

Revisione	Data	Oggetto revisione	Redatto	Redatto	Verificato	Approvato

COMUNE DI GENOVA



COORDINAMENTO DELLE RISORSE TECNICO OPERATIVE
(COORDINATORE ARCH. ROBERTO TEDESCHI)

Direttore Generale Area Arch. Laura PETACCHI

DIREZIONE INFRASTRUTTURE E DIFESA DEL SUOLO

Direttore Ing. Stefano PINASCO

Committente

SETTORE ATTUAZIONE OPERE IDRAULICHE

Progetto

CAPO PROGETTO

...

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Stefano PINASCO

Progetto Architettonico

Ing. Luca De Falco
Ing. Tito Sciacaluga

Computi metrici e Capitolati

Ing. Luca De Falco
Ing. Tito Sciacaluga

Progetto Strutturale

Ing. Luca De Falco
Ing. Tito Sciacaluga

Rilievi

Rilievi forniti dal Comune di Genova

Progetto Idraulico

Ing. Luca De Falco

Coordinatore per la Sicurezza
(in fase di Progettazione)

Ing. Tito Sciacaluga

Studi Geologici

Studio di Geologia Balbi & Muzio

Progetto e Computi Impianti

...

Relazione Paesaggistica

...

Intervento/Opera

EX CASERMA GAVOGLIO: PROGETTO DELLA DEMOLIZIONE DELL'EDIFICIO "B" E DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DI UN TRATTO TOMBINATO DEL RIO LAGACCIO

Municipio

CENTRO EST

I

Quartiere

LAGACCIO

-

Serie tavole

...

A4

Oggetto della tavola

RELAZIONE IDRAULICA



N° prog. tav.

12

N° tot. tav.

-

Scala

Data

09/2018

Tavola N°

R-12

Livello Progettazione

DEFINITIVO

IDRAUL. / STRUTT. / DEMOLIZ.

Codice GULP

Codice PROGETTAZIONE

Codice OPERA

Codice ARCHIVIO

PREMESSA

La presente relazione è relativa alle attività di incarico professionale di "Progettazione definitiva demolizione edificio "B" e sistemazione idraulica (ex Caserma Gavoglio - Genova)"; trattasi di incarico pubblico commissionato dal comune di Genova.

La zona oggetto del presente progetto è sita in corrispondenza della Caserma Gavoglio; è noto che il bacino in oggetto ha presentato criticità idrauliche (furiuscita acqua dai tombini, etc), localizzate in alcune zone maggiormente critiche, sia in occasione degli eventi alluvionali principali avvenuti negli anni, sia nel caso di forti precipitazioni. Lo strumento di pianificazione vigente relativamente all'assetto idraulico è il "Piano di Bacino stralcio per la tutela del rischio idrogeologico Ambito 14", approvato con DCP 59 del 17/12/2003 e modificato con DGR 998 del 28/10/2016, nel quale il rio in questione non risulta "indagato" e è di conseguenza privo di aree inondabili (a meno di una porzione in fascia A* nelle zone attigue allo sfocio in mare).

Per quanto sopra esposto, si è ravveduta la necessità di "indagare idraulicamente" il rio in oggetto al fine di individuare le **zone più critiche**, le quali sono state localizzate in corrispondenza della **Caserma Gavoglio, nell'area al di sotto del capannone presente a valle dell'Istituto Idrografico**, nella parte finale dell'edificio dove sono presenti salti / ostruzioni. Dietro richiesta della Committenza si è provveduto a effettuare una seconda simulazione idraulica nel caso di esecuzione di primi interventi di adeguamento delle sezioni di tale tratto (sostanzialmente rimozione delle ostruzioni, dei salti di fondo e dei restringimenti), i cui risultati mostrano un notevole miglioramento della capacità di deflusso. Tutto quanto qui brevemente riassunto è stato oggetto di Relazione Idraulica completa (con contestuale revisione del rilievo esistente) e di Progettazione preliminare; data la prevista demolizione del capannone "B" (nell'ambito del progetto europeo Urban NATURE Labs finanziato dal programma europeo Horizon 2020 attraverso la call "SCC-2-2016-2017: Smart and Sustainable Cities"), si è progettato l'intervento strutturale di scavo e demolizione del tratto in oggetto (lunghezza: circa 40m), e successiva ricostruzione nello stesso sedime di nuova porzione di tombinatura di sezione idraulicamente "migliorativa".

STUDIO IDRAULICO

Il corso d'acqua indagato nel tratto in oggetto è un rio naturale che in piccola parte scorre a cielo aperto, e in gran parte tombinato; come la maggior parte dei rii della medesima entità il corso d'acqua in molte zone è normalmente asciutto a meno di eventi piovosi forti stagionali, e non considerando i costanti contributi degli scarichi antropici.

Al fine di adempiere alle prescrizioni di Normativa e all'incarico ricevuto si esegue lo studio idraulico del tratto tombinato del corso d'acqua; si specifica che di conseguenza è oggetto di verifica idraulica il tratto della tombinatura a partire dall'imbocco di monte (che precede l'area adibita a zona "Telecom"), proseguendo al di sotto della Caserma Gavoglio (comprensivo di una modellazione approssimata della confluenza con il rio cinque Santi), oltre questa fino alla ferrovia nell'area della Stazione Principe e alle zone dell'Autorità Portuale, per concludersi con lo sbocco a mare.

Lo studio idraulico è stato condotto secondo lo schema di "moto permanente monodimensionale" come prescritto dalla normativa dal Piano di Bacino; a questo scopo è stato utilizzato il noto software "Hec-Ras", sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center (Hec).

Tale modellazione necessita dei seguenti dati di input:

1. Rilievo topografico delle sezioni del corso d'acqua
2. Scabrezza delle sezioni del corso d'acqua
3. Portata idrica di deflusso
4. Condizioni al contorno

Di seguito si riportano alcune note relative alla procedura di modellazione, e alla lettura delle esportazioni riportate in allegato:

- Al fine di modellare correttamente la tombinatura viene utilizzato il metodo denominato "*tombinatura infinitamente alta*", onde evitare che il modello faccia defluire una quantità di acqua al di sopra della stessa e non la consideri. Nello specifico sono state alzate le quote di estradosso fino a "contenere" le 3 portate limite di calcolo ("Q – prex", "Q – no prex", "Q – foce"), mentre non è semplice individuare quote in grado di contenere ovunque quelle del PDB (50-200-500ennale), ma essendo in questi casi tutto il deflusso in pressione ne viene meno la necessità
- Per i motivi di cui sopra nelle sezioni lo spessore della tombinatura appare sproporzionato; inoltre le esportazioni della modellazione in quanto tali sono "grezze", fuori scala, e con scale diverse tra "x" e "y" al fine di essere impaginabili e leggibili; per maggiore dettaglio e precisione si rimanda agli elaborati di rilievo
- Le sezioni con l'asterisco indicano quelle interpolate automaticamente dal software
- Gli affluenti (a meno del Rio Cinque Santi) sono considerati in termini di contributo di portate ma non sono state modellate le relative confluenze, come da incarico ricevuto
- Per esigenze di calcolo i numeri delle sezioni idrauliche e di quelle indicate nel rilievo non corrispondono (essenzialmente in quanto il software richiede sezioni specifiche in zone singolari, e comunque sempre con numerazione crescente verso monte); di seguito si indica qualche riferimento "speditivo":
 - *sez idraulica 181: inizio tombinatura*
 - *sez idraulica 180: inizio piazzale zona "Telecom"*
 - *sez idraulica 155: immissione affluente Rio Guagnino*
 - *sez idraulica 149: fine piazzale zona "Telecom"*
 - *sez idraulica 136: inizio zona impianto sportivo*
 - *sez idraulica 123: immissione affluente Rio Banchette*
 - *sez idraulica tra 109 e 110: fine zona impianto sportivo*
 - *sez idrauliche tra 105 e 100: tratto e cielo aperto in corrispondenza del Ponte Don Acciai*
 - *sez idrauliche da 100 a 93: imbocco tombinatura e tratto a monte croce rossa (nb: in quest'area inizio area Caserma Gavoglio e immissione l'affluente Rio Granarolo)*
 - *sez idrauliche da 93 a 91: tratto sotto Croce Rossa*
 - *sez idrauliche da 91 a 86: tratto tra croce rossa e primo capannone in disuso*
 - *sez idrauliche da 86 a 84.5: tratto sotto primo capannone in disuso*
 - *sez idraulica 84.5: tratto tra primo capannone in disuso e Idrografico*
 - *sez idrauliche da 84.5 a 83: tratto sotto Idrografico (nb: in quest'area si immette l'affluente di sn "Rio Cinque Santi")*

- sez idrauliche da 83 a 78: tratto tra Idrografico e capannone a valle di questo
- sez idrauliche da 78 a 62: tratto sotto capannone a valle "Idrografico"
- sez idrauliche da 62 a 61: tratto tra capannone a valle "Idrografico" e ultimo capannone
- sez idrauliche da 61 a 60: tratto sotto ultimo "capannone" a valle
- sez idraulica 59: fine zona Caserma Gavoglio
- sez idrauliche da 18 a 16: "vasca" con cambio sezione tombinatura e partenza collettore acque di magra
- sez idraulica 0.6: sbocco a mare

Di seguito si analizzano in dettaglio i dati di input della modellazione, preceduti da una breve panoramica sul metodo di calcolo utilizzato.

Generalità sul modello utilizzato

Le verifiche idrauliche sono state effettuate mediante l'ausilio del software "**Hec-Ras**" specifico per il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali, che consente anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali, ecc.

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove $H_1[m]$ ed $H_2[m]$ sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, $h_f[m]$ sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde, mentre $h_e[m]$ è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto d'alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza $L[m]$.

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni, in funzione della pendenza motrice J in corrispondenza delle sezioni d'inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K} \right]^2$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove $A[m^2]$ l'area della sezione liquida, $R[m]$ il raggio idraulico e $n[m^{-1/3} s]$ è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il termine h_e dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e $V_2 [m/s]$ sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombinature (*culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.).

La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalco dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello consente la scelta fra diversi metodi di calcolo quali il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), il metodo dei momenti (*Momentum Balance*), la formula di Yarnell per correnti lente.

Il funzionamento in pressione è simulato mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita attraverso la luce di area $A[m^2]$, $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e C è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita sulla soglia di larghezza $L[m]$ e $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e C è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalco del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazze e defluenti al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

Rilievo topografico delle sezioni del corso d'acqua

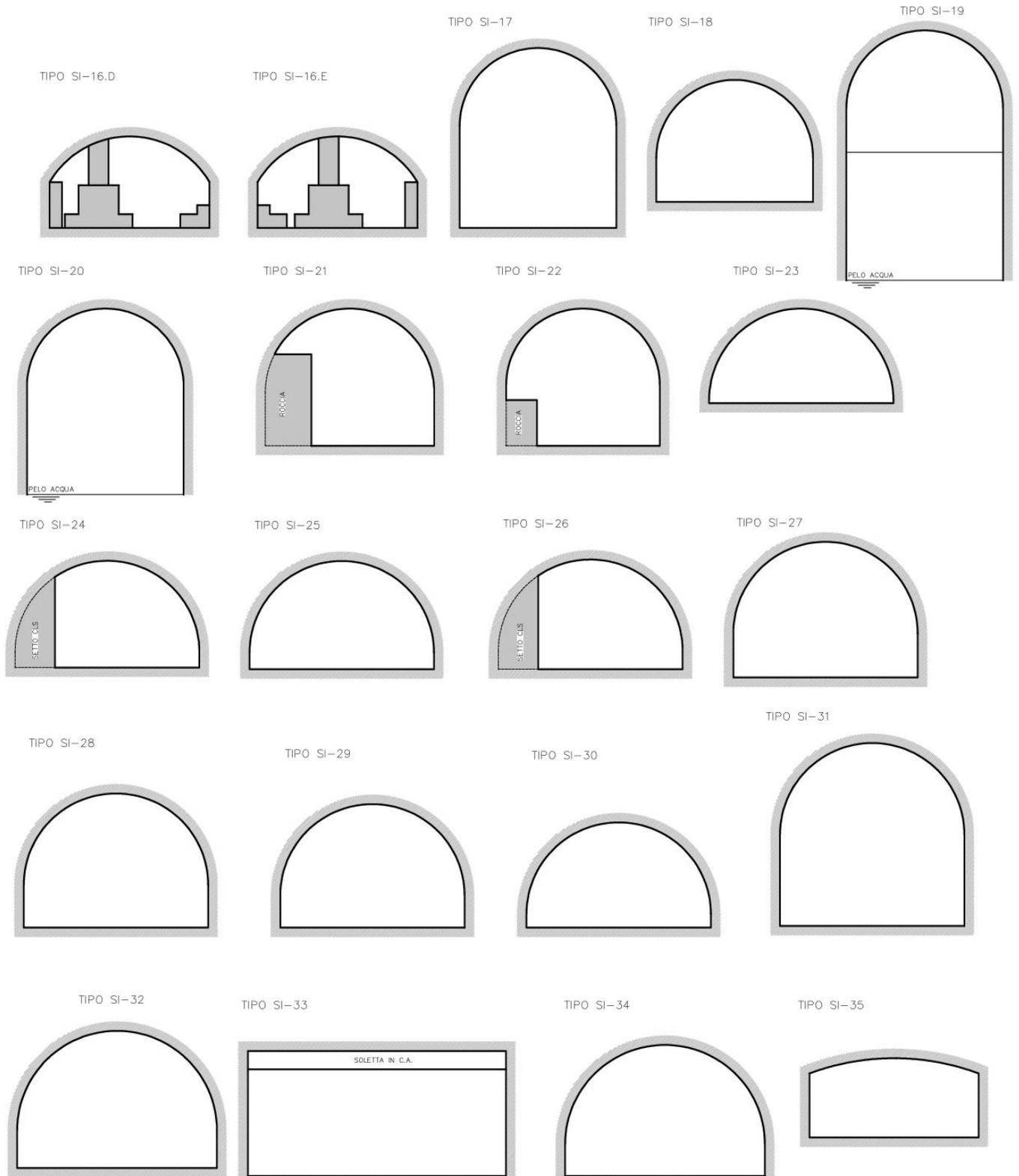
Lo studio idraulico è stato eseguito sulla base di sezioni, profili e planimetrie fornite dal Geom. Pietro Porrati, che collabora all'attività in oggetto insieme allo Scrivente tecnico, e che ha revisionato il rilievo esistente redatto dalla Società "Lotti" nell'anno 1980 (fornito ai tecnici dal comune di Genova), aggiornandolo e modificandolo compatibilmente alle reali possibilità di accesso e rilevamento dei tombini esistenti (si rimanda agli elaborati di rilievo per maggiori approfondimenti, anticipando in questa sede la notevole presenza di scarichi di acque nere, ambienti confinati, acclività degli ingressi, occlusione dei tombini e necessità di autorizzazioni, non sempre ottenute, dei soggetti proprietari / concessionari delle aree di accesso).

Le **sezioni** idrauliche sono state **numerate** con numerazione crescente da valle verso monte (esigenza imprescindibile della modellazione con tale software), e data la lunghezza dell'asta esaminata sono state considerate un numero notevole di sezioni (allo stato attuale circa 200 sezioni); inoltre si è ritenuto utile, in occasione di lunghi tratti a sezione costante e/o linearmente variabile, "infittire" mediante ulteriori sezioni interpolate automaticamente dal software a interassi inferiori, come è prassi eseguire in situazioni analoghe. In alcune aree in particolare i restringimenti / allargamenti delle sezioni e/o delle ostruzioni sono state ben rappresentate mediante interpolazioni a passo molto breve (1m ca.), che hanno comportato appesantimento dei files e tempi aggiuntivi di elaborazione del processore, fornendo però risultati maggiormente aderenti alla realtà. Le zone puntuali in cui sono presenti "bruschi" cambi di sezione (scatolari, salti di quota, tratti a cielo aperto, etc) sono stati modellati aggiungendo una sezione identificativa dell'ultimo tratto prima della variazione, di lunghezza pari a 10cm, sempre al fine di modellare il più fedelmente possibile trattandosi di situazioni molto diffuse nella tombinatura in questione.

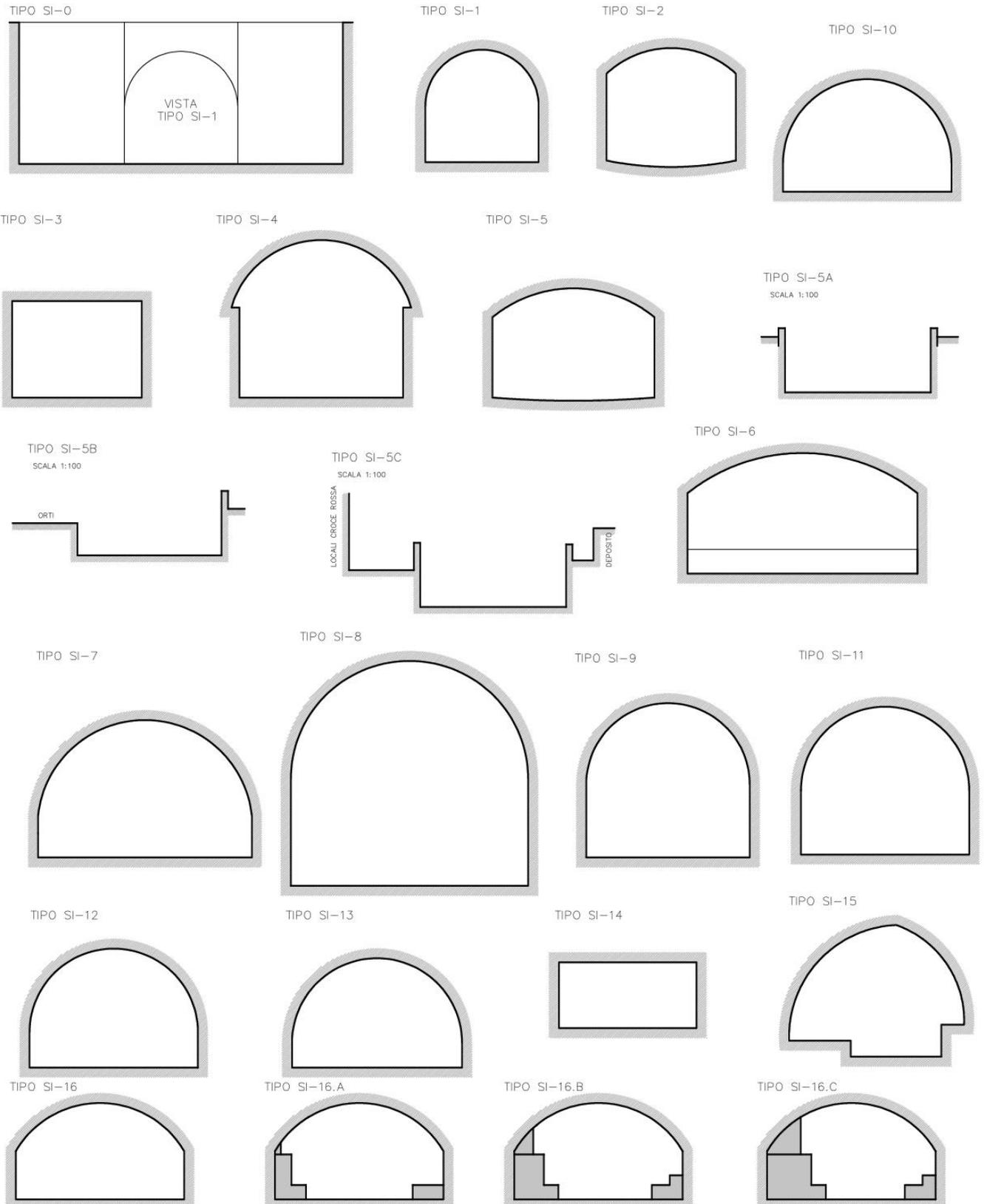
Si specifica per completezza che in alcuni tratti il percorso non presenta andamento rettilineo ma sono presenti **curve**, le quali non vengono modellate dal software utilizzato che invece considera un andamento unidimensionale. In prima battuta si è valutata la possibilità di utilizzare le formule indicate in letteratura per simulare tali situazioni, relativamente alla quantificazione del possibile sovrizzo in curva e/o all'inserimento di una perdita di carico concentrata. Si è in seguito abbandonata tale strada, accettando l'approssimazione del software, in quanto trattasi di moto in pressione in alveo tombinato, con raggi di curvatura minimi (che non rendono applicabili le approssimazioni delle teorie utilizzabili), con contestuali "salti" e cambi di pendenza, e in ogni caso già di per sé di sezione insufficiente rispetto al deflusso di progetto.

Si sottolinea inoltre che in alcune sezioni sono presenti **depositi di detriti**, i quali sono stati indicati per completezza nelle tavole di rilievo topografico, ma non considerati come ostruzioni permanenti in sede di calcolo, poichè è auspicabile la loro rimozione (il considerarli inoltre avrebbe aumentato le notevoli problematiche di deflusso già presenti).

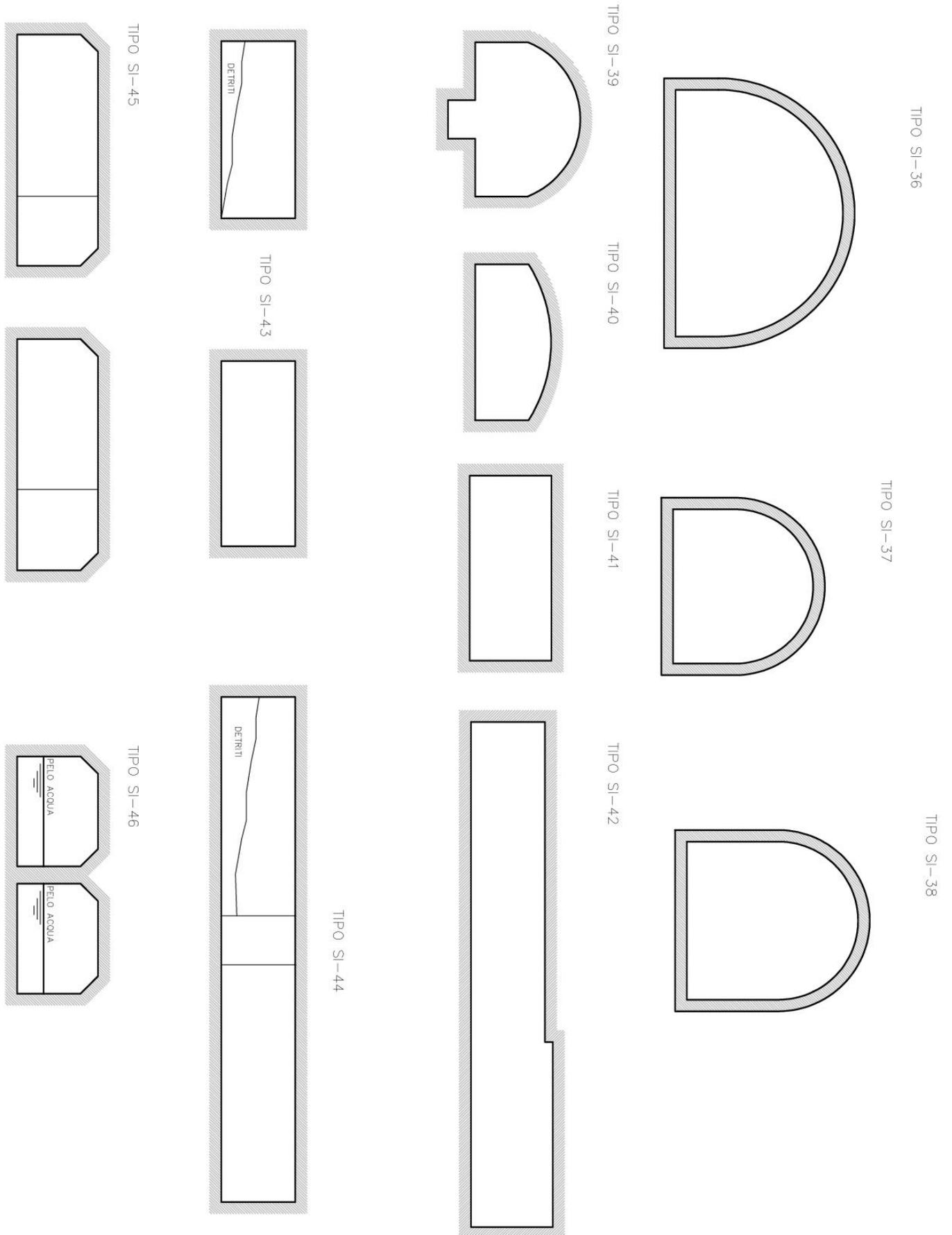
Di seguito si riportano le principali sezioni fornite quali aggiornamento del rilievo, le quali sono state poi "adattate" al software di calcolo in sede di studio idraulico (per maggior precisione si rimanda agli elaborati completi costituenti il rilievo topografico).



Sezioni tombino Rio Lagaccio fornite dal rilievo (parte 1 di 3: fuori scala)

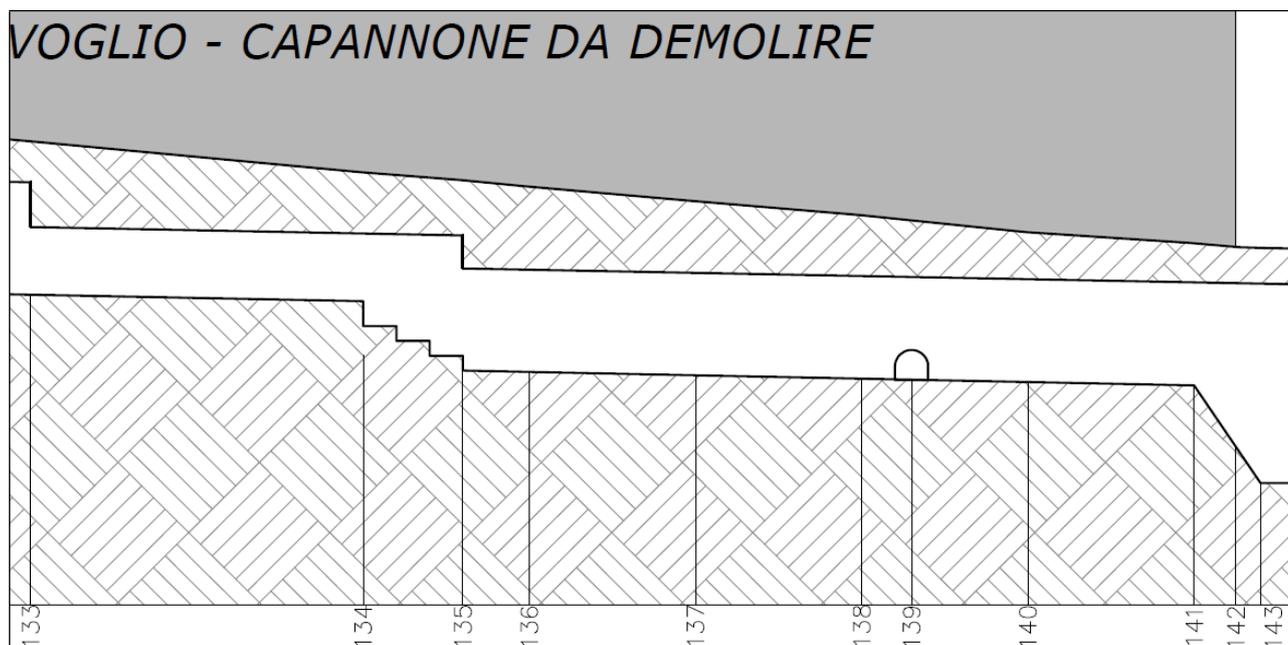


Sezioni tombino Rio Lagaccio fornite dal rilievo (parte 2 di 3: fuori scala)



Sezioni tombino Rio Lagaccio fornite dal rilievo (parte 3 di 3: fuori scala)

Di seguito si riporta stralcio del profilo del tratto oggetto di intervento allo stato attuale (sono evidenti i "salti" di fondo).



Profilo tratto di intervento tombino Rio Lagaccio stato attuale (fuori scala)

Scabrezza delle sezioni del corso d'acqua

La normativa di Piano di Bacino Allegato 3, in accordo con il Regolamento n.3 - 14/7/2011, pubblicato sul BURL N. 13 del 20/7, impone i coefficienti di scabrezza da utilizzare negli studi idraulici, come di seguito riportato:

Descrizione corso d'acqua	Coeff. di scabrezza di Gauckler-Strickler K_s ($m^{1/3} s^{-1}$)
Tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo	25-30
Corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	30-35
Tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato	35-40
Corsi d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti (tubi, cavi, ecc.) o discontinuità interferenti con le acque	40-45

Il tratto indagato è eterogeneo e in media assimilabile a "corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo", estrapolando dalla tabella si assegna un valore di scabrezza di Gauckler-Strickler $K_s = 30-35 m^{1/3} s^{-1}$, cui corrisponde un valore di

coefficiente di Manning (utilizzato nella modellazione con il software Hec – Ras) pari a $0.030 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$. La scabrezza così definita viene mantenuta costante nell'intero tratto oggetto di studio.

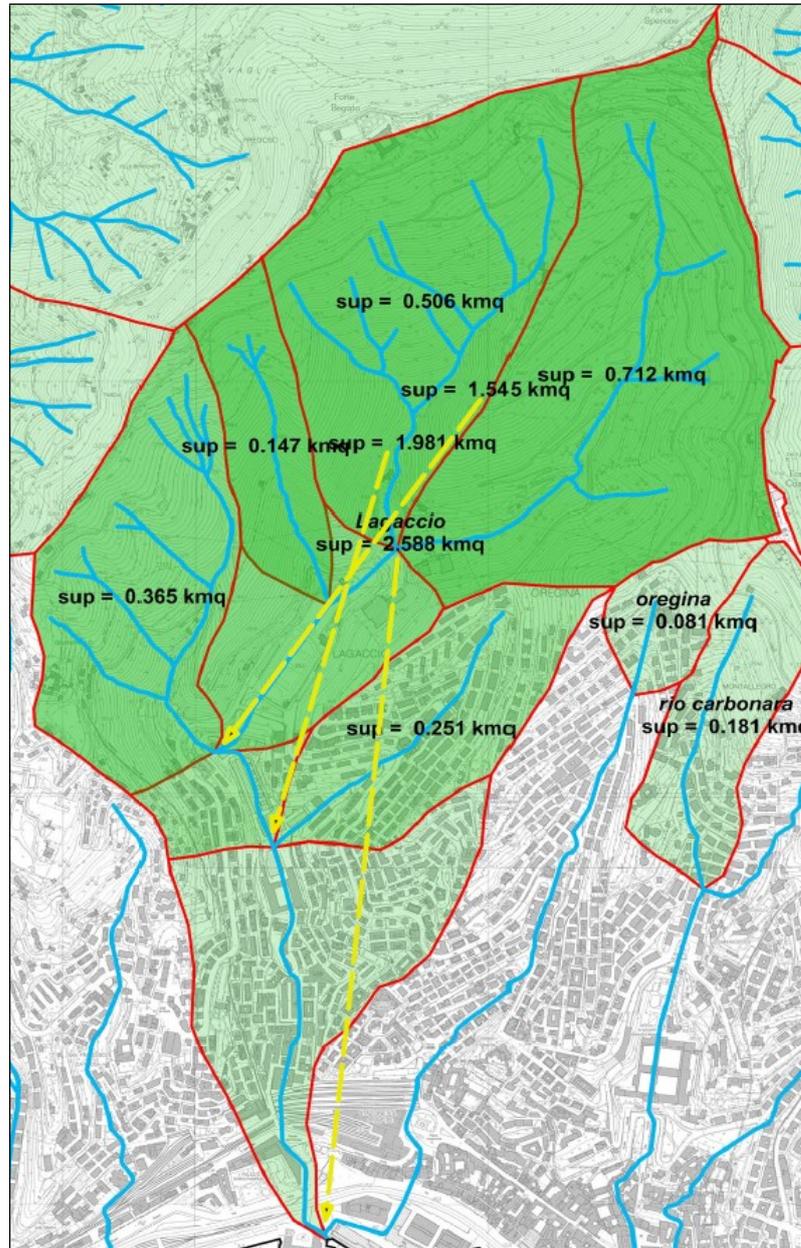
Portata idrica di deflusso

Per quanto riguarda la Portata idrica di deflusso del Rio Lagaccio, queste sono riportate nella Cartografia dei Sottobacini del Piano di bacino, di cui di seguito si riporta stralcio:

	Sezione di chiusura	Sottobacino	Superficie sottesa alla sez. di chiusura (Km ²)	Portate di piena al colmo (m ³ /s)		
				T= 50 anni	T=200 anni	T= 500 anni
CENTRO STORICO	CStoA	Torbido	1,17	44	55	63
	CStoB	Sant'Anna	0,72	35	44	51
	CStoC	Carbonara	1,1	54	68	77
	CStoD	Sant'Ugo	0,8	35	45	51
	CStoE	Lagaccio	2,36	82	103	118
	CStoF	San Teodoro	0,54	35	44	50
	CStoG	San Lazzaro	1,33	59	74	84
	CStoH	San Bartolomeo	0,49	22	27	31

Portate caratteristiche Rio Lagaccio fornite dal piano di bacino

Dovendo studiare l'intero tratto tombinato per la totalità della sua lunghezza si è ritenuto opportuno scomporre il bacino in sottobacini e a ciascuno di questi assegnare le relative portate specifiche, calcolate considerando la teoria del "contributo unitario costante"; di seguito si riportano tali considerazioni in planimetria e in tabella (*NB: sono presenti minime approssimazioni rispetto ai valori indicati nel PDB, conseguenti a approssimazioni grafiche e da considerarsi ininfluenti*):



Planimetria sottobacini e relative portate caratteristiche Rio Lagaccio (calcolate)

sez	kmq	Q50 [mc/s]	(c 50)	Q200 [mc/s]	(c 200)	Q500 [mc/s]	(c 500)	
chiusura (valle) (sez. idr 82)	2.36	82.00	34.75	103.00	43.64	118.00	50.00	<i>(NB: valori da PDB)</i>
a valle affluente Rio Cinque Santi (sez. idr 109)	1.98	68.80		86.42		99.00		
a monte affluente Rio Cinque Santi (sez idr 155)	1.55	53.86		67.65		77.50		

solo affluente Rio Cinque Santi <i>(sez idr 302)</i>	0.25	8.69		10.91		12.50		
imbocco (monte) <i>(sez idr 183)</i>	1.22	42.32		53.16		60.90		
<i>Q no prex</i>	<i>27 - 31</i>							
<i>Q prex</i>	<i>64 - 70</i>							
<i>Q foce</i>	<i>14</i>							

Sono riportate in tabella anche due ulteriori valori di portata, in adempimento alle prescrizioni riportate nell'incarico ricevuto:

- **Q no prex:** portata massima defluibile nel tombino non in pressione o al limite con fenomeni localizzati di incipiente pressione (quantificata, per tentativi, in 31 mc/s, ridotta per coerenza di calcolo a 27 mc/s a monte dell'affluenza del Rio Cinque Santi)
- *NB: tale valore è valido dall'imbocco della tominatura fino alla fine della zona sotto la Caserma Gavoglio (circa 1300 m)*
- **Q prex:** portata massima defluibile nel tombino in pressione (quantificata, per tentativi, in 70 mc/s, ridotta per coerenza di calcolo a 64 mc/s a monte dell'affluenza del Rio Cinque Santi)
- *NB: tale valore è valido dall'imbocco della tominatura fino alla fine della zona sotto la Caserma Gavoglio (circa 1300 m)*
- **Q foce:** portata massima defluibile nel tombino non in pressione (quantificata, per tentativi, in 14 mc/s)
- *NB: tale valore è valido dal termine del tratto sotto la Caserma Gavoglio allo sbocco a mare (oltre 800 m)*

Si sottolinea inoltre che, come da regole in materia di verifiche idrauliche, le singole portate sono state considerate costanti per i relativi tratti, considerando per ciascuna asta il valore pari a quello di valle e non di monte.

Condizioni al contorno

L'importanza di scegliere condizioni al contorno appropriate e "realistiche" è tanto maggiore quanto è minore l'estensione del tratto indagato, stante il rischio di effettuare una modellazione i cui effetti della condizione non vengano dissipati prima della zona di indagine. Nel caso in oggetto si è ritenuto opportuno impostare le seguenti condizioni principali:

- Condizione di monte: profondità moto uniforme conseguente a pendenza nota ottenuta mediante rilevamento della pendenza nell'ultimo tratto indagato *(si sottolinea che, trattandosi di elaborato in bozza e mancando la verifica della zona di imbocco, tale condizione è da considerarsi approssimativa)*
- Condizione di valle: profondità moto uniforme conseguente a pendenza nota ottenuta mediante rilevamento della pendenza nel primo tratto indagato *(si sottolinea che, trattandosi di elaborato in bozza e mancando l'intera zona di valle, tale condizione è da considerarsi approssimativa)*

Inoltre, essendo stata modellata la confluenza con il Rio Cinque Santi, la confluenza stessa diventa una ulteriore condizione al contorno interna, dividendo il rio Lagaccio in un tratto di monte e uno di valle.

Con riferimento alle condizioni principali imposte si è ritenuto, seppur nell'ambito di uno studio in versione di bozza, di non utilizzare, come spesso è prassi per velocizzare, la condizione di "profondità critica", in quanto non necessariamente realistica e i cui effetti in alcuni casi non sono correttamente dissipati.

Il modello inoltre permette la determinazione del profilo liquido secondo tre schemi di calcolo e precisamente:

- Corrente lenta (subcritical flow)
- Corrente veloce (supercritical flow)
- Corrente mista (mixed flow)

La modellazione è stata effettuata secondo il terzo schema in quanto a favore di sicurezza.

Franchi di sicurezza

Ai sensi del Regolamento Regionale n. 3 / 2011 art. 3 il corso d'acqua in oggetto avendo bacino sotteso maggiore di 1 kmq è classificato come corso d'acqua di primo livello; la medesima normativa all'Allegato 2 punto "a" riporta quanto segue in materia di "franchi di sicurezza":

(a) Per i tratti di corsi d'acqua del reticolo di primo e secondo livello, secondo l'articolazione dell'art. 3 del presente regolamento, i franchi non devono essere inferiori al valore maggiore tra:

- il carico cinetico della corrente determinabile come $U^2/2g$, dove U è la velocità media della corrente (m/s) e g è l'accelerazione di gravità (m/s^2) (valore particolarmente rilevante per correnti veloci) e

- i valori per di seguito indicati:

I	argini e difese spondali	cm. 50/100
II	ponti e strutture di attraversamento fino a estensioni longitudinali di m. 12	cm. 100/150
III	coperture o tombature (ove ammesse), ponti e strutture di attraversamento oltre m. 12	cm. 150/200

ove i due valori estremi corrispondono rispettivamente a bacini poco dissestati con previsione di modesto trasporto solido ed a bacini molto dissestati con previsione di forte trasporto solido in caso di piena, e/o a bacini di maggiore o minore estensione.

Per estensione longitudinale si intende l'estensione dell'opera misurata parallelamente alla direzione della corrente. Per opere non ortogonali alla direzione della corrente si valuta come estensione la distanza, sempre misurata in senso parallelo alla corrente, tra il lembo più a monte e quello più a valle dell'opera stessa.

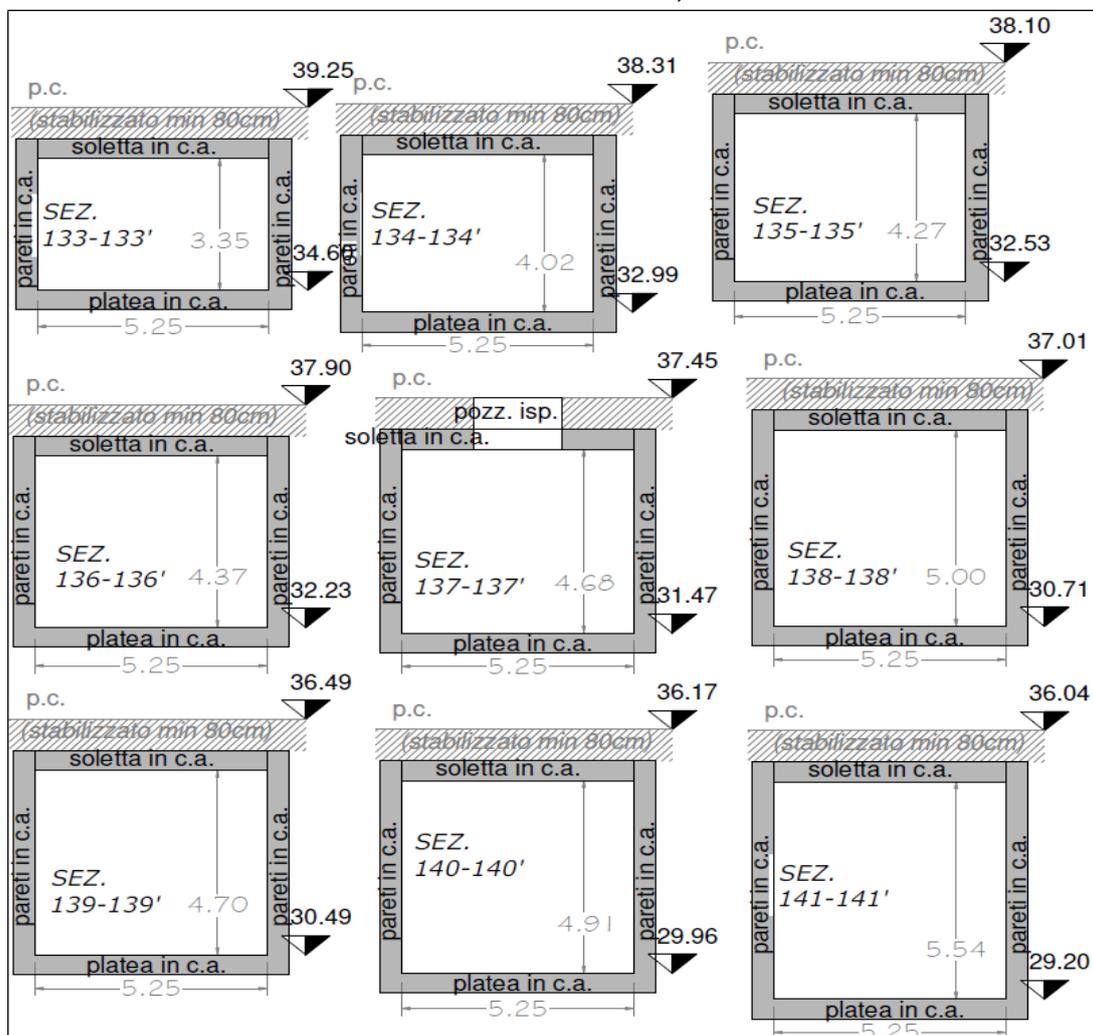
Per le opere di cui al punto III, nel caso di modesta rilevanza dell'opera stessa e di bacini ben sistemati, il valore minimo del franco come sopra indicato può essere derogato dall'amministrazione competente fino a 100 cm, sulla base di adeguate valutazioni come riportato nel seguito.

Stralcio Regolamento Regionale n. 3/2011.

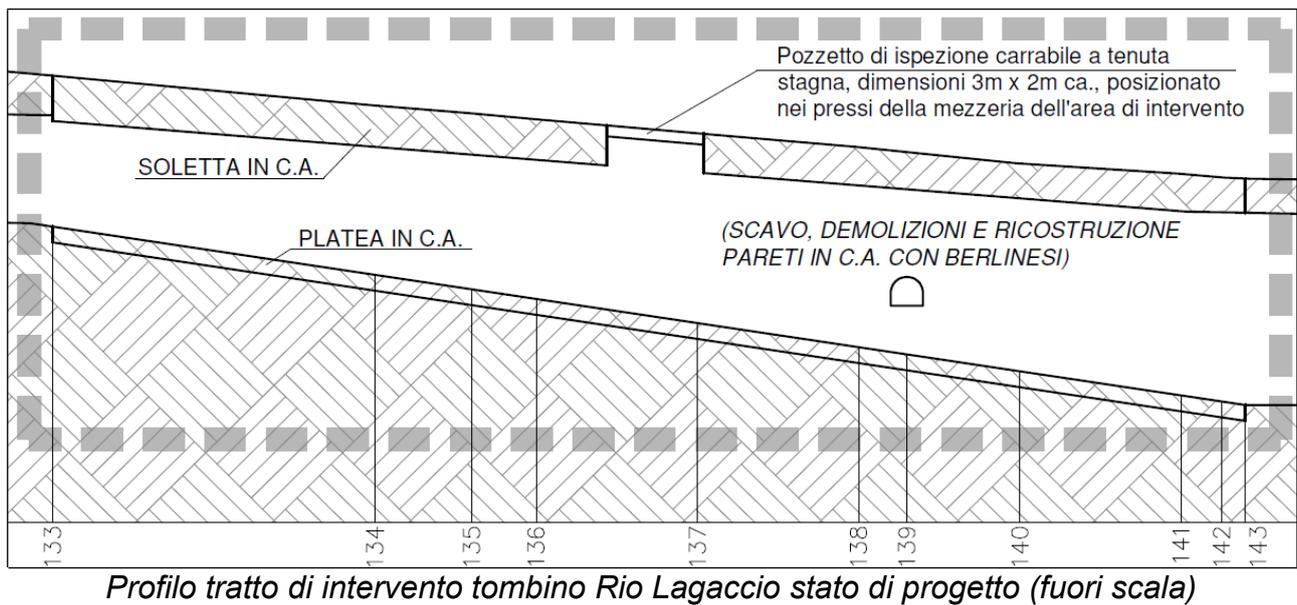
Quanto qui indicato è riportato unicamente per completezza; è evidente che trattandosi di una tombinatura esistente non è soggetta all'applicazione dei limiti per le nuove realizzazioni, come è evidente che i franchi indicati (150 – 200 cm oltre la portata duecentennale) sono totalmente incompatibili con in regime idraulico che sarà evidenziato dal calcolo (vedere paragrafi seguenti).

STATO DI PROGETTO

Come sopra indicato, si progetta un intervento che, dal punto di vista idraulico, sostanzialmente consta nella rimozione delle ostruzioni, dei salti di fondo e dei restringimenti; il tratto di intervento (lungo circa 40m) si prevede che abbia una sezione di larghezza costante 5.25m netti (in analogia ai tratti a monte e a valle), pendenza costante (9 gradi) e altezza variabile in funzione della massima quota raggiungibile (min. 3.35m, max 5.80m). In tal modo si garantisce il deflusso di portate anche maggiori rispetto a quelle defluenti in altri tratti; è notevole il beneficio in tali termini, da cui deriva che il tratto "peggiore" dell'intero corso d'acqua diventa il tratto con la maggiore capacità di deflusso. Di seguito si riporta un'estrpolazione del progetto indicante il nuovo profilo e le nuove sezioni idrauliche (*nota: i numeri delle sezioni di progetto non corrispondono, per esigenze di modellazione, con il numero delle sezioni idrauliche*).



Sezioni tratto di intervento tombino Rio Lagaccio stato di progetto (fuori scala)



CONFLUENZA CON IL RIO 5 SANTI

Al fine di procedere alla valutazione del deflusso tenendo in considerazione l'impatto dell'affluente si è ritenuto utile modellarne il tratto di immissione (con le conoscenze a disposizione, in questa fase desunte dallo Studio Irdulico redatto da IRE nell'ambito del contestuale "PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE DELLA EX CASERMA GAVOGLIO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO URBANO") che, seppur in modo approssimato, ha permesso di procedere alla modellazione della confluenza, con livello di precisione maggiore rispetto al semplice contributo in termini di portata. In particolare è stato considerato il tratto finale del Rio Cinque Santi, prossimo alla confluenza, con la portata declassata a quella di uno scolo per le acque reflue e per le fognature bianche (asi sensi della recente Comunicazione della Regione Liguria datata 01-08-2018), come di seguito calcolato:

All'interno del rio Cinque Santi confluiscono sia portate reflue civili sia portate meteoriche. Le prime sono di tipo domestico e assimilato, provenienti dai condomini di via Napoli e dintorni, convogliate dalla rete nera gestita da IRETI o tramite allacci privati. Le seconde sono acque di dilavamento provenienti principalmente dalla rete bianca di raccolta bordo strada, essendo il bacino del rio quasi completamente impermeabilizzato.

Per la verifica idraulica si è tenuto conto soltanto della portata meteorica, che è nettamente superiore alla portata reflua in occasione dei massimi eventi di progetto. Il tempo di ritorno generalmente utilizzato per la verifica delle fognature bianche o miste è pari a 20 anni. Non avendo a disposizione i valori delle curve di probabilità pluviometrica della stazione di Genova Università per il tempo di ritorno 20-ennale, per il calcolo della portata di piena è stato utilizzato il Metodo CIMA, che utilizza coefficienti tabulati in base a tempi di ritorno specifici. Non essendo indicato il periodo 20-ennale è stato considerato cautelativamente il periodo 30-ennale.

Da una valutazione dell'area del bacino del Rio Cinque Santi si è ottenuta una superficie di 0.259 kmq; il metodo CIMA suggerisce di adottare, per i bacini aventi area minore di 2

chilometri quadrati, un contributo unitario costante pari a quello ottenuto con riferimento a superfici scolanti aventi area drenata pari a 2 chilometri quadrati ($U_{Area=2}$). Pertanto il valore di portata per assegnato periodo di ritorno T è definibile come:

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{Area=2} \quad [m^3 s^{-1}]$$

nella quale A è la superficie drenata espressa in chilometri quadrati, K_T è il fattore di frequenza delle portate e $U_{Area=2}$ è il contributo unitario per area pari a 2 chilometri quadrati, espresso in $m^3 s^{-1} km^{-2}$, tabellato in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica (Tabella 3.2). Il fattore di frequenza è tabellato in funzione del periodo di ritorno T (Tabella 3.1).

T [anni]	5	10	30	50	100	200	500
K_T	1.29	1.79	2.90	3.47	4.25	5.02	6.04

Tabella 3.1: Fattore di frequenza delle portate

Il bacino drenante ha un'estensione di 0,259 km², una longitudine di 8°55' ed è caratterizzato da un elevato grado di urbanizzazione (tipologia di bacino A in Tabella 3.3).

Longitudine		$U_{Area=2}$ - Bacino Tipo			
Gradi	Primi	A	B	C	D
...
8	50	9.55	7.97	6.10	5.36
8	52,5	9.56	7.98	6.11	5.36
8	55	9.57	7.99	6.11	5.37
8	57,5	9.57	7.99	6.11	5.37
9	0	9.56	7.98	6.11	5.36
...

Tabella 3.2: Contributo unitario, $U_{Area=2}$

Tipo	Descrizione
A	Bacini di tipo residenziale, industriale o commerciale caratterizzati da un elevato grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili superiore al 60%
B	Bacini caratterizzati da un medio grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa tra 30 e 60%
C	Bacini caratterizzati da un basso grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa tra 5 e 30%
D	Bacini caratterizzati da estesa copertura arborea. Estensione delle aree impermeabili inferiore al 5%

Tabella 3.3: Classificazione dei bacini regionali

Con l'applicazione della [1] si determinano quindi il contributo unitario $U_{Area}=2$ pari a 9.57 m³/s/km² e la portata trentennale **$Q = 7,19$ m³/s**.

RISULTATI

Allo scopo di adempiere all'incarico in oggetto è stata effettuata una modellazione idraulica con software dedicato in stato di moto permanente, i cui risultati completi sono allegati di seguito;

La modellazione per quanto riguarda lo stato attuale ha evidenziato quanto segue:

- Per quanto riguarda il **tratto iniziale** della tombinatura (circa 1300m, dall'imbocco della tombinatura fino al termine della Caserma Gavoglio):
 - il rio nella geometria attuale è in grado di smaltire, in incipiente pressione, una portata pari a 31 mc/s ("Q – no prex"), che scorre a pelo libero "sfiorando" la volta della tombinatura in alcune sezioni (sezioni "idrauliche" da 67 a 64, che corrispondono alla zona sotto il capannone presente a valle dell'Istituto Idrografico, all'interno della Caserma Gavoglio, nella parte finale dell'edificio, laddove sono presenti salti / ostruzioni; trattasi della zona indubbiamente più critica in tale tratto). Tali considerazioni ovviamente prescindono dall'applicazione di qualsiasi "franco di sicurezza"
 - il rio nella geometria attuale è in grado di smaltire una portata pari a 70 mc/s con un deflusso interamente in pressione ("Q – prex") all'interno della Caserma Gavoglio dalla sezione "idraulica" 87 (a valle della Croce Rossa) fino alla sezione "idraulica" 63 (sotto il capannone presente a valle dell'Istituto Idrografico); in teoria nei tratti di monte e valle il deflusso scorre a pelo libero. Si rappresenta però che tale deflusso richiederebbe una quota teorica del pelo libero anche 4m oltre l'intradosso della tombinatura (si rimanda alle spiegazioni circa la modellazione con "tombinatura infinitamente alta"), il che comporta evidenti fenomeni di forte sottospinta sulla tombinatura e potrebbe essere causa di criticità statiche e/o di fuoriuscite dai chiusini. Tali considerazioni ovviamente prescindono dall'applicazione di qualsiasi "franco di sicurezza".
- Per quanto riguarda il **tratto finale** della tombinatura (oltre 800m, nei pressi dello sbocco a mare) le portate Q-prex e Q-no prex di cui sopra scorrono per lunghi tratti in pressione; anche per tale tratto è stato individuato un valore limite di portata defluibile a pelo libero "sfiorando" la volta della tombinatura in alcune sezioni (circa 100m a monte dello sbocco a mare), indicato come Q-foce e quantificato in 14 mc/s. Tali considerazioni ovviamente prescindono dall'applicazione di qualsiasi "franco di sicurezza".

La portate 50ennale del PDB è pari a 82 mc/s e non è smaltibile da nessun tratto, a maggior ragione quindi la 200ennale e la 500ennale; tali valori non sono stati oggetto di particolari approfondimenti, trattandosi di quantità assolutamente non compatibili con la geometria esistente, ma vengono comunque riportati negli elaborati allegati. Nelle zone di monte le portate ricalcolate sulla superficie dei relativi bacini sottesi di influenza assumono valori che tendono a quelli delle portate limite individuate per tentativi e di

conseguenza è possibile il loro deflusso in alcune zone, senza comunque i franchi di sicurezza necessari

La modellazione per quanto riguarda lo stato di progetto ha evidenziato quanto segue: nel tratto oggetto di intervento (e nei tratti immediatamente a monte e a valle) il deflusso idraulico migliora sensibilmente, e addirittura nel tratto su cui interviene transiterebbe quasi ovunque la portata duecentennale con franchi di sicurezza discreti, anche se insufficienti, e si specifica che comunque trattasi di valutazione poco "pratica" in quanto a monte e a valle il deflusso resterebbe in pressione.

CONCLUSIONI

Lo studio idraulico è stato redatto secondo le indicazioni della normativa di piano di bacino (moto permanente monodimensionale, rilievo di un lungo tratto del corso d'acqua, condizioni al contorno appropriate, opportuni coefficienti di scabrezza, schema di "tombinatura infinitamente alta", etc..), e in adempimento alle ulteriori richieste ricevute in sede di incarico (individuazione delle due portate caratteristiche "Q prex" e "Q no prex").

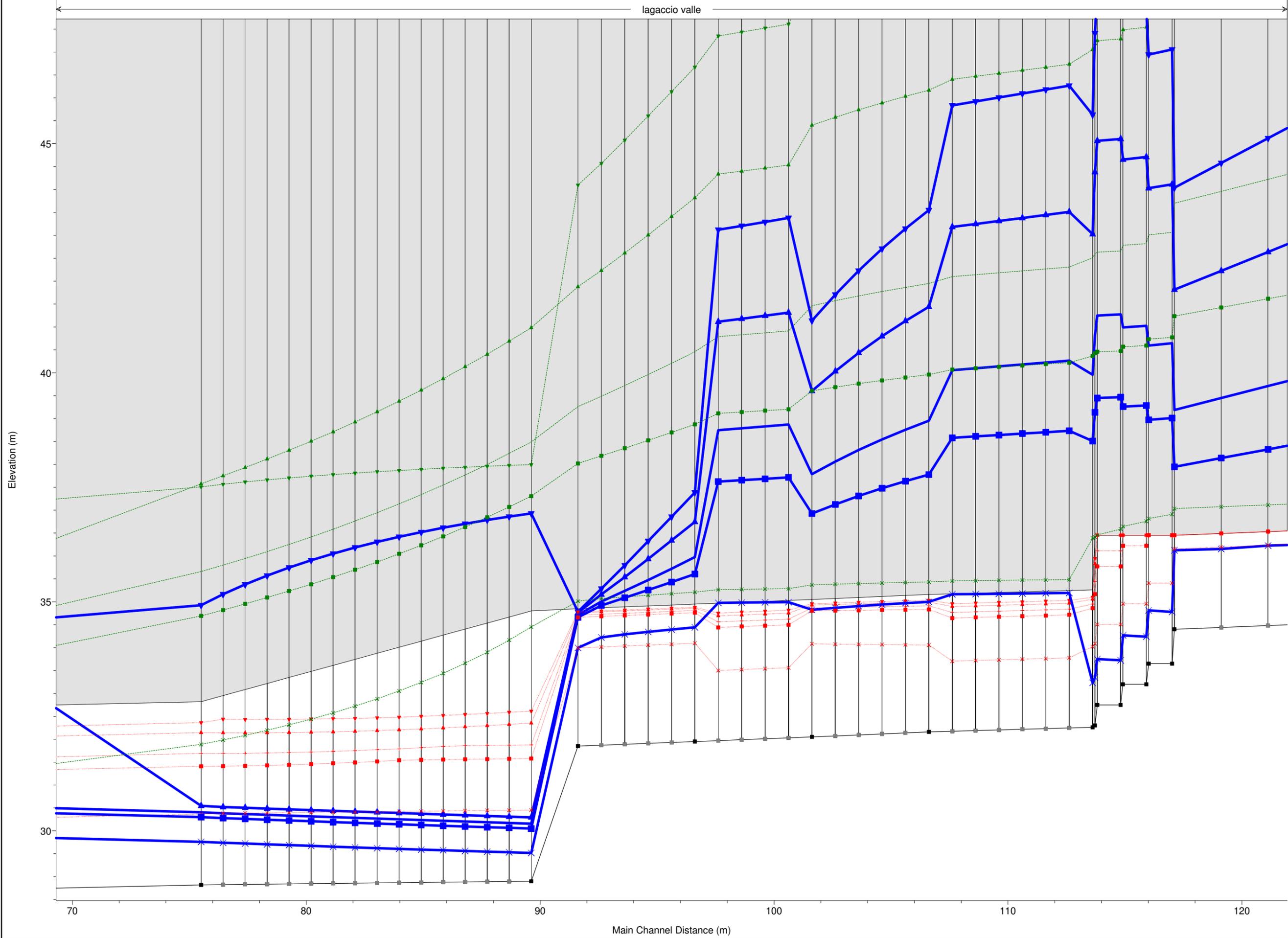
I risultati, riassunti nel capitolo precedente e di seguito allegati in forma completa ("Allegati": sezioni, profili), evidenziano che il tratto tombinato in oggetto risulta in generale insufficiente a smaltire le portate previste dal Piano di Bacino (Q 50ennale, Q 200ennale, Q 500ennale), con fenomeni di deflusso completamente in pressione e rigurgiti che classificherebbero le zone adiacenti al Rio in fascia fluviale "A". Si aggiunge che tali risultati sono talmente macroscopici da non poter nemmeno valutare, ad es, eventuali franchi di sicurezza o opere risolutive; la tombinatura risulta in grado di smaltire portate inferiori alla 50ennale, in pressione o (riducendo ulteriormente il valore) in incipiente pressione, ma sempre senza franchi di normativa, e localmente con franchi molto modesti. In particolare sono state individuate le **zone più critiche** in corrispondenza della Caserma Gavoglio, nell'area al di sotto del capannone presente a valle dell'Istituto Idrografico, nella parte finale dell'edificio dove sono presenti salti / ostruzioni; dietro richiesta della Committenza si è provveduto a effettuare una seconda simulazione nel caso di **esecuzione di primi interventi di adeguamento** delle sezioni, i cui risultati sono riportati negli "Allegati": sezioni, profili e mostrano un notevole miglioramento della capacità di deflusso.

ALLEGATI

Si allegano di seguito gli elaborati grafici della modellazione (sezioni e profili in stato attuale e progetto, e confronti tra i due), per semplicità di lettura limitati alla zona oggetto di intervento e omettendo il profilo relativo alla portata 500ennale in quanto privo di significato pratico.

PROFILO STATO ATTUALE

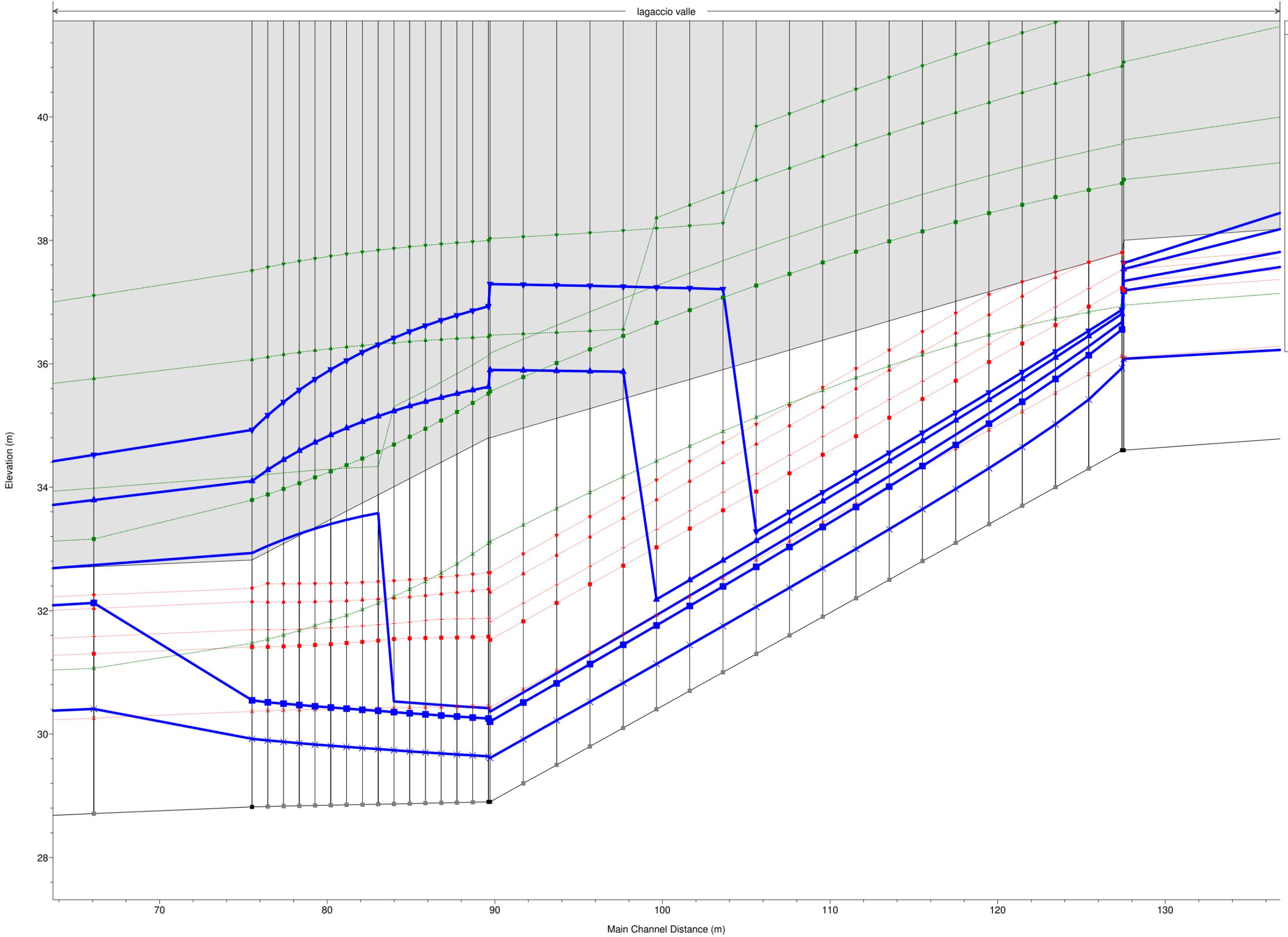
lagaccio valle



- Legend**
- EG Q 500 (green dotted line with inverted triangles)
- EG Q 200 (green dotted line with triangles)
- EG Q 50 (green dotted line with squares)
- EG Q - prex (green dotted line with squares)
- WS Q 500 (thick blue solid line with triangles)
- Crit Q 500 (red dotted line with inverted triangles)
- Crit Q 200 (red dotted line with triangles)
- WS Q 200 (thick blue solid line with triangles)
- Crit Q 50 (red dotted line with squares)
- WS Q 50 (thick blue solid line with squares)
- WS Q - prex (thick blue solid line with squares)
- Crit Q - prex (red dotted line with squares)
- EG Q - no prex (green dotted line with crosses)
- WS Q - no prex (thick blue solid line with crosses)
- Crit Q - no prex (red dotted line with crosses)
- Ground (black solid line with squares)

PROFILO PROGETTO

lagaccio valle

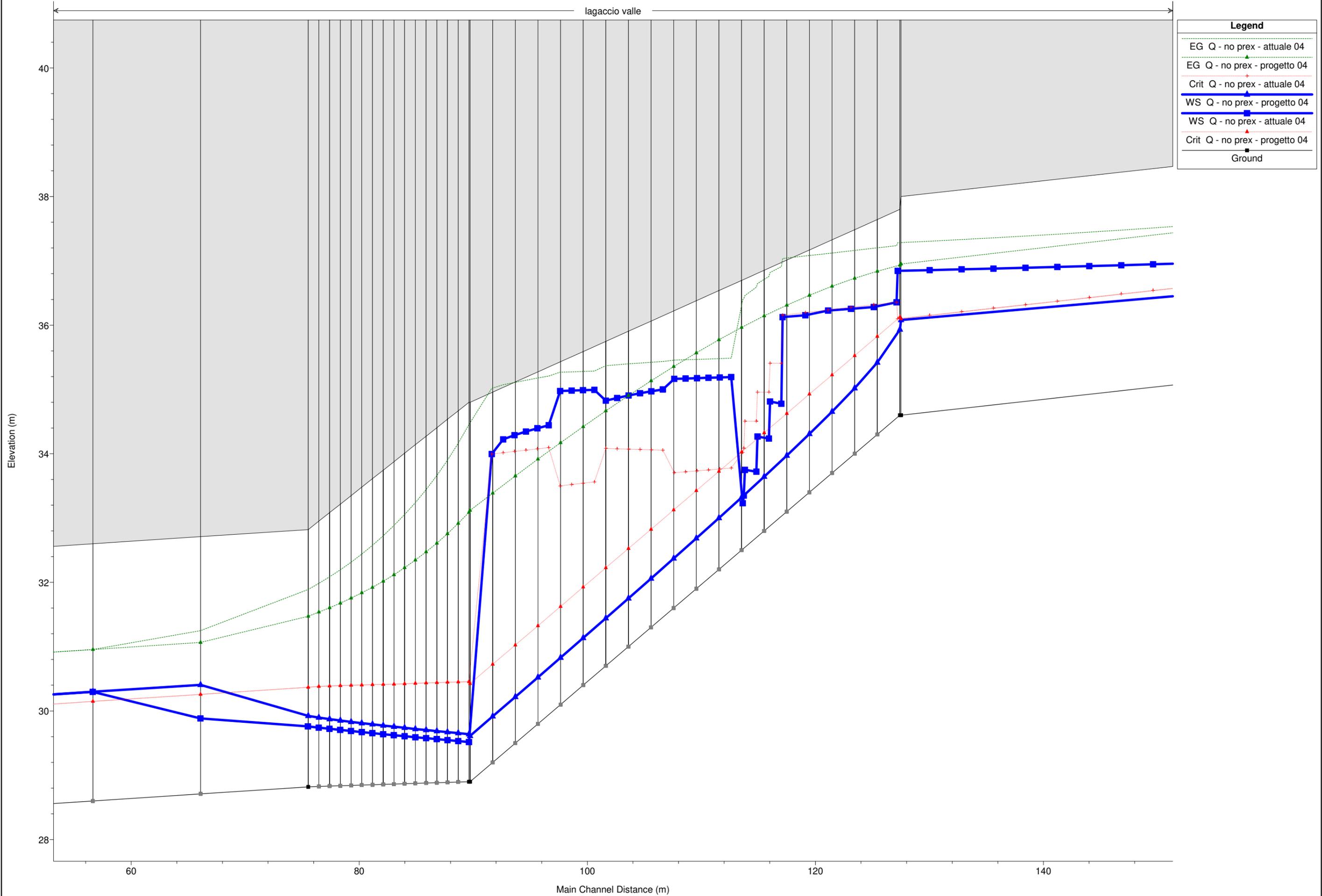


Legend

- EG Q 500
- EG Q 200
- EG Q 50
- EG Q - prex
- WS Q 500
- Crit Q 500
- Crit Q 200
- WS Q 200
- Crit Q 50
- WS Q 50
- WS Q - prex
- Crit Q - prex
- EG Q - no prex
- WS Q - no prex
- Crit Q - no prex
- Ground

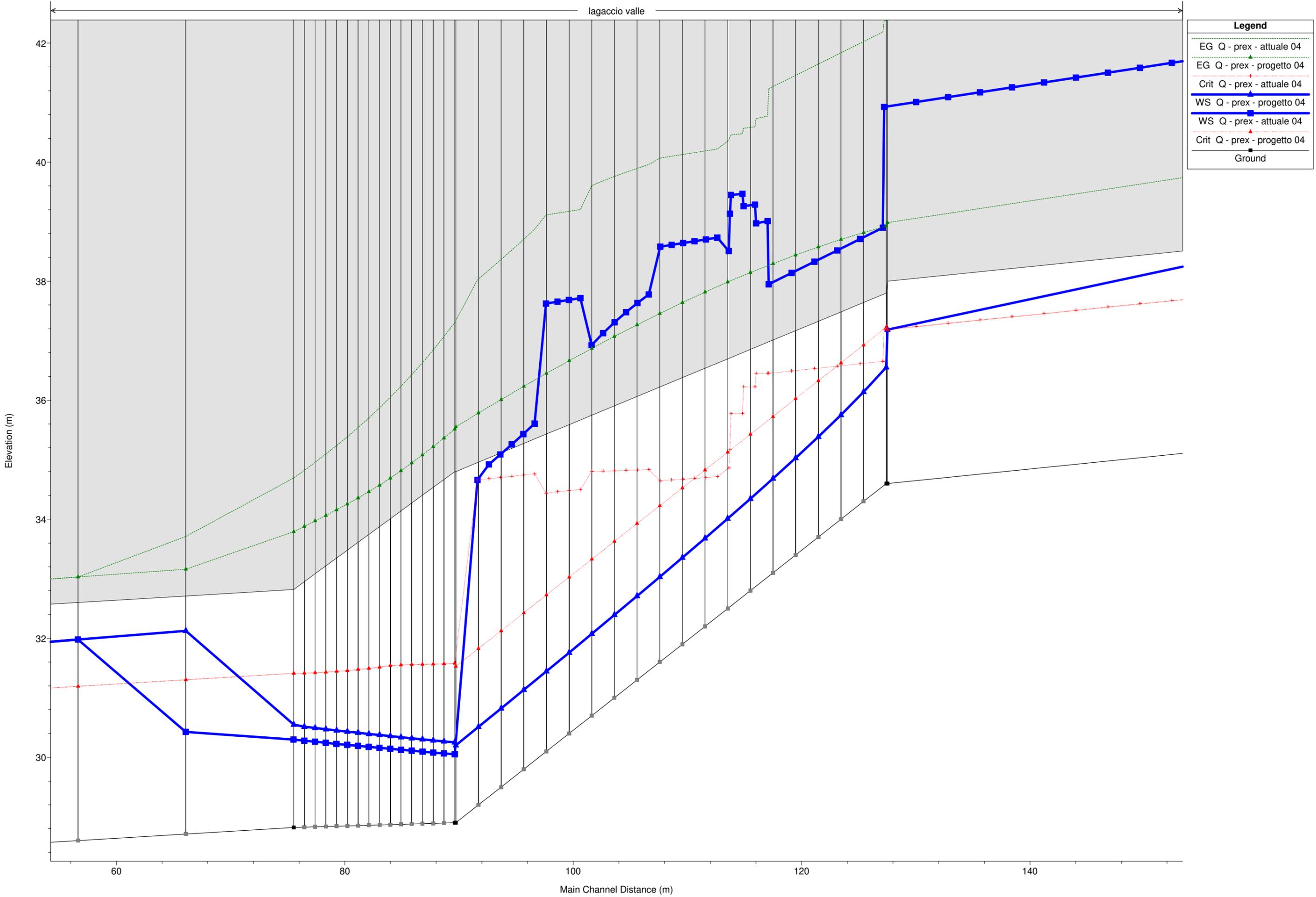
PROFILO CONFRONTO Q no prex

lagaccio valle



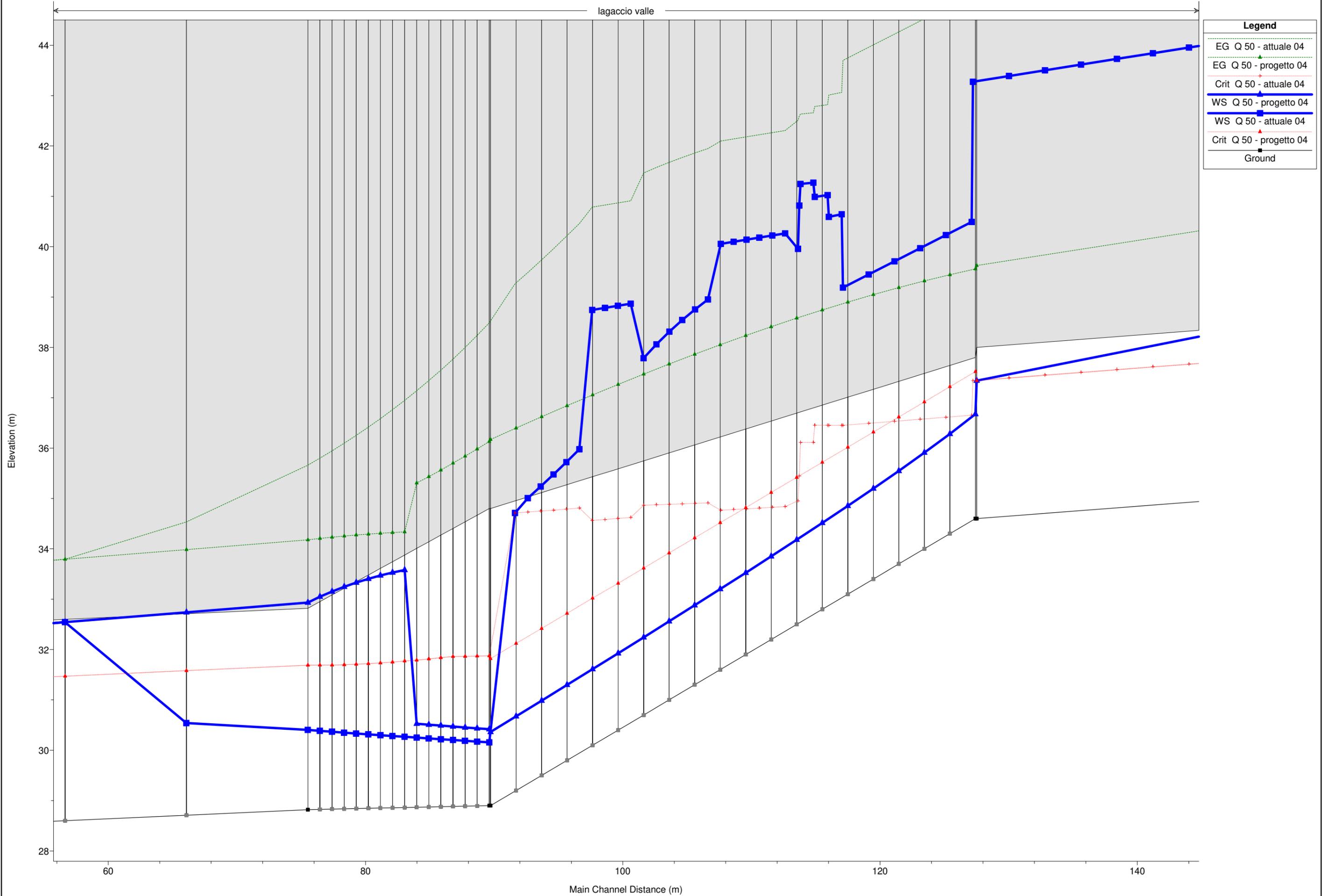
PROFILO CONFRONTO Q prex

lagaccio valle



PROFILO CONFRONTO Q 50

lagaccio valle



PROFILO CONFRONTO Q 200

lagaccio valle

