone convergente
- Esecuzione del tratto di galleria naturale denominato camerone convergente
- Installazione delle paratoie e dei relativi impianti elettro-meccanici di regolazione.
- Esecuzione del manufatto scatolare e della camera paratoie
- Completamento fabbricato e del piazzale esterno



Figura 32 Planimetria dell'area cantiere operativo zona imbocco galleria – Fasi 9-12

10.5.2.1 Allestimenti principali

Per l'esecuzione delle lavorazioni previste presso quest'area di cantiere si prevede l'installazione di:

- Box uffici con presidio sanitario
- WC chimici
- Serbatoio distribuzione carburante
- Impianto jet-grouting
- Impianto lavar ruote a ciclo chiuso
- Container magazzino – deposito attrezzi
- Impianto depurazione acque reflue
- Container per la raccolta differenziata dei rifiuti

10.5.3 Cantiere logistico – Cantiere operativo zona sbocco galleria

L'area di cantiere per la realizzazione delle opere di sbocco della nuova galleria idraulica insiste nel Comune di Lavenone, ad est dell'abitato, nel tratto compreso tra la sede stradale della SS.237 (e, più a valle, di Via Guglielmo Marconi) e l'alveo del fiume Chiese.

L'area ha una superficie di circa 13715mq ed è finalizzata alla costruzione della galleria di bypass e ad accogliere le installazioni logistiche.

Presso quest'area verranno allestiti i principali impianti di cantiere ed il deposito terre, nonché ricoverati i mezzi e le attrezzature, quando non impiegati presso i cantieri operativi. Si prevede altresì l'allestimento di servizi igienico-assistenziali per le maestranze, nonché l'infermeria. Vista la limitatezza degli spazi di cantiere disponibili non si prevede la realizzazione di dormitori delle maestranze che saranno alloggiati presso strutture ricettive della zona. Per lo stesso motivo lo stoccaggio dei materiali in loco sarà ridotto al minimo, avendo cura di effettuare una programmazione delle consegne tale da garantire l'approvvigionamento *just in time*.

La viabilità comunale di Via Marconi, che risulta in interferenza con l'area di cantiere ed il manufatto di sbocco della galleria, verrà interrotta durante tutte le attività di cantiere. Si prevede di deviare provvisoriamente tutti i sottoservizi presenti utilizzando una apposita struttura metallica tralicciata per lo scavalco del manufatto di sbocco.

L'accesso all'edificio esistente presente nell'area interclusa tra la Strada Statale e l'area di cantiere verrà garantito da un varco prospiciente l'area logistica del cantiere.

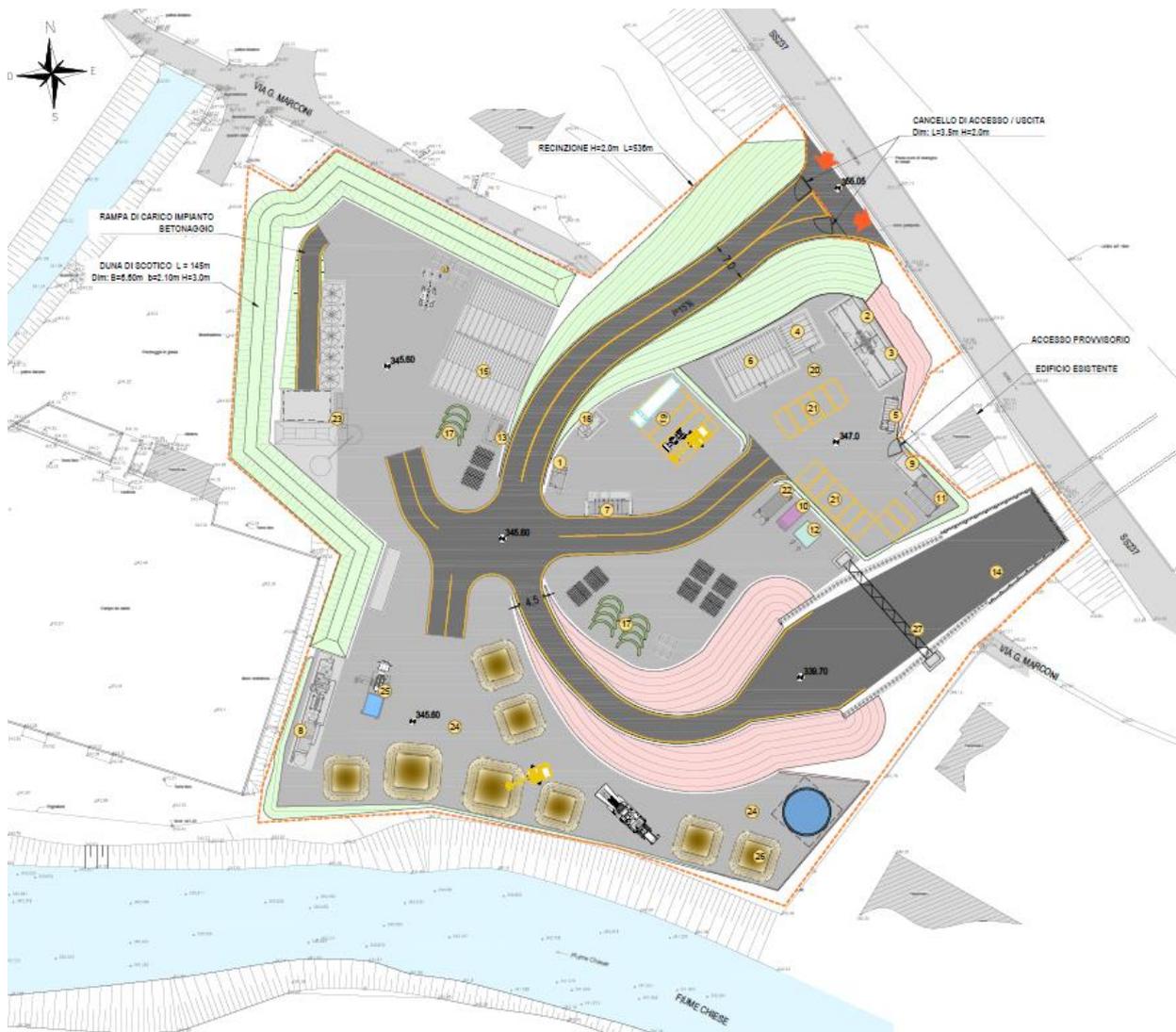


Figura 33 Planimetria dell'area cantiere zona sbocco galleria – Fase 1 Realizzazione opera di imbocco e galleria

Dopo aver completato la realizzazione della galleria si procederà alla demolizione della diga di attacco, realizzazione delle strutture in c.a. del tratto 1 e 2 (tra le paratia di micropali e di pali) e allo spostamento dei sottoservizi soprasoletta nella configurazione finale.

A questo punto si potrà procedere con il completamento del manufatto di sbocco previa realizzazione di una tura provvisoria nell'alveo del fiume Chiese (vedere Figura 34)

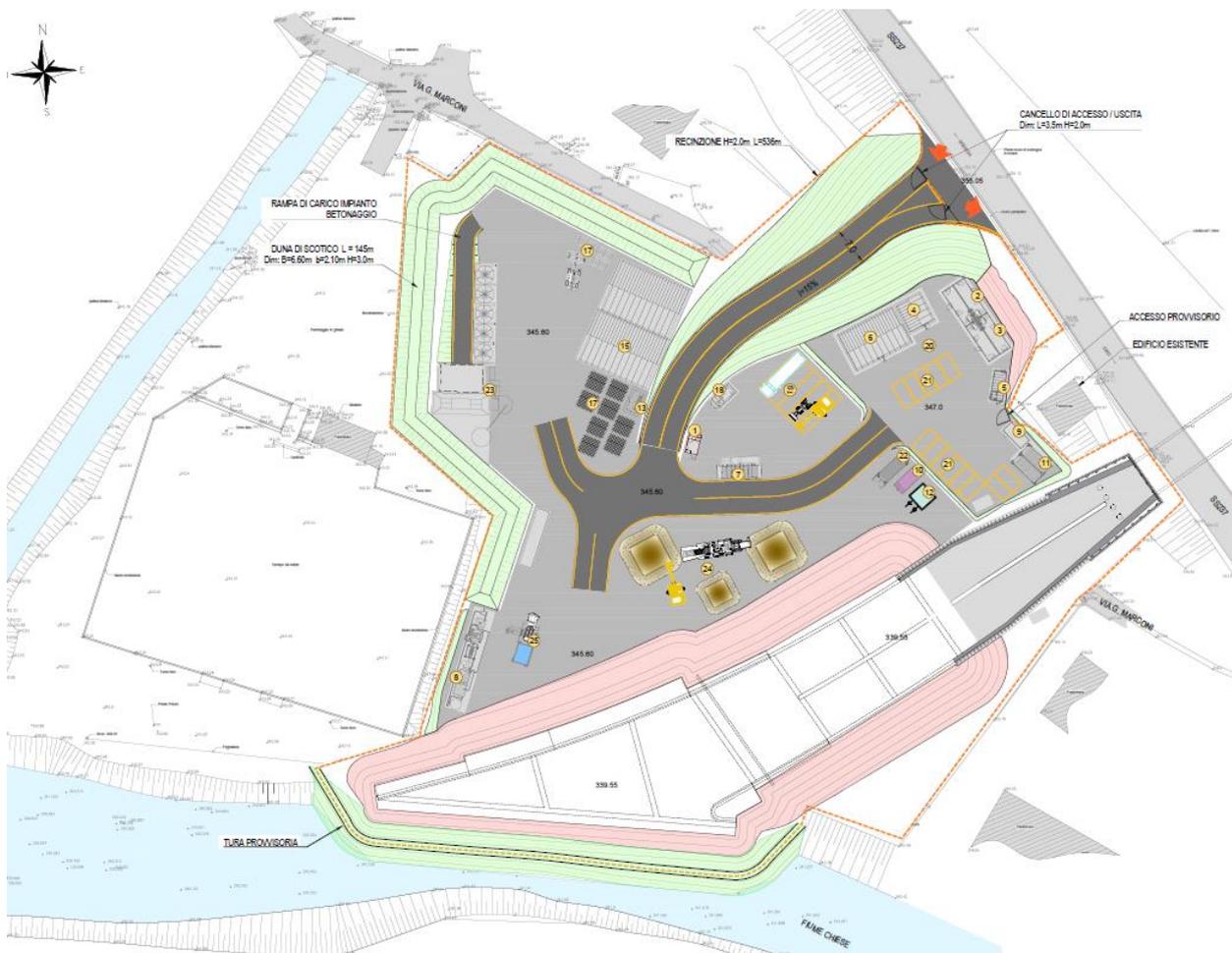


Figura 34 Planimetria dell'area cantiere zona sbocco galleria – Fase 2 Realizzazione manufatto di sbocco

Una volta completata la realizzazione della galleria di by-pass ed eseguito il rinterro del manufatto di sbocco e le opere spondali di sistemazione idraulica del fiume Chiese, l'area di cantiere continuerà ad esercitare la propria funzionalità a supporto degli interventi di ripristino della galleria esistente “degli Agricoltori” (vedere **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**)

Solo dopo il completamento di questi interventi si potrà procedere con le attività di ripristino delle aree come descritto al §10.6



Figura 35 Planimetria dell'area cantiere zona sbocco galleria – Fase 3 Rinterro manufatto di sbocco

10.5.3.1 Lavorazioni

Le principali lavorazioni previste presso quest'area di cantiere consistono in:

- Realizzazione degli elementi verticali dell'opera di sbocco, costituiti da pali (perforazione, posa armatura e getto di calcestruzzo eseguiti in opera);
- Scavi di ribasso per il raggiungimento della quota di fondo prevista in progetto;
- Conferimento del materiale di risulta per l'accumulo selezionato nella adiacente area gestione terre realizzata presso il campo base;
- Realizzazione della soletta di fondo in cemento armato;
- Posa di massi ciclopici per il rivestimento del fondo del canale di restituzione (rallentamento della velocità di deflusso dell'acqua);
- Realizzazione delle strutture orizzontali per la copertura superiore del manufatto;
- Consolidamento del fronte della galleria, per il sostegno della strada sovrastante, eseguito mediante iniezioni oblique;
- Realizzazione della galleria idraulica mediante tecnologie di scavo tradizionali;

- Conferimento del materiale di risulta per l'accumulo selezionato nella adiacente area gestione terre realizzata presso il campo base.

10.5.3.2 Accantieramento

Preventivamente all'installazione del cantiere si dovrà provvedere alle seguenti operazioni:

- scotico dell'area (il terreno vegetale verrà accantonato all'interno di un'apposita area di stoccaggio);
- esecuzione opere di imbocco e scavo di sbancamento
- compattazione del terreno;
- esecuzione un sottofondo in misto cementato;
- recinzione dell'area;
- installazione dei sottoservizi necessari;
- preparazione delle platee su cui verranno installati gli impianti di cantiere.

L'intera area verrà delimitata con recinzioni di altezza adeguata, saldamente fissate a terra, anche mediante puntoni di contrasto anti-ribaltamento.

10.5.3.3 Viabilità

L'accessibilità a tale area avverrà direttamente dalla Strada Statale n. 237. Il varco di accesso è previsto in posizione arretrata per consentire ai mezzi d'opera l'accostamento e l'apertura degli stessi, senza condizionamento della circolazione lungo la viabilità pubblica, nonché per ridurre i rispettivi rischi di investimento.

E' prevista quindi la realizzazione di una pista per il collegamento della sede stradale della SS.237 con l'area logistica con pendenze longitudinali e larghezza tali da consentire il transito in sicurezza anche dei mezzi d'opera più ingombranti e maggiormente condizionati nelle manovre.

10.5.3.4 Allestimenti principali

L'area di cantiere sarà dedicata all'installazione di tutti i servizi necessari per il controllo e l'organizzazione dei lavori. Presso quest'area di cantiere si prevede l'installazione di:

- Box guardiania e controllo accessi.
- Uffici impresa e D.L.
- Spogliatoi e servizi igienici.
- Infermeria – Presidio sanitario
- Refettorio - Mensa
- Impianto di lavaggio ruote;
- Impianto trattamento delle acque reflue;
- Vasca di presedimentazione acque di galleria
- Cabina elettrica MT/BT
- Container per la raccolta differenziata rifiuti;
- Impianto aria compressa e gruppo elettrogeno in area opportunamente insonorizzata

- Impianto di ventilazione per i lavori in sotterraneo con impianto abbattimento polveri e sistema di rilevamento
- Parcheggio autoveicoli e mezzi di cantiere
- Area selezione e deposito del materiale di risulta degli scavi;
- Area di lavaggio autobetoniere;
- Distributore carburante;
- Officina meccanica, elettrica e carpenteria
- Vasca imhoff per la raccolta dei reflui civili o, qualora possibile, collegamento alla pubblica fognatura.
- Stoccaggio oli esausti
- Impianto di betonaggio

10.5.4 Cantiere operativo nuova traversa

L'area di cantiere per la realizzazione della nuova traversa ricade in località Pieve Vecchia, nel Comune di Idro, ed insiste direttamente nell'alveo del fiume Chiese, a nord del tracciato di Via Baicc, nella porzione fluviale ricompresa tra la traversa preesistente ed il ponte di Via Roberto Bertini. Il manufatto consente la regolazione del livello di invaso del lago e sostituirà la traversa preesistente, che ricade entro l'area potenzialmente coinvolta dal fenomeno franoso.

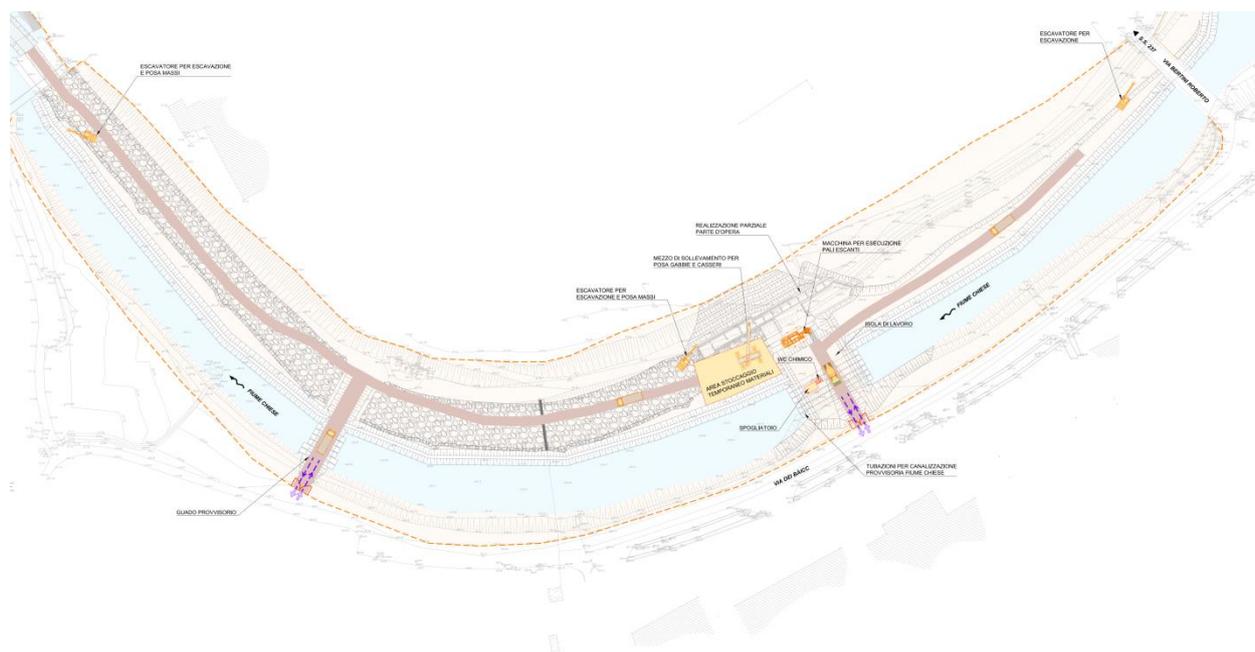


Figura 36 Planimetria indicativa dell'area cantiere operativo zona nuova traversa (in fase esecutiva potranno essere apportati dei cambiamenti)

10.5.4.1 Lavorazioni

Le principali lavorazioni previste presso quest'area di cantiere consistono in:

- Realizzazione di fondazioni profonde per la nuova opera, costituite da pali (perforazione, posa armatura e getto di calcestruzzo eseguiti in opera);
- Posa dell'armatura e getto in opera della platea di base per l'imposta del manufatto;

- Posa dell'armatura e getto in opera delle strutture in elevazione;
- Installazione delle paratoie e dei relativi impianti elettro-meccanici di regolazione;
- Sistemazione dell'alveo, con riprofilatura spondale e posa di massi ciclopici superficiali;
- Realizzazione della savanella;
- Interventi localizzati per l'adeguamento della traversa preesistente.

10.5.4.2 Accantieramento

Il cantiere operativo verrà allestito direttamente in alveo, parzializzando il decorso del fiume per consentire la realizzazione di un adeguato piano di lavoro.

L'intera area verrà delimitata con recinzioni di altezza adeguata, saldamente fissate a terra, anche mediante puntoni di contrasto anti-ribaltamento.

10.5.4.3 Viabilità

L'accesso all'area di cantiere si svolge attraverso la viabilità urbana del Comune di Idro, con istituzione del transito a senso unico alternato eventualmente regolato, nel caso di afflussi concentrati dei mezzi di cantiere in ambo le direzioni, da semafori sul ponte di Via Bertini. I varchi di accesso all'area operativa sono previsti in posizione arretrata per consentire ai mezzi d'opera l'accostamento e l'apertura degli stessi, senza condizionamento della circolazione lungo la viabilità pubblica, nonché per ridurre i rispettivi rischi di investimento.

Per l'attraversamento del fiume, in alveo, si prevede la realizzazione di almeno un guado, costituito da tubazioni passanti, in posizione da definire.

Lo svolgimento dei lavori verrà pianificato privilegiando soluzioni che consentano di ridurre il numero dei mezzi transitanti in alveo, come l'accumulo preventivo del materiale e delle attrezzature necessari per la giornata lavorativa corrente e l'esecuzione dei getti di calcestruzzo in opera mediante autobetonpompe posizionate esternamente al cantiere, a margine di Via Baicc.

10.5.4.4 Allestimenti principali

Per l'esecuzione delle lavorazioni previste presso quest'area di cantiere si prevede l'installazione di:

Macchine perforatrici per l'esecuzione di pali;

Apprestamenti logistici

In considerazione del contesto entro il quale si inserisce l'area, si prevede di contenere l'articolazione degli allestimenti di cantiere, privilegiando attrezzature semoventi (mezzi di sollevamento cingolati ecc...) ed apprestamenti leggeri, sia per ottimizzare gli spazi disponibili per lo svolgimento dei lavori, sia per consentire il rapido sgombero dell'area fluviale, in caso di pericolo.

Altri macchinari, impianti maggiori ed apprestamenti di carattere logistico (per i tecnici e per le maestranze) verranno allestiti e/o ricoverati presso l'area del campo base, e trasferiti in alveo solo in funzione del loro effettivo impiego.

10.6 Ripristino delle aree e piste di cantiere

Il ripristino dovrà avvenire tramite:

- verifica preliminare dello stato di eventuale contaminazione del suolo e successivo risanamento dei luoghi;
- ricollocamento del terreno vegetale (scotico) accantonato in precedenza;
- ricostituzione del reticolo idrografico minore allo scopo di favorire lo scorrimento e l'allontanamento delle acque meteoriche;
- eventuale ripristino della vegetazione tipica del luogo.

Durante la dismissione delle aree cantiere operativo e del cantiere logistico e delle piste di cantiere ai fini del ripristino ambientale, dovrà essere rimossa completamente qualsiasi opera, terreno o pavimentazione bituminosa (unitamente al suo sottofondo) utilizzata per l'installazione (a meno di previsioni diverse del progetto).

La gestione di tali materiali avverrà secondo normativa vigente perseguendo, ove possibile, la logica di massimizzarne il riutilizzo.

Si procederà infine alla realizzazione delle opere di riqualificazione e di mitigazione ambientale descritti negli appositi elaborati progettuali.

11 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Il “progetto del monitoraggio ambientale della costruzione di un’opera infrastrutturale” articola un complesso di informazioni e decisioni che dipendono da molte condizioni al contorno. Secondo quanto prescritto dalle “Linee guida per il progetto di monitoraggio ambientale” della Commissione Speciale VIA, il sistema di monitoraggio ambientale, attraverso la restituzione di dati continuamente aggiornati, fornisce indicazioni sui trend evolutivi e consente la misura dello stato complessivo dell’ambiente e del verificarsi di eventuali impatti non previsti nella fase progettuale e di SIA.

Il monitoraggio ambientale segue dunque un percorso complesso che, nel corso della sua realizzazione, per molteplici ragioni, non ultime quelle ambientali, può subire delle variazioni che possono implicare modifiche e/o integrazioni a quanto previsto progettualmente.

Oltre alle modifiche eventualmente dovute a diverse modalità di costruzione, possono presentarsi variazioni alle attività di monitoraggio, determinate dai risultati delle indagini preliminari previste nelle fasi iniziali (*Ante Operam*).

In particolare, le variazioni riguardanti il cronoprogramma delle attività di cantiere determineranno delle modifiche al programma di misure.

Variazioni di altro tipo necessitano di un aggiornamento ragionato degli elaborati. Tali aggiornamenti, che costituiscono il normale processo di affinamento progettuale in fase esecutiva, possono essere di vario tipo, per esempio:

- aggiornamento del censimento ricettori (nel caso del rumore, ad esempio, se viene costruito un nuovo edificio, o se uno esistente diventa ricettore per lo spostamento di un cantiere o la modifica di un layout; nel caso della vegetazione se viene istituita una nuova area tutelata);
- aggiornamento del numero di punti di monitoraggio o loro spostamento;
- cambiamento della periodicità delle misure;
- modifiche alle tecniche di monitoraggio: parametri rilevati, durata del rilievo;
- recepimento di indicazioni da parte degli organi di controllo, degli enti competenti, ecc.;

e potranno essere svolti tenendo conto del:

- presente PMA;
- Progetto Definitivo ed Esecutivo dell’opera (inclusa la parte della cantierizzazione).

Il **Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA)** è dunque uno strumento di programmazione di attività e metodologie che per necessità deve avere forma dinamica, tale da consentire l’accoglimento delle “*varianze*” che possono presentarsi.

I risultati derivati dal PMA, se necessario, potranno influire sull’organizzazione del cantiere (cronoprogramma dei lavori, layout delle aree di cantiere, ecc.)

11.1 Obiettivi del Piano di Monitoraggio Ambientale

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) ha lo scopo di assicurare il raggiungimento degli obiettivi generali di tutela del territorio, attraverso azioni specifiche da attuarsi nelle fasi precedenti (*ante Operam*), durante i lavori di realizzazione (corso d’opera) e di esercizio (*post operam*), alla realizzazione dell’infrastruttura.

Nell’ambito della realizzazione delle infrastrutture il PMA persegue i seguenti obiettivi:

- verificare la conformità alle previsioni di impatto ambientale individuate nel SIA (fase di costruzione e di esercizio);
- correlare gli stati ante operam, in corso d'opera e post operam, al fine di valutare l'evolversi della situazione;
- garantire, durante la costruzione, il pieno controllo della situazione ambientale;
- fornire gli elementi di verifica necessari per la corretta esecuzione delle procedure di monitoraggio;
- effettuare, nelle fasi di costruzione e di esercizio, gli opportuni controlli sull'esatto adempimento dei contenuti e delle eventuali prescrizioni e raccomandazioni formulate nel provvedimento di compatibilità ambientale.

Il monitoraggio ambientale segue dunque un percorso complesso che, nel corso della sua realizzazione, per molteplici ragioni, non ultime quelle ambientali, può subire delle variazioni che possono implicare modifiche e/o integrazioni a quanto previsto progettualmente.

11.2 Articolazione temporale

Uno degli aspetti più interessanti delle indagini di accertamento ambientale rende conto della sua articolazione temporale che prevede l'accertamento dei parametri di interesse durante le diverse fasi della vita di un'opera, da prima della sua cantierizzazione fino al suo esercizio.

Il PMA dovrà sviluppare in modo chiaramente distinto le tre fasi temporali nelle quali si svolgerà l'attività di MA: **Monitoraggio ante-operam** che si conclude prima dell'inizio delle attività interferenti con la componente ambientale, ossia prima dell'insediamento dei cantieri e dell'inizio dei lavori e ha come obiettivo principale quello di fornire una fotografia dell'ambiente prima degli eventuali disturbi generati dalla realizzazione dell'opera.

In tale fase sono recepite tutte le informazioni reperibili sia bibliograficamente che dalle analisi effettuate per la redazione dello SIA.

Al termine della fase di *ante operam* saranno disponibili tutti gli strumenti per delineare un quadro completo della situazione pregressa nell'area di intervento prima dell'installazione dei cantieri e dell'inizio delle lavorazioni.

Monitoraggio in corso d'opera che riguarda il periodo di realizzazione dell'infrastruttura, dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento ed al ripristino dei siti.

Questa fase è quella che presenta la maggiore variabilità, poiché è strettamente legata all'avanzamento dei lavori. Il monitoraggio in corso d'opera sarà condotto per fasi successive, articolate in modo da seguire l'andamento dei lavori. Preliminarmente sarà definito un piano volto all'individuazione, per le aree di impatto da monitorare, delle fasi critiche della realizzazione dell'opera per le quali si ritiene necessario effettuare la verifica durante i lavori.

Le indagini saranno condotte per tutta la durata dei lavori con intervalli definiti e distinti in funzione della componente ambientale indagata.

Le fasi individuate in via preliminare saranno aggiornate in corso d'opera sulla base dell'andamento dei lavori.

Monitoraggio post-operam che comprende le fasi di pre-esercizio ed esercizio dell'opera, e deve iniziare tassativamente non prima del completo smantellamento e ripristino delle aree di cantiere. La durata del monitoraggio è variabile in funzione della componente ambientale specifica oggetto di monitoraggio.

Il monitoraggio post operam permetterà di valutare se gli impatti previsti dallo SIA siano effettivamente in termini qualitativi e quantitativi quelli che si rilevano in fase di esercizio dell'opera.

11.3 Criteri metodologici per la stesura del piano

L'iter procedurale per la stesura del Piano vede susseguirsi diverse fasi.

Il **primo step operativo** passa per la conoscenza approfondita del progetto, inteso come sistema di relazioni tra l'infrastruttura e l'ambiente che lo ospita; ciò rende possibile attraverso un'analisi puntuale il riconoscimento dei possibili impatti e dunque degli obiettivi considerati prioritari nella stesura e conduzione del monitoraggio.

In **seconda battuta**, la definizione dei requisiti di base di un Piano, impone il coordinamento con le reti di monitoraggio preesistenti, e dunque l'avviamento di contatti e relazioni di collaborazione con le autorità o gli enti preposti alla loro gestione.

Una **terza fase** della strutturazione del Piano rende conto della conformità dei parametri rilevati agli standard ed entro i limiti delle prescrizioni normative, secondo criteri asseverati dalle autorità; essa costituisce una *conditio sine qua non* per organizzare il Piano stesso e la conoscenza della normativa è un elemento fondamentale per ottenere valutazioni congruenti a quelle delle altre reti di monitoraggio. La caratterizzazione dello stato ambientale di una generica componente è condotta attraverso parametri in linea generale prestabiliti, la cui determinazione deve essere conforme alle indicazioni dello SIA.

Il **successivo step procedurale** rende conto della definizione puntuale dei parametri da monitorare laddove non siano stati riportati espressamente nelle analisi ambientali condotte o nelle osservazioni al decreto di compatibilità ambientale; il Piano deve indicare i parametri maggiormente significativi per la caratterizzazione dello stato delle componenti ambientali, con particolare attenzione ai bioindicatori, e tener conto dei loro risentimenti rispetto a quelle azioni di progetto che possono incidere sul loro valore. La definizione dei parametri più rappresentativi per il monitoraggio è quindi strettamente dipendente dallo spazio (oltre che dal tempo), il che implica la selezione puntuale delle stazioni di rilevamento, nell'ambito delle quali si presume possano essere più evidenti gli effetti delle azioni di progetto sull'ambiente; a tal proposito il riconoscimento nell'area di pertinenza infrastrutturale di luoghi di pregio naturalistico e ambientale, costituisce una stazione di accertamento preferenziale per le finalità di verifica del monitoraggio.

Nel caso delle opere infrastrutturali le componenti ed i fattori ambientali ritenuti significativi sono così intesi ed articolati:

- Emissioni atmosferiche: qualità dell'aria e caratterizzazione meteorologica.
- Acque superficiali e sotterranee: considerate come componenti, ambienti e risorse;
- Suolo e sottosuolo: inteso sotto il profilo geologico, geomorfologico e pedologico, nel quadro dell'ambiente in esame ed anche come risorsa non rinnovabile;
- Fauna, flora e habitat: formazioni vegetali ed associazioni animali, emergenze più significative, specie protette ed equilibri naturali, complessi di componenti e fattori fisici, chimici e biologici tra loro interagenti ed interdipendenti;
- Rumore: considerato in rapporto all'ambiente umano;
- Vibrazioni: considerato in rapporto all'ambiente umano;
- Paesaggio;
- Stato fisico dei luoghi, aree di cantiere, viabilità;
- Ambiente sociale;

Un **ultimo aspetto** degno di nota si riferisce alla macchina organizzativa connessa alla gestione delle operazioni: il Piano di monitoraggio per sua natura non è un momento a se stante nella conduzione delle attività di cantiere, ma è scandito dai suoi progressi, vista e considerata la pretesa che esso ha di accertarne gli effetti; la sua organizzazione deve dunque essere calata nel cronoprogramma lavori; l'editing e la pubblicazione dei risultati, saranno anch'essi soggetti a precise emissioni, secondo standard, formati ed elaborati concordati e prestabiliti

che semplifichino la comprensione delle risultanze nel corso dei diversi momenti del MA (ante, corso e post-operam).

Il PMA è pianificato in modo da poter garantire:

- il controllo e la validazione dei dati;
- l'archiviazione dei dati e l'aggiornamento degli stessi;
- confronti, simulazioni e comparazioni;
- le restituzioni tematiche;
- le informazioni ai cittadini, ove richieste.

11.4 Integrazione dei sistemi finalizzati al controllo ambientale

Di seguito si trattano i principi per l'integrazione tra i sistemi di monitoraggio e controllo focalizzando l'attenzione sul complesso sistema di rapporti e interconnessioni che il PMA deve mantenere con i diversi strumenti tipici della fase di costruzione ed esercizio di un'opera, quali ad esempio il Piano di Gestione Ambientale del Cantiere e il Piano di Utilizzo (ex DM 161/2012).

L'obiettivo è quello di acquisire all'interno di un unico sistema indagini, misurazioni, accertamenti, censimenti, sopralluoghi e monitoraggi espressamente riferibili sia alle **sorgenti di pressione ambientale**, sia all'andamento degli indicatori ambientali presso i **ricettori potenzialmente esposti** a detti fattori di pressione generati dal cantiere.

Infatti, in evidenza, che:

- Il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) risulta prioritariamente orientato ai ricettori, naturali e antropici, dei fattori di impatto direttamente o indirettamente generati dalle fasi di cantiere e di esercizio dell'infrastruttura, registrandone l'andamento temporale in corrispondenza degli areali di impatto e delle aree di esposizione;
- Il Piano di Gestione Ambientale di Cantiere (PGAC) posto a supporto del Sistema di Gestione Ambientale è principalmente focalizzato sulla sorgente diretta dell'impatto, verificandone soprattutto la conformità normativa e la congruità alle disposizioni previste negli atti autorizzativi acquisiti dagli Enti competenti.

In tal modo, le misurazioni ambientali saranno orientate, contemporaneamente, alle sorgenti e ai ricettori, **consentendo valutazioni e correlazione della tipologia causa-effetto**.

Segue una descrizione delle sinergie attuabili tra il PMA, per la cui descrizione si rimanda ai paragrafi che precedono, il Piano di Gestione Ambientale di Cantiere (PGAC) e il Piano di Utilizzo (ex DM 161/2012).

11.5 Il sistema informativo

I documenti di pertinenza del cantiere e i dati ottenuti durante le campagne di misura saranno caricati su di uno spazio WEB in un formato non modificabile, dove potranno essere liberamente scaricati e consultati.

Il sito internet offrirà inoltre la possibilità di informare la cittadinanza in merito alle attività di cantiere.

11.6 Componenti ambientali monitorate

11.6.1 Atmosfera

Il monitoraggio sarà svolto nella fase di ante operam e corso d'Opera. I risultati delle indagini condotte in ante operam saranno assunti a riferimento per un confronto nel corso della fase di monitoraggio successiva di Corso d'opera. Non è invece previsto il monitoraggio post operam.

Il PMA si focalizza su modalità di controllo indirizzate alla verifica dei parametri e dei fattori maggiormente significativi, la cui misura consenta di valutare il reale impatto della sola Opera specifica sull'ambiente.

Pertanto, nonostante lo studio di impatto abbia preso in considerazione anche gli inquinanti gassosi, dal punto di vista tecnico si ritiene che il monitoraggio possa essere limitato al solo particolato atmosferico nelle due frazioni, PM₁₀ e PM_{2,5}, al fine di meglio discriminare eventuali contributi dovuti alle attività di cantiere, vista anche la consistenza del parco veicolare utilizzato durante i lavori.

In altri termini, saranno valutati i livelli di concentrazione delle polveri inalabili e respirabili (PM₁₀ e PM_{2,5}) determinate dalle lavorazioni di cantiere (a titolo esemplificativo: preparazione delle piste e delle aree di cantiere, impianti di betonaggio, movimentazione degli inerti, funzionamento di impianti e mezzi d'opera) al fine di verificare l'efficacia degli interventi di prevenzione posti in essere dalla ditta appaltatrice dei lavori.

Diversamente non saranno oggetto di monitoraggio gli impatti derivanti dalle immissioni dei gas di scarico inquinanti prodotti dal funzionamento di impianti, dai mezzi d'opera e dai mezzi di trasporto dei materiali.

11.6.2 Acque sotterranee

Il Piano di monitoraggio dell'ambiente idrico sotterraneo e delle risorse ad esso connesse è progettato e sviluppato allo scopo di verificare nel tempo lo stato quantitativo e qualitativo dei corpi idrici potenzialmente interferiti dalle azioni di progetto, rilevando l'insorgere di eventuali variazioni qualitative o quantitative.

In particolare, per alterazioni qualitative si intendono eventuali modifiche delle caratteristiche fisico – chimiche – biologiche delle acque sotterranee indotte dalle attività di realizzazione del progetto, mentre per alterazioni quantitative si intendono le variazioni dei parametri idraulici indotte negli acquiferi che possono verificarsi a seguito delle azioni di progetto, quali variazioni della produttività dei pozzi e/o della portata delle sorgenti, modifiche della superficie piezometrica, depauperamento della risorsa idrica per emungimento delle acque di falda, ecc.

Le principali potenziali ricadute sull'ambiente idrico sotterraneo connesse con la realizzazione dell'opera in progetto possono essere riassunte nei seguenti punti:

- modifica del regime idrogeologico;
- depauperamento della risorsa idrica;
- alterazione qualitativa delle acque.

La valutazione dei potenziali effetti indotti sul comparto idrico sotterraneo dalla realizzazione dell'opera in progetto avviene attraverso l'analisi e il confronto dei dati di monitoraggio raccolti prima, durante e dopo la realizzazione dell'opera. Il monitoraggio viene infatti eseguito in 3 fasi:

- Ante Operam (AO);
- Corso d'Opera (CO);
- Post Operam (PO).

Il monitoraggio AO ha lo scopo di verificare lo scenario ambientale di riferimento e di caratterizzare le condizioni ambientali da confrontare con le successive fasi di monitoraggio. Attraverso lo svolgimento di attività

in campo e analisi di laboratorio viene, dunque, caratterizzato lo stato quali-quantitativo degli acquiferi potenzialmente interessati dalle lavorazioni.

Il monitoraggio in corso d'opera riguarda il periodo di realizzazione dell'opera, dall'apertura dei cantieri fino al loro completamento e al ripristino dei siti. Il confronto dei risultati delle campagne di misura relativi a tale fase con quelli ante operam permette di evidenziare eventuali modifiche e alterazioni indotte dalla realizzazione dell'opera sulla componente in esame.

Il monitoraggio *post operam* ha il fine di documentare la situazione ambientale al termine delle lavorazioni connesse all'opera al fine di verificare che gli impatti ambientali siano coerenti rispetto alle previsioni progettuali e di accertare la reale efficacia dei provvedimenti posti in essere per garantire la mitigazione degli impatti sull'ambiente.

Per tutti i punti sono previsti controlli sull'acqua di falda da svolgersi tramite attività in campo e l'analisi dei dati acquisiti da parte degli Enti.

Le stazioni di monitoraggio sono individuate in corrispondenza di due piezometri installati nel corso delle indagini condotte in fase progettuale e che risulterebbero ancora attivi. Dovrà essere eseguita una verifica sul campo prima dell'avvio delle attività di campionamento e analisi, nel caso in cui tali piezometri risultassero inutilizzabili, dovranno esserne realizzati ex novo altri due. I piezometri sono posizionati rispettivamente presso l'area di imbocco (BH03 – campagna 2016), l'area di sbocco (S7 – campagna 2009).

11.6.3 Acque superficiali

Il progetto di monitoraggio dell'Ambiente Idrico Superficiale è redatto con lo scopo di testimoniare le eventuali variazioni quantitative e qualitative indotte sulle caratteristiche delle acque superficiali presenti nel territorio attraversato, durante i lavori.

Gli impatti prevedibili a spese dell'ambiente idrico superficiale sono sostanzialmente legati a possibili, ma poco probabili, sversamenti accidentali nel corpo idrico che possono generare modificazioni del livello di concentrazioni di alcuni elementi chimici e conseguentemente avere possibili ricadute a livello di indicatori biologici.

La valutazione dei potenziali effetti indotti sul comparto idrico superficiale dalla realizzazione dell'opera in progetto avviene attraverso l'analisi e il confronto dei dati di monitoraggio raccolti prima, durante e dopo la realizzazione dell'opera. Il monitoraggio verrà eseguito in 3 fasi:

- Ante Operam (AO);
- Corso d'Opera (CO);
- Post Operam (PO).

Nella fase di monitoraggio AO viene caratterizzato lo stato quali-quantitativo dei corpi idrici potenzialmente interessati dalle lavorazioni, con i relativi andamenti stagionali. In tal modo si verifica lo scenario ambientale di riferimento e vengono caratterizzate le condizioni ambientali da confrontare con le successive fasi di monitoraggio.

Il monitoraggio in corso d'opera riguarda il periodo di realizzazione dell'infrastruttura, dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento e al ripristino dei siti. Il confronto dei risultati delle campagne di misura relativi a tale fase con quelli dell'*ante operam* permette di evidenziare eventuali modifiche e alterazioni indotte dalla realizzazione dell'opera sulla componente in esame.

Il monitoraggio *post operam* ha il fine di documentare la situazione ambientale che si verifica una volta terminate le lavorazioni di realizzazione dell'opera al fine di verificare che gli impatti ambientali siano coerenti rispetto alle

previsioni progettuali e di accertare la reale efficacia dei provvedimenti posti in essere per garantire la mitigazione degli impatti sull'ambiente.

11.6.4 Suolo e sottosuolo

Il monitoraggio della componente suolo viene eseguito con lo scopo di garantire che le opere di progetto siano svolte nel pieno rispetto della situazione pedologica esistente ed in modo da consentire l'integrale ripristino delle condizioni di *Ante operam* al termine di lavori per le aree oggetto di modifiche temporanee.

Per la componente in esame, in considerazione del progetto in esame e del territorio allo studio, i principali rischi che si profilano possono essere riassunti come di seguito:

- danneggiamento degli orizzonti superficiali, dovuto ad operazioni di scotico non adeguate o a cattiva conservazione dello strato fertile, con conseguente potenziale diminuzione della fertilità e una variazione nelle caratteristiche fisiche e chimiche dei suoli;
- sversamenti accidentali di sostanze inquinanti, sia a carico degli strati profondi che delle aree limitrofe;
- deterioramento delle caratteristiche fisiche del suolo (struttura, permeabilità, porosità);
- fenomeni di erosione.

11.6.5 Vegetazione e flora

Il monitoraggio viene eseguito con lo scopo di verificare gli effetti delle attività previste sulla componente florovegetazionale esistente, per permettere l'adozione tempestiva di eventuali azioni "correttive".

Gli effetti delle opere nei confronti di flora e vegetazione sono di tipo diretto e indiretto.

Nel primo caso rientrano sostanzialmente le rimozioni della vegetazione nelle aree di cantiere, mentre al secondo caso appartengono gli effetti indotti dall'abbassamento di livello del lago. Vengono di seguito sintetizzate le informazioni propedeutiche ed essenziali per la comprensione delle attività di monitoraggio su flora e vegetazione.

Fattori perturbativi	Localizzazione	Alterazioni	Misure di mitigazione
Rimozione della vegetazione nelle aree di cantiere	Area imbocco nuova galleria	Sottrazione temporanea di vegetazione di origine antropica; rischio ingresso entità esotiche.	Inerbimento e sfalcio regolare; ripristino della vegetazione.
Rimozione della vegetazione nelle aree di cantiere	Area sbocco nuova galleria	Sottrazione temporanea di vegetazione di origine antropica e di piante appartenenti alla fascia riparia	Inerbimento e sfalcio regolare; ripristino della vegetazione.
Rimozione della vegetazione nelle aree di cantiere	Area della nuova e della attuale traversa	Sottrazione temporanea di vegetazione di origine antropica e di vegetazione in alveo	Inerbimento e sfalcio regolare; ripristino della vegetazione.
Abbassamento del livello idrometrico medio del lago per la durata di tre anni	Tutto il lago, con effetti più estesi lungo le rive meno acclivi	Potenziale alterazione della composizione e struttura delle biocenosi; perdita di habitat	Limitazione dell'abbassamento

Tabella 2 - Informazioni propedeutiche ed essenziali per la comprensione delle attività di monitoraggio su flora e vegetazione

Gli obiettivi del monitoraggio ambientale per la vegetazione e la flora, sono rappresentati da:

1. Verifica della situazione ambientale attuale (di riferimento) da confrontare con le successive fasi di monitoraggio mediante la rilevazione dei parametri caratterizzanti lo stato delle componenti ambientali e le relative tendenze in atto prima dell'avvio dei lavori per la realizzazione dell'opera.
2. Verifica delle previsioni degli impatti ambientali contenute nello SIA e delle variazioni dello scenario di base mediante la rilevazione dei parametri presi a riferimento soggette ad un impatto significativo a seguito dell'attuazione dell'opera nelle sue diverse fasi.

Tali attività (1 e 2), consentiranno di:

- verificare l'efficacia delle misure di mitigazione previste nello SIA per ridurre la significatività degli impatti ambientali individuati in fase di cantiere e di esercizio
- individuare eventuali impatti ambientali non previsti o di entità superiore rispetto alle previsioni contenute nello SIA e programmare le opportune misure correttive per la loro gestione/risoluzione.

Per garantire tali obiettivi nell'ambito del PMA dovranno essere individuati e caratterizzati:

- taxa ed associazioni tassonomiche e funzionali,
- scale temporali e spaziali d'indagine,
- metodologie di rilevamento e analisi dei dati biotici e abiotici.

Il monitoraggio *Ante operam* dovrà prevedere la caratterizzazione delle fitocenosi e dei relativi elementi floristici presenti in area vasta e nell'area direttamente interessata dal progetto, riportandone anche lo stato di conservazione.

Il monitoraggio nelle fasi CO e PO dovrà verificare l'insorgenza di eventuali alterazioni nella consistenza e nella struttura delle cenosi precedentemente individuate.

11.6.6 Fauna

Il progetto di monitoraggio si propone come strumento di conoscenza dello stato attuale delle comunità faunistiche presenti nella zona circostante l'area di intervento, mediante la verifica degli attuali livelli di diversità e di abbondanza specifica, e si prefigge di essere strumento operativo di supporto in termini di prevenzione e controllo delle cause di degrado di tali comunità nel rispetto delle vigenti disposizioni normative comunitarie, nazionali e regionali.

La caratterizzazione generale faunistica dell'intera area interessata dai lavori avviene in modo diffuso per individuare la presenza di emergenze e potenzialità di rilievo. Nella fase iniziale dei lavori si effettuerà una capillare ed accurata acquisizione dei dati bibliografici esistenti, elemento indispensabile sia per la definizione del quadro di riferimento delle presenze dei vertebrati attuali, sia per una successiva opportuna taratura, anche logistica, delle indagini di campo.

La scelta di approfondire le indagini in aree campione di particolare valenza ecologica è legata alla necessità di disporre di dati sulle popolazioni animali, quali-quantitativi, che consentano di valutare il trend evolutivo delle specie indicatrici, che potranno dare la misura del grado di modificazione delle comunità animali e degli eventuali impatti (positivi e/o negativi) indotti dalla realizzazione e successiva messa in esercizio dell'opera di progetto.

Lo sviluppo del monitoraggio della fauna si articola in tre fasi temporali:

- Ante Operam;
- Corso d'Opera;
- Post Operam.

11.6.7 Rumore

L'obiettivo dell'attività di monitoraggio, in primis, è quello di definire il clima acustico del territorio prima dell'apertura dei cantieri, acquisendo dati di riferimento per le fasi successive, durante le quali, invece, le attività di monitoraggio sono finalizzate a caratterizzare la rumorosità associata ai cantieri e alle attività a essi connesse, compreso il traffico indotto, valutando anche l'efficacia delle opere di mitigazione previste in fase di progettazione.

Le condizioni che influenzano il fenomeno acustico possono essere sinteticamente individuate nei seguenti elementi:

1. Presenza e caratteristiche emissive di sorgenti sonore;
2. Percorso di propagazione, influenzato anche dalla presenza di barriere o di ostacoli alla diffusione del rumore;
3. Ubicazione e caratteristiche dei ricettori.

La finalità dell'attività di monitoraggio, quindi, è quella di mantenere sotto controllo la situazione acustica, con particolare attenzione a quei ricettori più esposti alle attività dei cantieri per la costruzione delle opere, allo scopo di accertare l'efficacia delle misure di mitigazione previste in fase progettuale o di definirne e attivarne di nuove, qualora si rendesse necessario.

Data la tipologia delle opere in progetto, con il monitoraggio si prevede una prima fase *ante operam* e una successiva fase in *corso d'opera*, mentre non è previsto alcun monitoraggio nella fase *post operam*.

Gli obiettivi specifici del monitoraggio nella fase *ante operam*, sono:

- La caratterizzazione dello scenario acustico di riferimento dell'area di indagine;
- L'identificazione e la caratterizzazione acustica delle sorgenti di rumore significative presenti nell'area di indagine;
- L'individuazione di situazioni di criticità acustica, oltretanto di superamento dei valori limite, preesistenti alla realizzazione dell'opera in progetto.

Per la caratterizzazione dello stato *ante operam* saranno utilizzati i dati acquisiti durante le campagne di misura per la redazione del documento previsionale di impatto acustico (anno 2016).

In monitoraggio *in corso d'opera* sarà effettuato per tutte le aree di cantiere e ha come obiettivi specifici:

- La verifica del rispetto dei vincoli individuati dalle normative vigenti per il controllo dell'inquinamento acustico (valori limite del rumore ambientale per la tutela della popolazione, specifiche progettuali di contenimento della rumorosità per impianti, macchinari e attrezzature di cantiere);
- La verifica del rispetto delle prescrizioni eventualmente impartite nelle autorizzazioni in deroga ai limiti acustici rilasciate dai comuni;
- L'individuazione di eventuali criticità acustiche e delle conseguenti azioni correttive, quali, per esempio, modifiche alla gestione/pianificazione temporale delle attività del cantiere e/o realizzazione di adeguati interventi di mitigazione di tipo temporaneo.

11.6.8 Vibrazioni

L'utilizzo di macchinari e attrezzature nelle attività di cantiere, nonché il transito di mezzi pesanti, può dare luogo a effetti di vibrazioni indotte sugli edifici posti in prossimità dei lavori, con conseguente disturbo per le

persone che abitano negli stessi. Il monitoraggio ambientale della componente vibrazioni è effettuato allo scopo di verificare che i ricettori interessati dalla realizzazione delle opere siano soggetti a una sismicità in linea con le previsioni progettuali e con gli standard di riferimento. Le attività di monitoraggio permetteranno di rilevare e segnalare eventuali criticità in modo da poter intervenire in maniera idonea al fine di ridurre al minimo possibile l'impatto sui recettori interessati.

Il progetto di monitoraggio ambientale si occuperà di conseguenza di:

- Individuare gli standard normativi da seguire;
- Individuare le aree/edifici da sottoporre a monitoraggio;
- Individuare le tipologie di misura da effettuare;
- Definire la tempistica in cui eseguire le misure;
- Individuare i parametri da acquisire;
- Individuare le caratteristiche tecniche della strumentazione da utilizzare.

Le norme di riferimento per il disturbo alle persone sono la ISO 2631 e la UNI 9614 che identificano nell'accelerazione del moto vibratorio il parametro fisico da adottare come indicatore.

Per quanto riguarda gli effetti sulle strutture, in presenza di livelli elevati e prolungati di vibrazioni, possono osservarsi danni strutturali a edifici o strutture. È da notare, però, che tali livelli sono più alti di quelli normalmente tollerati dagli esseri umani, i cui livelli sono riportati nelle norme ISO 2631 e UNI 9614.

In definitiva, soddisfatto l'obiettivo di garantire livelli di vibrazione accettabili per le persone, risulta automaticamente realizzata l'esigenza di evitare danni strutturali agli edifici, almeno per quanto concerne le abitazioni civili.

Come unica eccezione sono da annoverare le vibrazioni che incidono su monumenti e beni artistici di notevole importanza storico-monumentale, i quali devono essere trattati come punti singolari con studi e valutazioni mirate.

Ne consegue che all'interno dei normali edifici non saranno eseguite misure finalizzate al danno delle strutture ma solo quelle relative al disturbo delle persone. Il riscontro di livelli di vibrazione che recano disturbo alle persone sarà condizione sufficiente affinché si intervenga nei tempi e nei modi opportuni per ridurre i livelli d'impatto.

12 ASPETTI ARCHEOLOGICI

Gli aspetti archeologici sono trattati nella relazione di “verifica preventiva di interesse archeologico”, a firma della dott.ssa Antonella Gabutti allegata al progetto esecutivo emesso nell’anno 2018 e revisionato nell’ambito del presente incarico. I contenuti del documento sono da ritenersi tuttora validi e gli elaborati redatti dal suddetto professionista sono confermati e inclusi nel presente progetto revisionato (vedi elaborati PE-000-ARC-GE-001-RH e PE-000-ARC-GE-00-PL). Di seguito si riporta una sintesi.

12.1 Quadro paleontologico

Il territorio del Lago di Idro presenta alcune evidenze paleontologiche di alta rilevanza relative in particolare ai depositi mesozoici che caratterizzano questo settore.

Nelle aree settentrionali del lago, il sito di Bagolino (BS) rappresenta un esempio dell’alto valore paleontologico che riveste questo territorio. Dalle successioni mesozoiche di quest’area, infatti, proviene un ricco record fossile di invertebrati (in particolare ammonoidi) e vertebrati (conodonti, ma anche pesci e rettili marini) databili all’inizio del Ladinico (Triassico Medio), circa 240 Ma. L’importanza di tale successione è testimoniata dal fatto che questa rappresenta la successione tipo per la base del Ladinico grazie alla sua continuità, ricchezza del record paleontologico ed esposizione.

Altre importanti emergenze fossilifere sono riscontrabili nell’alta Valvestino (BS). In questa zona, compresa tra il Lago di Idro e il Lago di Garda, affiorano depositi sedimentari mesozoici leggermente più recenti dei precedenti a afferibili al Norico (Triassico Superiore). In particolare, all’interno delle formazioni Dolomia Superiore, Calcarea di Zorzino e Argillite di Riva di Solto sono stati rinvenuti, sin dagli anni '60 del secolo scorso, i resti di una ricca fauna marina costituita da invertebrati (molluschi, artropodi, echinodermi, vermi serpulidi, etc.) e vertebrati (soprattutto pesci). Tali associazioni fossilifere presentano una ricchezza e una diversità tali da permettere una precisa ricostruzione paleo-ambientale del territorio durante il Triassico superiore. Inoltre, i resti della fauna mesozoica provenienti da tale successione rappresentano una enorme fonte di dati per l’analisi paleo-biologica di queste comunità marine. Infatti, il particolare tipo di fossilizzazione a cui sono andati incontro alcuni organismi di queste associazioni fossili, ha permesso la conservazione anche dei minuscoli dettagli anatomici delle parti molli che molto raramente possono essere documentate nel record paleontologico.

Per quanto riguarda le sponde meridionali del Lago d’Idro, i lavori interesseranno le zone dove sono esposte le Arenarie della Val Sabbia. Questa formazione, datata al Carnico Inferiore/Medio (Triassico Superiore) è conosciuta per l’importante record di tracce fossili di arcosauri crurotarsi (rettili diapsidi simili a coccodrilli) rinvenute nei pressi di Zone (BS). Qui, circa 70 orme organizzate in sei diverse piste sono rimaste impresse in depositi lagunari e fluvio-deltizi, attestando la presenza e l’attività di questi antichi rettili in questi territori durante gli stadi più antichi del Triassico Superiore. Tali icnofossili, attribuiti in parte a *Brachychirotherium*, documentano il primo rinvenimento in Lombardia di questo icnogenere e forniscono quindi importanti informazioni paleobiologiche in grado di documentare lo stile di vita di questi rettili che dominavano gli ecosistemi terrestri durante il Carnico.

12.2 Quadro archeologico

Il sito più antico sul territorio in esame, per altro localizzato molto lontano dalla zona interessata dai lavori in progetto, è la stazione mesolitica di Vaiale, in Comune di Lavenone, (scheda n. 11), il cui ritrovamento è stato di fondamentale importanza per la conoscenza dei siti mesolitici di media quota e le relative dinamiche del

popolamento, soprattutto in un'area dove non vi erano ritrovamenti relativi a questo momento cronologico. Non si hanno indizi sulla frequentazione durante il Neolitico e l'età del Rame.

Per quanto riguarda l'antica età del Bronzo, quando il territorio gravitava già presumibilmente nell'ambito della cultura di Polada, non si hanno rinvenimenti certi e l'unica traccia è la notizia della presenza di pali lignei relativi ad un insediamento palafitticolo lungo la sponda del lago in località Crone (scheda n. 1). Per i secoli successivi l'assenza di rinvenimenti non permette di avere un quadro culturale del territorio in esame, sebbene i dati provenienti da altri siti localizzati più a sud, sempre nella valle del Chiese, sembrano indicare per il Bronzo Finale un deciso cambiamento culturale con la penetrazione da nord di elementi della cultura centro alpina Luco.

Per quanto riguarda la prima età del Ferro non ci sono elementi sufficienti per proporre un modello culturale di riferimento; inoltre, i materiali rinvenuti nel sito di Vaiale relativi all'insediamento protostorico che ha in parte distrutto la stazione mesolitica non sono tali da consentire un preciso riferimento cronologico (scheda n. 11). Sembra accertato che le popolazioni alpine siano state poco o per nulla toccate dalle influenze celtiche e questo sebbene proprio nella bassa valle del Chiese (Valle Sabbia) siano testimoniati luoghi di culto in uso tra VII e V sec. a.C., successivamente romanizzati, ad indicare, nella continuità di frequentazione, l'alto grado di integrazione fra popolazioni indigene e Celti.

Durante la seconda età del Ferro l'area delle valli giudicarie diventa una sorta di zona di frontiera e di raccordo culturale fra il gruppo Fritzens-Sanzeno o retico, esteso fra Trentino, Alto Adige, Bassa Engadina e Tirolo Settentrionale e Orientale, e il gruppo della cultura Breno-Dos dell'Arca, proprio della Valcamonica, della Valtrompia e della Valtellina. L'analisi della cultura materiale e dei dati epigrafici da vecchie scoperte e da scavi recenti rivela, almeno dal VI sec. a.C., una gravitazione culturale preferenziale verso le vallate lombarde e il gruppo alpino della valle del Reno.

Il territorio di Idro era abitato prima della conquista romana dalla tribù degli Edrani, attestati nell'epigrafe conservata nella chiesa di S. Maria ad undas (scheda n. 4); sempre alla seconda età del Ferro si riferisce l'insediamento più antico individuato a Castel Antico, testimoniato solo da materiali ceramici (scheda n. 3). L'assenza nella toponomastica della zona dei prediali con suffisso celtico (-ago, -igo) e romano (-ano, -ana), diffusi in pianura e presenti fino alla media Valle Sabbia, indica forse il prevalere fino in età romana di un'economia silvo-pastorale con assenza della proprietà individuale. Anche l'onomastica delle epigrafi che attesta la presenza, ancora nella prima età imperiale, di individui di stirpe indigena, contribuisce a spiegare il ritardo nella romanizzazione del territorio. La zona del lago di Idro in età romana era compresa dal punto di vista amministrativo nel municipio di Brescia. Le trasformazioni materiali e culturali messe in atto dopo la conquista romana sono documentate nello scavo dell'abitato di Castel Antico (scheda n. 3), utilizzato per un lungo lasso di tempo (fine I sec. a.C./inizi I sec. d.C. - V sec. d.C.). L'abitato aveva forse funzione di vicus e fu riorganizzato durante la fase di romanizzazione, ma i materiali rinvenuti mostrano forti persistenze indigene di tradizione alpina. Anche dal punto di vista architettonico gli edifici e gli annessi, talora seminterrati, con perimetrali costituiti da murature ad un solo filare di pietre legate e alzato ligneo, rimandano all'edilizia alpina della prima età del Ferro.

Non ci sono altri rinvenimenti attribuibili all'età romana se non i ritrovamenti casuali di alcuni embrici (scheda n. 2) a Idro e di una chiave in bronzo (scheda n. 12) a Lavenone. Infine, al pieno periodo romano appartiene l'iscrizione onoraria rinvenuta presso Santa Maria ad undas (scheda n. 5), sebbene secondo alcuni l'iscrizione non sia stata rinvenuta nei pressi della Pieve di Idro ma a Capriano del Colle, in frazione Torricella.

Con la diffusione del cristianesimo è probabile che una chiesa esistesse sul luogo dove oggi sorge la pieve di S. Maria ad undas, la cui fondazione risale all'XI sec.; la chiesa venne poi ristrutturata nelle sue forme attuali nel XV sec. (scheda n. 4), conservando solo l'abside dell'impianto romanico. La Pieve di Idro fu centro dei territori e delle popolazioni dei paesi vicini ed era una delle più estese della Diocesi.

Nella figura seguente sono riportati i siti di interesse cui fanno riferimento le schede citate nel testo precedente

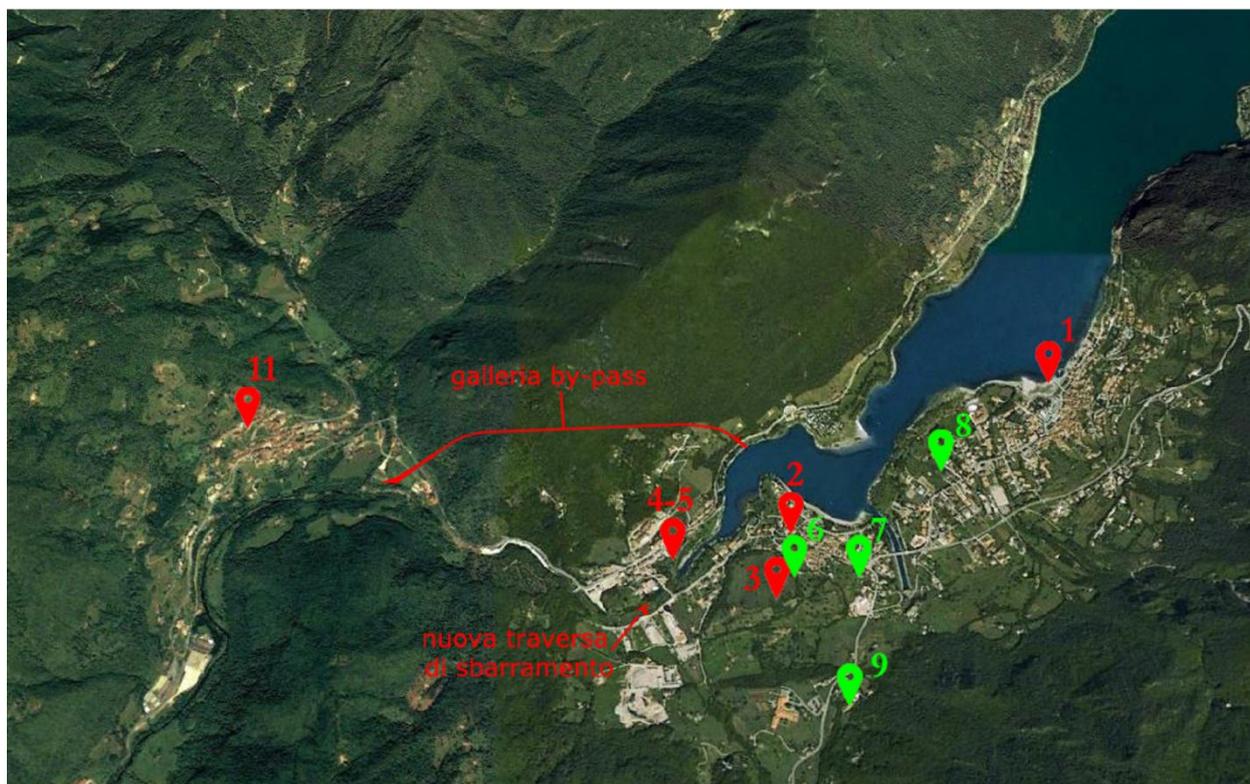


Figura 37 Localizzazione siti di interesse archeologico

12.3 Rischio archeologico

La valutazione del rischio archeologico è determinata da molteplici fattori – siti di interesse, tipo di intervento, esiti del sopralluogo e della fotointerpretazione – esaminati nella relazione e qui ripresi in sintesi.

Siti di interesse: nel territorio di Lavenone sono presenti due elementi di interesse, entrambi molto lontani dall'area di intervento. Il territorio di Idro, invece, comprende più siti alcuni dei quali di grande rilevanza, come l'insediamento palafitticolo di Crone e l'area archeologica con insediamento plurifase, nota come Castel Antico, in frazione Lemprato. Entrambi i siti sono localizzati sulla riva opposta rispetto a quella in cui insisterà l'opera. Elementi di interesse, con indici di presenza di età romana, sono presenti anche in sponda ovest, in località Pieve Vecchia, in corrispondenza della chiesa plebana di Santa Maria ad undas.

Tipo di intervento: la tipologia dell'opera, con la realizzazione della galleria di by-pass, limita la possibilità di eventuali interferenze con depositi archeologici alle aree di imbocco (Idro) e di sbocco (Lavenone).

Sopralluogo: non sono stati individuati elementi di interesse; si segnala che, per le caratteristiche dell'area su cui l'opera insiste, la visibilità dei suoli risulta nulla.

Fotointerpretazione: sono state individuate anomalie morfologiche, almeno in un caso di certa rilevanza archeologica, localizzate per lo più a Lemprato. Una di queste anomalie (n. 1), che tuttavia insiste sulla parte finale di una paleo-frana, localizzata sulle planimetrie di progetto con retino giallo, è situata nella zona di realizzazione della nuova traversa.

In conclusione, si osserva che mentre i recenti interventi di scavo in assistenza archeologica svolti a Lemprato, pur nell'esito negativo, hanno fornito dati importanti per la valutazione del rischio e la sua definizione territoriale, per la località Pieve Vecchia e per la sponda del lago a nord di questa non si ha conoscenza derivante dall'osservazione stratigrafica dei depositi. Non è da escludere che questo tratto di lago conservi traccia della frequentazione di età romana, provata ma non localizzata dalle lapidi romane di riuso di Santa Maria ad undas. Allo stesso modo gli interventi in area spondale e peri-lacustre suggeriscono una certa attenzione, considerando l'accertata frequentazione del lago in età preistorica, testimoniata dal sito palafitticolo di Crone.

In base a quanto esposto il rischio archeologico è da considerarsi basso per l'area di sbocco e per l'area della nuova traversa, con innalzamento a medio per l'area di imbocco.

Infine, si ricorda che l'esecuzione del progetto e la realizzazione delle attività di scavo sono subordinate all'espressione di parere da parte della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Bergamo e Brescia.

13 DURATA DEI LAVORI

Per tutte le attività relative all'esecuzione dei lavori sono stati adottati calendari con turni e giorni di lavoro settimanali differenziati per le lavorazioni all'aperto e per quelle in sotterraneo. Per le opere in sotterraneo e per tutta la logistica ad esse correlata, è prevista l'esecuzione delle attività operative a ciclo continuo (24 ore al giorno) per 7 giorni alla settimana. Considerando le festività e gli imprevisti si è considerato 330 giorni lavorativi sui 365 annuali. Nei cantieri all'aperto, in linea generale e fatta eccezione per le opere all'imbocco, le lavorazioni si svolgeranno invece su un turno giornaliero di otto ore con interruzione delle lavorazioni nel fine settimana. Considerando le festività e gli imprevisti si sono considerati quindi 240 giorni lavorativi sui 365 annuali.

I lavori avranno una durata complessiva di 1876 giorni naturali e consecutivi a partire dalla data del Verbale di Consegna degli stessi, come risulta dal programma temporale riportato nell'elaborato PE-000-AMM-GE-002-CR "Cronoprogramma dei lavori"

Le opere verranno realizzate procedendo su tre cantieri contemporanei e logisticamente distinti:

- Nuova traversa, sistemazioni d'alveo ed adeguamento traversa esistente
- Manufatto di imbocco nuova galleria di by-pass
- Manufatto di sbocco e galleria di by-pass.