

COMUNE DI LONATO DEL GARDA
PROVINCIA DI BRESCIA

PIANO ATTUATIVO in VARIANTE "FERALPI 1"

**STUDIO DI COMPATIBILITÀ DELLE NUOVE OPERE
CON IL VINCOLO DI PERICOLOSITÀ
LEGATO AL RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA (RSP)**
(ALLEGATO A PUNTO 3.3.3 TERZO CAPOVERSO D.G.R. 19.06.2017 N. X/6738)



Relazione idraulica

Committente:



Dott. Ing. Giuseppe Negrinelli

(Ordine degli Ingegneri della Provincia di Brescia n.1564)

Dott. Ing. Antonio Di Pasquale

(Ordine degli Ingegneri della Provincia di Brescia n.3362)

Gennaio 2020

I N D I C E

1. PREMESSA	2
2. FINALITÀ DELL'ANALISI IDRAULICA.....	3
3. DESCRIZIONE DELL'AREA DI INTERESSE E DEGLI INTERVENTI PREVISTI A PROGETTO	4
4. ANALISI IDRAULICA DEI DEFLUSSI DEL 2° COMIZIO ENTRO L'AREA DI INTERESSE	6
4.1 DEFINIZIONE DEI CRITERI DI ANALISI.....	6
4.2 DEFINIZIONE DELLE MODALITÀ DI DEFLUSSO.....	9
4.2.1 <i>METODO E CODICE DI CALCOLO</i>	<i>9</i>
4.2.2 <i>SCHEMA GEOMETRICO DI CALCOLO</i>	<i>9</i>
4.2.3 <i>COEFFICIENTI DI SCABREZZA</i>	<i>10</i>
4.2.4 <i>CONDIZIONI AL CONTORNO</i>	<i>11</i>
4.2.4.1 Portate.....	11
4.2.4.2 Geometria	12
4.3 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA	13
4.3.1 <i>RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA DELLO STATO DI FATTO.....</i>	<i>13</i>
4.3.2 <i>RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA DELLO STATO DI PROGETTO</i>	<i>13</i>
4.4 CONCLUSIONI	14
APPENDICE OUTPUT DETTAGLIATO DELLE SIMULAZIONI.....	17
SIMULAZIONI DELLO STATO DI FATTO	19
<i>SIMULAZIONE MOTO IN ALVEO: PORTATE MASSIME.....</i>	<i>19</i>
<i>SIMULAZIONE MOTO EX ALVEO A MONTE DEL TRATTO INTUBATO DN 1'200 MM: PORTATE</i> <i>MASSIME FUORIUSCITE.....</i>	<i>19</i>
<i>SIMULAZIONE MOTO EX ALVEO A VALLE DEL TRATTO INTUBATO DN 1'200 MM: PORTATE</i> <i>MASSIME FUORIUSCITE.....</i>	<i>20</i>

1. PREMESSA

La presente Relazione idraulica contiene l'analisi idraulica relativa all'interazione tra le opere del Piano Attuativo in variante "Feralpi 1" e i deflussi del 2° Comizio della Roggia Lonata nel tratto in cui esso interferisce col perimetro del piano stesso.

La presente analisi idraulica viene redatta con riferimento a quanto richiesto dalla *"Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B"* emessa dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999 ed aggiornata con deliberazione n. 10 del Comitato Istituzionale del 5 aprile 2006, con particolare enfasi sui punti E.1, E.2, E.7 della verifica di compatibilità, ovvero la valutazione dell'effetto delle opere sul deflusso di piena, la valutazione della riduzione della capacità di invaso e laminazione dell'alveo e la sicurezza delle opere di progetto rispetto alla piena.

Come si vedrà l'interazione tra le opere del piano e il 2° Comizio si limita al prolungamento di un tratto intubato già esistente di questo per consentire l'allargamento della corsia carraia di accesso Ovest allo stabilimento; tutte le altre opere del Piano Attuativo sono poste, per collocazione planimetrica e altimetrica in posizione non interferente con i deflussi del 2° Comizio.

L'analisi viene condotta in moto permanente monodimensionale ed in relazione ad un evento con tempo di ritorno centennale (in ottemperanza ai §2.8 e 3.2 della Direttiva).

Per la definizione delle portate di calcolo del 2° Comizio della Roggia Lonata si rimanda a quanto contenuto all'interno della Relazione Idrologica.

La presente Relazione è suddivisa in capitoli.

Il Capitolo 2 chiarisce brevemente le finalità con cui viene redatta la presente verifica idraulica, con riferimento al disposto di norma e, conseguentemente, descrive il procedimento di verifica seguito.

Il Capitolo 3 descrive brevemente lo stato dei luoghi come si presenta ad oggi e gli interventi previsti a progetto: esso è corredato dalle indicazioni contenute all'interno degli elaborati di progetto.

Nel Capitolo 4 viene sviluppata l'analisi idraulica.

In Appendice sono riportati i dati tabellari espliciti dell'analisi idraulica.

2. FINALITÀ DELL'ANALISI IDRAULICA

La presente analisi idraulica ha la finalità di valutare, in termini comparativi, l'effetto delle opere che si prevede di realizzare nell'ambito del Piano Attuativo in Variante "Feralpi 1", rispetto alla situazione attuale, con particolare riferimento al contenuto dell'art. 38 delle N.T.A. de Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po e al contenuto della *"Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle Fasce "A" e "B"*, approvata con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11.05.1999 ed aggiornata con Deliberazione n. 10 del Comitato Istituzionale del 05.04.2006.

Il punto 1.2 della direttiva dà alcune indicazioni, applicabili a tutte le tipologie di opera, in merito ai criteri di valutazione della compatibilità delle opere interferenti; nello specifico si prescrive di prendere in esame gli effetti indotti dall'opera sui seguenti aspetti di interazione con il recapito:

- E.1. Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena;
- E.2. Riduzione della capacità di vaso dell'alveo;
- E.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti,
- E.4. Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento,
- E.5. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena;
- E.6. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale,
- E.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.

In particolare la presente relazione viene redatta con la finalità di fornire indicazioni in merito ai punti E.1, E.2 e E.7 dell'analisi di compatibilità, ovvero quale sia (se vi è) l'alterazione del profilo inviluppo di piena e alle capacità di vaso (=capacità di laminazione delle piene) rispetto alle condizioni attuali e quale sia il grado di sicurezza delle nuove opere rispetto all'esposizione ai fenomeni alluvionali indotti dal corso d'acqua di interesse.

Applicando estensivamente quanto indicato al punto 3.2 della Direttiva (a rigori riferibile solo alla compatibilità dei ponti) si hanno alcune indicazioni sulla portata di piena da assumere per la valutazione dell'impatto delle opere col regime idraulico del corso d'acqua, vale a dire:

- per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, la portata non deve essere inferiore a quella assunta per la delimitazione della Fascia B (ovvero 200 anni);
- per i corsi d'acqua non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali la portata non deve essere inferiore a 100 anni.

Viene ammessa una deroga ai tempi di ritorno per corsi d'acqua di piccole dimensioni e per infrastrutture di entità molto modesta: in tali casi possono essere assunti tempi di ritorno inferiori in relazione ad esigenze specifiche adeguatamente motivate; in tali situazioni è comunque necessario verificare che le opere non comportino un aggravamento delle condizioni di rischio idraulico sul territorio circostante per la piena di 200 anni e definire il comportamento dell'opera.

Nel caso del 2° Comizio della Roggia Lonata, pertanto, il tempo di ritorno da assumere per la verifica di compatibilità è pari a 100 anni.

3. DESCRIZIONE DELL'AREA DI INTERESSE E DEGLI INTERVENTI PREVISTI A PROGETTO

Il 2° Comizio della Roggia Lonata all'interno dell'area dello stabilimento "Feralpi" corre all'interno di un'area a verde ad uso pioppeto ribassata rispetto al p.c. dello stabilimento e della viabilità perimetrare di circa 2-3 m.

Il 2° Comizio come si è detto entra all'interno dello stabilimento intubato con un tubo DN 800 mm proveniente dal parcheggio esterno posto a nord della fabbrica.

Nel tratto in cui esso è intubato il 2° Comizio presenta una prima derivazione trasversale, l'unica in buone condizioni manutentive che ne lasciano intendere un uso effettivo.

Il punto di derivazione non è rilevabile in quanto coperto, è invece ispezionabile la derivazione, costituita da una canaletta rettangolare prefabbricata in cls di sezione 50x65 cm.

La canaletta corre prima in direzione Ovest lungo la recinzione Nord e poi in direzione Sud lungo la recinzione Ovest dello stabilimento, avendo un salto di fondo di circa 70 cm in corrispondenza dello spigolo della recinzione stessa.

Dopo circa 60 metri in direzione Sud, la canaletta piega nuovamente in direzione Ovest portandosi al di fuori dello stabilimento con una sezione intubata DN 800 mm.

Il canale principale a valle della derivazione si porta a cielo aperto, in sezione naturale che corre al piede del rilevato ove si colloca lo stabilimento.

Dopo circa 50 metri esso riceve in sinistra l'immissione del condotto fognario che convoglia le acque meteoriche provenienti dal sottopasso di Via Pasini.

A valle dell'immissione il canale prosegue in direzione Sud, sempre in sezione naturale e al piede del rilevato fino ad arrivare alla strada di accesso carraio Ovest allo stabilimento, anch'essa in rilevato.

L'attraversamento della strada avviene mediante un manufatto intubato DN 1'200 mm in cls, parzialmente intasato nella sezione di uscita.

A valle del tratto intubato il 2° Comizio prosegue in direzione Sud conservando le medesime caratteristiche già descritte (sezione in terra al piede del rilevato).

Circa 40 metri a valle dello sbocco del tubo DN 1'200 mm il 2° Comizio presenta una seconda derivazione trasversale, mediante un manufatto di arresto a cielo aperto con paratoie; il canale derivato è in terra fino al manufatto intubato in cls DN 800 mm con cui esce dallo stabilimento ed è in scarse condizioni manutentive.

Dopo la derivazione il 2° Comizio prosegue in direzione Sud, piegando leggermente in direzione Ovest a seguire l'andamento del rilevato.

Dopo circa 110 metri esso piega decisamente in direzione Ovest, allontanandosi dal rilevato, in sezione naturale fatto salvo un breve tratto di circa 7 metri intubato con tubo cls DN 800 mm.

A 30 metri dal cambio di direzione il 2° Comizio presenta un nuovo cambio di direzione, questa volta in direzione Sud e, contestualmente una seconda derivazione trasversale con manufatto di arresto con paratoie a cielo aperto.

Anche questa derivazione, che si immette in un canale in terra che poi esce dallo stabilimento in sezione intubata DN 800 mm si presenta come fortemente ammalorata.

Il canale principale prosegue in direzione Sud-Sud-Est, in sezione in terra per i primi 40 metri e successivamente in sezione canalizzata 80x70 cm.

Esso si porta verso il rilevato dello stabilimento, raggiunto il quale piega in direzione Sud-Ovest per poi intubarsi con tubazione DN 800 mm in cls e uscire dallo stabilimento.

Le opere previste nell'ambito del Piano Attuativo in Variante "Feralpi 1" sono realizzate tutte alla quota dello stabilimento (dunque 2-3 metri al di sopra del piano del pioppeto ove corre in sezione incisa il 2° Comizio), per la quasi totalità realizzate nelle aree già oggi in uso dallo stabilimento; esse prevedono di interessare l'area a verde posta a Ovest e il pioppeto in forma marginale:

- per la necessità di allargare la sede stradale dell'accesso carraio Ovest ove già oggi è presente il manufatto intubato di attraversamento DN 1'200 mm, che verrà prolungato, eliminando il fenomeno di intasamento e con una rettifica delle livellette;
- per la necessità di posizionare un fabbricato nell'area oggi a verde in prossimità dello spigolo Sud – Ovest della recinzione: questo intervento non ha interesse ai fini del presente Studio in quanto si colloca in un'area già oggi naturalmente geodeticamente rialzata di circa 1.20 m rispetto al pioppeto e circa 80 metri a Sud del punto di fuoriuscita del 2° Comizio dallo stabilimento.

4. ANALISI IDRAULICA DEI DEFLUSSI DEL 2° COMIZIO ENTRO L'AREA DI INTERESSE

4.1 DEFINIZIONE DEI CRITERI DI ANALISI

Per quanto concerne l'analisi idraulica, si fa riferimento a quanto contenuto all'interno del paragrafo 2.8 della Direttiva, che esclude un'analisi in moto uniforme e impone al minimo un'analisi monodimensionale in moto permanente.

Pur riconoscendo, nel corso delle prime analisi svolte sul modello, un'insufficienza della sezione d'alveo rispetto alle portate in arrivo, non si è ritenuto di svolgere un'analisi di tipo bidimensionale in relazione alle caratteristiche del moto ex alveo, che, in base alla morfologia del territorio, può essere ragionevolmente interpretato come somma di due moti di tipo monodimensionale affiancati.

Ai fini della descrizione delle modalità di deflusso del 2° Comizio all'interno dell'insediamento Feralpi e all'interpretazione dei risultati della modellazione è pertanto necessaria una descrizione preliminare, corredata da una disamina dei parametri morfologici che definiscono il moto.

Tali elementi, riportati nel seguito per esteso, sono riassunti in forma grafica all'interno della Figura 4:1.

All'interno della recinzione dell'insediamento Feralpi, il 2° Comizio corre in un'area a verde (un pioppeto, saltuariamente irrigato con le acque del 2° Comizio medesimo) ribassata rispetto all'insediamento nel suo complesso e alla strada perimetrale esterna sul lato Ovest rispetto al piano del 2° Comizio di circa 2 – 3 metri con per di più, lungo tutti i lati, una recinzione continua cieca di altezza pari a circa 2 metri: le aree morfologicamente rialzate definiscono pertanto una sorta di "catino" ove le acque eventualmente fuoriuscite dal 2° Comizio restano contenute.

L'analisi morfologica ha portato a evidenziare come le portate massime transitanti attraverso il 2° Comizio siano sostanzialmente invarianti rispetto al tempo di ritorno dell'evento considerato, ma siano strettamente correlate alla morfologia del territorio e ai vincoli presenti, in particolare:

- attraverso il 2° Comizio (ingresso lato Nord dello stabilimento) possono affluire un massimo di 984 l/s;
- attraverso la fognatura bianca che drena le portate fuoriuscite dal 3° e 4° Comizio possono affluire 144 l/s.

Le portate complessive transitanti attraverso il 2° Comizio all'interno del pioppeto in proprietà Feralpi non possono pertanto essere superiori a 1'128 l/s; le modalità di transito degli idrogrammi di piena possono essere inoltre approssimate a quelle del moto permanente: la presenza dei vincoli lungo la rete da un lato limita i picchi di piena ai valori sopra citati, dall'altro fa sì che tali picchi, smorzati, possano prodursi per un periodo piuttosto lungo, in funzione della capacità di invaso a monte dei vincoli: sostanzialmente il sistema è stato approssimato a quello di due vasche di laminazione improprie (laminano sulle strade), l'una con una portata allo scarico pari a 984 l/s, l'altra pari a 144 l/s.

Il transito di tali portate all'interno della proprietà Feralpi è esso stesso soggetto ad una serie di vincoli:

- la strada di accesso allo stabilimento divide l'area ribassata in due parti (definite nel seguito "area di monte" e "area di valle"), collegate tra loro da una tubazione in cls 1'200 mm: quali che siano le modalità di deflusso del 2° Comizio a monte della tubazione, l'unica via di transito per le acque convogliate da monte attraverso il rilevato è la tubazione stessa;
- l'uscita dal sistema è essa stessa obbligata: trascurando le bocche irrigue (a favore di sicurezza: prevedere più uscite limiterebbe le portate transitanti nel 2° Comizio e quindi la sua potenziale pericolosità), l'unico punto di uscita dal sistema è la tubazione DN 800 mm che esce dallo stabilimento circa 270 m a Sud dell'accesso carraio Ovest.

Rimandando ai paragrafi successivi per una descrizione completa, si è determinato che la portata di 1'128 l/s transita attraverso tale vincolo con un tirante con una quota assoluta pari a 138.26 m s.l.m.

Conseguentemente il transito del 2° Comizio all'interno dell'area di monte e dell'area di valle non è libero:

- sono vincolate le portate che vi transitano, date dai vincoli morfologici posti a monte dello stabilimento;
- sono vincolati i punti di uscita dall'area di monte e dall'area di valle per la presenza degli ulteriori vincoli sopra citati.

Chiarite le condizioni al contorno è possibile descrivere le modalità interpretative del deflusso del 2° Comizio all'interno del pioppeto.

I tratti compresi tra i vincoli sopra descritti hanno capacità compresa (si vedrà nel seguito) tra 300 e 500 l/s; le portate eccedenti tale capacità pertanto fuoriescono dall'alveo e tendono ad allagare le aree del pioppeto.

Tuttavia, le modalità del moto, prossime come si è detto a quelle del moto permanente e la morfologia delle aree del pioppeto fanno sì che tali portate fuoriuscite non possano essere considerate perse (invasate nel pioppeto) o accumulate.

Poiché il pioppeto ha una pendenza Est-Ovest (in direzione della recinzione Ovest) e Nord – Sud, le portate fuoriuscite tenderanno a defluire verso le aree più ribassate e, da qui, per scorrimento superficiale, verso i vincoli entro cui esse sono obbligate a transitare, vale a dire il tubo DN 1200 mm che esce dall'area di monte e il tubo DN 800 mm che esce dall'area di valle.

Il comportamento dei deflussi del 2° Comizio all'interno dell'area Feralpi viene interpretato pertanto come **un modello di tipo duale**:

una parte delle acque, pari alla massima portata convogliabile dall'alveo (nell'area di monte e nell'area di valle, sono valori differenti), viene fatta defluire all'interno dell'alveo inciso;

la parte eccedente tale capacità viene fatta defluire attraverso lo scorrimento superficiale, approssimato all'area ribassata costituita dal pioppeto al netto dell'alveo inciso, imponendo al moto ex alveo i vincoli di moto descritti:

- il moto superficiale nell'area a monte ha come vincolo di valle la quota di sponda in corrispondenza dell'imbocco della tubazione DN 1200 mm: quale che siano le modalità di deflusso superficiale, le acque dovranno per forza transitare entro tubo provenendo dalla superficie;
- il moto superficiale nell'area a valle ha come vincolo di valle il tirante di imbocco del tubo DN 800 mm uscente dallo stabilimento (138.26 m s.l.m.).

La descrizione modellistica tanto dello stato di fatto quanto di quello di progetto è stata pertanto sviluppata costruendo tre modelli interpretativi del deflusso delle acque:

- uno relativo al deflusso in alveo lungo tutto il tratto dell'asta idrica attraversante la proprietà Feralpi (dallo sbocco del tubo DN 800 mm proveniente dal parcheggio fino all'imbocco del tubo di pari diametro uscente dallo stabilimento): tale modello ha avuto la finalità di determinare nei due casi le portate massime convogliabili e la quota parte che invece si dirige nel percorso secondario in superficie;
- uno che descrive il deflusso secondario in superficie a monte del tubo DN 1200 mm che divide l'area ribassata in due parti;
- uno che descrive il deflusso secondario in superficie a valle del tubo DN 1200 mm che divide l'area ribassata in due parti.

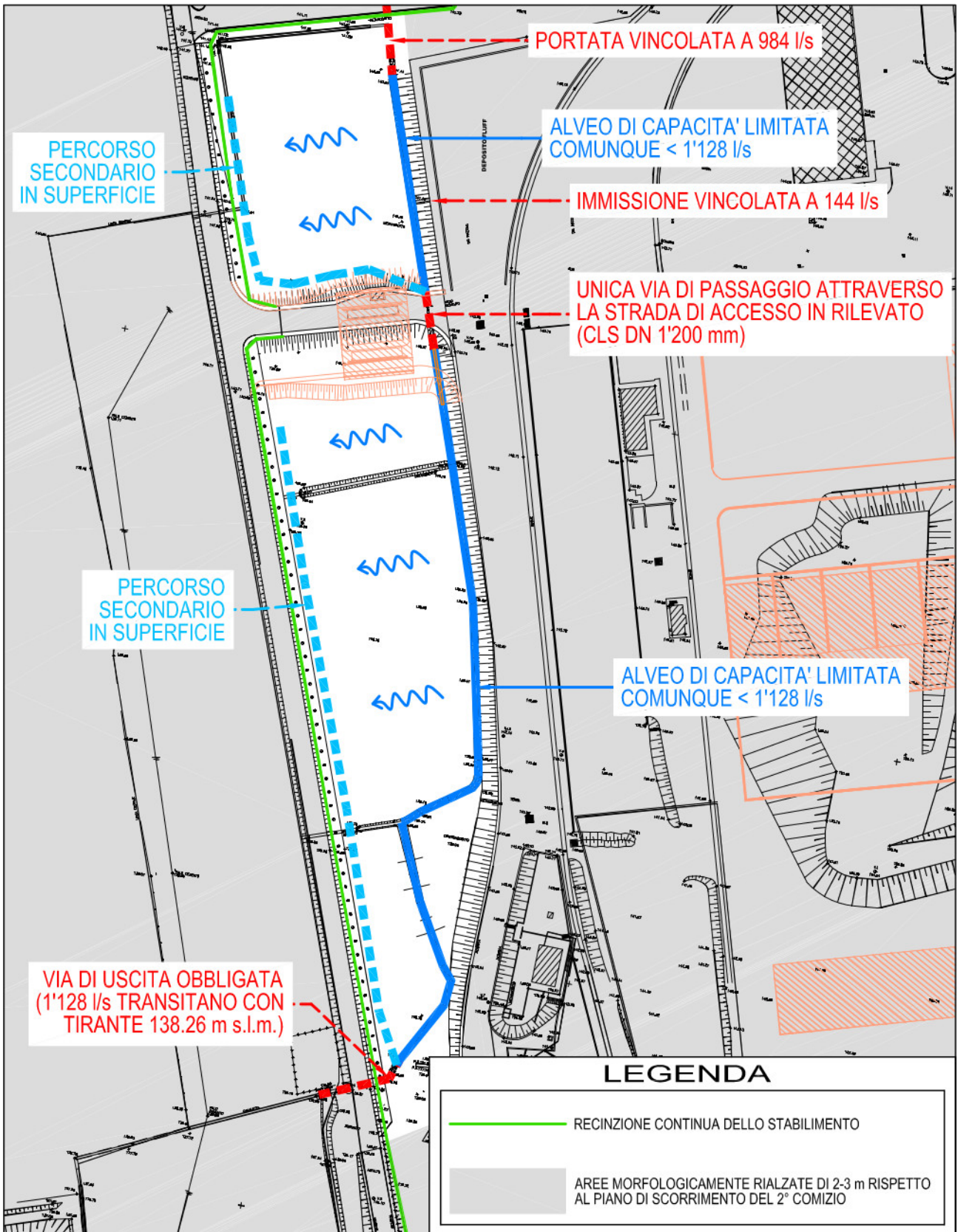


Figura 4:1 Modalità di deflusso del 2° Comizio all'interno dell'insediamento Feralpi

4.2 DEFINIZIONE DELLE MODALITÀ DI DEFLUSSO

I paragrafi seguenti descrivono compiutamente la metodologia di calcolo seguita, il codice di calcolo utilizzato, i parametri assunti e i criteri di loro determinazione nonché nel dettaglio i risultati ottenuti.

I medesimi risultati riportati in forma tabellare nel seguito sono anche riassunti in forma grafica all'interno delle Tavole 6, 7 e 8 del progetto.

4.2.1 Metodo e codice di calcolo

I profili idrici di moto nei modelli redatti sono calcolati schematizzando il deflusso della corrente in condizioni di moto stazionario monodimensionale.

Come si è detto, le caratteristiche del territorio e gli idrogrammi di piena attesi consentono, nello specifico caso, di considerare il moto in condizioni permanenti non già come solo un'approssimazione a favore di sicurezza (a portate massime) dei deflussi della corrente, ma come un'interpretazione ragionevole dei deflussi reali: ci si attende infatti che gli apporti massimi in ingresso al 2° Comizio abbiano una certa permanenza temporale, in virtù dei vincoli presenti che limitano i picchi di piena ma non più di tanto i volumi complessivi.

I calcoli idraulici sono stati eseguiti utilizzando il programma di calcolo numerico dei profili di moto permanente a pelo libero HEC-RAS 5.0.6 prodotto dall'Hydrologic Engineering Center del Corpo del Genio dell'Esercito statunitense (www.hec.usace.army.mil), in grado di sviluppare rapidamente gli algoritmi di calcolo applicati a schemi tipologici e geometrici complessi e vari, rappresentanti il corso d'acqua e le aree laterali interessate dal deflusso.

Nella modellazione delle sezioni trasversali del 2° Comizio si è fatto riferimento ad un rilievo celerimetrico delle aree dello stabilimento, integrate con rilievi ad hoc in situ sull'asta idrica.

La procedura alla base del calcolo si basa sulla soluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia.

Le perdite di carico per attrito sono valutate mediante l'equazione di Manning, diversificando il coefficiente di scabrezza in funzione della natura e delle caratteristiche delle superfici interessate dal deflusso.

Il risultato della modellazione idraulica è rappresentato dai profili della corrente in moto permanente.

Applicando detti profili alla rappresentazione planialtimetrica del corso d'acqua e del territorio circostante, è stato possibile interpretare le modalità di deflusso del corso d'acqua, determinandone in particolare i più probabili punti di criticità.

Tale modellazione, in sinergia con il calcolo idrologico svolto in rapporto alle portate di piena centennali del corso d'acqua (ottenute in esito all'analisi riportata all'interno della Relazione Idrologica), ha consentito la definizione dei tiranti attesi e le velocità di moto in alveo e ex alveo.

4.2.2 Schema geometrico di calcolo

Il software utilizzato ha consentito di rappresentare, nello schema geometrico di calcolo, l'effettiva configurazione della regione fluviale, immettendo tutti i dati ottenuti dal rilievo topografico e dalle osservazioni locali.

Lo schema geometrico di base è composto, sia per quanto concerne il modello interpretativo dello stato di fatto sia per quanto concerne quello di modello da:

- per quanto concerne il deflusso in alveo da:
 - 22 sezioni trasversali;
 - 3 tombotti (culverts) nello stato di fatto 4 nello stato di progetto

- per quanto concerne il deflusso ex alveo a monte del tubo DN 1200 mm da:
 - 6 sezioni trasversali;
- per quanto concerne il deflusso ex alveo a valle del tubo DN 1200 mm da:
 - 16 sezioni trasversali.

Ovviamente tra la simulazione dello stato di fatto e quella dello stato di progetto sono modificate le caratteristiche (geometriche delle sezioni trasversali oggetto di intervento).

4.2.3 Coefficienti di scabrezza

I coefficienti di scabrezza di Manning sono stati scelti a seguito di accurate ricognizioni dei luoghi e quantificati in base alla metodologia di calcolo riportata all'interno della Direttiva (§4.8.4).

Si sono individuate diverse tipologie d'alveo.

Alle sezioni d'alveo in cls (canalette e tubazioni) è stato assegnato un coefficiente di scabrezza secondo Manning pari a 0.015.

Alle sezioni d'alveo naturali è stato assunto il seguente coefficiente di scabrezza:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m_5 = 0.025$$

Materiale costituente l'alveo	Terra	n0= 0.020
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile	n1= 0.000
Variazione della forma e della dimensione della sezione	Graduale	n2= 0.000
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	n3= 0.000
Effetto della vegetazione	Basso	n4= 0.005
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	m5= 1.000



Figura 4:2 Fotografia rappresentativa dell'alveo

Per quanto riguarda le aree del pioppeto, sede del moto secondario ex alveo, si è fatto riferimento a quanto riportato alla Tabella 2 paragrafo 4.8 della Direttiva e si è assegnata una scabrezza secondo Manning pari a 0.050.



Figura 4:3 Fotografia rappresentativa delle condizioni ex alveo

4.2.4 Condizioni al contorno

4.2.4.1 Portate

In merito alle portate di calcolo, si è fatto riferimento direttamente ai risultati dell'analisi idrologica; in Tabella 4.1 sono riportate le portate di calcolo utilizzate nelle simulazioni svolte.

I valori riportati in Tabella 4.1 sono quelli teorici da calcolo idrologico, in realtà partendo dai valori teorici riportati in tabella si è operato, tratto per tratto, in maniera iterativa così da determinare in alveo quali sono le portate massime effettivamente transittanti (con il limite massimo pari ai valori indicati in tabella).

Per la definizione esplicita, caso per caso, delle portate considerate nella modellazione si rimanda al successivo §4.3.

Sezione trasversale	Tr=10 anni	Tr=20 anni	Tr=50 anni	Tr=100 anni
380.226	0.828 m ³ /s	0.828 m ³ /s	0.828 m ³ /s	0.828 m ³ /s
335.668	1.128 m ³ /s	1.128 m ³ /s	1.128 m ³ /s	1.128 m ³ /s

Tabella 4.1 Condizioni al contorno teoriche del modello idraulico, moto in alveo: portate

Come si è detto, le portate massime convogliate dal 2° Comizio sono invarianti rispetto al tempo di ritorno considerato, in quanto risultato delle limitazioni geometriche presenti lungo il percorso delle aste idriche: gli eventi di diverso tempo di ritorno si differenziano per la durata dell'idrogramma.

4.2.4.2 Geometria

Per quanto concerne le condizioni al contorno a monte e a valle del tratto modellato si sono imposte diverse condizioni al contorno a seconda del modello utilizzato.

Per quanto concerne il modello interpretativo dei moti in alveo si sono imposte le seguenti condizioni al contorno:

- a monte si è imposta la condizione di moto uniforme con pendenza pari a quella del fondo alveo, ovvero 0.61%;
- a valle si è imposta la condizione legata al transito della portata di 1'128 l/s attraverso la tubazione uscente dall'insediamento, ovvero 138.26 m s.l.m..

Per la determinazione della condizione al contorno di valle si è costruito un modello SWMM che interpreti le condizioni di deflusso attraverso il tubo DN 800 mm e nel primo tratto della canaletta posta a valle di esso, al di fuori dell'insediamento, secondo i parametri riportati alla Tabella 4.2, ricavando il tirante nel nodo iniziale (N01, imbocco del tubo) al transito di una portata pari a 1'128 l/s.

Nodo	Tipo nodo	Condizione Di valle	Quota di fondo [m s.l.m.]	Profondità [m]	X UTM [m]	Y UTM [m]
N01	NODE	-	137.51	1.00	613595.122	5035134.073
N02	NODE	-	136.88	1.68	613563.781	5035135.559
O03	OUTFALL	NORMAL	136.78	-	613475.762	5035153.163
Link	Tipo	Geometria [m]	Scabrezza (Manning)	Sviluppo [m]	Nodo di monte	Nodo di valle
L01	Circolare	0.80	0.015	33.37	N01	N02
L02	Rett. Aperta	0.80x0.70	0.015	89.76	N02	O03

Tabella 4.2 Parametri del modello SWMM interpretativo della condizione di valle del modello dei deflussi in alveo del 2° Comizio

Per quanto concerne il modello interpretativo dei moti ex alveo nel tratto a monte del tubo CLS 1'200 mm si sono imposte le seguenti condizioni al contorno:

- a monte si è imposta la condizione di moto uniforme con pendenza pari a quella del fondo alveo, ovvero 0.61%;
- a valle si è imposta la quota di sponda del canale in corrispondenza dell'imbocco del tubo CLS DN 1'200 mm, vale a dire 140.79 m s.l.m.: poiché in tale sezione l'acqua defluente ex alveo deve obbligatoriamente rientrare nella sezione e che il tubo non viene imboccato in carico, il tirante idrico dovrà avere un valore prossimo a quello della quota di sponda.

Per quanto concerne il modello interpretativo dei moti ex alveo nel tratto a valle del tubo CLS 1'200 mm si sono imposte le seguenti condizioni al contorno:

- a monte si è imposta la condizione di moto uniforme con pendenza pari a quella del fondo alveo, ovvero 0.61% (tale condizione è di fatto ininfluyente);
- a valle si è imposta la condizione legata al transito della portata di 1'128 l/s attraverso la tubazione uscente dall'insediamento, ovvero 138.26 m s.l.m..

4.3 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA

4.3.1 Risultati della modellazione idraulica dello stato di fatto

Il modello dello stato di fatto evidenzia quanto segue.

Per quanto riguarda il tratto di alveo a monte dell'attraversamento DN 1'200 mm, il punto più penalizzante per quanto concerne la capacità di convogliamento è costituito dalla sezione iniziale (380.226), in cui la portata massima convogliabile risulta essere pari a 0.500 m³/s: ne consegue che, degli 0.984 m³/s provenienti dal 2° Comizio, 0.484 m³/s vengono convogliati al deflusso secondario in superficie.

L'immissione di 0.144 m³/s dalla fognatura che convoglia gli apporti del 3° e 4° Comizio non ingenera ulteriori fuoriuscite d'acqua dall'alveo che per tutto il tratto residuo a monte dell'attraversamento è in grado di convogliare la portata di 0.644 m³/s, mentre il deflusso secondario in superficie per tale tratto convoglia 0.484 m³/s.

All'altezza dell'attraversamento del rilevato con il tubo DN 1'200 mm si ha la reimmissione in alveo delle portate precedentemente fuoriuscite: il tratto intubato compreso tra le sezioni 303.429 e 282.625 convoglia (come ovvio, dato che non ci sono percorsi alternativi) l'intera portata di 1.128 m³/s.

In uscita dal tratto tombato, la sezione più penalizzante in termini di capacità di convogliamento è la sezione 262.625, con una capacità pari a 0.300 m³/s: le portate eccedenti tale capacità (0.828 m³/s) vengono convogliate al percorso secondario di superficie fino alla sezione di imbocco del tubo di uscita dal sistema (sezione 2.000).

Sezione	Descrizione	Modello ex alveo	Portata in alveo [m ³ /s]	Portata ex alveo [m ³ /s]
380.226	Sbocco tratto intubato iniziale	Monte	0.500	0.484
335.678	Immissione fognatura (0.144 m ³ /s)	Monte	0.644	0.484
303.429	Imbocco tubo DN 1'200 mm	Monte	1.128	0.000
262.625	Sbocco tubo DN 1'200 mm	Valle	0.300	0.828
2.000	Termine modello	Valle	1.128	0.000

Tabella 4.3 Condizioni al contorno effettive del modello idraulico dello stato di fatto: portate

I tiranti ex alveo sono compresi tra 0.20 e 0.56 m (sono massimi nel tratto terminale prima dell'imbocco del tubo che esce dallo stabilimento, per effetto del vincolo al tirante idrico indotto da quest'ultimo) e le velocità sono praticamente sempre inferiori a 0.50 m/s (fanno eccezione le sezioni 94.611 e 85.933 dove però i tiranti idrici sono rispettivamente pari a 0.14 m e 0.01 m).

4.3.2 Risultati della modellazione idraulica dello stato di progetto

Il modello dello stato di progetto prevede l'allargamento dell'ingresso carraio Ovest dello stabilimento dal lato Sud (rispetto al tracciato del 2° Comizio pertanto verso valle) e quindi il prolungamento del tratto intubato con sezione pari a CLS DN 1'200 mm).

Per quanto concerne il tratto a monte dell'attraversamento pertanto le condizioni di deflusso restano inalterate rispetto alla situazione attuale, si modificano le condizioni nel tratto di valle.

Il prolungamento del tratto intubato (che si prevede, a buon senso, sia realizzato rettificando le pendenze dell'alveo esistente verso valle così da dare una livelletta positiva) fa sì che la sezione più penalizzante in

termini di capacità di convogliamento non sia più la sezione 262.625, bensì la sezione 124.195: a monte di tale sezione le portate convogliate dal 2° Comizio transitano tutte in alveo.

A valle della sezione 124.195 e fino all'imbocco del tubo DN 800 mm uscente dallo stabilimento in alveo sono convogliati 0.350 m³/s, in superficie ruscellano 0.778 m³/s (Tabella 4.4).

Sezione	Descrizione	Modello ex alveo	Portata in alveo [m ³ /s]	Portata ex alveo [m ³ /s]
380.226	Sbocco tratto intubato iniziale	Monte	0.500	0.484
335.678	Immissione fognatura (0.144 m ³ /s)	Monte	0.644	0.484
303.429	Imbocco tubo DN 1'200 mm	Monte	1.128	0.000
262.625	Sbocco tubo DN 1'200 mm	Valle	1.128	0.000
124.195	Sezione più penalizzante	Valle	0.350	0.778
2.000	Termine modello	Valle	1.128	0.000

Tabella 4.4 Condizioni al contorno effettive del modello idraulico dello stato di progetto: portate

Anche in questo caso i tiranti ex alveo sono compresi tra 0.20 e 0.56 m (sono massimi nel tratto terminale prima dell'imbocco del tubo che esce dallo stabilimento, per effetto del vincolo al tirante idrico indotto da quest'ultimo) e le velocità sono praticamente sempre inferiori a 0.50 m/s (fanno eccezione le sezioni 94.611 e 85.933 dove però i tiranti idrici sono rispettivamente ancora pari a 0.14 m e 0.01 m).

Di fatto, pertanto, stanti le condizioni al contorno del transito della corrente attraverso lo stabilimento:

- portata in ingresso vincolata al massimo a 1'128 m³/s;
- capacità di scarico in uscita pari almeno a 1'128 m³/s;
- modalità di moto prossime allo stato permanente (portate costanti per tempi lunghi);

l'effetto di realizzazione delle opere di progetto (che comportano il prolungamento del tratto intubato DN 1'200 mm sotto l'accesso carraio Ovest) è semplicemente quello di trasferire in alveo una quota parte delle acque che nella situazione attuale sono convogliate nel percorso secondario in superficie.

Per quanto concerne l'interessamento degli interventi di progetto da parte dei deflussi di piena del 2° Comizio esso è sicuramente nullo, dal momento che tutte le opere di progetto saranno realizzate alla quota del piano di calpestio dello stabilimento, posta tra 2 e 4 metri al di sopra del piano campagna nelle aree del pioppeto ove corre il 2° Comizio.

4.4 CONCLUSIONI

Le modalità di deflusso del 2° Comizio all'interno dell'area dello stabilimento Feralpi sono fortemente condizionate dalle condizioni al contorno date dalla geometria:

- la presenza di vincoli geometrici sui condotti entranti in stabilimento che limitano le portate affluenti a 984 l/s (direttamente dal 2° Comizio) + 144 l/s (dal 3° e 4° Comizio attraverso la fognatura bianca) = 1'128 l/s al massimo;
- la presenza, tutto intorno al pioppeto ove corre il 2° Comizio, di aree geodeticamente più elevate, in ragione di 2-4 metri al di sopra dello stesso: le eventuali acque fuoriuscite dal 2° Comizio restano pertanto confinate all'interno del pioppeto;

- la presenza, in uscita, dell'unica possibilità di scarico (immaginando, a favore di sicurezza, che le bocche irrigue poste a monte siano chiuse) per le portate transitanti nel 2° Comizio data dalla tubazione DN 800 mm uscente dallo stabilimento che, a fronte di una portata pari a 1'128 l/s viene imboccata con un tirante fisso e univocamente definito (138.26 l/s);
- la presenza, lungo il tracciato del 2° Comizio entro lo stabilimento, del rilevato di accesso Ovest, che viene attraversato mediante un tratto intubato in CLS DN 1'200 mm il quale vincola le portate provenienti da monte comunque fuoriuscite a convogliarsi al suo interno non essendo presente un altro possibile percorso per le acque;
- un dislivello morfologico, nelle aree del pioppeto, diretto da Nord verso Sud e da Ovest verso Est (divergente dal 2° Comizio, pertanto) che tende ad incanalare le acque fuoriuscite dal 2° Comizio verso il lato opposto dell'area ribassata e da qui verso i vincoli geometrici obbligati per il transito (il tubo DN 1'200 mm attraversante il rilevato dell'accesso e il tubo DN 800 mm che esce dallo stabilimento).

Il moto del 2° Comizio entro lo stabilimento può pertanto essere approssimato con una modellazione monodimensionale duale, l'una che rappresenta il deflusso in alveo delle massime portate ivi convogliabili, l'altra che rappresenta il deflusso superficiale ex alveo delle portate fuoriuscite che si reimmettono nell'alveo medesimo attraverso i citati vincoli obbligati di passaggio.

La trattazione in moto permanente dei deflussi di piena nello specifico caso non rappresenta solo una semplificazione a favore di sicurezza ma, probabilmente, un'interpretazione reale dei deflussi di piena: i vincoli presenti a monte dello stabilimento limitano le portate in arrivo ma non il volume degli idrogrammi di piena per cui ci si attende che le portate massime stimate abbiano, per eventi statisticamente significativi, una certa permanenza temporale.

La capacità di convogliamento dell'alveo a monte dell'attraversamento CLS DN 1'200 mm è nell'ordine di 500 l/s (che diventano 644 l/s dopo l'immissione della fognatura bianca che porta le acque del 3° e 4° Comizio), ne consegue che il moto secondario in superficie coinvolge una portata pari a 484 l/s.

Tale modalità di deflusso rimarrà inalterata nella configurazione di progetto, poiché gli interventi concerneranno solo il tratto del 2° Comizio a valle dell'attraversamento.

Il tratto del 2° Comizio a valle dell'attraversamento in CLS DN 1'200 mm ha oggi una capacità di convogliamento fin dal primo tratto nell'ordine di 300 l/s, ne consegue che circa 828 l/s si immettono nel percorso secondario di superficie.

L'esecuzione delle opere di progetto avrà l'effetto di aumentare giocoforza la capacità di convogliamento dell'alveo che rimarrà per la quasi totalità del proprio sviluppo in grado di trasportare i 1'128 l/s provenienti da monte; solo nell'ultimo tratto la sua capacità si riduce a 350 l/s e si attiverà il coinvolgimento del moto secondario in superficie per circa 778 l/s.

L'effetto della realizzazione delle opere di progetto (che comportano il prolungamento del tratto intubato DN 1'200 mm sotto l'accesso carraio Ovest) è pertanto semplicemente quello di trasferire in alveo una quota parte delle acque che nella situazione attuale sono convogliate nel percorso secondario in superficie.

Con specifico riferimento ai punti della verifica di compatibilità di specifico interesse per l'analisi idraulica si può pertanto affermare quanto segue:

- Relativamente all'effetto E.1 (Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena) l'esecuzione delle opere di progetto comporta il trasferimento di una parte delle portate oggi transitanti ex alveo all'interno dell'alveo stesso: poiché i tiranti idrici e le velocità ex alveo sono sostanzialmente molto limitati si può affermare che le modifiche apportate all'inviluppo di piena sono limitate e comunque in senso migliorativo;

- Relativamente all'effetto E.2 (riduzione della capacità di invaso dell'alveo) nuovamente si pone in evidenza come il moto all'interno dello stabilimento sia approssimabile ad un moto di tipo permanente: l'effetto degli interventi è semplicemente quello di rendere più performante il percorso attraverso l'alveo rispetto a quello ex alveo.

L'effetto delle opere di progetto verso valle è nullo, non vi è riduzione della capacità di invaso in termini di capacità di laminazione delle piene: le portate entranti nello stabilimento sono 1'128 l/s per un lasso di tempo esteso, le portate convogliate in uscita dallo stabilimento, indipendentemente dal percorso che esse seguono per giungere alla sezione di uscita è ancora pari a 1'128 l/s;

- Relativamente all'effetto E.7 (Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena), il piano di calpestio dello stabilimento (ed a maggior ragione quello delle nuove infrastrutture conseguenti al P.A. "Feralpi 1" che verranno realizzate complanari) si colloca tra 2 e 3 metri al di sopra delle sponde del 2° Comizio, che corre all'interno di un'area a verde (un pioppeto) perimetrato su tutti i lati da vincoli morfologici rilevanti (aree geodeticamente più alte): l'intervento non può essere in alcun modo essere interessato dai deflussi del 2° Comizio.

Gennaio 2020

Ing. Giuseppe Negrinelli

Ing. Antonio Di Pasquale

COMUNE DI LONATO DEL GARDA - PROVINCIA DI BRESCIA
PIANO ATTUATIVO IN VARIANTE "FERALPI 1"
STUDIO DI COMPATIBILITÀ DELLE NUOVE OPERE
CON IL VINCOLO DI PERICOLOSITÀ LEGATO AL RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA (RSP)
(ALLEGATO A PUNTO 3.3.3 TERZO CAPOVERSO D.G.R. 19.06.2017 N. X/6738)

APPENDICE
OUTPUT DETTAGLIATO DELLE SIMULAZIONI

Il risultato del calcolo idraulico sono riportati nel seguito in forma tabellare ed in forma grafica per la simulazione del moto nelle condizioni attuali e per la simulazione del moto nelle condizioni di progetto.

Le simulazioni svolte sono, su ciascun modello idraulico, 4:

- portata massima convogliabile dalla sezione d'alveo nel suo complesso (ovvero vincolata dal tombotto in ingresso) *diversa per lo stato di fatto e per lo stato di progetto*;
- portata ventennale;
- portata cinquantennale;
- portata centennale.

All'interno di ciascuna tabella, per ciascuna delle sezioni del rilievo, sono riportati:

1. la sezione trasversale di riferimento;
2. la portata totale transitante all'interno della sezione;
3. la quota di fondo;
4. la quota di sponda sinistra;
5. la quota di sponda destra;
6. il tirante idrico;
7. l'altezza critica;
8. il livello energetico;
9. la pendenza della linea dell'energia;
10. la velocità di moto nella sezione d'alveo;
11. l'area bagnata nella sezione d'alveo;
12. la larghezza bagnata;
13. il numero di Froude.

I dati salienti della modellazione idraulica relativa all'evento centennale sono riportati in forma grafica estesa all'interno delle tavole 6 (stato di fatto), 7 (stato di progetto), 8 (geometria dello stato di fatto e dello stato di progetto).

SIMULAZIONI DELLO STATO DI FATTO

Simulazione moto in alveo: portate massime

Sezione	Portata totale	Quota di fondo	Quota sponda sinistra	Quota sponda destra	Tirante idrico	Altezza critica	Quota energia	Pendenza energia	Velocità Canale	Area bagnata Canale	Largh. bagnata	Numero di Froude
	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m²]	[m]	[]
380.226	0.50	140.34	141.34	141.34	140.92	140.68	140.98	0.004942	1.08	0.46	0.80	0.45
379.226	0.50	140.34	141.09	141.08	140.95	140.64	140.96	0.000825	0.56	0.90	2.25	0.28
359.226	0.50	140.29	140.95	140.95	140.94	140.57	140.95	0.000413	0.42	1.20	2.87	0.21
335.678	0.64	140.23	141.03	141.03	140.67	140.67	140.89	0.023814	2.08	0.31	0.70	1.00
325.678	0.64	140.09	140.79	140.79	140.38	140.45	140.63	0.028535	2.22	0.29	1.32	1.51
303.429	1.13	139.67	140.79	140.79	140.44	140.09	140.48	0.001859	0.95	1.18	1.88	0.38
300	Culvert											
282.625	1.13	139.54	140.34	140.04	140.10	139.96	140.19	0.005278	1.38	0.82	1.70	0.63
262.625	0.30	139.59	140.09	140.09	140.09	139.82	140.11	0.000805	0.49	0.61	1.70	0.26
241.022	0.30	139.65	140.45	140.45	139.94	139.92	140.05	0.016607	1.50	0.20	0.70	0.90
190.736	0.30	139.00	139.75	139.75	139.22	139.22	139.31	0.012903	1.32	0.23	1.27	1.00
134.710	0.30	138.64	139.39	139.39	139.15	138.87	139.16	0.000639	0.45	0.67	1.87	0.24
124.195	0.30	138.55	139.30	139.30	139.15	138.77	139.15	0.000322	0.35	0.86	2.08	0.17
117.330	0.30	138.49	139.19	139.49	139.15	138.66	139.15	0.000193	0.29	1.05	1.78	0.12
110	Culvert											
109.830	0.30	138.41	139.11	139.41	139.08	138.58	139.08	0.000186	0.28	1.06	1.78	0.12
106.630	0.30	138.53	139.16	139.16	139.04	138.79	139.08	0.003597	0.84	0.36	0.70	0.38
94.611	0.30	138.62	139.32	139.32	138.86	138.86	138.98	0.018305	1.54	0.20	0.80	0.99
85.933	0.30	138.43	139.08	139.08	138.59	138.64	138.76	0.036593	1.84	0.16	1.28	1.65
51.375	0.30	137.74	138.44	138.44	138.34	137.98	138.36	0.000593	0.63	0.48	0.80	0.26
27.316	0.30	137.81	138.51	138.51	138.31	138.05	138.34	0.000932	0.75	0.40	0.80	0.34
20	Culvert											
19.316	0.30	137.76	138.46	138.46	138.26	138.00	138.29	0.000940	0.75	0.40	0.80	0.34
14.316	0.30	137.69	138.39	138.39	138.26	137.93	138.28	0.000670	0.66	0.46	0.80	0.28
2.000	0.30	137.51	138.21	138.21	138.26	137.75	138.27	0.000481	0.50	0.60	0.80	0.18

Tabella A.1 Output di dettaglio: simulazione moto in alveo stato di fatto, portata massima.

Simulazione moto ex alveo a monte del tratto intubato DN 1'200 mm: portate massime fuoriuscite

Sezione	Portata totale	Quota di fondo	Quota sponda sinistra	Quota sponda destra	Tirante idrico	Altezza critica	Quota energia	Pendenza energia	Velocità Canale	Area bagnata Canale	Largh. bagnata	Numero di Froude
	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m²]	[m]	[]
380.226	0.48	140.70	142.50	142.70	140.85	140.81	140.86	0.016135	0.45	1.08	14.51	0.52
379.226	0.48	140.70	142.50	142.70	140.84		140.85	0.007340	0.29	1.65	23.07	0.35
359.226	0.48	140.40	142.50	142.40	140.84		140.84	0.000037	0.04	10.98	49.55	0.03
335.678	0.48	140.70	142.50	142.70	140.84		140.84	0.006869	0.28	1.76	25.85	0.34
325.678	0.48	140.70	142.50	142.70	140.82		140.82	0.000944	0.11	4.58	64.06	0.13
303.429	0.48	140.70	142.50	142.70	140.79	140.75	140.79	0.001467	0.19	2.50	55.64	0.29

Tabella A.2 Output di dettaglio: simulazione moto ex alveo a monte dell'intubamento, stato di fatto, portata massima.

Simulazione moto ex alveo a valle del tratto intubato DN 1'200 mm: portate massime fuoriuscite

Sezione	Portata totale	Quota di fondo	Quota sponda sinistra	Quota sponda destra	Tirante idrico	Altezza critica	Quota energia	Pendenza energia	Velocità Canale	Area bagnata Canale	Largh. bagnata	Numero di Froude
	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m²]	[m]	[]
282.625	0.83	140.04	142.50	142.62	140.18	140.10	140.18	0.001107	0.14	6.09	65.86	0.14
262.625	0.83	140.04	142.50	142.53	140.16		140.16	0.001190	0.14	6.00	66.98	0.15
241.022	0.83	139.89	142.50	142.38	140.11	140.02	140.11	0.004052	0.29	2.85	26.00	0.28
190.736	0.83	139.60	142.50	142.09	139.70		139.71	0.023313	0.41	2.03	41.38	0.59
134.710	0.83	139.36	142.50	141.85	139.46		139.46	0.001767	0.16	5.16	61.79	0.18
124.195	0.83	139.30	142.50	141.81	139.45		139.45	0.000250	0.09	9.34	62.81	0.07
117.330	0.83	139.28	142.50	141.74	139.45		139.45	0.004144	0.25	3.37	40.29	0.27
109.830	0.83	139.25	142.50	141.75	139.35	139.35	139.37	0.066967	0.68	1.22	25.49	1.00
106.630	0.83	139.16	142.50	141.74	139.27	139.21	139.27	0.002399	0.18	4.60	58.52	0.20
94.611	0.83	139.08	142.50	141.58	139.22	139.22	139.25	0.000618	0.83	1.00	14.68	1.01
85.933	0.83	139.08	142.50	141.58	139.09	139.11	139.22	2.624061	1.59	0.52	47.87	4.87
51.375	0.83	138.44	142.50	141.47	138.95	138.54	138.95	0.000005	0.07	11.80	37.16	0.04
27.316	0.83	138.51	142.50	141.41	138.95		138.95	0.000100	0.09	9.40	31.94	0.05
19.316	0.83	138.46	142.50	141.41	138.95		138.95	0.000054	0.07	11.15	30.98	0.04
14.316	0.83	138.39	142.50	141.39	138.95		138.95	0.000033	0.06	12.90	30.45	0.03
2.000	0.83	138.21	138.21	138.21	138.69	138.69	138.93	0.008042	2.16	0.38	0.80	1.00

Tabella A.3 Output di dettaglio: simulazione moto ex alveo a monte dell'intubamento, stato di fatto, portata massima.

SIMULAZIONI DELLO STATO DI PROGETTO

Simulazione moto in alveo: portate massime

Sezione	Portata totale	Quota di fondo	Quota sponda sinistra	Quota sponda destra	Tirante idrico	Altezza critica	Quota energia	Pendenza energia	Velocità Canale	Area bagnata Canale	Largh. bagnata	Numero di Froude
	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m²]	[m]	[]
380.226	0.50	140.34	141.34	141.34	140.92	140.68	140.98	0.004942	1.08	0.46	0.80	0.45
379.226	0.50	140.34	141.09	141.08	140.95	140.64	140.96	0.000825	0.56	0.90	2.25	0.28
359.226	0.50	140.29	140.95	140.95	140.94	140.57	140.95	0.000413	0.42	1.20	2.87	0.21
335.678	0.64	140.23	141.03	141.03	140.67	140.67	140.89	0.023814	2.08	0.31	0.70	1.00
325.678	0.64	140.09	140.79	140.79	140.38	140.45	140.63	0.028532	2.22	0.29	1.32	1.51
303.429	1.13	139.67	140.79	140.79	140.44	140.09	140.48	0.001859	0.95	1.18	1.88	0.38
300	Culvert											
282.625	1.13	139.09	140.34	140.04	140.19	139.52	140.21	0.000833	0.69	1.63	1.70	0.23
270	Culvert											
262.625	1.13	139.07	140.09	140.09	140.14	139.63	140.17	0.001465	0.87	1.30	1.70	0.32
241.022	1.13	139.05	140.45	140.45	139.91	139.69	140.09	0.014110	1.88	0.60	0.70	0.65
190.736	1.13	139.00	139.75	139.75	139.60	139.47	139.69	0.004606	1.31	0.86	2.07	0.65
134.710	1.13	138.64	139.39	139.39	139.12	139.12	139.29	0.011282	1.83	0.62	1.81	1.00
124.195	0.35	138.55	139.30	139.30	139.21	138.79	139.21	0.000305	0.35	0.99	2.20	0.17
117.330	0.35	138.49	139.19	139.49	139.21	138.67	139.21	0.000203	0.30	1.15	1.80	0.12
110	Culvert											
109.830	0.35	138.41	139.11	139.41	139.12	138.59	139.13	0.000204	0.31	1.15	1.80	0.12
106.630	0.35	138.53	139.16	139.16	139.08	138.82	139.12	0.003992	0.90	0.39	0.70	0.39
94.611	0.35	138.62	139.32	139.32	138.89	138.89	139.02	0.019402	1.64	0.21	0.80	1.02
85.933	0.35	138.43	139.08	139.08	138.60	138.66	138.79	0.036753	1.94	0.18	1.32	1.67
51.375	0.35	137.74	138.44	138.44	138.37	138.01	138.39	0.000719	0.70	0.50	0.80	0.28
27.316	0.35	137.81	138.51	138.51	138.33	138.08	138.37	0.001138	0.84	0.42	0.80	0.37
20	Culvert											
19.316	0.35	137.76	138.46	138.46	138.26	138.03	138.30	0.001281	0.88	0.40	0.80	0.40
14.316	0.35	137.69	138.39	138.39	138.26	137.96	138.29	0.000911	0.77	0.46	0.80	0.32
2.000	0.35	137.51	138.21	138.21	138.26	137.78	138.28	0.000654	0.58	0.60	0.80	0.22

Tabella A.4 Output di dettaglio: simulazione moto in alveo stato di progetto, portata massima.

Simulazione moto ex alveo a monte del tratto intubato DN 1'200 mm: portate massime fuoriuscite

Sezione	Portata totale	Quota di fondo	Quota sponda sinistra	Quota sponda destra	Tirante idrico	Altezza critica	Quota energia	Pendenza energia	Velocità Canale	Area bagnata Canale	Largh. bagnata	Numero di Froude
	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m²]	[m]	[]
380.226	0.48	140.70	142.50	142.70	140.85	140.81	140.86	0.016135	0.45	1.08	14.51	0.52
379.226	0.48	140.70	142.50	142.70	140.84		140.85	0.007340	0.29	1.65	23.07	0.35
359.226	0.48	140.40	142.50	142.40	140.84		140.84	0.000037	0.04	10.98	49.55	0.03
335.678	0.48	140.70	142.50	142.70	140.84		140.84	0.006869	0.28	1.76	25.85	0.34
325.678	0.48	140.70	142.50	142.70	140.82		140.82	0.000944	0.11	4.58	64.06	0.13
303.429	0.48	140.70	142.50	142.70	140.79	140.75	140.79	0.001467	0.19	2.50	55.64	0.29

Tabella A.5 Output di dettaglio: simulazione moto ex alveo a monte dell'intubamento, stato di progetto, portata massima.

Simulazione moto ex alveo a valle del tratto intubato DN 1'200 mm: portate massime fuoriuscite

Sezione	Portata totale	Quota di fondo	Quota sponda sinistra	Quota sponda destra	Tirante idrico	Altezza critica	Quota energia	Pendenza energia	Velocità Canale	Area bagnata Canale	Largh. bagnata	Numero di Froude
	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[m²]	[m]	[]
282.625	0.00	140.04	142.50	142.62	140.05	140.05	140.05	0.000000	0.00	0.02	5.02	0.00
262.625	0.00	140.04	142.50	142.53	140.05	140.05	140.05	0.000000	0.00	0.03	8.95	0.00
241.022	0.00	139.89	142.50	142.38	139.90	139.90	139.90	0.000000	0.00	0.00	0.83	0.00
190.736	0.00	139.60	142.50	142.09	139.61	139.61	139.61	0.000000	0.00	0.01	2.93	0.00
134.710	0.00	139.36	142.50	141.85	139.45	139.37	139.45	0.000000	0.00	4.46	61.73	0.00
124.195	0.00	139.30	142.50	141.81	139.45		139.45	0.000000	0.00	8.94	62.77	0.00
117.330	0.77	139.28	142.50	141.74	139.44		139.45	0.003948	0.24	3.24	39.52	0.26
109.830	0.77	139.25	142.50	141.75	139.34	139.34	139.37	0.067600	0.67	1.15	24.74	0.99
106.630	0.77	139.16	142.50	141.74	139.26	139.21	139.26	0.002587	0.18	4.30	58.48	0.21
94.611	0.77	139.08	142.50	141.58	139.21	139.21	139.25	0.000601	0.80	0.95	14.35	1.00
85.933	0.77	139.08	142.50	141.58	139.09	139.11	139.22	2.789908	1.57	0.49	47.87	4.97
51.375	0.77	138.44	142.50	141.47	138.92	138.53	138.92	0.000006	0.07	10.48	36.82	0.04
27.316	0.77	138.51	142.50	141.41	138.92		138.92	0.000131	0.09	8.26	31.75	0.06
19.316	0.77	138.46	142.50	141.41	138.92		138.92	0.000066	0.08	10.04	30.80	0.04
14.316	0.77	138.39	142.50	141.39	138.92		138.92	0.000037	0.07	11.81	30.27	0.03
2.000	0.77	138.21	138.21	138.21	138.66	138.66	138.89	0.007905	2.11	0.36	0.80	1.00

Tabella A.6 Output di dettaglio: simulazione moto ex alveo a monte dell'intubamento, stato di fatto, portata massima.