

## FIUME CHERIO

# AREA DI ESONDAZIONE CONTROLLATA DELLE PIENE DEL FIUME CHERIO DI MOLINO DEI FRATI NEI COMUNI DI TRESORE BALNEARIO E ZANDOBBIO (BG)

BG.E.22.M

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

### RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA DELLE OPERE IN PROGETTO

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAZIONE	VERIFICA
00	PRIMA EMISSIONE	febbraio 2018		
01				

RUP

Dott. Ing. Marco La Veglia

ATI:

#### MANDATARIO

**RAFFAELLO CATTANEO** | **LANDSCAPE AND ARCHITECTURE**  
 architetto e paesaggista

24069 TRESORE B. (BG) - via S. Ambrogio, 11  
 tel. 035945310, fax 035945310  
 E-Mail studio@architetturaepaesaggio.info

Dott. Arch. RAFFAELLO CATTANEO

#### MANDANTI

**ETATEC**  
**STUDIO PAOLETTI**  
 ETATEC STUDIO PAOLETTI S.r.l.  
 SOCIETA' DI INGEGNERIA



20133 MILANO - via Bassini, 23  
 tel. 0226681264, fax 0226681553  
 E-Mail: etatec@etatec.it

Prof. Ing. ALESSANDRO PAOLETTI  
 Dott. Ing. STEFANO CROCI



24126 BERGAMO - via Montale, 15  
 tel. 035312200  
 E-Mail: ydros@ydros.it

Dott. Ing. GIOVANNI PEZZUCCHI



Archeo Studi  
 Bergamo s.r.l.

24129 BERGAMO - via della Fara, 15  
 tel. 0352816562  
 E-Mail: archeostudibg@gmail.com

Dott.ssa MARIAGRAZIA VITALI



**HATTUSAS**  
 consulenze nel vasto campo  
 della geologia e dell'ambiente

24060 CASTELLI CALEPIO (BG) - via Roma, 37  
 tel. 0354425112  
 E-Mail info@hattusas.it

Dott. Geol. FABIO MASSIMO PLEBANI  
 Dott. Geol. ANDREA GRITTI



**ECOGEO s.r.l.**  
 TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE



24122 BERGAMO - Via F.lli Calvi, 2  
 tel. 035271155  
 E-Mail: info@ecogeo.net

Dott. Geol. DIEGO MARSETTI

#### CONSULENTI

Dott. For. STEFANO ENFISSE  
 Dott. Arch. GIOVANNI MAZZA  
 Dott. Nat. GIAMBATTISTA RIVELLINI

NUMERO

A.1

SCALA

-



A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIALETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

## INDICE

1.	PREMESSA .....	3
1.1	ASSETTO IDRAULICO ATTUALE DEL FIUME CHERIO .....	4
1.2	IL PAESAGGIO NEL CONTESTO DI PROGETTO .....	10
2.	ASSETTO DI PROGETTO DEL FIUME CHERIO PREVISTO NELLO STUDIO DI FATTIBILITÀ DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO .....	14
3.	DESCRIZIONE DI SINTESI DELLE OPERE PREVISTE NEL PRESENTE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA .....	23
3.1	AREA DI LAMINAZIONE GOLENALE "CALVAROLA" .....	24
3.2	AREA DI LAMINAZIONE GOLENALE "BRIGNOLI" .....	26
3.3	AREA DI ESPANSIONE GOLENALE "MACINA" .....	29
3.4	AREA DI ESPANSIONE GOLENALE "RADICI" .....	30
3.5	AREA DI LAMINAZIONE GOLENALE "MOLINO DEI FRATI" .....	33
3.6	EFFETTI IDRAULICI INDOTTI DALLE OPERE IN PROGETTO .....	36
4.	CONFRONTO DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI .....	42
5.	PRIORITÀ DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE PREVISTE NEL PRESENTE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA .....	48
5.1	LA DELOCALIZZAZIONE. UNA NUOVA FILOSOFIA DI GESTIONE DELLE AREE A RISCHIO .....	50
6.	OPERE DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA .....	53
6.1	L'APPROCCIO METODOLOGICO .....	53
6.2	IL PROGETTO DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA .....	54
6.3	OBIETTIVO BIODIVERSITÀ.....	58
6.4	CONDIVISIONE E PROMOZIONE DELL'OPERA .....	60
7.	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE-IDROGEOLOGICHE .....	61
7.1	GEOMORFOLOGIA E STRUTTURA GEOLOGICA .....	61
7.2	ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA ED IMPATTO DELLE OPERE .....	63
7.3	CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI SCAVO.....	66
7.4	MODELLO GEOLOGICO TECNICO DEL SOTTOSUOLO.....	67
7.4.4	Modello geologico preliminare .....	69
7.4.5	Caratterizzazione geotecnica preliminare .....	70
7.4.6	Modello elettrostratigrafico.....	72
7.4.7	Modello idrogeologico preliminare di riferimento .....	74
8.	ASPETTI ECONOMICI E FINANZIARI DEL PROGETTO .....	75

A.T.P.						Consulenti		
			 Archeo Studi Bergamo s.r.l.			<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

9. ELENCO ELABORATI DEL PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA .....	77
---	----



A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIOLETTI	 Ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 1. PREMESSA

L'Agenzia Interregionale per il fiume Po, in data luglio 2017, ha affidato all'Associazione Temporanea costituita dall'Arch. Paes. Raffaello Cattaneo – LANDSCAPE AND ARCHITECTURE - mandatario, dalla società ETATEC S.r.l., - dalla società YDROS INGEGNERIA – dalla ditta ARCHEO STUDI BERGAMO SRL – dalla società HATTUSAS SRL – dalla società ECOGEO – mandanti – l'incarico per la redazione del Progetto di fattibilità tecnico-economica, Studio di Prefattibilità Ambientale e Progetto Definitivo “AREA DI ESONDAZIONE CONTROLLATA DELLE PIENE DEL FIUME CHERIO DI MOLINO DEI FRATI IN COMUNE DI TRESORE BALNEARIO E ZANDOBBIO (BG)”

La presente relazione, relativa al Progetto di fattibilità tecnico-economica espone le principali caratteristiche delle opere in progetto.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 1.1 ASSETTO IDRAULICO ATTUALE DEL FIUME CHERIO

Il fiume Cherio si snoda lungo la Val Cavallina dal Lago di Endine a Trescore Balneario (BG), a valle del quale si immettono i due affluenti più significativi: torrente Tadone e torrente Malmera; successivamente il Cherio attraversa un tratto di pianura fino alla confluenza nell'Oglio sottolacuale. L'estensione complessiva del fiume tra il Lago di Endine e la confluenza in Oglio è di circa 29 km.

Il territorio attraversato è densamente popolato e tocca i comuni di Spinone al Lago, Monasterolo del Castello, Casazza, Vigano S. Martino, Grone, Borgo di Terzo, Luzzana, Entratico, Trescore Balneario, Gorlago, Carrobbio degli Angeli, Bolgare, Calcinata, Palosco.

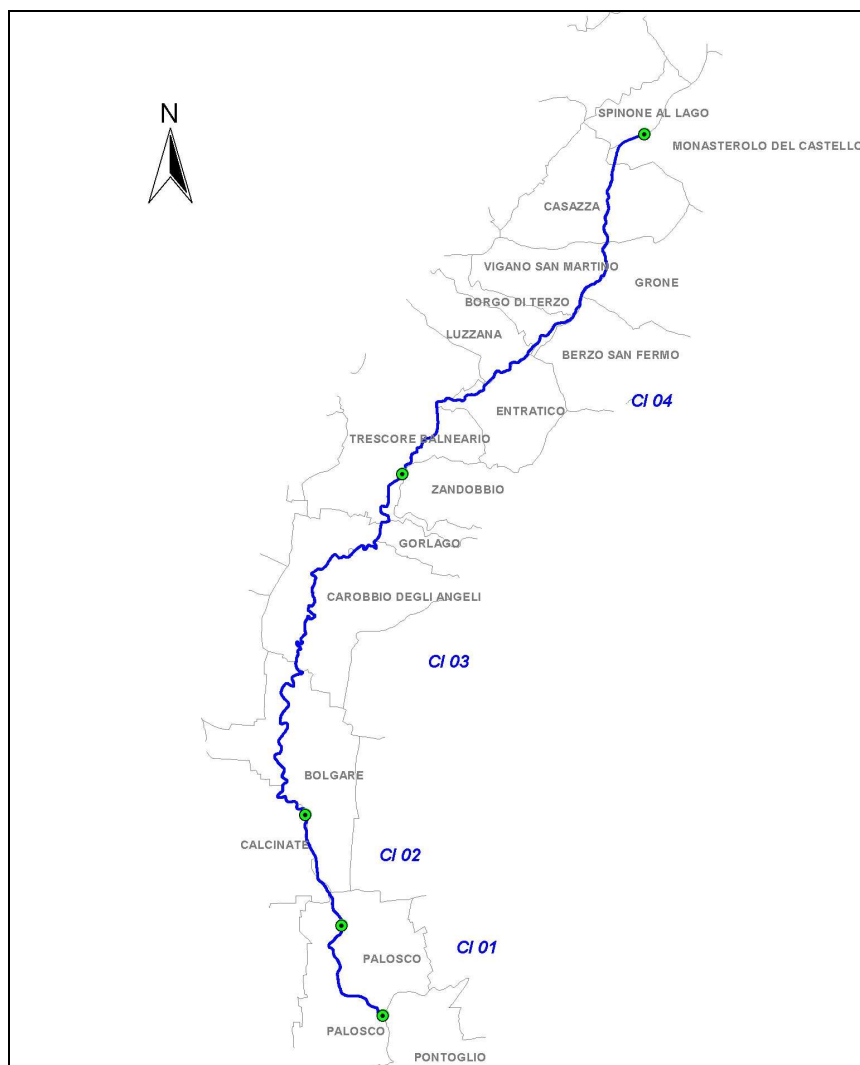
Per lunghi tratti l'alveo risulta canalizzato, nel primo tratto anche rivestito. Dove non rivestito artificialmente, il letto del Cherio è prevalentemente ghiaioso-ciottoloso, con una pendenza variabile tra lo 0,5% e l'1,4%.

Nell'ambito dello *“Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Oglio nel tratto da Sonico alla confluenza in Po e del suo affluente Cherio dal lago di Endine alla confluenza, del fiume Mella da Brozzo alla confluenza in Oglio, del fiume Garza dalla confluenza Valle del Loc alla confluenza in Chiese e del fiume Chiese da Gavardo alla confluenza in Oglio”*, di seguito denominato in breve *Studio-AdBPo*, il corso d'acqua del fiume Cherio è stato suddiviso in quattro tronchi omogenei in base alle caratteristiche del sistema territoriale e a quelle geomorfologiche proprie dell'asta fluviale (Figura 1):

- tronco 1: dal Lago di Endine a Trescore Balneario-Castello (CI04)
- tronco 2: da Trescore Balneario-Castello a Bolgare-Cascina Tezza (CI03)
- tronco 3: da Bolgare-Cascina Tezza a Palosco-Villa Gallinetti (CI02)
- tronco 4: da Palosco-Villa Gallinetti alla confluenza Oglio (CI01).

Il presente progetto si sviluppa tra la fine del primo tronco e l'inizio del secondo.

A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIAZZI	ydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



**Figura 1 – Fiume Cherio: suddivisione in tronchi omogenei**

**Tronco 1: dal Lago di Endine a Trescore Balneario-Castello (CI01)**

In tale tratto, che si sviluppa per una lunghezza di circa 11,3 km, il Cherio è caratterizzato da una bassa tortuosità e da una pendenza del fondo alveo dell'ordine dello 0,82%.

Il tessuto urbano è continuo con tipologie residenziali e commerciali generalmente molto vicine al corso d'acqua mentre sono assenti estese aree verdi in prossimità dell'alveo.

La principale infrastruttura, localizzata in destra idrografica a breve distanza dal corso d'acqua, è la SS n.42.

A.T.P.						Consulenti		
						Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi

### **Tronco 2: da Trescore Balneario-Castello a Bolgare-Cascina Tezza (CI02)**

In questo tratto, che si sviluppa per una lunghezza di circa 12,5 km, la tortuosità del fiume è piuttosto rilevante e il fondo alveo ha una pendenza media dell'ordine dello 0,55%. All'interno del sistema territoriale si alternano aree urbanizzate e aree ad uso agricolo.

### **Tronco 3: da Bolgare-Cascina Tezza a Palosco-Villa Gallinetti (CI03)**

In tale tratto, che si sviluppa per una lunghezza di circa 2,8 km, il fondo alveo ha una pendenza media di circa 0,64%. Si evidenzia la presenza di tipologie territoriali marcatamente rurali-naturali con assenza di zone urbanizzate.

### **Tronco 4: da Palosco-Villa Gallinetti alla confluenza Oglio (CI04)**

Il tale tratto, che si sviluppa per una lunghezza di circa 3,0 km, il fondo alveo ha una pendenza media di (0,63%). Il territorio è prevalentemente agricolo con un'urbanizzazione accentuata sulla sinistra idrografica.

Nell'ambito dello *Studio-AdBPo* è stato implementato un modello idraulico monodimensionale e quasi-bidimensionale, attraverso il quale sono state effettuate diverse simulazioni che hanno condotto all'individuazione degli idrogrammi di piena che nello stato attuale si formano in tutte le sezioni del Cherio e, contemporaneamente, dei profili idrici di moto vario per i tempi di ritorno di 2, 10, 50, 100, 200 e 500 anni. In seguito alle simulazioni condotte, sono state anche tracciate le aree di allagamento per diversi valori del tempo di ritorno. Di seguito si riporta una descrizione delle aree allagabili seguendo la precedente suddivisione dell'asta fluviale in tronchi omogenei.

### **Tronco 1: dal Lago di Endine a Trescore Balneario-Castello (da sez. 62 a sez. 31)**

Percorrendo il tratto in esame da monte verso valle si denota un'alternanza di esondazioni diffuse di limitata estensione e assenza di allagamenti.

In particolare:

- il tratto dal Lago d'Endine a Caderighi è caratterizzato da esondazioni diffuse, ma non ampie per l'evento di piena di progetto; gli allagamenti interessano una zona boscata nel tratto praticamente privo di pendenza immediatamente a valle del lago, il centro abitato di Casazza, specie in sponda destra e il fondovalle tra Fornace e Caderighi, meno densamente urbanizzato; in alcuni tratti non lontani dall'alveo (sezioni 112-107, 081-31) viene lambita la SS 42;
- il tratto da Caderighi a Fornaci è caratterizzato da esondazioni assenti per l'evento di

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

piena di progetto;

- il tratto da Fornaci a Zandobbio presenta allagamenti diffusi, non ampi per l'evento di piena di progetto e locali per piene più frequenti; sono interessate da esondazione alcune aree produttive in località Fornaci e Calvarola e zone non urbanizzate appartenenti al comune di Trescore Balneario.

**Tronco 2: da Trescore Balneario-Castello a Bolgare-Cascina Tezza (da sez. 31 a sez. 016)**

Percorrendo il tratto in esame da monte verso valle si denotano esondazioni estese e continue, mentre solo localmente sono assenti o di piccola entità. In località Molino de' Frati, immediatamente a monte di Gorlago, affluiscono nel Cherio il torrente Tadone, suo principale affluente, in destra idrografica ed il torrente Malmera in sinistra idrografica.

In particolare:

- il tratto da Castello alla linea ferroviaria LC-BS è caratterizzato da esondazioni sempre ampie e continue, fra cui una vasta area con qualche costruzione rurale in sinistra (sezioni 071-069) a monte dell'immissione degli affluenti; a valle dell'immissione la portata complessiva supera la capacità di deflusso dell'alveo e dei ponti, interessando vaste porzioni abitate;
- il tratto dalla linea ferroviaria LC-BS all'A4 è caratterizzato da esondazioni continue per l'evento di piena di progetto e locali per eventi più frequenti; come già osservato il rilevato autostradale provoca rigurgiti per tempi di ritorno da 50 in su e viene tracimato in sinistra per tempi di ritorno di 200 e 500 anni;
- il tratto dall'A4 a Cascina Tezza è caratterizzato da esondazioni continue sia per l'evento di piena di progetto sia per eventi più frequenti, interessando pesantemente l'abitato di Bolgare in sinistra e in destra.

**Tronco 3: da Bolgare-Cascina Tezza a Palosco-Villa Gallinetti (da sez. 016 a sez. 010)**

Nel tratto in esame il fiume scorre in un zona di pianura e, vista la conformazione e la dimensione dell'alveo, le esondazioni sono solo locali ed esigue sia per eventi con TR=100 anni sia per eventi più frequenti.

**Tronco 4: da Palosco-Villa Gallinetti alla confluenza Oglio (da sez. 010 a sez. 1)**

Come nel tronco precedente, il corso d'acqua scorre in un territorio pianeggiante, senza ricevere importanti contributi idrici concentrati.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia delle aree allagabili dello *Studio-AdBPo* relativi al territorio di Trescore Balneario, che come già detto poc'anzi risulta essere interessato da allagamenti nella piana fluviale, limitata in destra idraulica dalla SS42 e dalla SP89 e in sinistra idraulica dai rilievi naturali. In particolare, risultano interessate da esondazioni le aree produttive poste in località Calvarola e alcune aree residenziali poste nei pressi della SP89. Si osserva anche un esteso allagamento in sinistra idraulica, tra il ponte per Zandobbio e la confluenza del T. Malmera, con interessamento di una vasta area interessata da alcuni aree produttive, ma soprattutto da attività agricola.

Si sottolinea che gli allagamenti si verificano già per tempi di ritorno contenuti, infatti a 10 anni di tempo di ritorno (campitura rossa nella Figura 2) risultano interessate da esondazioni:

- località Calvarola, in sinistra idraulica, ove sono presenti attività produttive;
- località Fornaci, in destra idraulica, ove sono presenti attività produttive;
- in sinistra idraulica a monte del ponte per Zandobbio (via Cherio), ove sono presenti attività agricole
- località Molino dei Frati, ove sono presenti attività agricole.



A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIALETTI	Ydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Consulenza nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



**Figura 2 – Aree di allagamento del fiume Chero per T=10 anni (linea e campitura rossa), 100 anni (linea e campitura verde) e 500 anni (linea e campitura gialla)**

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 1.2 IL PAESAGGIO NEL CONTESTO DI PROGETTO

Nella presente parte vogliamo sintetizzare alcuni aspetti, meglio illustrati nelle relazioni specifiche e nelle analisi allegate al presente progetto. L'analisi del paesaggio e quindi comprendere l'assetto urbano è importante in questo progetto, più che in altri, in quanto le criticità ovvero le ragioni stesse, gli obiettivi del presente progetto di fattibilità sono frutto di una conurbazione che ha interessato via via la piana alluvionale abitata nel passato solo da mulini e magli.

I cambiamenti radicali delle attività dell'uomo dalla seconda metà del secolo scorso, un consumo di suolo che ha interessato la valle Cavallina, ma anche le vallecicole minori, un assetto idraulico privo di canali e seriole tanto diffusi nei secoli scorsi, hanno determinato un rapporto diverso con il Fiume, occupando spazi da sempre lasciati al fiume o ad attività compatibili quali quella agricola.

La necessità dell'odierno progetto e gli obiettivi stessi nascono dunque da esigenze moderne, da nuove necessità e dalla consapevolezza che il Cherio ha bisogno di più spazio, di aree ove laminare le piene, aree ormai in uso a diverse attività umane. Negli anni '80 e '90 il Fiume è stato confinato in un ambito canalizzato, con sezione prevalente trapezoidale, una sorta di canale/fiume e privato di quelle aree alluvionali da scelte urbanistiche locali e slegate dalle dinamiche idrauliche generali e comunque inconsapevoli degli effetti a valle di tali atti pianificatori.

Il paesaggio che caratterizza l'ambito di progetto si può suddividere in due parti. La prima parte a monte del ponte per Zandobbio che mostra un contesto vallivo, stretto racchiuso fra il sistema collinare di Grena e del Colle in comune di Trescore Balneario. Da questi due sistemi nascono diverse vallecicole quali la val Roveto, la val Calvarola e la valle dei Minardi-Fornaci. Il fondovalle è caratterizzato da attività prevalentemente legate ai segati di marmo che si sono insediate dagli anni '50, complice anche la cava di dolomia Brignoli posta in prossimità della Calvarola. Sino al secondo dopoguerra il fondovalle era caratterizzato da una povera maglia stradale che distribuiva magli e mulini, con la presenza di alcuni importanti presidi territoriali quali le Terme di Trescore e alcune case di villeggiatura poste nelle parti più in alto (Villa Suardi, Villa Colleoni e Villa Mosconi Celati).



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Nel tratto a valle del ponte di Zandobbio la valle si apre formando una grande piana agricola che vede sul lato idrografico sinistro il “terrazzo” geologico di Zandobbio e sull’altro versante i dolci pendii di Trescore. Qui il fiume, un tempo ricco di meandri, è stato raddrizzato in diversi punti a causa della SP 89 che si realizzò negli anni ’50 in un fondo valle di fatto privo di strade di importanza provinciale. Tale piana agricola fu allagata l’ultima volta nel 1979 e rappresentava (il passato è d’obbligo in quanto il fiume non si è più riversato dagli anni ’80 a causa dei nuovi argini) una naturale laminazione importante per i territori comunali a valle quali Gorlago e Carobbio degli Angeli.

Negli anni del dopoguerra, oltre alla crescita delle attività in sponda idrografica sinistra, anche l’urbanizzato ha occupato parte delle aree pianeggianti in sponda sinistra. La realizzazione della SP 89, rialzata rispetto alle quote originarie, ha formato una sorta di argine limitando gli effetti delle piene e stravolgendo anche quella rete di seriole che si intrecciavano lungo il Fiume.

La conurbazione del fondo valle, processo purtroppo diffuso in Italia e soprattutto nel nord produttivo, è proseguita anche nei decenni passati nonostante gli studi, certo tardivi, andassero individuando criticità idrauliche e conflittualità fra il Fiume e le attività dell’uomo.

Queste brevi note storiche sono fondamentali per leggere il territorio oggi e quindi capirne lo sviluppo e i limiti fisici. L’edificato è caratterizzato dunque da una grande disomogeneità, funzionale e anche tipologica, ove attività produttive si confrontano con quartieri popolosi (vedi il quartiere Casermone/Macina). Anche gli edifici mostrano questo sviluppo in epoche diverse mostrando strutture degli anni ’50 a edifici realizzati anche nel decennio scorso. Lungo il fiume si incontra in generale un costruito non recente, spesso vetusto e articolato con interventi più recenti, spesso disimpegnati da strade, talvolta storiche, insufficienti nel calibro stradale e comunque non certo compatibili con le moderne aree produttive. La crescita quasi spontanea nel dopoguerra dell’area produttiva denominata Calvarola, e la mancanza di una pianificazione dell’area produttiva, si evince anche dalla mancanza di rete fognaria di collettamento dei reflui.

Le attività sono spesso caratterizzate da ampi depositi per inerti lapidei o segati di marmo, piazzali spesso allagati anche dalle ultime piene del 2014 e del 2016. La sopra citata mancanza di un’opera di collettamento, determina che in caso di piene del Fiume, tali

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

piazzali non riescono a scaricare le acque e, anzi, subiscono il ritorno in pressione delle acque meteoriche sotto la spinta del fiume in piena.

Il sistema del verde, illustrato nella tavola di uso del suolo, vede le poche siepi e le alberature lungo le sponde del fiume. Solo una boschina è presente a valle delle antiche terme Beroa, in comune di Zandobbio. La spinta delle attività dell'uomo, la progressiva trasformazione del fiume in un "canale" ha prodotto un generale impoverimento delle risorse del fondovalle, un tempo ricco di luoghi di richiamo: canali, il fiume stesso, erano luoghi dello svago e dell'incontro. Lo scenario negli anni '80 è quello di un fiume sempre più confinato, antropizzato e le cui acque erano bianche a causa delle lavorazioni del marmo che riversavano i reflui delle lavorazioni nel Fiume.

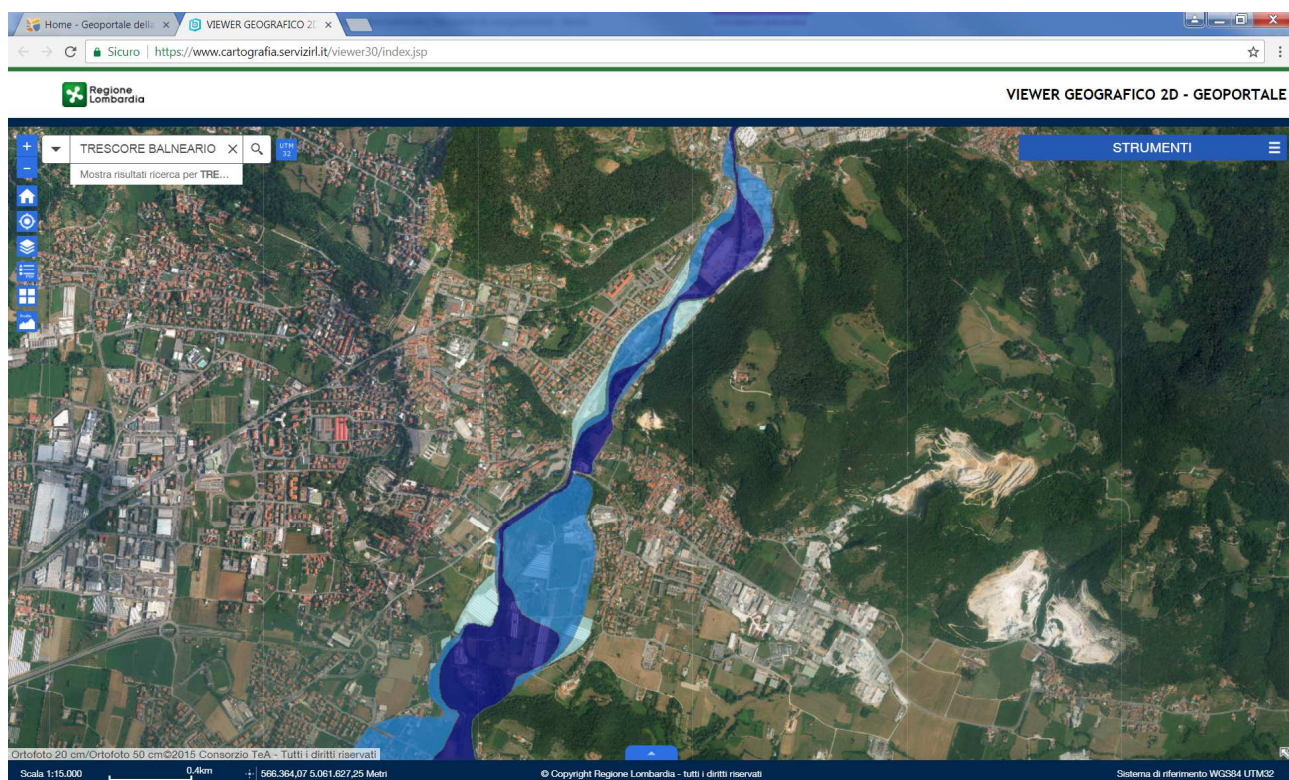
Bisogna attendere la fine degli anni '90 per riscoprire il valore del Cherio e una nuova consapevolezza dell'importanza della risorsa acqua. Questa nuova considerazione nei confronti del Fiume si concretizza con la realizzazione di un libro da titolo "Il Cherio, la risorsa acqua" e da un progetto di rinaturalizzazione di parte delle sponde che si è concluso da qualche anno e che ha eliminato sostituito alcune opere di difesa invasive con altre più compatibili, senza l'utilizzo di calcestruzzo. Anche la pianificazione individua per le aree in esame, oltre alle criticità idrauliche, anche la necessità di un recupero e una riqualificazione del paesaggio. Il PTCP della provincia di Bergamo individua nei contesti in esame un ambito di "Valorizzazione, riqualificazione e/o progettazione paesistica", riconoscendo la necessità di un riordino a scala territoriale attento alle criticità idrauliche individuate ma anche al paesaggio di fondovalle.

La richiesta di un fiume migliore dal punto di vista ambientale e nel contempo la richiesta di maggiore sicurezza per le attività presenti nel fondovalle, sono argomenti affrontati dal presente progetto e obiettivi richiesti nella moderna pianificazione e nei processi di riqualificazione.

Le medesime aree di allagamento sono state considerate nell'ambito del PGRA (Piano Gestione del Rischio di Alluvioni) dell'Autorità distrettuale del fiume Po, e definite come aree di pericolosità idraulica da esondazione. Nella figura seguente sono riportate le aree a diverso grado di pericolosità, secondo la codifica e rappresentazione grafica utilizzata nel PGRA, in particolare:

A.T.P.						Consulenti		
<b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	<b>ETATEC</b> STUDIO PIALETTI	<b>ydros</b> Ingegneria	<b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	<b>HATTUSAS</b> Consulenza nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	<b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

- aree P3 (o H): aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (tempo di ritorno di riferimento pari a 10 anni) → campitura in colore blu;
- aree P2 (o M): aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni) → campitura in colore azzurro;
- aree P1 (o L): aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (tempo di ritorno di riferimento pari a 500 anni) → aree campite in colore azzurro chiaro.



**Figura 3 – Foto aerea con riportate le aree di pericolosità del PGRA del F. Cherio in Comune di Trescore Balneario. Le aree blu sono quelle interessate da esondazioni frequenti (T=10 anni), quelle azzurre da esondazioni poco frequenti (T=100 anni) e quelle azzurre chiare da esondazioni rare (T=500 anni) - (fonte: Geoportale Regione Lombardia)**

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIALETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS Consulenza nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi

## 2. ASSETTO DI PROGETTO DEL FIUME CHERIO PREVISTO NELLO STUDIO DI FATTIBILITÀ DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO

Sulla base delle analisi idrologica e idraulica relative allo stato di fatto, nello studio di fattibilità previsto dall'Autorità di Bacino (*Studio-AdBPo*) sono state condotte le indagini volte ad individuare le migliori soluzioni progettuali idonee ad una sistemazione idraulica del corso d'acqua, supportando le scelte con analisi di fattibilità tecnica, economica ed ambientale delle opere.

Gli obiettivi che sono stati considerati nello *Studio-AdBPo* per definire l'assetto di progetto del fiume Cherio sono:

- conseguire l'efficace deflusso delle piene del corso d'acqua e il contenimento dei livelli idrici relativi nelle aree incompatibili con l'allagamento;
- il mantenimento o il recupero al corso d'acqua delle aree compatibili con i fenomeni di espansione della corrente e laminazione delle piene;
- il controllo dei fenomeni di instabilità plano-altimetrica nelle aree incompatibili con la manifestazione dell'evoluzione morfologica;
- il mantenimento o il recupero al corso d'acqua delle aree compatibili con i fenomeni di divagazione e variazione del profilo di fondo;
- il ripristino, la riqualificazione e la tutela delle caratteristiche ambientali del territorio;
- il recupero della funzionalità dei sistemi naturali (anche tramite la riduzione dell'artificialità conseguente alle opere di difesa);
- il recupero delle aree fluviali a utilizzi ricreativi;
- il recupero, la protezione e la previsione di usi compatibili delle risorse della regione fluviale.

Per l'assetto di progetto del fiume Cherio, date le sue particolari caratteristiche, viene assunta una **piena di riferimento con 100 anni di tempo di ritorno**.

Gli interventi necessari per il raggiungimento degli obiettivi generali e specifici sono prevalentemente delle seguenti tipologie:

1. azioni di recupero della funzionalità (per quanto possibile) naturale del corso

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

d'acqua, le quali si concretizzano nella riacquisizione alla pertinenza fluviale di aree golenali le più ampie e continue possibili, nelle quali consentire il manifestarsi delle dinamiche idro-morfologiche (espansione e laminazione dei deflussi, divagazione dell'alveo) assecondando il naturale sviluppo della vegetazione ripariale. Nello specifico si tratta della combinazione di interventi non strutturali di delimitazione degli spazi funzionali del corso d'acqua compatibili con i fenomeni fluviali e interventi strutturali che rendano nuovamente disponibili quegli spazi e/o impediscano il propagarsi dei fenomeni morfologici a tratti del corso d'acqua o porzioni del sistema territoriale dove risulterebbero incompatibili. Questi interventi si caratterizzano per un sostanziale equilibrio progettuale tra le diverse componenti del sistema fluviale ed hanno l'obiettivo di garantire un'adeguata protezione delle aree sensibili senza sacrificare aree utili alle dinamiche fluviali, prediligendo una scelta che, pur sottraendo territorio a molti usi antropici, non trasferisce a monte o a valle le locali criticità. Gli interventi di questo tipo sono distribuiti su tutto il corso d'acqua, sebbene essi risultino di estensione e importanza maggiore procedendo da monte a valle; tuttavia quelli previsti nella parte montano-collinare e nella porzione di alta pianura assumono importanza per essere inseriti in un contesto in cui la naturale funzionalità fluviale (morfologica, idraulica ed ecologica) risulta spesso compromessa.

2. Casse di laminazione, realizzate su aree compatibili già allagabili nelle condizioni attuali, realizzate con l'obiettivo (esclusivamente idraulico) di limitare e dove possibile eliminare le esondazioni e le condizioni di rischio idraulico previste a valle ed in particolare nei centri abitati di Gorlago, Carobbio degli Angeli e Bolgare. Le opere, che presentano un notevole grado di interferenza con il corso d'acqua per la presenza di alte arginature e opere trasversali di presa e scarico in alveo, sono accompagnate da interventi di mitigazione e sono realizzate in modo coordinato (se in derivazione) o integrato (se in linea) con azioni migliorative della naturalità del corso d'acqua.
3. Interventi di contenimento e controllo passivo dei fenomeni fluviali; si tratta di nuove opere o più spesso di integrazioni o adeguamenti di opere esistenti prevalenti, com'è naturale, nel tratto montano-collinare e, nei tratti di pianura, all'interno di aree



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

urbane o a notevole distanza dalle opere di laminazione strategica.

4. Interventi sulle opere interferenti il cui adeguamento è necessario al conseguimento dell'assetto di progetto.

Per quanto riguarda il tratto di fiume Cherio in Comune di Trescore Balneario, l'assetto di progetto specifico definito nello *Studio-AdBPo* prevede i seguenti interventi:

- ***“razionalizzazione del sistema difensivo e recupero golenale tra Fornaci e Castello”***, combinato con la definizione di spazio di mobilità compatibile *“Calvarola-Castello”* e la rinaturazione del corridoio fluviale, con l'obiettivo di **eliminare gli allagamenti previsti su aree sensibili e recuperare la residua funzionalità naturale del corso d'acqua, mantenendo l'attuale tipologia d'alveo regimato con argini in froldo e muri spondali solo all'inizio del tratto (Calvarola), passando subito dopo ad una con sponde naturali, golene e opere di contenimento al margine (in destra); viene così definito uno spazio golenale ampio circa 150 m, contenuto tra la SP n.89 in destra e i naturali limiti morfologici in sinistra, al quale appartengono recenti meandri del corso d'acqua e all'interno del quale sono consentiti fenomeni di allagamento, dinamiche evolutive e sviluppo di vegetazione ripariale.** L'intervento integrato prevede, in modo prioritario, l'imposizione di un vincolo di fascia B su gran parte delle aree libere da insediamenti che risultano ad oggi allagabili e la realizzazione di un risezionamento d'alveo e di nuovi muri spondali a Calvarola, per la difesa da ampi e frequenti allagamenti; con minore urgenza si prevede la realizzazione di un nuovo muro al ciglio della SP n.89, cui è subordinata la dismissione delle opere spondali e delle soglie esistenti tra Calvarola e Castello; l'intervento è completato dall'adeguamento di alcune opere di attraversamento nella prima parte del tratto.
- Gli interventi previsti hanno quindi l'obiettivo di recuperare la residua funzionalità naturale del corso d'acqua, passando da una tipologia d'alveo regimato con argini in froldo a una con sponde naturali, golene e argini al margine.
- ***“Realizzazione di due vasche di laminazione in derivazione, poste in sinistra idraulica, in serie tra loro, di volume utile complessivo pari a 575.000 m<sup>3</sup>, nei comuni di Trescore Balneario e Zandobbio”***. Il sistema di vasche è dotato di presa mediante sfioratore laterale governato in modo automatico da una traversa finestrata di luce fissa posta nell'alveo del Cherio e restituzione poco a monte di Molino dei Frati.

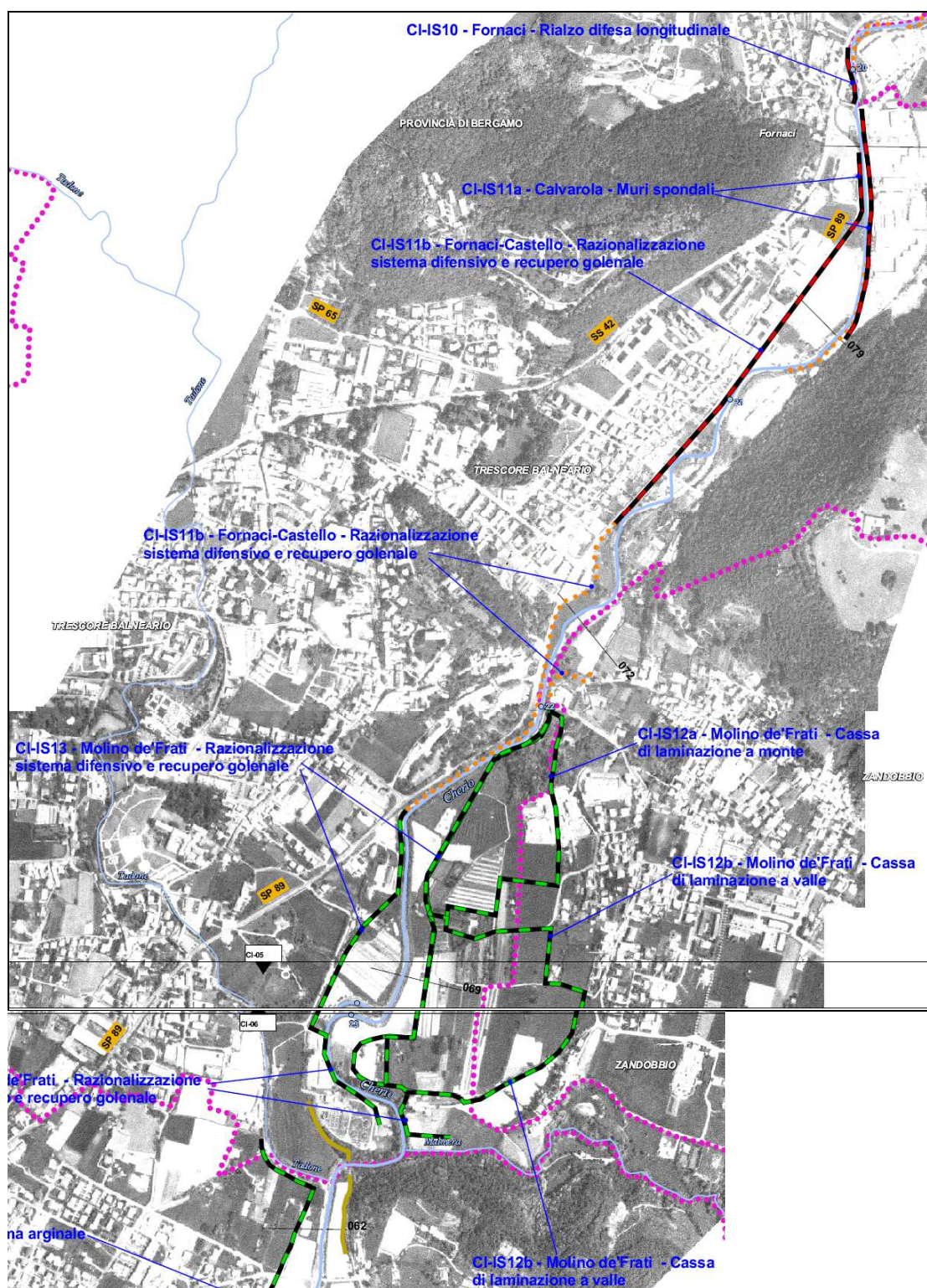
A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Entrambe le vasche sono dotate di argini marginali di altezza massima inferiore ai 6 m, ma mediamente molto minore e utilizzano ai fini della difesa dal rischio idraulico aree non sensibili comunque allagabili, limitando o incorporando gli altrimenti necessari interventi passivi di contenimento a ridosso di aree densamente insediate. **Le aree di laminazione consentono di ridurre le portate relative all'evento di riferimento a circa 160 m<sup>3</sup>/s a monte di Gorlago.**

Nella

Figura 4 si riportano le opere previste nell'assetto di progetto definito nello *Studio-AdBPO* per l'intero tratto del fiume Cherio in Comune di Trescore Balneario, mentre nella Figura 5 si riporta la planimetria di progetto dell'area di laminazione di Molino dei Frati.

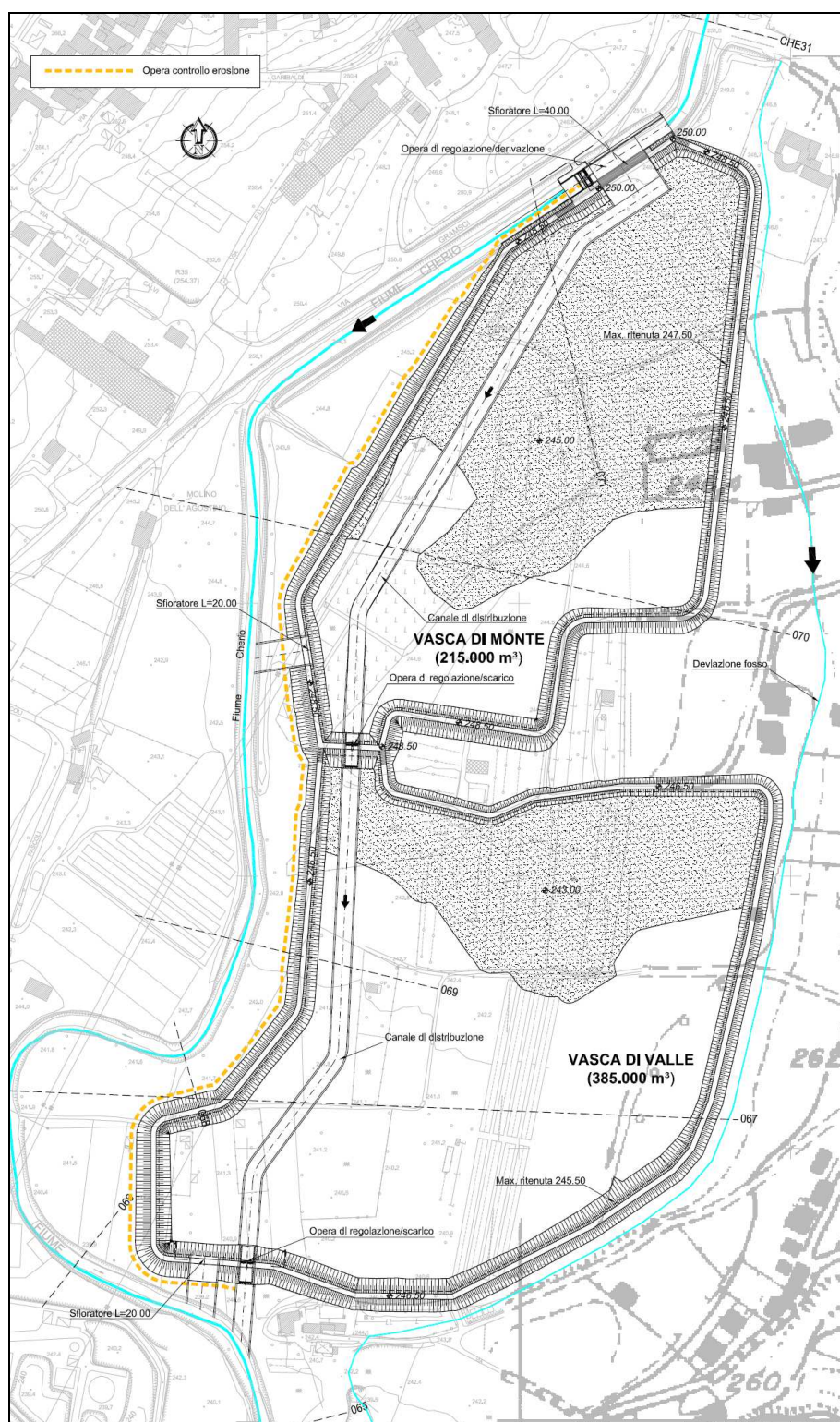
A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIAZZI	ydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Consulenza nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



**Figura 4 – Cartografia assetto di progetto del sistema difensivo del fiume Cherio a Trescore Balneario (Fonte: Studio-AdBPo)**



A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIOLETTI	Ydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Consulenza nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



**Figura 5 – Planimetria di progetto delle aree di laminazione di Molino dei Frati (Fonte: Studio-AdBPo)**

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIALETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

In sintesi, l'assetto di progetto definito nello studio dell'Autorità di bacino del fiume Po prevede la realizzazione dei seguenti interventi a carattere infrastrutturale:

codice intervento	descrizione intervento	obiettivo intervento	entità intervento
<b>CI-IS11a</b>	muri spondali e locale rizezionamento alveo in comune di Trescore	difesa da allagamenti a Calvarola	820 m
<b>CI-IS11b</b>	realizzazione nuovo muro al ciglio della SP n.89 e dismissione opere spondali esistenti a Trescore	difesa da allagamenti e recupero aree golenali tra Fornaci e Castello	2.000 m
<b>CI-IS12a</b>	realizzazione cassa di laminazione in derivazione da 275.000mc a Molino dei Frati (Trescore + Zandobbio)	gestione area allagabile di Molino dei Frati con fini strategici (laminazione)	92.000 mq
<b>CI-IS12b</b>	realizzazione cassa di laminazione in derivazione da 300.000mc a Molino dei Frati (Trescore + Zandobbio)	gestione area allagabile di Molino dei Frati con fini strategici (laminazione)	125.000 mq
<b>CI-IS13</b>	graduale dismissione del sistema di argini in froldo e realizzazione nuovi argini a margine della fascia B a Molino dei Frati	difesa da allagamenti e recupero golene a Molino dei Frati	1.300 m, 1.200 m

In particolare:

- l'intervento CI-IS11a prevede il rialzo della difesa longitudinale a Calvarola, dove l'attuale sistema difensivo è costituito da un muro verticale realizzato in muratura di pietra e malta. L'intervento prevede il rialzo del muro spondale esistente, da realizzarsi con lo stesso materiale o in calcestruzzo, per garantire lungo tutto il tratto interessato di 820 m il franco minimo di progetto (assunto pari a 50 cm).
- L'intervento CI-IS11b prevede la realizzazione di un nuovo muro al ciglio della SP n.89, che costituisce il margine in destra della prevista fascia B e la dismissione delle opere spondali esistenti tra Calvarola e Castello. Il muro è provvisto della protezione della scarpata per il controllo della divagazione orizzontale del corso d'acqua, questa protezione diventerà una vera e propria difesa spondale, lungo quei tratti in cui la strada provinciale fiancheggia l'alveo. L'altezza del muro è compreso tra 3 e 4 m circa.
- Gli interventi CI-IS12a e CI-IS12b sono costituiti dalle due casse di laminazione di Molino dei Frati, di volume complessivo pari a 575'000 mc. Tali casse di laminazione possono essere schematizzate come un unico sistema in quanto l'opera di derivazione/regolazione è unica per le due casse. Quest'ultima, è composta

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

principalmente da un'opera di regolazione in alveo posta nella sezione immediatamente a monte della zona golenale destinata all'allagamento controllato. Quest'opera è costituita da una struttura in calcestruzzo armato, equipaggiata con un sistema di due paratoie a settore e di uno sfioratore di emergenza. La regolazione opportuna delle paratoie, permette di creare un rigurgito, a monte dell'opera, dove lo sfioratore di 40 m di lunghezza, realizzato, in fregio all'argine di sinistra, alimenta la cassa di laminazione di monte. Questa, attraverso un'opera di scarico situata nel punto più basso dell'arginatura di valle ed equipaggiata con un sistema di paratoie piane, alimenta la cassa di laminazione di valle. Quest'ultima è dotata di un'opera di scarico a fiume anch'essa regolata per mezzo di un sistema di paratoie piane. All'interno delle casse, un canale di distribuzione che parte dallo sfioratore laterale di alimentazione e giunge, passando per l'opera di scarico della vasca di monte, fino allo scarico della vasca di valle, permette il riempimento della sola vasca di monte o della sola di valle, partendo comunque dal punto più basso di entrambe ed evitando pertanto ruscellamenti incontrollati che potrebbero portare a fenomeni di erosione concentrata. La possibilità di utilizzare l'una o l'altra cassa indipendentemente, garantisce una maggior flessibilità gestionale e permette, qualora l'entità della piena sia inferiore al previsto, di evitare l'allagamento di uno dei due comparti che costituiscono il sistema di laminazione controllata.

- L'intervento CI-IS 13 prevede la "razionalizzazione del sistema difensivo e recupero golenale tra Castello e Molino de Frati", da realizzarsi in modo coordinato con la realizzazione delle omonime casse di laminazione. L'obiettivo è quello di recuperare la residua funzionalità naturale del corso d'acqua, passando da una tipologia d'alveo regimato con argini in froldo a una con sponde naturali, golene e argini al margine: prevedendo anche in questo tratto, come primo passo, l'imposizione di un vincolo di fascia B sulla porzione di aree allagabili libere da insediamenti e non interessate dell'intervento di laminazione. Una volta definite queste aree, si procederà alla graduale realizzazione nuovi argini a margine della fascia B. L'altezza degli argini previsti è compresa tra 3 e 4 m circa. Buona parte di questi argini sono coincidenti con gli argini di confinamento delle casse di laminazione e saranno realizzati dell'altezza necessaria per il confinamento della fascia "B" e successivamente rialzati, qualora la costruzione

A.T.P.						Consulenti		
			 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

della cassa di laminazione dovesse essere ritardata. La realizzazione degli argini perimetrali, sarà accompagnata dalla contemporanea dismissione di gran parte del sistema di argini in frodo esistente.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

### 3. DESCRIZIONE DI SINTESI DELLE OPERE PREVISTE NEL PRESENTE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

Sulla base delle analisi idrologiche condotte nello *Studio-AdBPo*, delle analisi idrauliche condotte dal sottoscritto R.T.P. e descritte nella relazione idrologico-idraulica allegata al progetto (elaborato n. A.3.1) e delle linee generali dell'assetto di progetto definite dall'Autorità di bacino del fiume Po nello studio del 2004 e riassunte nel capitolo precedente, è stato individuato un nuovo assetto di progetto. In particolare le opere in progetto previste lungo il fiume Cherio in Comune di Trescore Balneario sono, procedendo da monte verso valle, le seguenti:

- area di laminazione golenale, denominata “Calvarola”, di volumetria pari a circa 60'000 m<sup>3</sup> e superficie massima pari a circa 50'000 m<sup>2</sup>, posta fuori linea rispetto al fiume Cherio, in sponda sinistra, comprensiva di manufatti idraulici di derivazione e scarico;
- area di laminazione golenale, denominata “Brignoli”, di volumetria pari a circa 30'000 m<sup>3</sup> e superficie massima pari a circa 24'000 m<sup>2</sup>, posta fuori linea rispetto al fiume Cherio, in sponda destra, comprensiva di manufatti idraulici di derivazione e scarico;
- area di espansione golenale, denominata “Macina”, caratterizzata da una superficie pari a circa 30'000 m<sup>2</sup>, posta in linea rispetto al fiume Cherio;
- area di espansione golenale, denominata “Radici”, caratterizzata da una superficie pari a circa 47'000 m<sup>2</sup>, posta in linea rispetto al fiume Cherio;
- area di laminazione golenale, denominata “Molino dei Frati”, di volumetria pari a circa 520'000 m<sup>3</sup> e superficie massima pari a circa 200'000 m<sup>2</sup>, posta fuori linea rispetto al fiume Cherio, in sponda sinistra, comprensiva di manufatti idraulici di derivazione e scarico;

Oltre al sopra citato sistema di aree di laminazione e di espansione golenale, il progetto include diversi tratti di opere arginali, in terra o in muratura, finalizzate alla protezione delle infrastrutture poste nell'intorno del tratto fluviale considerato.

Nei paragrafi seguenti vengono descritte le caratteristiche principali delle singole opere idrauliche.

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIALETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

### 3.1 AREA DI LAMINAZIONE GOLENALE “CALVAROLA”

L'area di laminazione golenale “Calvarola” è un'opera di invaso delle piene del fiume Cherio, da realizzare all'interno di un'area attualmente interessata dalla presenza di insediamenti produttivi. L'area in questione è parte integrante dell'alveo di piena del fiume Cherio, infatti, anche in occasione di eventi di piena non eccezionali, tutta l'area risulta essere interessata da fenomeni di esondazione.

Per poter realizzare l'area di laminazione occorre delocalizzare gli insediamenti produttivi presenti, demolire le relative infrastrutture, regolarizzare il livello del piano campagna, realizzare l'arginatura di contenimento dell'invaso e le opere per consentire lo sfioro delle piene del Cherio e il successivo svuotamento.

L'invaso di laminazione, costituito da un unico comparto, è caratterizzato da un volume complessivo di 60'000 m<sup>3</sup>.

Per ottenere tale volume di invaso occorre effettuare una regolarizzazione dell'attuale piano campagna attraverso uno scavo medio di circa 1.4 m, a cui corrisponde un volume di circa 90'000 m<sup>3</sup> (parte di tale quantitativo verrà riutilizzato all'interno del cantiere per la formazione delle arginature perimetrali).

Nella Tabella 1 sono riportate le principali caratteristiche geometriche dell'area di laminazione e nella Figura 6 è riportata la planimetria dell'invaso con indicate le principali opere idrauliche.

**Tabella 1 – Caratteristiche area di laminazione golenale “Calvarola”**

	Volume [m <sup>3</sup> ]	Quota di fondo [m s.m.]	Quota di massima regolazione [m s.m.]	Quota coronamento argini [m s.m.]	Superficie alla quota di massima regolazione [m <sup>2</sup> ]	Superficie alla quota di fondo [m <sup>2</sup> ]
<b>Area laminazione golenale “Calvarola”</b>	60'000	258.5 ÷256.5	259.1	262.0÷261.0	50'000	42'000



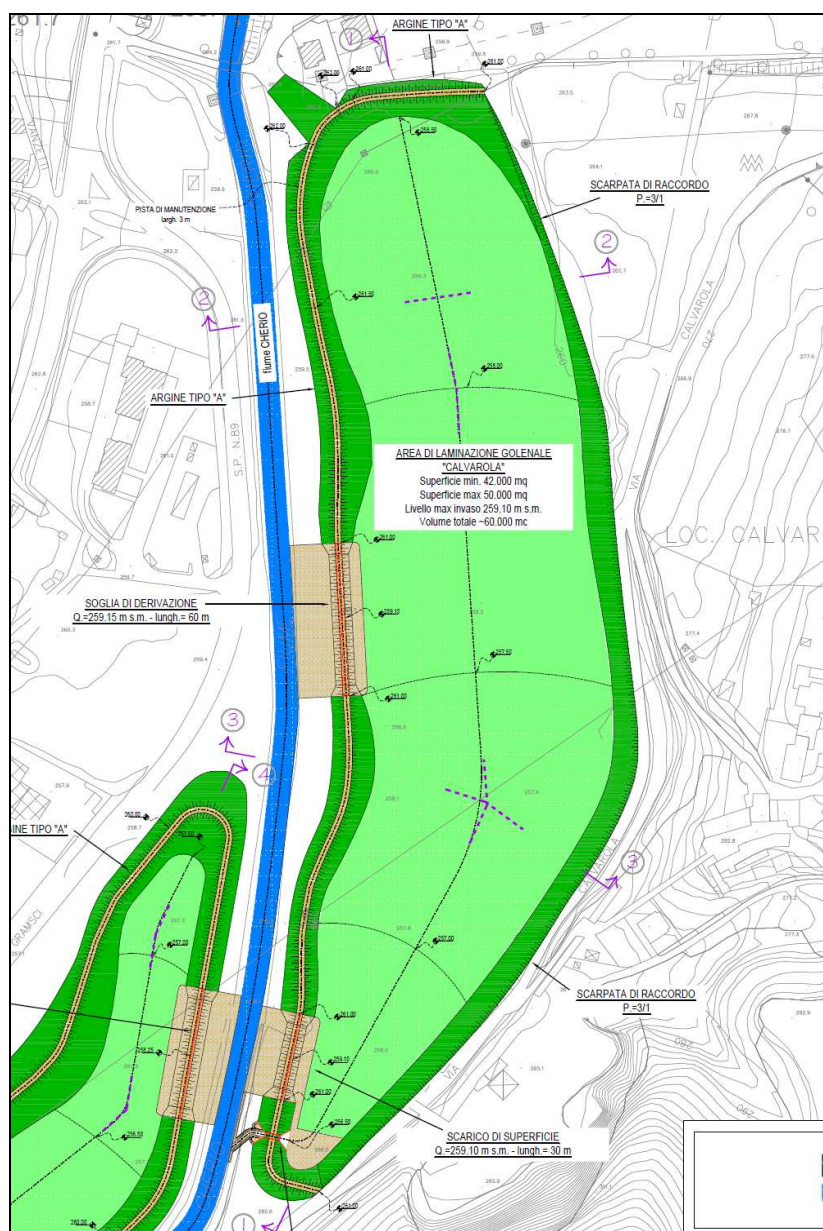
A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

L'ingresso delle portate di piena del fiume Cherio avviene attraverso la soglia di derivazione, caratterizzata da una lunghezza pari a 60 m e da una quota di sommità pari a 259.15 m s.m.. La soglia di derivazione è formata da massi cementati, con all'interno una struttura in c.a. che svolge la funzione di profilo sfiorante antierosione.

L'area di laminazione golenale viene svuotata interamente a gravità, attraverso un manufatto di scarico posto con una quota di fondo pari a 256.5 m s.l.m., costituito da un manufatto in c.a. che passa all'interno dell'argine perimetrale, caratterizzato da una sezione quadrata 2 x 2 m.

Gli argini perimetrali, posti solo tra il fiume Cherio e l'area di laminazione golenale, hanno uno sviluppo complessivo pari a circa 580 m e hanno un'altezza variabile tra 2.5 e 4.5 m; la larghezza del coronamento è pari a 3 m (ove è prevista la realizzazione di una pista di servizio in misto stabilizzato) e l'inclinazione dei paramenti è variabile con valore minimo pari a 1:2 (h:b).

A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIALETTI	ydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



**Figura 6 – Planimetria dell'area di laminazione golenale “Calvarola”**

### **3.2 AREA DI LAMINAZIONE GOLENALE “BRIGNOLI”**

L'area di laminazione golenale “Brignoli” è un'opera di invaso delle piene del fiume Cherio, da realizzare all'interno di un'area attualmente interessata dalla presenza di depositi di inerti della ditta Brignoli. L'area in questione è parte integrante dell'alveo di piena del fiume Cherio, infatti, anche in occasione di eventi di piena non eccezionali, tutta l'area risulta essere interessata da fenomeni di esondazione.



A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIALETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Per poter realizzare l'area di laminazione occorre delocalizzare le attività produttive presenti, regolarizzare il livello del piano campagna, realizzare l'arginatura di contenimento dell'invaso e le opere per consentire lo sfioro delle piene del Cherio e il successivo svuotamento.

L'invaso di laminazione, costituito da un unico comparto, è caratterizzato da un volume complessivo di 30'000 m<sup>3</sup>.

Per ottenere tale volume di invasore occorre effettuare una regolarizzazione dell'attuale piano campagna attraverso uno scavo medio di circa 1.3 m, a cui corrisponde un volume di circa 45'000 m<sup>3</sup> (parte di tale quantitativo verrà riutilizzato all'interno del cantiere per la formazione delle arginature perimetrali). Nella Tabella 2 sono riportate le principali caratteristiche geometriche dell'area di laminazione e nella Figura 7 è riportata la planimetria dell'invasore con indicate le principali opere idrauliche.

**Tabella 2 – Caratteristiche area di laminazione golenale “Brignoli”**

	Volume [m <sup>3</sup> ]	Quota di fondo [m s.m.]	Quota di massima regolazione [m s.m.]	Quota coronamento argini [m s.m.]	Superficie alla quota di massima regolazione [m <sup>2</sup> ]	Superficie alla quota di fondo [m <sup>2</sup> ]
<b>Area laminazione golenale “Brignoli”</b>	30'000	257.5 ÷255.5	258.15	260.0	24'000	20'000

L'ingresso delle portate di piena del fiume Cherio avviene attraverso la soglia di derivazione, caratterizzata da una lunghezza pari a 50 m e da una quota di sommità pari a 258.25 m s.m.. La soglia di derivazione è formata da massi cementati, con all'interno una struttura in c.a. che svolge la funzione di profilo sfiorante antierosione.

L'area di laminazione golenale viene svuotata interamente a gravità, attraverso un manufatto di scarico posto con una quota di fondo pari a 255.5 m s.m., costituito da un manufatto in c.a. che passa all'interno dell'argine perimetrale, caratterizzato da una sezione quadrata 2 x 2 m.

Gli argini perimetrali, posti lungo l'intero perimetro dell'area di laminazione golenale, hanno uno sviluppo complessivo pari a 770 m e hanno un'altezza variabile tra 2.5 e 4.5 m;

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>Idros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

la larghezza del coronamento è pari a 3 m (ove è prevista la realizzazione di una pista di servizio in misto stabilizzato) e l'inclinazione dei paramenti è variabile con valore minimo pari a 1:2 (h:b).

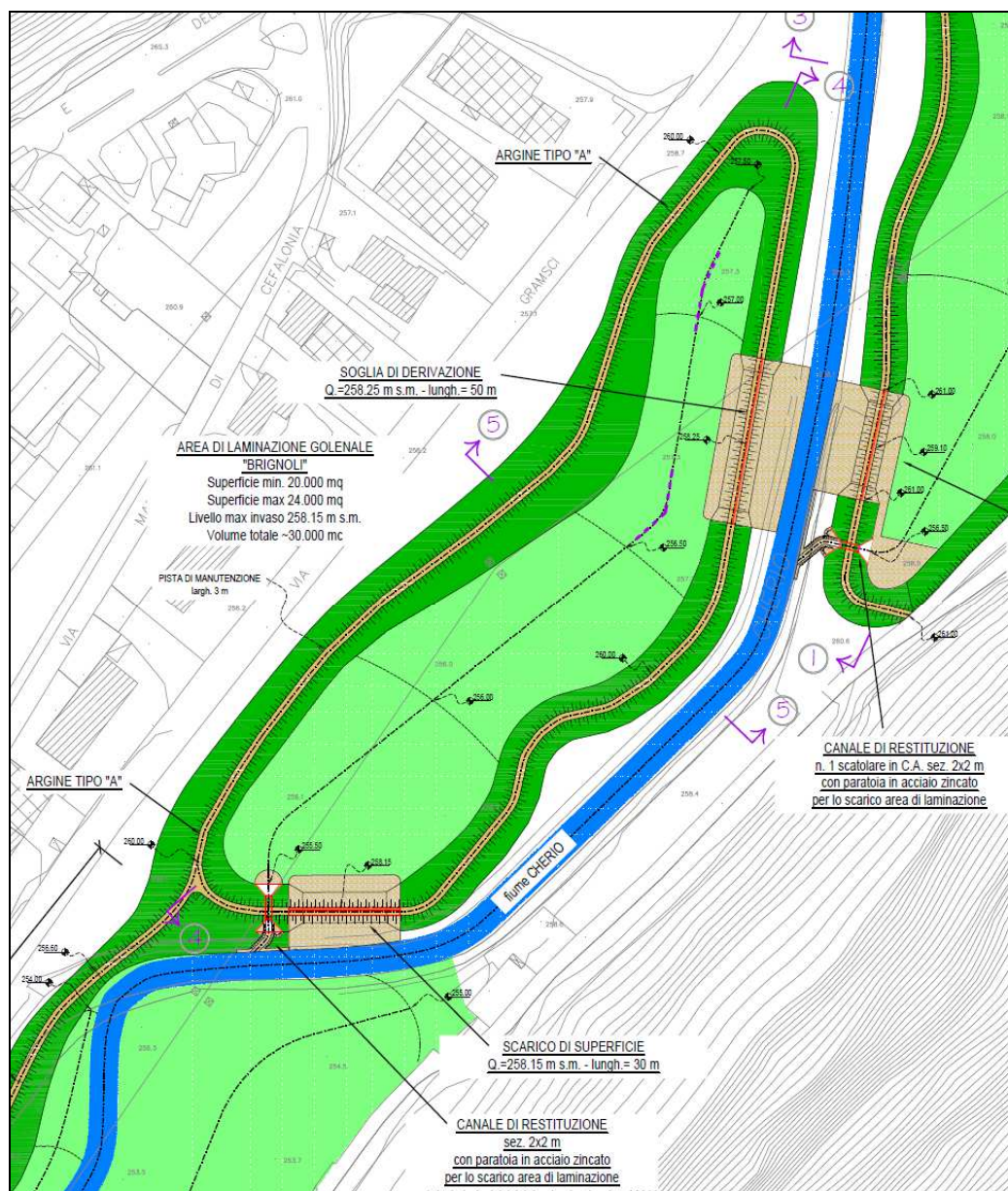


Figura 7 – Planimetria dell'area di laminazione golenale "Brignoli"

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

### 3.3 AREA DI ESPANSIONE GOLENALE “MACINA”

L'area di espansione golenale “Macina” è un'area ove lasciar defluire le piene del fiume Cherio, da realizzare all'interno di un'area attualmente interessata dalla presenza di insediamenti produttivi. L'area in questione è parte integrante dell'alveo di piena del fiume Cherio, infatti, anche in occasione di eventi di piena non eccezionali, tutta l'area risulta essere interessata da fenomeni di esondazione.

Per poter realizzare l'area di espansione fluviale occorre delocalizzare le attività produttive presenti, regolarizzare il livello del piano campagna e rimuovere le difese presenti lungo le sponde del fiume Cherio e realizzare le arginature di contenimento del livello di piena per proteggere la strada provinciale e le abitazioni a tergo della medesima.

Le operazioni di regolarizzazione dell'attuale piano campagna e delle arginature presenti lungo le sponde del Cherio, implicheranno uno scavo medio di circa 0.9 m, a cui corrisponde un volume di circa 30'000 m<sup>3</sup> (parte di tale quantitativo verrà riutilizzato all'interno del cantiere per la formazione delle arginature perimetrali).

Nella Tabella 3 sono riportate le principali caratteristiche geometriche dell'area in questione e nella Figura 8 è riportata la planimetria.

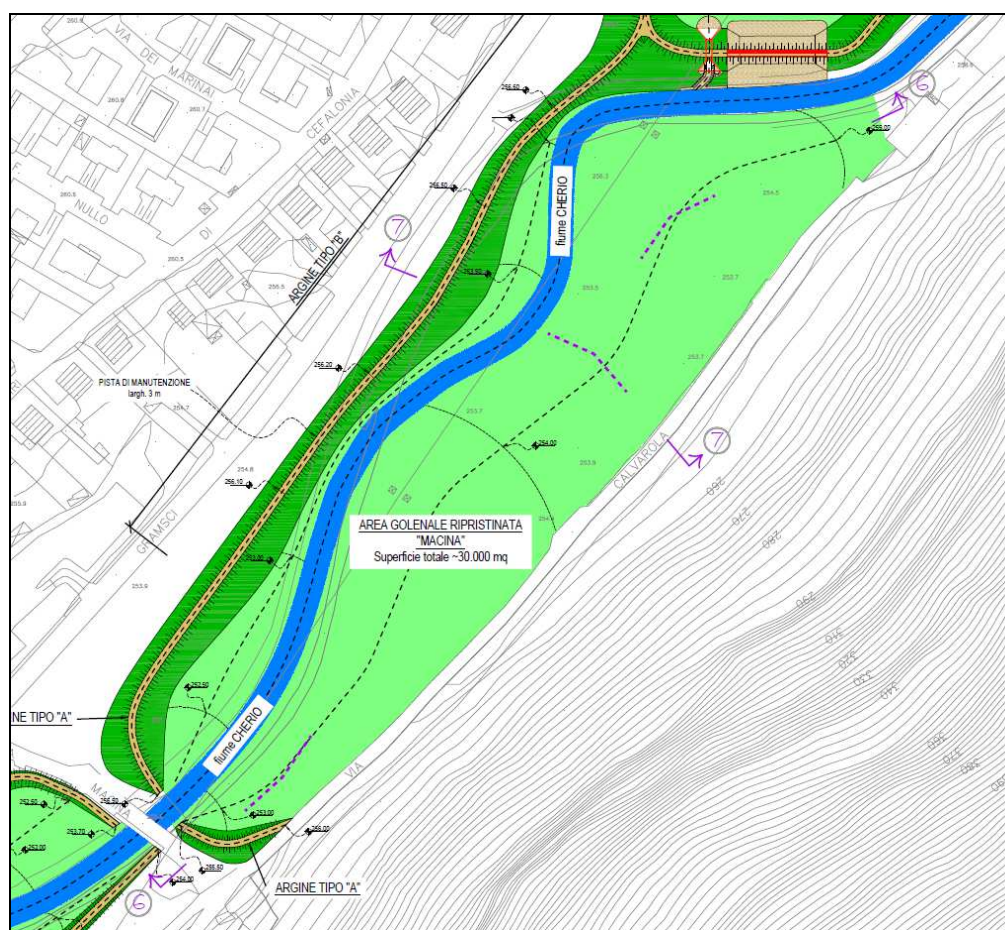
**Tabella 3 – Caratteristiche area di espansione golenale “Macina”**

	<b>Superficie alla quota di fondo [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Quota di fondo [m s.m.]</b>	<b>Quota coronamento argini [m s.m.]</b>
<b>Area espansione golenale “Macina”</b>	30'000	255÷252.5	257.0÷255.5

Gli argini perimetrali, posti lungo l'intero perimetro dell'area di espansione golenale, hanno uno sviluppo complessivo pari a circa 400 m e hanno un'altezza variabile tra 2 e 3 m; la larghezza del coronamento è pari a 3 m (ove è prevista la realizzazione di una pista di servizio in misto stabilizzato) e l'inclinazione dei paramenti è variabile con valore minimo pari a 1:2 (h:b).



A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIAZZI	Ydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



**Figura 8 – Planimetria dell'area di espansione golenale “Macina”**

### **3.4 AREA DI ESPANSIONE GOLENALE “RADICI”**

L'area di espansione golenale “Radici” è un'area ove lasciar defluire le piene del fiume Cherio, da realizzare all'interno di un'area attualmente interessata solo marginalmente dalla presenza di insediamenti produttivi. L'area in questione è parte integrante dell'alveo di piena del fiume Cherio, infatti, anche in occasione di eventi di piena non eccezionali, tutta l'area risulta essere interessata da fenomeni di esondazione.

Per poter realizzare l'area di espansione fluviale occorre delocalizzare le attività produttive presenti, regolarizzare il livello del piano campagna e rimuovere le difese presenti lungo le sponde del fiume Cherio e realizzare le arginature di contenimento del livello di piena per proteggere la strada provinciale e le abitazioni limitrofe.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Le operazioni di regolarizzazione dell'attuale piano campagna e delle arginature presenti lungo le sponde del Cherio implicheranno uno scavo medio di circa 1.6 m, a cui corrisponde un volume di circa 83'000 m<sup>3</sup> (parte di tale quantitativo verrà riutilizzato all'interno del cantiere per la formazione delle arginature perimetrali). Nella Tabella 4 sono riportate le principali caratteristiche geometriche dell'area in questione e nella Figura 9 è riportata la planimetria.

**Tabella 4 – Caratteristiche area di espansione golenale “Radici”**

	<b>Superficie alla quota di fondo [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Quota di fondo [m s.m.]</b>	<b>Quota coronamento argini [m s.m.]</b>
<b>Area espansione golenale “Radici”</b>	47'000	252.0÷248	254.0÷252.5

Gli argini perimetrali, posti lungo l'intero perimetro dell'area di espansione golenale, hanno uno sviluppo complessivo pari a circa 1'250 m e hanno un'altezza variabile tra 2 e 4.5 m; la larghezza del coronamento è pari a 3 m (ove è prevista la realizzazione di una pista di servizio in misto stabilizzato) e l'inclinazione dei paramenti è variabile con valore minimo pari a 1:2 (h:b).



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIAOLETTI	 <b>Ydros</b> Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>



**Figura 9 – Planimetria dell'area di espansione golendale “Radici”**

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIALETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

### 3.5 AREA DI LAMINAZIONE GOLENALE “MOLINO DEI FRATI”

L'area di laminazione golenale “Molino dei Frati” è un'opera di invaso delle piene del fiume Cherio, da realizzare all'interno di un'area attualmente interessata dalla presenza di attività agricola. L'area in questione è parte integrante dell'alveo di piena del fiume Cherio, infatti, anche in occasione di eventi di piena non eccezionali, tutta l'area risulta essere interessata da fenomeni di esondazione.

Per poter realizzare l'area di laminazione occorre, essenzialmente, realizzare l'arginatura di contenimento dell'invaso e le opere per consentire lo sfioro delle piene del Cherio e il successivo svuotamento. In tale caso non è necessario procedere ad interventi di regolarizzazione del piano campagna, mentre occorre rimuovere le serre attualmente presenti.

L'invaso di laminazione, costituito da un unico comparto, è caratterizzato da un volume complessivo di 520'000 m<sup>3</sup>.

Nella Tabella 5 sono riportate le principali caratteristiche geometriche dell'area di laminazione e nella Figura 10 è riportata la planimetria dell'invaso con indicate le principali opere idrauliche.

**Tabella 5 – Caratteristiche area di laminazione golenale “Molino dei Frati”**

	Volume [m <sup>3</sup> ]	Quota di fondo [m s.m.]	Quota di massima regolazione [m s.m.]	Quota coronamento argini [m s.m.]	Superficie alla quota di massima regolazione [m <sup>2</sup> ]	Superficie alla quota di fondo [m <sup>2</sup> ]
<b>Area laminazione golenale “Molino dei Frati”</b>	520'000	246 ÷ 240.7	246.2	251 ÷ 249	200'000	185'000

L'ingresso delle portate di piena del fiume Cherio avviene attraverso la soglia di derivazione, caratterizzata da una lunghezza pari a 40 m e da una quota di sommità pari a 246.50 m s.m.. La soglia di derivazione è formata da massi cementati, con all'interno una struttura in c.a. che svolge la funzione di profilo sfiorante antierosione.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Per ottimizzare il processo di sfioro è prevista la realizzazione, all'interno dell'alveo del Cherio, di un'opera di regolazione che deve limitare il deflusso della portata verso valle e innalzare il livello a monte, in modo tale da ottenere un maggior livello idrico sulla soglia di derivazione e consentire di sfruttare tutto il volume di invaso disponibile in occasione dell'evento di piena di riferimento. Tale manufatto in c.a. è essenzialmente costituito da due luci di 5 m di larghezza, ciascuna con annessa paratoia di regolazione in acciaio zincato, di dimensioni 5x3 m.

L'altezza di apertura delle paratoie è stata definita nel presente progetto pari a 3 m dal fondo alveo.

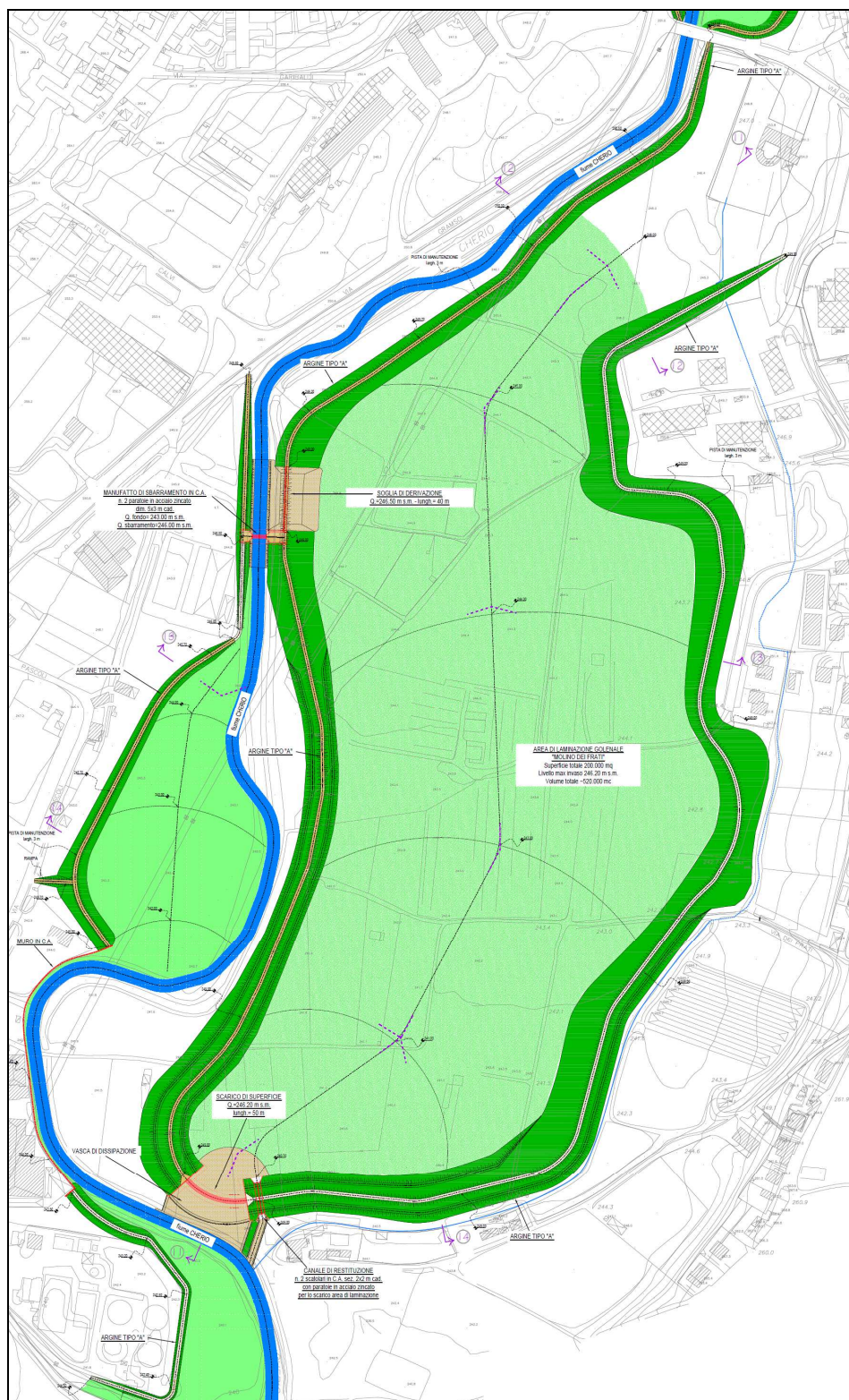
L'area di laminazione golenale viene svuotata interamente a gravità, attraverso un manufatto di scarico posto con una quota di fondo pari a 240.7 m s.m., costituito da due manufatti in c.a. che passano all'interno dell'argine perimetrale, ciascuno caratterizzato da una sezione quadrata 2 x 2 m.

Gli argini perimetrali, posti solo tra il fiume Cherio e l'area di laminazione golenale, hanno uno sviluppo complessivo pari a circa 2'250 m e hanno un'altezza variabile tra 0 e 8.3 m; la larghezza del coronamento è pari a 3 m (ove è prevista la realizzazione di una pista di servizio in misto stabilizzato) e l'inclinazione dei paramenti è variabile con valore minimo pari a 1:2 (h:b).

L'intervento di realizzazione dell'area di laminazione golenale si completa con la realizzazione di alcuni argini lungo la sponda destra del fiume Cherio, finalizzati a proteggere le infrastrutture limitrofe (es. depuratore comunale).



A.T.P.						Consulenti		
<b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	<b>ETATEC</b> STUDIO PIAZZETTI	<b>Hydros</b> Ingegneria	<b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	<b>HATTUSAS</b> Consulenza nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	<b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<b>Dott. Nat.</b> <b>Giambattista</b> <b>Rivellini</b>	<b>Dott. Arch.</b> <b>Giovanni</b> <b>Mazza</b>	<b>Dott. For.</b> <b>Stefano</b> <b>Enfissi</b>

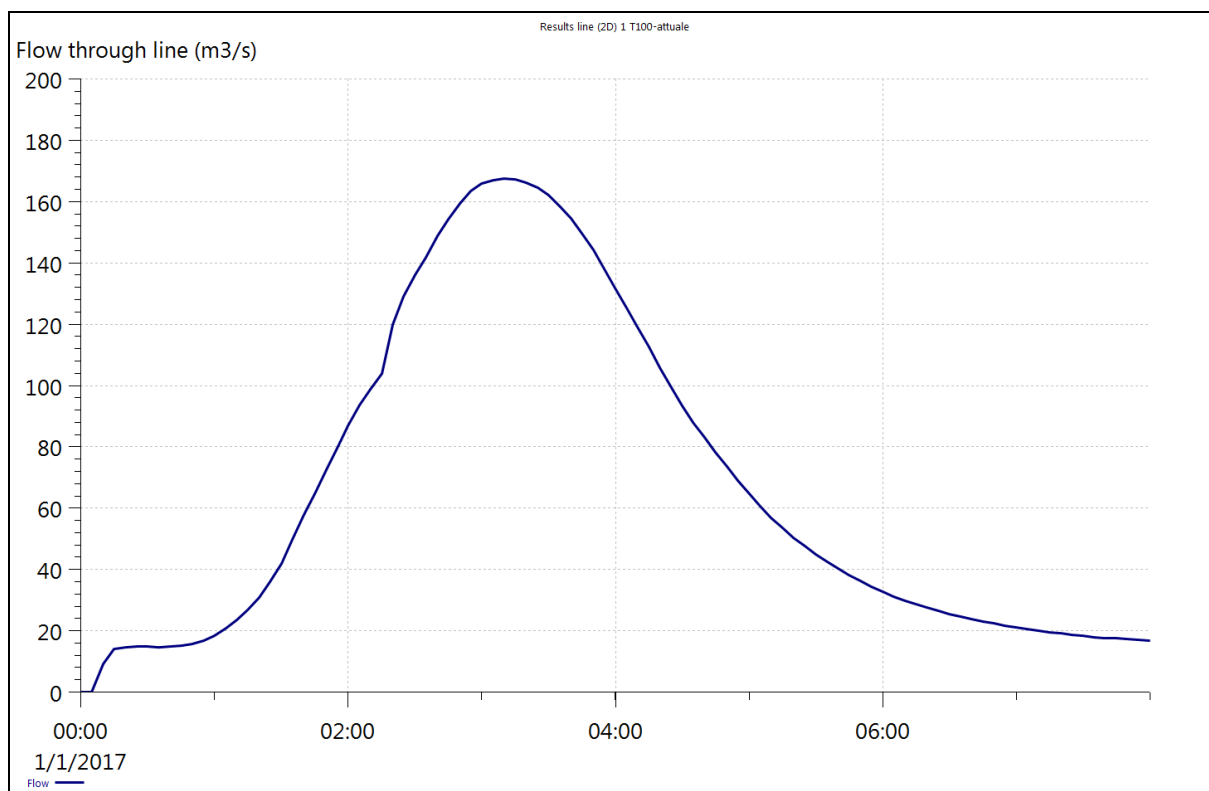


**Figura 10 – Planimetria dell’area di laminazione golenale “Molino dei Frati”**

A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIALETTI	Hydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi

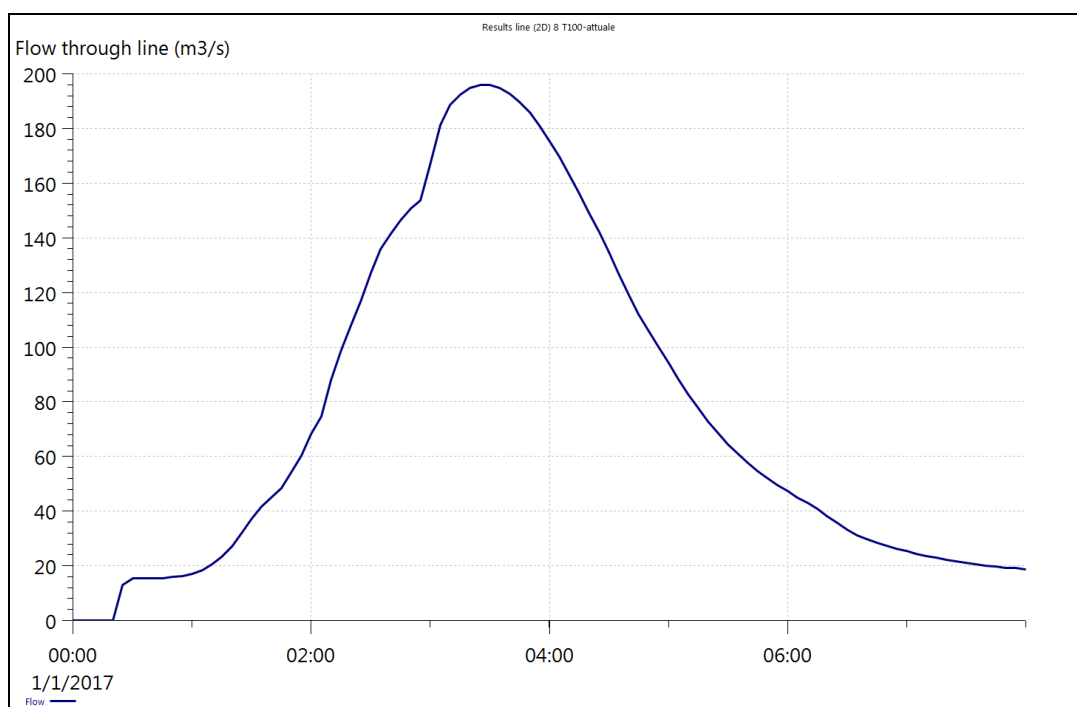
### 3.6 EFFETTI IDRAULICI INDOTTI DALLE OPERE IN PROGETTO

Di seguito si riportano gli idrogrammi di piena con tempo di ritorno pari a 100 anni (tempo di ritorno di riferimento) in corrispondenza di alcune sezioni caratteristiche, considerando lo stato attuale e l'assetto di progetto, da cui è possibile osservare l'effetto delle opere previste in termini di riduzione della portata di picco della piena.

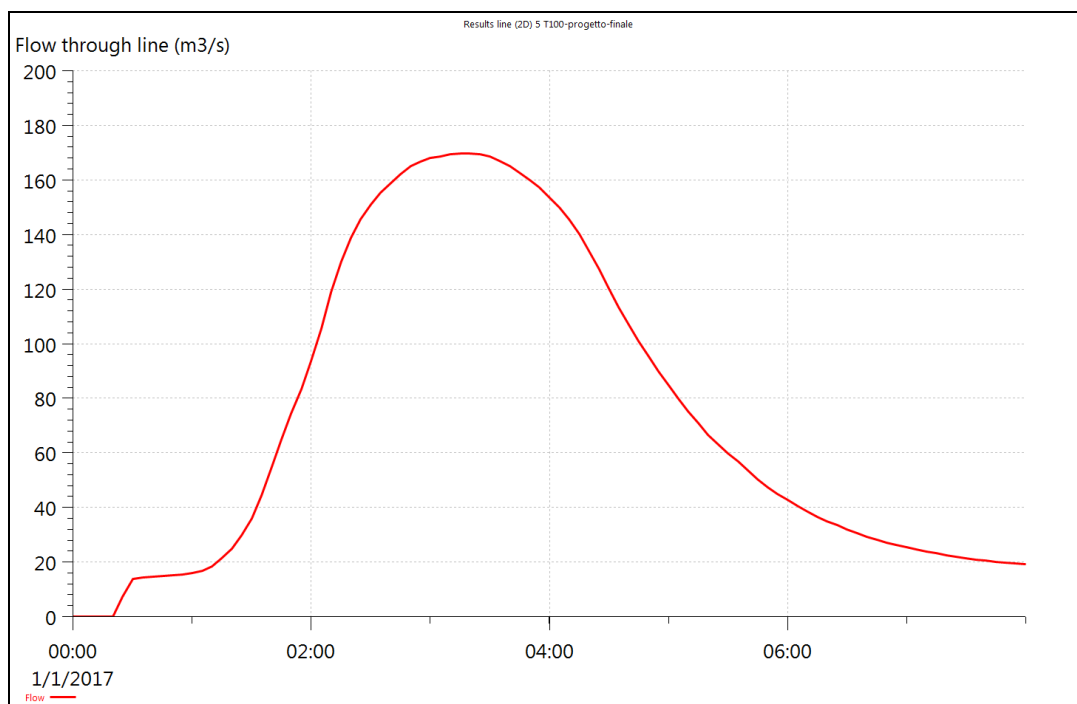


**Figura 11 – Idrogramma di piena centennale del fiume Cherio in corrispondenza del ponte ad arco in località Calvarola – stato di fatto e assetto progetto (gli idrogrammi sono identici in quanto le opere in progetto sono previste a valle di tale sezione).**

A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIOLETTI	ydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi

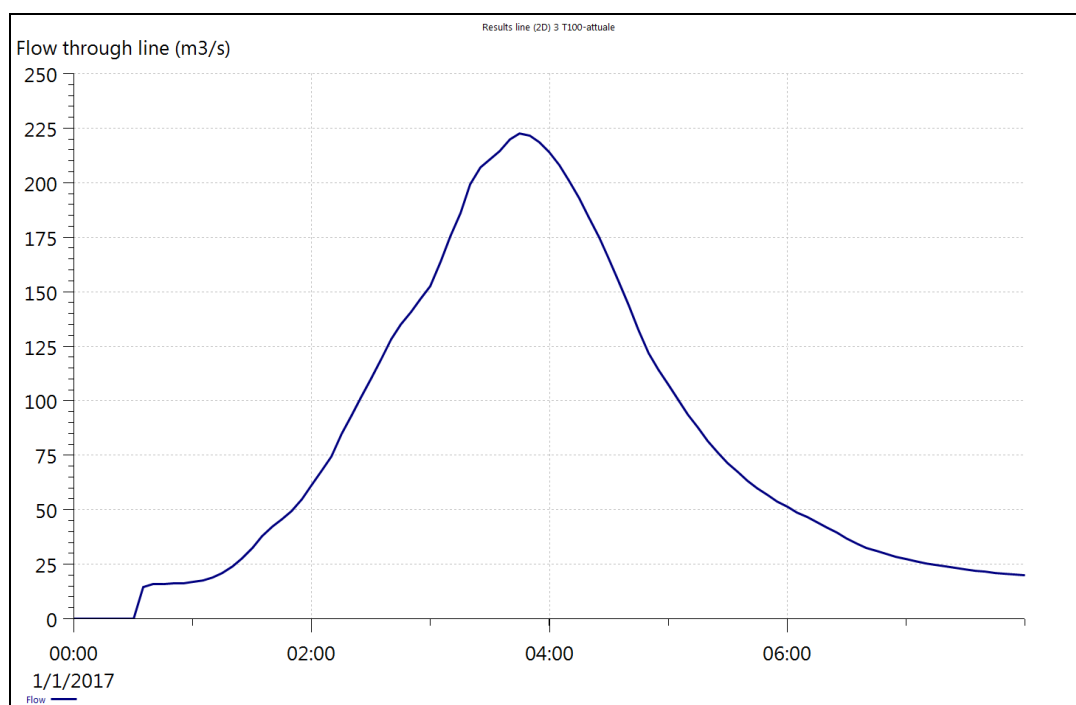


**Figura 12 – Idrogramma di piena centennale del fiume Cherio in corrispondenza del ponte di via Macina – stato di fatto**

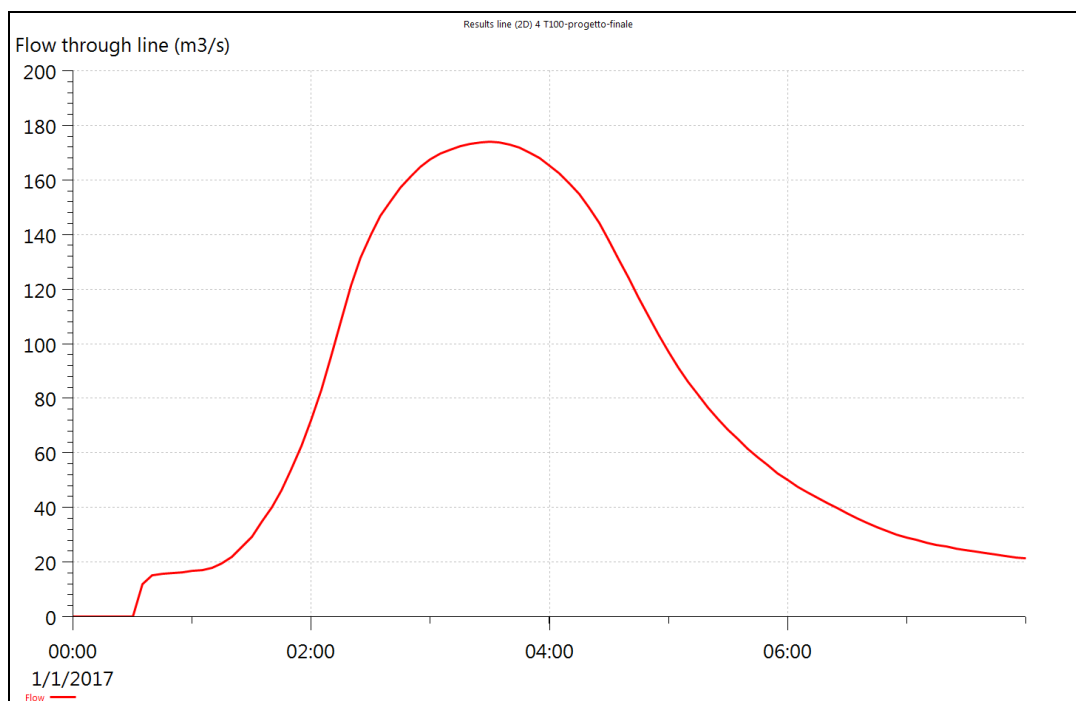


**Figura 13 – Idrogramma di piena centennale del fiume Cherio in corrispondenza del ponte di via Macina – assetto di progetto**

A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIALETTI	Hydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi

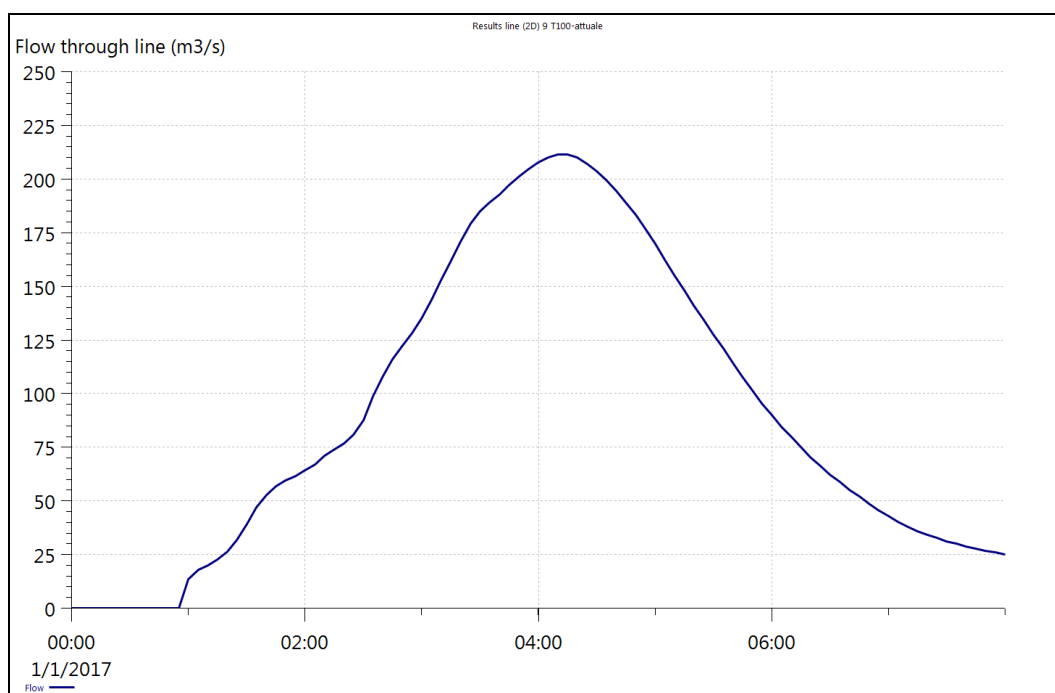


**Figura 14 – Idrogramma di piena centennale del fiume Cherio in corrispondenza del ponte di via Cherio – stato di fatto**

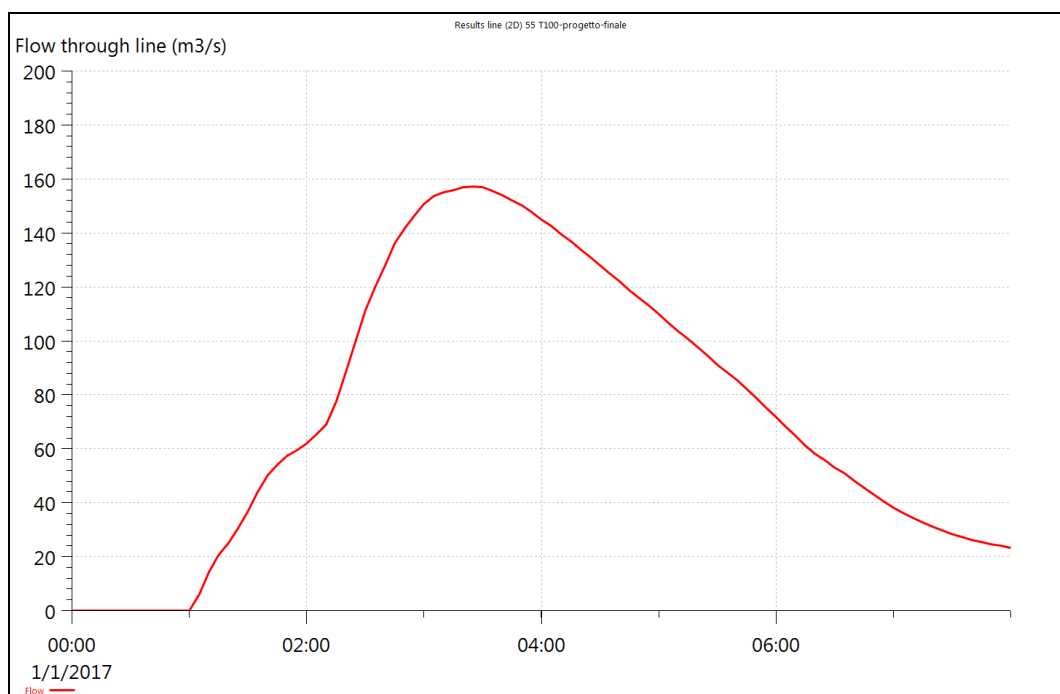


**Figura 15 – Idrogramma di piena centennale del fiume Cherio in corrispondenza del ponte di via Cherio – assetto di progetto**

A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIALETTI	Hydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



**Figura 16 – Idrogramma di piena centennale del fiume Cherio, a valle della confluenza con il T. Tadone e il T. Malmera, in corrispondenza del ponte di via Montecchi – stato di fatto**



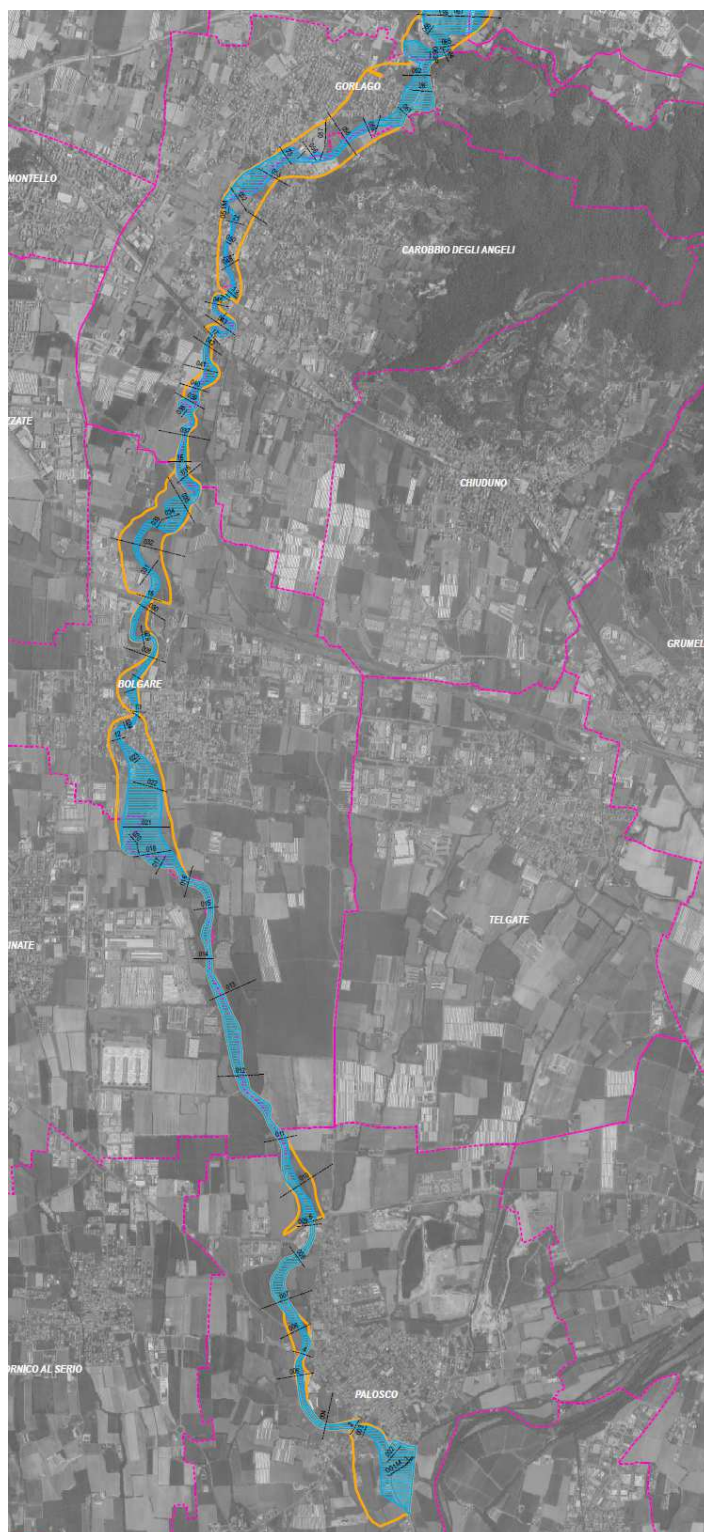
**Figura 17 – Idrogramma di piena centennale del fiume Cherio, a valle della confluenza con il T. Tadone e il T. Malmera, in corrispondenza del ponte di via Montecchi – assetto di progetto**



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Pertanto, gli interventi in progetto consentono di ridurre, complessivamente, la portata di piena al colmo del fiume Cherio a valle del Comune di Trescore Balneario da 210 m<sup>3</sup>/s a circa 160 m<sup>3</sup>/s. Tale valore di portata è praticamente coincidente con il valore della portata al colmo di un evento decennale nello stato attuale. Quindi le opere in progetto consentono di ridurre le aree di allagamento nei territori di valle, come messo in evidenza nella figura sottostante, in cui sono messe a confronto le aree di esondazione centennali nello stato attuale e in seguito alla realizzazione degli interventi; per maggiori dettagli si rimanda alla tavola D.4.3 allegata al progetto.

A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIOLETTI	Hydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Consulenza nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



**Figura 18 – Confronto fra l'area di esondazione centennale nello stato di fatto (linea arancione) e in progetto (in azzurro)**

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

#### 4. CONFRONTO DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI

Attraverso il confronto delle due alternative progettuali presentate nei capitoli precedenti, è stato possibile individuare l'alternativa più efficace in termini di riduzione del rischio idraulico di esondazione e dei danni conseguenti, nonché di riqualificazione fluviale.

I due assetti di progetto descritti in precedenza presentano alcuni punti in comune ed alcune differenze.

I **punti in comune** tra i due scenari di progetto sono essenzialmente i seguenti:

- tempo di ritorno della piena di riferimento pari a 100 anni;
- obiettivo di riduzione delle condizioni di rischio da esondazione e dei danni conseguenti agli allagamenti;
- recupero della funzionalità naturale del corso d'acqua, passando da una tipologia d'alveo regimato con argini in frodo a una con sponde naturali, golene e argini al margine, attraverso la riacquisizione alla pertinenza fluviale di aree golenali attualmente protette da opera di difesa, nelle quali consentire il manifestarsi delle dinamiche idro-morfologiche (espansione e laminazione dei deflussi, divagazione dell'alveo).
- riduzione della portata di piena al colmo verso valle, attraverso la formazione di aree di laminazione in aree già allagabili nelle condizioni attuali, con l'obiettivo specifico di limitare a circa 160 m<sup>3</sup>/s la portata di piena al colmo a monte del Comune di Gorlago.

Le principali **differenze**, invece, sono legate ai seguenti aspetti:

- l'assetto di progetto dello *Studio-AdBPo* prevede di proteggere gli insediamenti produttivi presenti in località Calvarola, posti in un'area golenale in sinistra idraulica del Cherio ed interessati da frequenti fenomeni di allagamento, attraverso la realizzazione di opere di contenimento dei livelli della piena di riferimento, mentre il presente progetto di fattibilità tecnico-economica prevede di delocalizzare tali attività e di restituire alla dinamica fluviale l'area golenale posta tra l'alveo inciso e il versante, dandogli anche una funzione di laminazione delle piene, allo scopo di ridurre la portata di piena al colmo verso valle.
- l'assetto di progetto dello *Studio-AdBPo* prevede di restituire al corso d'acqua l'area golenale posta in destra idraulica, di fronte alla località Calvarola, dandole funzione di

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

espansione della corrente fluviale, mentre il presente progetto di fattibilità tecnico-economica prevede di utilizzare tale zona come area di laminazione delle piene, allo scopo di concorrere alla riduzione della portata di piena al colmo verso valle;

- g. l'assetto di progetto dello *Studio-AdBPo* prevede di realizzare l'area di laminazione di Molino dei Frati in due distinti settori, di volume complessivo pari a 575'000 m<sup>3</sup>, con opera di presa dal F. Cherio ubicata circa 100 m a valle del ponte di via Cherio, mentre il presente progetto di fattibilità tecnico-economica prevede di realizzare l'area di laminazione in un unico settore, di volume pari a 520'000 m<sup>3</sup>, con opera di presa posizionata circa 400 m più a valle rispetto a quella prevista nello *Studio-AdBPo*.

Quanto esposto nel precedente punto e. merita un approfondimento.

L'area in questione è posta tra l'alveo del fiume Cherio e il versante del monte Grena, quindi essa è soggetta non solo alle piene fluviali, ma anche ai deflussi provenienti dal versante e dal reticolo idrografico minore (principali val Roveto e la valle Calvarola). Secondo testimonianze dirette è emerso che l'area è stata interessata recentemente da fenomeni di allagamento per i deflussi provenienti da entrambi i sistemi.

L'intervento previsto nello *Studio-AdBPo*, che prevede la realizzazione di estesi tratti di muro arginale in c.a. lungo la sponda del fiume Cherio (lungo circa 800 m e alto circa 2.5 m rispetto alla quota del piano campagna, in relazione agli esiti del modello idraulico bidimensionale di dettaglio implementato dagli scriventi e descritto nella relazione idrologico-idraulica, elaborato A.3.1), **può soltanto far fronte ai fenomeni di allagamento provenienti dal sistema fluviale, mentre non protegge in nessun modo l'area dalle piene provenienti dal versante e dal reticolo minore.** Anzi, la formazione di un muro spondale preclude la possibilità di scolo delle acque di piena provenienti dal versante, aumentando quindi gli allagamenti indotti dal medesimo nell'area retrostante il muro ove sono presenti diversi insediamenti produttivi. Per far fronte a tale criticità occorrerebbe adeguare l'esistente sistema di raccolta, convogliamento e scarico delle portate provenienti dal versante, integrandolo necessariamente con nuove opere di laminazione, con nuove opere per evitare il rigurgito del reticolo minore nei confronti del fiume Cherio, e stazioni di sollevamento, in quanto il livello della piena del Cherio è superiore alla quota di fondo del sistema di drenaggio delle acque di versante. Opere

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

analoghe dovrebbero essere realizzate anche per consentire il drenaggio e lo scarico delle acque meteoriche direttamente afferenti agli insediamenti produttivi (edifici e aree a parcheggio e deposito). Le suddette opere necessitano di notevoli superfici che non sono disponibili all'interno dell'area in questione e comportano importanti oneri di gestione e manutenzione. Quindi, l'intervento previsto nello *Studio-AdBPo* può solo ridurre i rischi e i danni in relazione alle piene fluviali, mentre aumenta le condizioni di rischio e di allagamento legate al deflusso delle piene provenienti dal bacino montano posto a tergo della località Calvarola.

Per tali motivi, si è scelto di estendere l'assetto di progetto già previsto nello *Studio-AdBPo* per le altre aree golenali, anche all'area in questione, che quindi concorrerà al recupero della funzionalità naturale del corso d'acqua attraverso la riacquisizione alla pertinenza fluviale di ambiti golenali attualmente protetti da opera di difesa. Ovviamente, come per le altre aree golenali ciò comporterà la delocalizzazione delle attività produttive in essa presenti.



A.T.P.						Consulenti		
<b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	<b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	<b>ydros</b> Ingegneria	<b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	<b>HATTUSAS</b> consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	<b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<b>Dott. Nat.</b> <b>Giambattista</b> <b>Rivellini</b>	<b>Dott. Arch.</b> <b>Giovanni</b> <b>Mazza</b>	<b>Dott. For.</b> <b>Stefano</b> <b>Enfissi</b>



**Figura 19 – foto area della località Calvarola con indicazione della direzione di provenienza delle acque di versante (val Roveto e val Calvarola)**

Anche per quanto riguarda il precedente punto g. occorre fare alcune precisazioni.

La configurazione dell'area di laminazione prevista nello *Studio-AdBPo* (cfr. Figura 5) prevede la realizzazione di opere idrauliche, in particolare l'opera di presa, e la regolarizzazione del piano campagna mediante operazioni di scavo, nella fascia di rispetto di pozzi idropotabili la cui presenza è segnalata nella *tavola A4 – Carta dei vincoli* del PGT del comune di Zandobbio (TOMASI – 2009) riportata in stralcio all'interno dell'Elaborato *Relazione geologica-idrogeologica e caratterizzazione dei terreni* del presente progetto.

Tali aree di rispetto esistono in quanto, per conservare le caratteristiche qualitative delle acque destinate al consumo umano, il decreto legislativo 152/2006 stabilisce che le

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Regioni individuino le aree di salvaguardia distinte in zone di tutela assoluta e zone di rispetto, nonché le zone di protezione, all'interno dei bacini imbriferi e delle aree di ricarica della falda.

La movimentazione di terreni superficiali per la realizzazione dell'opera di presa e per la regolarizzazione del piano campagna, così come previsto nella soluzione progettuale dello *Studio-AdBPo* (cfr. Figura 5), comporterebbe la creazione di vie preferenziali di possibile inquinamento della falda sotterranea da cui attingono tali captazioni.

Dunque, vista l'importanza della risorsa idrica captata da tutelare qualitativamente e quantitativamente, nel presente progetto si è deciso di spostare verso valle la posizione dell'opera di presa (cfr. Figura 10) al di fuori di tali aree di salvaguardia delle captazioni e di non effettuare abbassamenti del piano campagna esistente, con particolare riferimento alla porzione più a nord dell'invaso di laminazione.

Dall'analisi delle due soluzioni emerge come preferibile l'assetto di progetto proposto dal sottoscritto R.T.P. che presenta, rispetto alla soluzione prevista nello *Studio-AdBPo*, i seguenti vantaggi:

- maggior recupero della funzionalità naturale del corso d'acqua attraverso la riacquisizione alla pertinenza fluviale di aree golenali attualmente protette da opera di difesa;
- riduzione delle aree soggette a rischio idraulico da esondazione, considerando anche le acque di drenaggio provenienti dai versanti limitrofi al corso d'acqua;
- riduzione della portata di piena del fiume Cherio, già a partire dalla località Calvarola;
- particolare attenzione alla tutela qualitativa e quantitativa della risorsa idrica sotterranea captata eliminando vie preferenziali di possibile inquinamento della falda sotterranea

Per contro, l'assetto di progetto proposto dal sottoscritto R.T.P. presenta, rispetto alla soluzione prevista nello *Studio-AdBPo* lo svantaggio di incrementare la necessità di attività produttive da delocalizzare e un maggior importo per la realizzazione delle opere.

Per quanto riguarda i costi di investimento, occorre però fare alcune importanti precisazioni. Lo *Studio-AdBPo* definisce i seguenti importi per la realizzazione degli

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

interventi previsti in Comune di Trescore Balneario, basati sul prezziario regionale del 2003:

- Interventi di razionalizzazione del sistema difensivo Fornaci-Castello e recupero golenale e razionalizzazione del sistema difensivo Molino dei Frati e recupero golenale: € 4'173'660;
- Area di laminazione di Molino dei Frati: € 6'463'641.

L'importo complessivo dei lavori è pertanto pari a circa 10.6 M€.

Tali costi però non comprendono le opere necessarie per la riduzione delle aree soggette a rischio idraulico da esondazione ad opera delle acque di drenaggio provenienti dai versanti limitrofi al corso d'acqua, con particolare riferimento alla località Calvarola. Inoltre, nei costi non sono valutati gli oneri per la demolizione e lo smaltimento delle opere presenti all'interno delle aree ove è previsto il recupero della funzionalità golenale del corso d'acqua.

Per contro, il costo complessivo dei lavori stimato per la realizzazione delle opere previste nel presente progetto di fattibilità tecnico-economica è pari a complessi 20.7 M€ (cfr. elaborato A.8.1); tale importo è così composto:

- Area di laminazione golenale "Calvarola": € 5'492'670.48;
- Area di laminazione golenale "Brignoli": € 1'933'108.52;
- Area golenale "Macina": € 2'209'175.65;
- Area golenale "Radici": € 3'298'948.64;
- Area di laminazione golenale "Mulino dei Frati": € 5'786'079.93;
- Opere di sistemazione fluviale in destra idraulica nei pressi di Molino dei Frati: € 1'528'575.43;
- Oneri della sicurezza specifici: € 500'000.00.

I suddetti valori non sono direttamente confrontabili, se non limitatamente all'area di laminazione di Molino dei Frati, in quanto l'assetto di progetto è differente e inoltre, come detto poc'anzi, la stima effettuata nello studio di fattibilità è incompleta di alcuni importanti elementi.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 5. PRIORITÀ DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE PREVISTE NEL PRESENTE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

Come già descritto nel precedente capitolo 3, le opere in progetto previste lungo il fiume Cherio in Comune di Trescore Balneario sono, procedendo da monte verso valle, le seguenti:

- area di laminazione golenale, denominata “Calvarola”, di volumetria pari a circa 60'000 m<sup>3</sup> e superficie massima pari a circa 50'000 m<sup>2</sup>, posta fuori linea rispetto al fiume Cherio, in sponda sinistra, comprensiva di manufatti idraulici di derivazione e scarico;
- area di laminazione golenale, denominata “Brignoli”, di volumetria pari a circa 30'000 m<sup>3</sup> e superficie massima pari a circa 24'000 m<sup>2</sup>, posta fuori linea rispetto al fiume Cherio, in sponda destra, comprensiva di manufatti idraulici di derivazione e scarico;
- area di espansione golenale, denominata “Macina”, caratterizzata da una superficie pari a circa 30'000 m<sup>2</sup>, posta in linea rispetto al fiume Cherio;
- area di espansione golenale, denominata “Radici”, caratterizzata da una superficie pari a circa 47'000 m<sup>2</sup>, posta in linea rispetto al fiume Cherio;
- area di laminazione golenale, denominata “Molino dei Frati”, di volumetria pari a circa 520'000 m<sup>3</sup> e superficie massima pari a circa 200'000 m<sup>2</sup>, posta fuori linea rispetto al fiume Cherio, in sponda sinistra, comprensiva di manufatti idraulici di derivazione e scarico;

Tali opere sono fra loro distinte e possono essere costruite per lotti successivi.

Volendo definire una priorità di realizzazione, si ritiene che l'opera più importante sia l'area di laminazione denominata “Molino dei Frati”, in quanto è caratterizzata da un maggior volume di laminazione e consente quindi di ridurre maggiormente il valore della portata al colmo verso valle durante gli eventi di piena. Tale opera consente di ridurre le situazioni di rischio idraulico a partire dal Comune di Gorlago, mentre non ha effetti con riferimento alle aree a rischio di esondazione in Comune di Trescore Balneario.

Si ritiene che la seconda opera prioritaria sia l'area di laminazione denominata “Calvarola”, in quanto, oltre a riduzione le portate di piena, seppur in modo più contenuto rispetto all'area di Molino dei Frati, consente di ridurre le condizioni di rischio da

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

esondazione e i danni conseguenti agli allagamenti, in quanto la realizzazione dell'opera idraulica si accompagna con la delocalizzazione delle attività produttive presenti in area golenale, come già discusso in precedenza, che sono soggette ad esondazione sia per le piene del Cherio sia per le acque di drenaggio provenienti dal versante retrostante.

A seguire, in ordine di priorità, si hanno: area di laminazione “Brignoli” (a causa del ridotto effetto di laminazione rispetto alle altre), area golenale “Macina” (maggiore presenza di insediamenti a rischio di esondazione rispetto a quelle presenti all'interno dell'area golenale “Radici”) ed infine l'area golenale “Radici”.



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 5.1 LA DELOCALIZZAZIONE. UNA NUOVA FILOSOFIA DI GESTIONE DELLE AREE A RISCHIO

Tra le possibili strategie per ridurre il rischio geo-idrologico, una delle soluzioni apparentemente più difficili da percorrere, ma, in molti casi, più conveniente e sostenibili a lungo termine, è quella di “spostare” i beni esposti in aree non soggette a possibili inondazioni.

Nel caso in esame la delocalizzazione, a oggi, appare come l'unica soluzione possibile in quanto le opere difensive alternative, illustrate nello studio dell'Autorità di bacino e commentate nell'allegato A.2, oltre ai deficit illustrati, determinano di fatto ulteriori limiti alle attività presenti, dequalificando ulteriormente le aree produttive già caratterizzata da diverse criticità. Fra quest'ultime ricordiamo, oltre a quelle idrogeologiche, l'assenza di una rete stradale all'altezza di un'area produttiva, l'assenza di una rete di sottoservizi adeguata, la scarsa qualità del costruito, ecc.

Tutte le seguenti riflessioni partono dal principio che l'area è indifendibile con i mezzi tradizionali adottati, in quanto la particolare morfologia non dà sufficienti garanzie. Senza delocalizzazione vi è il rischio di investire risorse ingenti e poi vedere vanificati gli sforzi per cedimenti o malfunzionamenti delle opere difensive o allagamenti indiretti.

Prima di addentrarci nella valutazione dei principali fattori che giustificano la delocalizzazione, è necessario ricordare l'ammontare dei danni avuti negli eventi alluvionali del 2014 e del 2016, eventi non certo eccezionali nelle dimensioni, stimati in una prima fase in quasi 3.500.000,00 euro.

In sintesi le riflessioni che portano a scegliere la delocalizzazione delle attività presenti, come azione risolutiva e moderna dei problemi che affliggono il fondovalle e le aziende stesse sono:

- Permettere alle ditte oggi collocate nelle antiche aree golenali del Fiume di svolgere l'attività in luoghi sicuri senza costi assicurativi e con l'assenza di rischi per i lavoratori e per la produzione;

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

- E' accertata la presenza di una scarsa qualità della rete viaria, storica in taluni tratti, che penalizza le attività. L'adeguamento della rete viaria, quando possibile, agli standard attuali comporterebbe costi rilevanti. Le opere di difesa previste nello studio dell'AdiPo porterebbero ulteriori peggioramenti nei collegamenti fra le aziende e la rete viaria provinciale;
- La qualità degli edifici è spesso scarsa a causa anche della loro vetustà o abbandono. Assenza di adeguamenti igienici, sismici ed energetici richiedono forti investimenti economici;
- Gli allagamenti, oltre ai citati pericoli per i lavoratori, potrebbero determinare ingenti danni economici, pregiudicando la stessa esistenza delle aziende colpite, con perdita di posti di lavoro (circa 160) e di know-how acquisito negli anni;
- La delocalizzazione consente la formazione di vasche di laminazione a salvaguardia di ambiti più a valle e, aprendosi nuovi spazi, nuove opportunità nei collegamenti viari;
- Le attività presenti non hanno possibilità di ampliarsi e crescere in quanto le aree non possiedono capacità edificatorie per i limiti idrogeologici. Il particolare momento storico del mercato immobiliare, che vede una grande offerta di aree artigianali e quindi valori immobiliari forse mai così bassi, consentono oggi opportunità di delocalizzazione in contesti produttivi più efficienti e sicuri;
- La delocalizzazione consentirebbe di generare processi virtuosi, nuovi posti di lavoro, nuove opportunità progettuali ridisegnando il fondovalle a nuove funzioni compatibili ed ecosostenibili;
- La delocalizzazione consente la riqualificazione dello stato ambientale del fondovalle, una nuova qualità del paesaggio e un nuovo valore ecologico a disposizione della comunità e del vicino popoloso quartiere Macina-Casermone e di attività rilevanti come le Terme di Trescore. Nuove opportunità di fruizione, un parco fluviale, la riqualificazione della Calvarola, la rinaturalizzazione del Cherio.

A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIOLETTI	ydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



**Identificazione degli edifici oggetto di delocalizzazione.**



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 6. OPERE DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA

Le opere necessarie per la realizzazione delle vasche di laminazione e in generale di tutti gli interventi sono stati oggetto di attenta valutazione paesaggistica finalizzata ad un corretto inserimento delle opere idrauliche nel contesto di fondovalle. Si evidenzia che anche nella pianificazione provinciale tutta la parte a monte del ponte di Zandobbio è auspicata una riqualificazione paesaggistica, capace di ricucire e riqualificare l'ambiente delle aree prossime al fiume Cherio.

Le opere di valorizzazione paesaggistiche sono integrative dei lavori previsti per la formazione degli argini, e si raffrontano con il sistema ambientale circostante oltre che con le peculiarità delle aree di intervento.

Nei successivi paragrafi si approfondiranno le scelte legate alla riqualificazione e valorizzazione degli aspetti del paesaggio che rivestono un ruolo complementare, non certo secondario rispetto agli obiettivi del progetto.

### 6.1 L'APPROCCIO METODOLOGICO

L'inserimento paesaggistico dei lavori previsti nel progetto di fattibilità interessa tutto il fondovalle del fiume Cherio in comune di Trescore Balneario (BG). Sono interventi talvolta radicali che prevedono un assetto vallivo funzionale agli obiettivi di protezione della popolazione dalle piene, ma che prospettano una trasformazione benefica anche a livello paesaggistico in direzione di una ricomposizione unitaria della piana alluvionale del Cherio.

L'approccio metodologico è composto da due fasi principali. La prima fase è la conoscenza del paesaggio esistente e del paesaggio storico. Infatti, l'attuale paesaggio si articola attorno a un sistema di relazioni territoriali già in parte visibile nelle mappe di metà Ottocento. La carta dell'uso del suolo, le analisi urbanistiche, i vincoli e la carta del paesaggio storico illustrano il sistema in esame evidenziando i tratti originari del paesaggio e la conformazione attuale. La seconda fase si è confrontata costantemente con il progetto idraulico e quindi con le grandi aree di laminazione e le aree golenali, nonché il ri-disegno

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

del fiume in alcuni tratti. Questa fase ha visto anche le diverse soluzioni tipologiche relative agli argini e quindi alla vegetazione, tipologie all'interno di un quadro generale teso a variare il paesaggio e quindi aumentare la biodiversità.

L'approccio è stato attento anche al tema delle infrastrutture presenti e di quelle future e in generale alle criticità e alle aspettative da parte delle popolazioni locali in merito alla viabilità statale.

Il comune denominatore del progetto è la riqualificazione del fondovalle, che significa ricucitura delle relazioni di qualità e valorizzazione delle emergenze ambientali presenti, prima fra tutte il fiume Cherio. Proprio l'attenzione all'intorno e quindi l'individuazione di quelle potenzialità presenti in un fondovalle aperto a tutti e non più precluso dagli insediamenti esistenti è il cardine del progetto paesaggistico nel presente progetto.

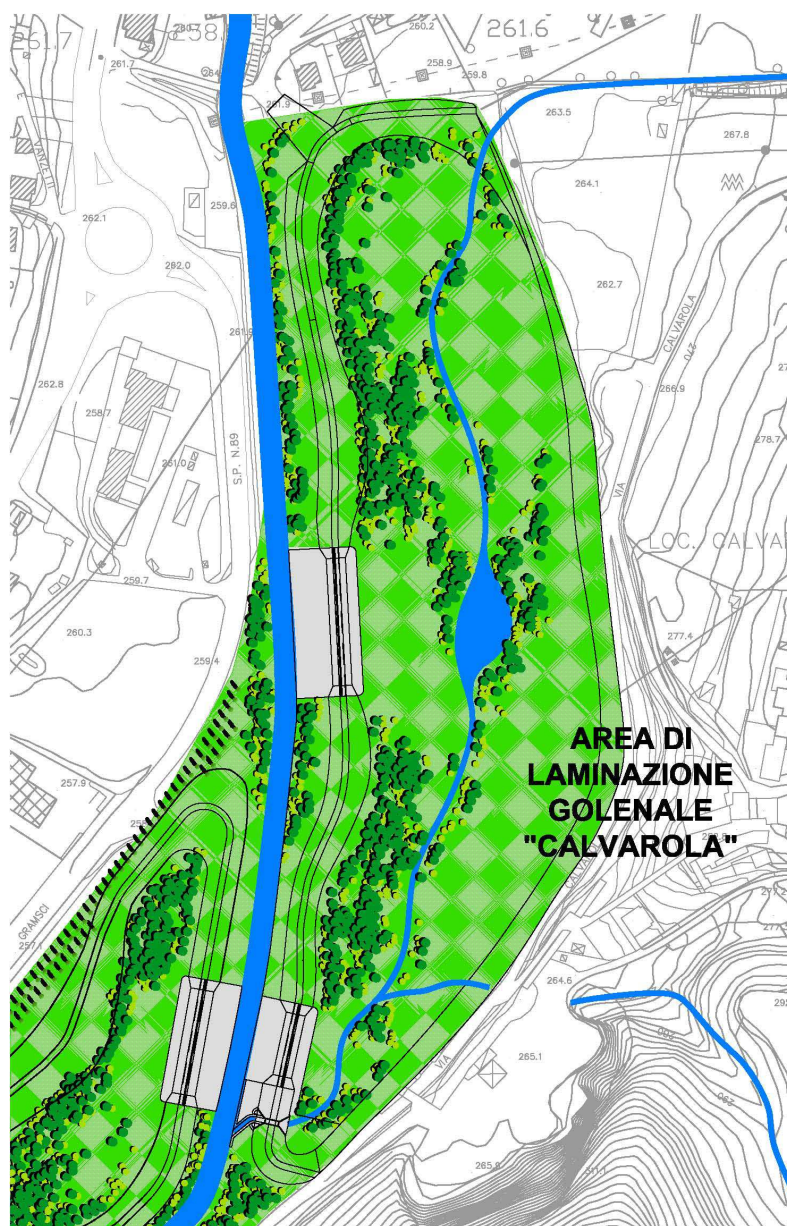
## 6.2 IL PROGETTO DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA

Il progetto di valorizzazione paesaggistica si articola su due livelli principali. Il primo livello affronta il tema a scala ampia, quella territoriale, analizzando i processi di trasformazione e quindi il paesaggio storico.

Tale analisi, ad esempio, ha confermato una situazione comune a molti fondovalle ovvero la presenza sino al secondo dopoguerra di pochi insediamenti, fatta eccezione per magli e mulini e la rete di canali derivati dal fiume. Tale situazione si è protratta sino agli anni '50 quando i primi insediamenti artigianali e la realizzazione della SP 89 hanno occupato in parte un'area agricola storicamente caratterizzata solo da prati incolti e frutteti. Questa analisi, che indica anche le storiche relazioni critiche fra il fiume e la piana alluvionale, aiuta a costruire uno scenario futuro nel quale l'antropizzazione fatta da diverse attività umane si riduce in favore di un paesaggio agricolo utilizzato anche per laminare le acque del Cherio. Il ritorno verso un fondovalle "disabitato", condizione idraulica necessaria, apre a nuovi paesaggi che si confrontano certo con i nuovi argini ma anche con le preesistenze ambientali ancora importanti e che possono rigenerarsi all'interno di un ridisegno complessivo dell'area.



A.T.P.						Consulenti		
<b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	<b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	<b>ydros</b> Ingegneria	<b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	<b>HATTUSAS</b> Consulenza nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	<b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <b>Giambattista Rivellini</b>	<i>Dott. Arch.</i> <b>Giovanni Mazza</b>	<i>Dott. For.</i> <b>Stefano Enfissi</b>



**Planimetria dell'area di laminazione golenale "Calvarola" con progetto del verde**

Quindi il progetto di valorizzazione paesaggistica è implicito nella necessità di realizzare le grandi aree di laminazione, soprattutto nelle aree di Calvarola e Macina, opere che liberano il fondovalle e creano nuove opportunità. A differenza di altri interventi di laminazione idraulica ove il paesaggio si deve in qualche modo “difendere” dalle opere idrauliche, nel caso in esame l'opera idraulica stessa diviene opera strategica di riqualificazione ambientale.

A.T.P.						Consulenti		
<b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	<b>ETATEC</b> STUDIO PIAZZI	<b>ydros</b> Ingegneria	<b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	<b>HATTUSAS</b> Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	<b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>



**Planimetria dell'area di laminazione golenale "Brignoli"**

L'attenzione è posta poi anche alle nuove opere realizzate, prevalentemente arginature, che hanno il compito di contenere le laminazioni e difendere gli insediamenti ancora presenti e soprattutto l'abitato a valle di Gorlago (BG). Il progetto implementa una serie di tipologie di sistemi verdi capaci di arricchire, mitigare e talvolta occultare i presidi idraulici. Il progetto, in coerenza anche con le delocalizzazioni, prevede nuovi presidi verdi che arricchiscono il fondovalle di nuove nicchie ecologiche implementando quella biodiversità già ricercata anche in progetti recenti di rinaturalizzazione finanziati all'interno dei progetti CARIPLO.<sup>1</sup> Nel progetto si identificano una serie di ambienti da riprodurre in ambiti ben precisi e con specie definite in base all'ambiente. Filari semplici e doppi, siepi di diversa ampiezza, boschi ripariali costituiscono le strutture verdi base che si alternano in un mosaico di ambienti, spazi aperti diversi.

<sup>1</sup> Progetto di Riqualificazione fluviale del fiume Cherio esteso a tutta l'asta.



A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIAZZI	ydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Consulenza nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



**Planimetria dell'area di espansione golenale "Macina" con progetto del verde**

Anche gli argini sono stati studiati con dimensioni e rapporti geometrici diversi in maniera da poter diversificare la vegetazione nel rispetto degli obiettivi di manutenzione e controllo delle opere idrauliche. In particolare il progetto si è concentrato, al fine di diversificare l'ambiente, sul rapporto argine-vegetazione sia in termini di sicurezza sia in termini di varietà e quindi di biodiversità. L'alternanza di argini con forme e tipologie diverse, da approfondire nelle successive fasi progettuali, aiuterà a costruire un paesaggio non certo monotono.

Anche l'alveo del Cherio ha subito in alcuni tratti rimaneggiamenti progettati con un duplice obiettivo: da un lato aumentarne la complessità morfologica con nuovi meandri, mentre dall'altro lasciare spazio a possibili infrastrutture viarie parallele all'attuale SP 89 (nuova SS 42, tramvia, pista ciclabile, ecc.).

A.T.P.						Consulenti		
<b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	<b>ETATEC</b> STUDIO PIALETTI	<b>ydros</b> Ingegneria	<b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	<b>HATTUSAS</b> Consulenza nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	<b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <b>Giambattista</b> <b>Rivellini</b>	<i>Dott. Arch.</i> <b>Giovanni</b> <b>Mazza</b>	<i>Dott. For.</i> <b>Stefano</b> <b>Enfissi</b>



**Planimetria dell'area di espansione golendale "Radici" con progetto del verde**

### 6.3 OBIETTIVO BIODIVERSITÀ

Garantire la biodiversità è un requisito ormai indispensabile e prioritario in tutti gli interventi territoriali. Anche nell'intervento di laminazione in esame e nelle scelte tecniche, nel disegno delle opere conseguenti, si è sempre considerato l'obiettivo biodiversità in maniera costante.

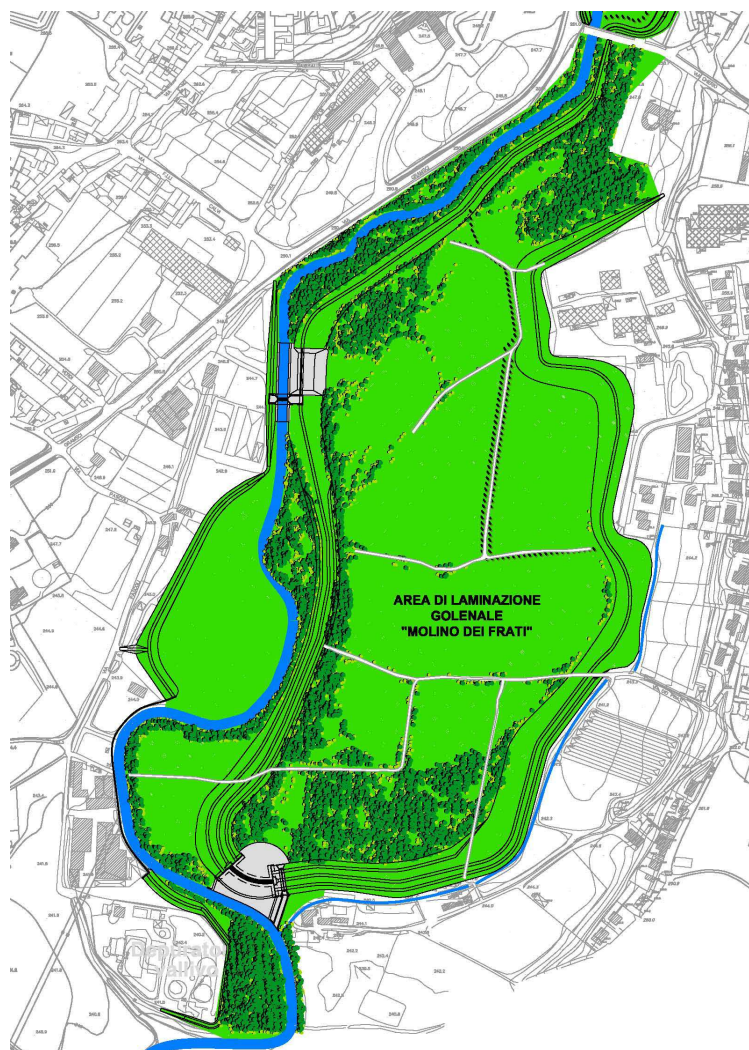
Anche questo obiettivo è stato raggiunto in diversi livelli: da quello territoriale attraverso



A.T.P.						Consulenti		
<b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	<b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	<b>ydros</b> Ingegneria	<b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	<b>HATTUSAS</b> Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	<b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

le aree di laminazione e la delocalizzazione a quello più locale mediante la collocazione di nuovi elementi paranaturali quali siepi, boschi, filari, ecc. In particolare la ri-naturalizzazione del fondovalle consentirà di ripristinare e facilitare quei corridoi intervallivi e le naturali relazioni fra fiume e i sistemi collinari presenti, tanto utili per la fauna.

Oltre ai citati nuovi impianti, a scala territoriale la formazione di aree di laminazione e di aree golenali con livelli diversi, consentirà la colonizzazione a una varietà di specie diverse. Tali processi saranno poi arricchiti dalle piene del fiume le quali contribuiranno a ricreare il sistema tipo fluviale con un alveo di magra e aree golenali.



**Planimetria dell'area di laminazione golenale "Molino dei Frati" con progetto del verde**



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 6.4 CONDIVISIONE E PROMOZIONE DELL'OPERA

Un progetto così importante per la scala territoriale interessata deve prevedere un piano di comunicazione culturale, divulgazione dell'intervento e del nuovo sistema di vasche ad esondazione controllata, che dovrà evidenziare le emergenze e i valori locali interessate anche indirettamente dal progetto anche, attraverso una mappatura dei sistemi ambientali e delle eccellenze presenti.

Si ragionerà sulla stesura di un sistema di comunicazione apposito alla diffusione del progetto fra i cittadini. Le esperienze pregresse del gruppo comprendono la divulgazione dei progetti con un approccio "culturale", allargando cioè il punto di vista dell'opera perché possa essere percepita come un'infrastruttura portatrice di valori. Si rifletterà su quali punti dell'intervento siano i più idonei alla segnalazione e spiegazione dell'opera, scegliendo quelli che favoriscono meglio la comunicazione tra l'esterno e l'interno del sistema verde per attivare una modalità di interscambio attivo.

La stesura delle successive fasi del progetto, e ancor più la realizzazione delle opere, devono quindi essere colte anche come l'occasione per condividere con il territorio e le comunità limitrofe la volontà di riqualificare e valorizzare questa porzione di territorio.

"Riqualificare" significa in senso lato riappropriarsi dei luoghi che sono diventati inaccessibili: è necessaria una riappropriazione culturale che faccia conoscere (ai giovani) e ri-conoscere (ai meno giovani) i legami, i significati storici, gli elementi generatori che esistevano ed esistono fra il territorio, il fiume e le città.

La condivisione deve essere estesa anche ai diversi enti che sovrintendono il territorio e che incidono progettualmente sul fiume, affinché la pianificazione sia, oltre che coerente con il progetto, informata dei contenuti e delle opportunità introdotte dal presente progetto.

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIALETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi

## 7. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE-IDROGEOLOGICHE

Nel presente capitolo vengono descritti sinteticamente i principali elementi emersi dalle analisi geologiche, idrogeologiche e geotecniche condotte nell'ambito del presente progetto di fattibilità tecnico-economica.

Per maggiori dettagli si rimanda alle relazioni A.3.2 “*Relazione geologica-idrogeologica e caratterizzazione dei terreni*” e A.3.3 “*Relazione geologico-tecnica*” ed ai relativi allegati.

### 7.1 GEOMORFOLOGIA E STRUTTURA GEOLOGICA

L'area oggetto di studio s'inquadra nel ambito geografico della Bassa Val Cavallina, appena a SW rispetto al Lago d'Endine e nel comparto geografico situato a N della confluenza dei torrenti Tadone e Malmera nel più importante Fiume Cherio.

In generale, la posizione della Val Cavallina, con la sua testata ampiamente dentro la fascia prealpina e a quote molto basse, è assai particolare, e questo ne ha condizionato il modellamento.

Durante le fasi fredde del Quaternario, infatti, essa non ha mai potuto sviluppare un ghiacciaio suo proprio; il valico che la mette in comunicazione con lo sbocco della limitrofa Val Borlezza nella Valcamonica è però a quota ben inferiore rispetto a quelle ripetutamente raggiunte dal grande ghiacciaio camuno, che in quest'area si attestava, durante le successive espansioni, fra i 400 e i 1200 m s.l.m.

Ciò ha reso possibile che una diffluenza laterale del ghiacciaio stesso scendesse lungo questa direttrice, occupando ripetutamente la valle del Cherio sino quasi allo sbocco in pianura.

Nel dettaglio dell'area oggetto di studio, vista la sua collocazione geografica nelle piane alluvionali del fiume Cherio, del torrente Tadone e del torrente Malmera dove l'andamento di tali corpi idrici è prevalentemente meandriforme, viene segnalata la presenza di zone di ristagno idrico o di esondazione.

Sempre legate alla presenza dei corsi d'acqua, principali e secondari, si riscontra anche la presenza diffusa di forme terrazzate, dovute a cicli successivi di deposizione ed erosione: i

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIALETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

terrazzamenti maggiormente evidenti sono quelli del fiume Cherio, soprattutto in sponda destra dove è ben evidente il dislivello topografico tra il centro abitato e la Via Gramsci.

L'impronta antropica che spesso condiziona la morfologia naturale del terreno può essere valutata in questo caso come considerevole. Il riscontro dell'esistenza di tale condizionamento è testimoniato sia dall'intensa urbanizzazione del fondovalle cavallino, sia dalla presenza di attività agricole di coltivazione in serra che hanno colonizzato in modo particolare l'area di espansione in sinistra idrografica del fiume Cherio, sia dalla presenza di alcuni siti estrattivi cessati e in corso di utilizzo.

Da un punto di vista geologico, nel tratto del fiume Cherio d'interesse, collocandosi nel contesto della Bassa Val Cavallina, affiorano le rocce carbonatiche della successione giurassico-cretacica del bacino lombardo ricoperta localmente dai depositi sciolti quaternari di varia origine (depositi di versante, alluvionali, glaciali, ecc...).

In particolare, per quanto concerne il substrato roccioso, il comparto geografico in cui s'inserisce l'area di studio è caratterizzato dalla presenza delle seguenti unità:

- Dolomia di Zandobbio (ZAN);
- Calcarea di Moltrasio (MOT);
- Calcarea di Domaro (DOM);
- Sass de la Luna (SDL);
- Formazione di Sorisole (FSE<sub>a</sub>/FSE<sub>b</sub>);
- Flysch di Colle Cedrina (CDB);
- Flysch di Pontida (PTD).

Inoltre, l'area di studio e il suo immediato intorno, visto il contesto di fondovalle del fiume Cherio in cui sono inseriti, sono caratterizzati dalla presenza dei depositi quaternari più o meno recenti di origine alluvionale legati all'azione erosiva e deposizionale di questo corso d'acqua. Dall'analisi della cartografia geologica nazionale (Carta Geologica d'Italia – Progetto CARG scala 1:50.000) si rinviene la presenza delle seguenti unità dei depositi quaternari:

- Conglomerato di Ripa-Torre (CTP)
- Supersintema del Cherio (CH)

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

- Supersintema di Palazzago (PA)
- Sintema del Po (POI);

Da un punto di vista tettonico-strutturale, l'area di studio è collocata nella struttura a pieghe e sovrascorrimenti del Sudalpino Lombardo che si manifesta nella forma di una pila di embrici, coinvolgenti le unità triassico-cretaciche scollate a vari livelli e traslate verso S e/o SSE durante differenti fasi di accavallamento, comprese tra il Cretacico superiore e il Miocene superiore (GAETANI et alii – 1981; LAUBSCHER – 1985; PIERI & GROPPi – 1981; DOGLIONI & BOSELLINI – 1987).

In particolare, le strutture tettoniche associate alla successione stratigrafica affiorante nel comparto geografico del tratto di Cherio indagato appartengono all'ambito della *Zona a pieghe e sovrascorrimenti delle Colline Pedemontane* e, in particolare, si collocano a cavallo delle due subaree più meridionali: quella centrale dell'anticlinale di Zandobbio e quella meridionale caratterizzata da pieghe aperte e chilometriche, asimmetriche.

## 7.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA ED IMPATTO DELLE OPERE

Per quanto concerne l'assetto idrogeologico di dettaglio dell'area oggetto di studio, essa si colloca nel settore di fondovalle della Bassa Val Cavallina, e in particolare nel comparto geografico terminale laddove questa si affaccia sulla pianura padana.

Il fondovalle della Val Cavallina, relativamente ampio e a decorso NE-SW, è occupato nella porzione settentrionale dal bacino lacustre di Endine, di modesta profondità (non superiore ai 10 m) e soggetto ad interrimento.

La quota del fondovalle si mantiene fra i 350 m presso Endine e i 260 m allo sbocco in pianura (Trescore), mentre lo spartiacque è posto quasi sempre al di sopra dei 600 m, tranne alla testata della valle ove scende a quota 355 m.

Il raccordo fra i versanti e il fondovalle è caratterizzato dalla presenza di ampi lembi di terrazzi alluvionali, prevalentemente conglomeratici, sulla cui superficie è costruito il nucleo storico di molti centri abitati (Grone, Berzo, Entratico, Zandobbio).

In particolare, il settore montano del comune di Trescore Balneario rappresenta il bacino di alimentazione e ricarica delle falde idriche del fondovalle, anche attraverso fenomeni di

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

travasamento delle acque dal sistema acquifero fessurato al sistema acquifero poroso di fondovalle.

Tale sistema acquifero è costituito da materiale ghiaioso in alternanza a depositi più fini e poco permeabili, la cui produttività media può essere stimata dalle portate di esercizio dei pozzi dei pubblici acquedotti che variano da 10 a 20 l/s.

In riferimento allo studio geologico comunale, nell'area oggetto di studio viene definita l'*Unità dei terreni quaternari ghiaiosi e limoso argillosi* costituita da depositi ghiaiosi alternati a depositi limoso argillosi che colmano le depressioni vallive del substrato roccioso e presentano successioni via via più spesse e stratificate dell'alta pianura bergamasca.

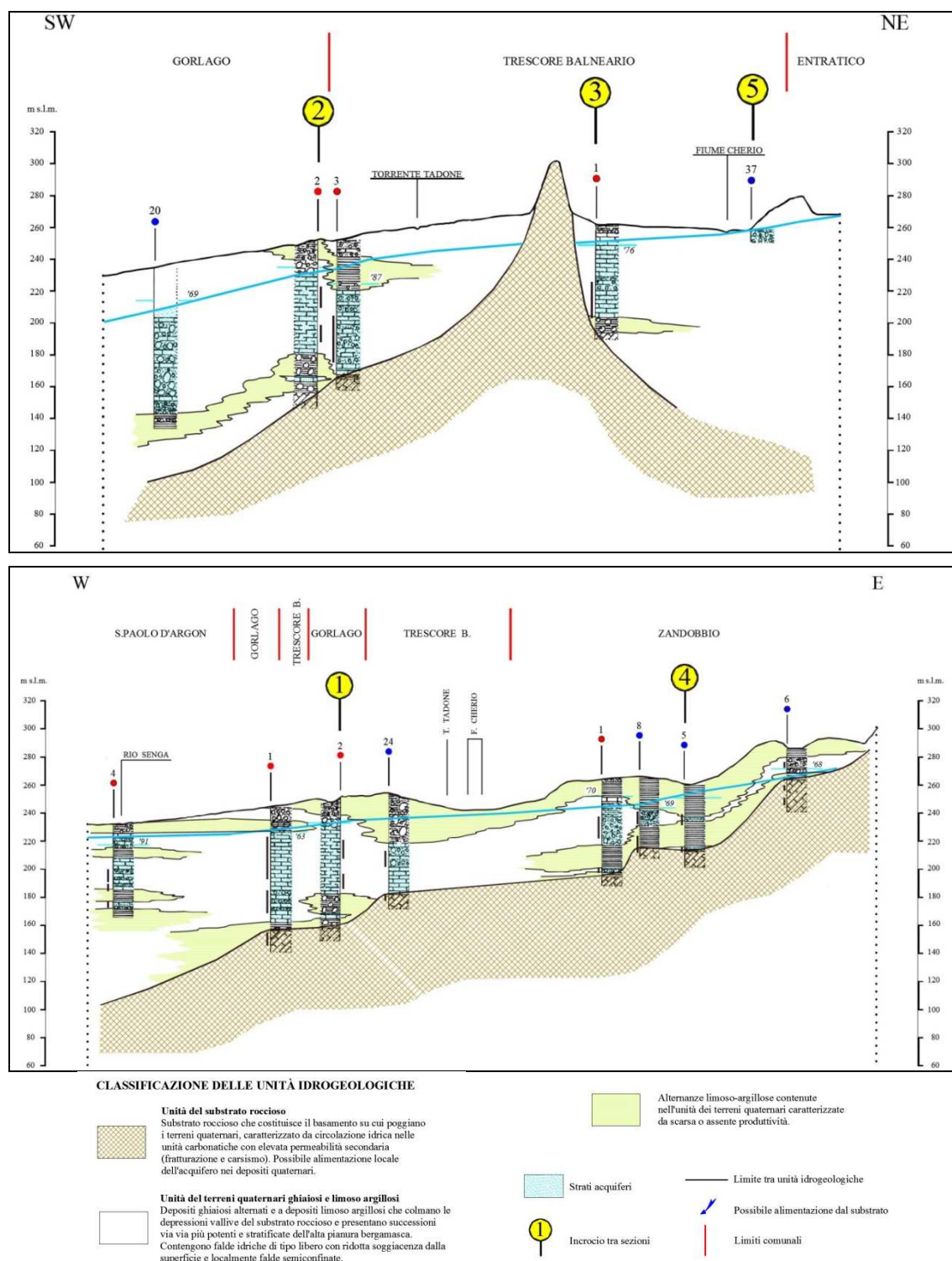
I suddetti depositi contengono falde idriche di tipo libero, con ridotta soggiacenza dalla superficie topografica, che in qualche caso acquisiscono carattere di falde localmente semiconfinite, laddove si trovano protette superiormente da depositi più fini che determinano un isolamento idraulico.

In particolare, per meglio comprendere la situazione idrostratigrafica del sottosuolo in questione, si riportano in Figura 20 due sezioni idrogeologiche contenute nello studio geologico a supporto del PRG di Trescore Balneario.

Inoltre, la vulnerabilità della falda idrica sotterranea in corrispondenza dell'area oggetto di studio, definita nella tavola *B.03 - Carta Idrogeologica e Idrologica* dello studio geologico a supporto del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012), viene classificata con un **grado di vulnerabilità idrogeologica elevato** a causa della presenza del complesso dei depositi ghiaiosi.



A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIAZZETTI	Ydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



**Figura 20 – Sezioni idrogeologiche dello studio geologico a supporto del PRG del comune di Trescore Balneario (PARMIGIANI – 2001)**

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Considerato il quadro idrostratigrafico definito negli elaborati geologico- tecnici (*Elaborato A.3.2 e A.3.3*) e considerate le ridotte profondità degli scavi che andranno eseguite, le opere in oggetto non dovrebbero interferire con le acque della falda libera superficiale.

Le uniche attività che potrebbero interferire con le acque sotterranee riguarderanno la preparazione della base delle vasche e la realizzazione delle porzioni più depresse. Infatti, durante la fase di cantiere, con la rimozione degli strati superficiali del terreno e con mezzi operativi in azione, potrebbero verificarsi sversamenti accidentali. Tali rischi tuttavia sono comparabili ad ogni circostanza di movimento terra nelle aree oggetto di progetto. Le usuali precauzioni (manutenzione ordinaria dei mezzi con officina presente in cantiere, contenimento dei depositi, ordine e pulizia del cantiere) saranno sufficienti alla gestione della problematica.

La natura delle acque in arrivo, i fenomeni di diluizione e i coefficienti di questi terreni indicano fenomeni di infiltrazione trascurabili e quindi non si rilevano particolari interferenze con il suolo e il sottosuolo.

In sintesi, considerato quanto riferito qui sopra, si può definire un quadro di impatto contenuto sulla componente idrogeologica riguardante le acque sotterranee. Andranno eventualmente intraprese tutte le misure di messa in sicurezza operativa utili a non compromettere la qualità delle acque di falda intercettate durante la fase di cantiere.

### 7.3 CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI SCAVO

Contestualmente alle attività di esecuzione delle indagini geotecniche effettuate in data 19/01/2018, sono stati raccolti N.4 campioni di terreni prelevati nelle aree oggetto di studio secondo quanto prescritto dalla norma UNI 10802:2013, in modo tale poter effettuare un primo screening generale della qualità dei terreni che verranno movimentati durante l'esecuzione delle opere.

Le procedure di caratterizzazione ambientale dei N. 4 campioni raccolti sono state svolte secondo quanto specificato nell'Allegato IV del D.P.R. del 13.06.2017 n.120.

È stato considerato il set analitico minimale, e cioè quello previsto alla Tabella 4.1 dell'Allegato sopracitato.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

I risultati delle analisi sui campioni sono stati confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Le analisi chimico-fisiche sono state condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

I risultati delle relative prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati sono contenuti nei relativi rapporti di prova riportati in allegato all'*Elaborato A.3.2*.

Per quanto concerne gli esiti degli accertamenti analitici è possibile affermare che per gli analiti ricercati non è stato rilevato alcun supero dei valori limite stabiliti dal D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1A e Tab. 1B, ad eccezione del campione C2 (*RP/0059/18*) per quanto riguarda l'analita *Cromo totale*. Infatti per tale campione è stato riscontrato il supero del valore limite del Cromo totale riferito ai siti ad uso commerciale e industriale (*D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1B*).

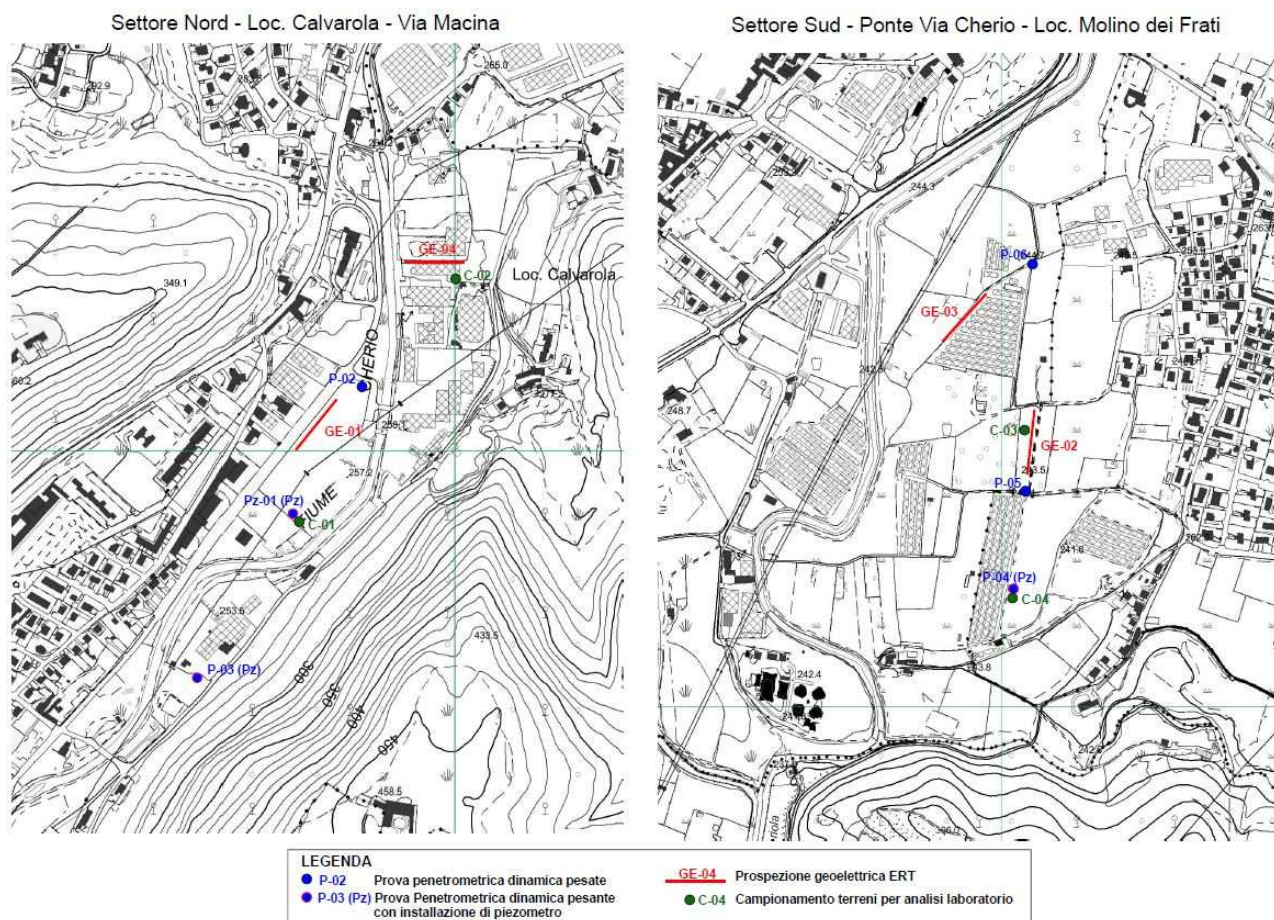
#### 7.4 MODELLO GEOLOGICO TECNICO DEL SOTTOSUOLO

Allo scopo di definire il modello geologico ed idrogeologico di riferimento progettuale e definire preliminarmente i parametri litotecnici del sottosuolo è stata progettata e realizzata una apposita campagna di indagini geognostiche, consistenti in:

- prove penetrometriche dinamiche pesanti
- stendimenti di geofisica (Indagine geoelettrica ERT)
- prelievi di campioni di terreno allo scopo di realizzare prove di laboratorio.

Tutte le indagini sono servite alla interpretazione della stratigrafia locale, alla definizione delle caratteristiche geotecniche del substrato in posto oltre che alla definizione della eventuale presenza della falda superficiale.

A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIALETTI	ydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



**Figura 21 - Planimetria di ubicazione delle indagini**

Le prove penetrometriche dinamiche hanno raggiunto le profondità indicate nella tabella seguente.



A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIALETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS Consulenza nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Settore	Numero prova	Ubicazione	Profondità raggiunta (m)	Raggiungimento del valore di rifiuto	Installazione Piezometro	Falda misurata a fine prova (m da p.c.)
nord	P-01	Dante Brignoli Granulati S.r.l.	3,8	No	Si	-2,58
	P-02	Dante Brignoli Granulati S.r.l.	3,8	Si a 3,8m		
	P-03	via Calvarola al civico 5	4	No	Si	-3,96
sud	P-04	Loc. Foppa Rivi	3,8	Si a 3,8m	Si	-2,58
	P-05	Pista ciclabile (Via Rivi-Via Fontane)	4,4	Si a 4,4m		
	P-06	Pista ciclabile Cherio	2,8	Si a 2,8m		-2,02

Il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica è ragionevolmente imputabile al raggiungimento di livelli granulometricamente più grossolani ascrivibili a ghiaia centimetrica e ciottoli grossolani.

#### 7.4.4 Modello geologico preliminare

Partendo dai dati bibliografici e dalle conoscenze dei luoghi degli scriventi, utilizzando le indagini geognostiche realizzate specificatamente è stato possibile definire il modello geologico di riferimento progettuale in corrispondenza delle aree di studio.

Per il **settore Nord**, il modello geologico viene schematizzato come segue partendo da p.c.:

- **Orizzonte 1** - da p.c. fino ad un massimo di 1,2 m di profondità sono presenti terreni di riporto antropico e/o terreni coltivati indistinti a varia granulometria.
- **Orizzonte 2** - Al di sotto dell'orizzonte 1 sono presenti i depositi alluvionali (Unità Postglaciale) fini a comportamento coesivo con spessore variabile compreso tra 1 e 3m e profondità massima di 3,4 metri da p.c. Si tratta di depositi limosi e argillolimosi con scarse qualità litotecniche.



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

- **Orizzonte 3** – All’aumentare della profondità i depositi alluvionali (Unità Postglaciale) presentano un netto cambio granulometrico. Il livello 3, che viene intercettato a partire da una profondità compresa 1,8 a 3,2m, è caratterizzato infatti essenzialmente da ghiaie limose e ghiaie sabbiose a comportamento prevalentemente incoerente.  
Per il **settore Sud**, il modello geologico viene schematizzato come segue partendo da p.c.:
- **Orizzonte 1** - Da p.c. fino ad un massimo di 0,6 m di profondità sono presenti terreni di riporto antropico e/o terreni vegetali indistinti a varia granulometria.
- **Orizzonte 2** - Al di sotto dell’orizzonte 1 sono presenti i depositi alluvionali (Unità Postglaciale) fini a comportamento coesivo con spessore variabile compreso tra 1 e 1,8m e profondità massima di 2,2 metri da p.c. Si tratta di depositi costituiti prevalentemente da limi con passate più argillose.
- **Orizzonte 3** – All’aumentare della profondità i depositi alluvionali (Unità Postglaciale) presentano un netto cambio granulometrico. Il livello 3, che viene intercettato a partire da una profondità compresa 1,4 a 2,2m, è caratterizzato infatti essenzialmente da ghiaie limose a comportamento prevalentemente incoerente. Si segnala che durante la prova P-05, all’interno del livello 3, è stato intercettato un livello di limo potente circa 60cm.

Il modello geologico di riferimento progettuale, appena illustrato, visto l’esiguo numero di indagini realizzate rispetto all’ampiezza dell’area di progetto, è da considerarsi preliminare e propedeutico alle scelte progettuali di questa fase progettuale. Una volta saranno definite in maniera definitiva la tipologia e la localizzazione delle opere sarà necessario realizzare una nuova campagna indagini geognostiche allo scopo di definire in maggior dettaglio il modello geologico di riferimento progettuale.

#### 7.4.5 Caratterizzazione geotecnica preliminare

L’interpretazione e l’elaborazione dei dati forniti dalle indagini eseguite hanno consentito di ipotizzare stratigrafie di primo riferimento basate sulle prove che hanno raggiunto una

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIALETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

maggior profondità, costituite dai livelli descritti di seguito ai quali sono stati assegnati i parametri di base riportati nella tabella.

**Settore nord - Stratigrafia e parametri geotecnici a riferimento progettuale preliminare.**

Descrizione	Profondità del letto (m da p.c.)	Valore Nspt	Peso di volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	Coesione non drenata Cu (kPa)	Angolo d'attrito (°)	Densità relativa (%)	Modulo di Young (MPa)
Riporto antropico e/o terreno coltivo indistinti	0,4-1,2	9-21	18-20	-	29-31	30-60	10-20
Limi argilloso e argillolimi con argilla (Deposti alluvionali)	1,8-3,20	3-6	18-19	15-25	-		1-3
Ghiaie limose e ghiaie sabbiose (Deposti alluvionali)	>4	>16	19-22	-	31-34	60-90	20-40

**Settore sud - Stratigrafia e parametri geotecnici a riferimento progettuale preliminare**

Descrizione	Profondità del letto (m da p.c.)	Valore Nspt	Peso di volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	Coesione non drenata Cu (kPa)	Angolo d'attrito (°)	Densità relativa (%)	Modulo di Young (MPa)
Riporto antropico e/o terreno vegetale	0,4-0,6	3-14	16-18	15-25			1-5
Limi con passate più argillose (Deposti alluvionali)	1,4-2,2	3-10	14-16	15-50	-		1-9
Ghiaie limose (Deposti alluvionali)	>4,2	>30	20-22	-	32-35	60-100	20-50

Il monitoraggio piezometrico, realizzato nel settore Nord, ha mostrato, nel periodo considerato, una profondità della falda di circa 2,5m da piano campagna. Tale livello della falda può essere preso a riferimento in questa fase progettuale.

Il monitoraggio piezometrico e le indagini geognostiche realizzate nel settore Sud non hanno mostrato in generale la presenza di una significativa falda superficiale nei primi 6-8 m di profondità.

In corrispondenza del piezometro P-04 (Pz) è stata tuttavia rilevata la presenza di una falda localizzata a profondità anche inferiori ai 2 m da p.c., probabilmente connessa al superstite reticolo idrografico, almeno in parte alimentato dalle venute sorgentizie alla base del terrazzo morfologico di Zandobbio.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

#### 7.4.6 Modello elettrostratigrafico

La tomografia elettrica è una tecnica non invasiva finalizzata a fornire sezioni del sottosuolo dove possono essere chiaramente individuate nel contesto geolitologico aree inquinate, cavità, presenza di corpi anomali, presenza di falde acquifere, estesi siti archeologici.

Nell'area di studio sono stati realizzati complessivamente quattro stendimenti (GE-01, GE-02, GE-03, GE-04).

Considerato che l'obiettivo primario di questo tipo di indagine è quello di caratterizzare l'area di progetto, da un punto di vista idrogeologico, attraverso la determinazione della profondità della falda e secondariamente a scopo litologico-stratigrafico, si è scelto di utilizzare differenti metodologie e/o configurazioni di rilievo quali: la configurazione *Wenner-Schlumberger*, la configurazione *Wenner* o l'accoppiamento delle due.

##### Sezione elettrostratigrafica GE-01 (Wenner – Schlumberger)

Da una attenta analisi della pseudosezione GE-01 ottenuta utilizzando il metodo *Wenner - Schlumberger*, si riconosce la presenza di 3 elettrostrati distinti:

- una unità resistiva superficiale (indicata come Unità Elettrostratigrafica 1) che occupa la quasi totalità della sezione avente spessore medio di circa 2 metri con il tetto corrispondente al piano campagna.
- un secondo elettrostrato (Unità elettrostratigrafica 2) ubicato al disotto dell'unità elettrostratigrafica 1, presente lungo tutta la lunghezza dello stendimento con spessore compreso tra 4 e 7 metri. I valori più bassi sono da imputare alla presenza di acqua di falda.
- Un terzo elettrostrato (Unità elettrostratigrafica 3) presente lungo tutta la sezione, rappresenta un livello mediamente resistivo con il tetto coincidente con la base dell'Unità 2 e il tetto non definito dalla profondità dell'indagine effettuata.

##### Sezione elettrostratigrafica GE-02 (Wenner - Schlumberger)

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Da una attenta analisi della pseudosezione GE-02 ottenuta utilizzando il metodo Wenner - Schlumberger, si osservano 3 elettrostrati distinti:

- una unità conduttiva superficiale (indicata come Unità Elettrostratigrafica 1) avente spessore medio di circa 1,5 metri da p.c. e tetto corrispondente al piano campagna. L'unità è omogenea in tutto il suo spessore.
- Un secondo elettrostrato (Unità Elettrostratigrafica 2) di forma regolare avente come tetto la base dell'Unità Elettrostratigrafica 1 mentre la base è stata ubicata a circa 6,5 m da piano campagna. Rappresenta un livello resistivo.
- Un terzo elettrostrato di forma anch'esso regolare ubicato al di sotto dell'unità resistiva, con la base non definibile dalla nostra indagine.

#### Sezione elettrostratigrafica GE-03 (Wenner-Schlumberger)

Da una attenta analisi della pseudosezione GE-03 ottenuta utilizzando il metodo Wenner - Schlumberger, si riconosce la presenza di 3 elettrostrati distinti:

- una unità conduttiva superficiale (indicata come Unità Elettrostratigrafica 1) avente spessore massimo di circa 3 metri e tetto corrispondente al piano campagna. L'unità è di forma lenticolare e non è presente lungo tutta la sezione..
- Un secondo elettrostrato (Unità Elettrostratigrafica 2) di forma regolare avente come tetto la base dell'Unità Elettrostratigrafica 1 dove presente oppure il piano campagna dove non presente; la base invece è stata definita a circa 7,5 m dal p.c.. Rappresenta un livello resistivo.
- Un terzo elettrostrato di forma anch'esso regolare ubicato al di sotto dell'unità resistiva (unità elettrostratigrafica 2), con la base non definibile dalla nostra indagine.

#### Sezione elettrostratigrafica GE-04 (Wenner - Schlumberger)

Da una attenta analisi della pseudosezione GE-04 ottenuta utilizzando il metodo Wenner - Schlumberger, si riconosce la presenza di 2 elettrostrati distinti:

- una unità resistiva superficiale (indicata come Unità Elettrostratigrafica 1) avente spessore

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIOLETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

medio di circa 2 metri e tetto corrispondente al piano campagna. L'unità non è omogenea in tutto il suo spessore.

- Un secondo elettrostrato (Unità Elettrostratigrafica 2) di forma molto irregolare avente come tetto la base dell'Unità Elettrostratigrafica 1 mentre la profondità massima della nostra indagine ci impedisce di definire la base dell'unità. Rappresenta un livello conduttivo. Nella porzione centrale dello stendimento l'unità ha uno spessore di circa 5 metri. I valori molto bassi indicano la presenza di acqua di falda.

#### 7.4.7 Modello idrogeologico preliminare di riferimento

Nel settore Nord è presente in prevalenza il **Complesso dei depositi ghiaiosi (Depositi alluvionali)** costituiti da ghiaie grossolane (dalle indagini realizzate tali depositi sono costituiti da ghiaie limose o sabbiosa) mediamente alternate in matrice limoso argillosa; si tratta di un acquifero di tipo libero con soggiacenza inferiore a 35 m, contenuto in depositi grossolani ad elevata permeabilità e protetto in superficie da un orizzonte limoso sommitale di debole spessore (1 - 4 m): dalle indagini eseguite tale livello risulta costituito da limi argillosi, e argille-limi con argilla con spessore compreso tra 1- 3m, riferibile all'unità delle ghiaie grossolane mediamente alterate con ciottoli, in matrice limoso argillosa. A tale complesso è attribuito un grado di vulnerabilità elevato.

Lungo il fiume Cherio, inoltre, è confermata la presenza di zone con bassa soggiacenza della superficie piezometrica (circa 2,5 m.s.l.m.), in falda libera e non sospesa.

Nel settore Sud, il monitoraggio piezometrico e le indagini geognostiche non hanno mostrato la presenza della superficie piezometrica entro i primi 6-8m di profondità.

Il tubo piezometrico installato nel foro P-04 (Pz) ha mostrato, però, la presenza di una falda locale e localizzata con profondità di circa 2 m da p.c.



A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIALETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

## 8. ASPETTI ECONOMICI E FINANZIARI DEL PROGETTO

In fase di redazione del presente progetto di fattibilità tecnico-economica il complesso delle opere è stato valutato, oltre che dal punto di vista della fattibilità tecnica, anche sotto l'aspetto economico.

Pertanto, sulla scorta delle opere previste e descritte nei precedenti capitoli, si è proceduto al calcolo sommario della spesa.

L'importo a base d'appalto per la realizzazione dei lavori è pari a complessivi € **20'748'558,65** (di cui € 500'000,00 per oneri della sicurezza non soggetti a ribasso) così suddivisi in macro capitoli:

	<b>Opera</b>	<b>Importi</b>
1	Area di laminazione golenale "Calvarola"	5'492'670.48
2	Area di laminazione golenale "Brignoli"	1'933'108.52
3	Area golenale "Macina"	2'209'175.65
4	Area golenale "Radici"	3'298'948.64
5	Area di laminazione golenale "Mulino dei Frati"	5'786'079.93
6	Opere di sistemazione fluviale in destra idraulica nei pressi di Molino dei Frati	1'528'575.43
7	Oneri della sicurezza specifici	500'000.00
8	<b>TOTALE OPERE IN APPALTO</b>	<b>€ 20'748'558.65</b>

Le somme a disposizione dell'Amministrazione per spese tecniche, spese amministrative, imprevisti, espropri, delocalizzazioni, IVA, ecc., è pari a € **55'251'441.35**.

Pertanto, l'importo complessivo del finanziamento necessario per la realizzazione delle opere in progetto ammonta a € **76'000'000,00**.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa.

9	Imprevisti (comprensivi di IVA)	2'000'000.00
10	IVA sui lavori	4'564'682,90

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIALETTI	 Hydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS Consulenza nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

11	Spese tecniche per progettazione fattibilità tecnico-economica, definitiva, esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, studio d'impatto ambientale, relazione paesaggistica, collaudo, supporto al RUP, Direzione dei Lavori e Coordinamento della Sicurezza in fase di Esecuzione, procedure espropriative, comprensive di IVA e oneri previdenziali	1'600'000.00
12	Fondo per acquisizione delle aree	8'000'000.00
13	Costi per la delocalizzazione delle attività produttive, commerciali e residenziali	37'446'000,00
14	Spese per accertamenti, indagini, caratterizzazione dei terreni, prove di laboratorio, monitoraggi ambientali, comprensivi di IVA	400'000.00
15	Spese per bonifica bellica superficiale, comprensive di IVA	300'000.00
16	Spese per pubblicità, procedure di gara e oneri istruttori vari (0.5% della voce 8)	100'000.00
17	Oneri di cui all'art. 2, comma 1, della Deliberazione 26/01/2006 a favore dell'Autorità per la Vigilanza sui LL.PP.	500.00
18	Oneri per la risoluzione interferenze sottoservizi comprensivo di IVA	800'000.00
19	Arrotondamenti	40'258.45
20	<b>TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE</b>	<b>€ 55'251'441.35</b>
<b>TOTALE FINANZIAMENTO (8 + 20)</b>		<b>€ 76'000'000.00</b>

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIALETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS Consulenza nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 9. ELENCO ELABORATI DEL PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

Il presente progetto di fattibilità tecnico-economica si compone dei seguenti elaborati:

ATTI	
A.1	Relazione tecnico-illustrativa delle opere in progetto
A.2	Analisi multicriteria delle soluzioni alternative
A.3.1	Relazione idrologico-idraulica
A.3.2	Relazione geologica-idrogeologica e caratterizzazione dei terreni
A.3.3	Relazione geologico-tecnica
A.3.4	Relazione interferenze sottoservizi
A.3.5	Studio di inserimento urbanistico
A.4	Documento di valutazione archeologica preventiva
A.5	Studio di prefattibilità ambientale
A.6	Piano di monitoraggio ambientale
A.7	Prime indicazioni in materia di sicurezza per la stesura del PSC
A.8.1	Calcolo sommario della spesa
A.8.2	Stima dei fabbricati e delle pertinenze
A.8.3	Quadro economico di progetto
A.9	Capitolato speciale descrittivo e prestazionale
A.10	Piano particellare preliminare delle aree
A.11	Documentazione fotografica

DISEGNI	
D.1.1	Corografia generale di inquadramento
D.1.2	Carta dello studio di inserimento urbanistico (scala 1:25000 e 1:10000)
D.1.3	Carta dell'uso del suolo (scala 1:4000)
D.1.4	Carta dei vincoli (scala 1:5000)
D.1.5	Carta storica (scala 1:4000)
D.2.1	Carta geomorfologica con elementi di idrografia superficiale
D.2.2	Carta geologica
D.2.3	Carta idrogeologica e della soggiacenza della falda
D.2.4	Carta di ubicazione delle indagini effettuate per le analisi ed i modelli geologici
D.3.1	Planimetria dello stato attuale delle aree di interesse - Ortofoto
D.3.2	Planimetria dello stato attuale delle aree di interesse - DTM
D.4.1.1	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Stato attuale: livelli per T=100 anni

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIOLETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS Consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

D.4.1.2	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Stato attuale: tiranti per T=100 anni
D.4.1.3	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Stato attuale: velocità per T=100 anni
D.4.1.4	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Stato attuale: tiranti per T=2 anni
D.4.1.5	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Stato attuale: tiranti per T=10 anni
D.4.1.6	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Stato attuale: tiranti per T=50 anni
D.4.1.7	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Stato attuale: tiranti per T=200 anni
D.4.1.8	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Stato attuale: tiranti per T=500 anni
D.4.2.1	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Assetto di progetto: livelli per T=100 anni
D.4.2.2	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Assetto di progetto: tiranti per T=100 anni
D.4.2.3	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Assetto di progetto: velocità per T=100 anni
D.4.2.4	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Assetto di progetto: tiranti per T=2 anni
D.4.2.5	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Assetto di progetto: tiranti per T=10 anni
D.4.2.6	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Assetto di progetto: tiranti per T=50 anni
D.4.2.7	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Assetto di progetto: tiranti per T=200 anni
D.4.2.8	Risultati del modello idraulico bidimensionale. Assetto di progetto: tiranti per T=500 anni
D.4.3	Confronto fra le aree allagabili per T=100 anni - Stato attuale e assetto di progetto
D.5.1	Planimetria generale delle opere in progetto (scala 1:4000)
D.5.2	Planimetria di dettaglio delle opere in progetto - tratto di monte (scala 1:2000)
D.5.3	Planimetria di dettaglio delle opere in progetto - tratto a valle (scala 1:2000)
D.6	Planimetria generale del progetto sintetico del verde (scala 1:4000)
D.7.1	Planimetria tecnica generale delle opere in progetto (scala 1:2500)
D.7.2	Planimetria tecnica di dettaglio - foglio 1 (scala 1:1000)
D.7.3	Planimetria tecnica di dettaglio - foglio 2 (scala 1:1000)
D.7.4	Planimetria tecnica di dettaglio - foglio 3 (scala 1:1000)
D.8.1	Area di laminazione golenale "CALVAROLA" sezioni delle opere in progetto (scala 1:500)
D.8.2	Area di laminazione golenale "BRIGNOLI" sezioni delle opere in progetto (scala 1:500)
D.8.3	Aree golenali ripristinate "MACINA" e "RADICI" sezioni delle opere in progetto (scala 1:500)
D.8.4	Area di laminazione golenale "MOLINO DEI FRATI" sezioni delle opere in progetto (scala 1:500)
D.9.1	Area di laminazione golenale "CALVAROLA" manufatti (scala 1:100)
D.9.2	Area di laminazione golenale "BRIGNOLI" manufatti (scala 1:100)
D.9.3	Area di laminazione golenale "MOLINO DEI FRATI" manufatti - foglio 1 (scala 1:100)
D.9.4	Area di laminazione golenale "MOLINO DEI FRATI" manufatti - foglio 2 (scala 1:100)
D.9.5	Opere tipo
D.10	Abaco degli interventi di valorizzazione paesaggistica

A.T.P.						Consulenti		
			 Archeo Studi Bergamo s.r.l.			<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## I PROFESSIONISTI INCARICATI:

RAFFAELLO CATTANEO – Landscape and architecture

Arch. Paes. Raffaello Cattaneo

ETATEC s.r.l.

Prof. Ing. Alessandro Paoletti

YDROS INGEGNERIA

Dott. Ing. Giovanni Pezzucchi

ARCHEO STUDI BERGAMO s.r.l.

Dott.ssa Mariagrazia Vitali

HATTUSAS s.r.l.

Dott. Geol Fabio Massimo Plebani

Dott. Geol. Andrea Gritti

ECOGEO s.r.l.

Dott. Geol. Diego Marsetti