



Provincia di Verona

AREA PROGRAMMAZIONE E SVILUPPO DEL TERRITORIO
SETTORE SVILUPPO DEL TERRITORIO
SERVIZIO PROGETTAZIONE

**S.P. 46 " Della Torretta" Lavori di demolizione e
ricostruzione ponte sulla Fossa Maestra a Torretta Veneta
nel Comune di Legnago (Verona) al Km 12+700**

CONCESSIONE IDRAULICA

elaborato:

Relazione idraulica

IL PROGETTISTA
ing. Stefano Brunelli

I COLLABORATORI
SERVIZIO PROGETTAZIONE
SERVIZIO ESPROPRI

IL COORDINATORE D'AREA
ing. Carlo Poli

Data:

Scale: 1:500

Allegato:

H.3

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

data conclusione progetto

data consegna progetto al RUP

firma del RUP per ricevuta

**SP 46 “DELLA TORRETTA” LAVORI DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE
PONTE SULLA FOSSA MAESTRA A TORRETTA VENETA
COMUNE DI LEGNAGO (VERONA) AL KM 12+700**

RELAZIONE IDRAULICA

1. Premessa

La presente relazione idraulica è un estratto ed uno sviluppo della relazione idraulica del progetto definitivo e progetto esecutivo della costruzione della banchina di Torretta Veneta, relazione a firma dell'ing. Silvano Rossato di PSV – Progetti Servizi Verona Srl. Se ne estraggono le parti di interesse limitatamente a quanto di rilevante per il nuovo manufatto in progetto di attraversamento della fossa Maestra, in sostituzione dell'attuale ponte in acciaio sulla Sp 46 “della Torretta”, infatti la citata relazione idraulica conteneva una parte relativa alla fossa Maestra.

1.1 Caso in studio

Si vuole realizzare un nuovo attraversamento della fossa Maestra in corrispondenza della Sp 46 “della Torretta”, con demolizione dell'attuale ponte, seriamente ammalorato, sia nelle spalle a paramento murario in laterizio, che nelle pile in c.a.. Inoltre anche l'impalcato in acciaio è molto ossidato. E' un'impalcato con caratteristiche dimensionali decisamente insufficienti (5 m di piattaforma stradale e 5,50 m di larghezza ponte non del tutto utilizzabile: risultano dimensioni critiche per lo scambio di due mezzi pesanti), con sistemi di contenimento non a norma e non adeguabili, per le chiare insufficienze geometriche della piattaforma, rendendo, di fatto, inutilizzabile l'attuale ponte per un ammodernamento e un adeguamento.

Per cui si prevede la costruzione di un nuovo moderno manufatto in c.a. e c.a.p., simile a quello già realizzato per la viabilità di accesso al porto fluviale di Torretta sulla Sp 47, ubicato 360 m a monte sulla fossa Maestra.

La massima quota di piena determinata nella relazione idraulica, in base alla documentazione fornita dal Consorzio, per la sezione del ponte con quota di recapito della Fossa Maestra a Canda di 6,80 m s.m. (per Tr = 50 anni – è da considerare una condizione idraulica eccezionale), è di 7,85 m s.m. in caso di piena officiosità delle sezioni e di **8,15 m s.m.** in caso di ridotta officiosità, quota determinata in base ai profili di pelo libero, che sono allegati alla presente relazione.

Dato che il nuovo ponte viene ad insistere su una sezione in leggero restringimento, cautelativamente si fa riferimento a quest'ultima quota, di **8,15 m s.m.**, ottenuta per interpolazione sui profili idraulici forniti dal Consorzio di Bonifica Veronese.

Tale quota varia di solo 1 cm tra le due sezioni, per la bassa pendenza del canale, tra il ponte costruito per la banchina fluviale di Torretta in fregio alla Sp 47, e il ponte di Torretta Veneta sulla Sp 46.

I tempi di ritorno considerati sui profili idraulici del Consorzio variano da 5 a 50 anni.

Si esegue quindi anche un'extrapolazione sui livelli e portate per Tr 100 e Tr 200 anni ricostruendo un diagramma delle portate allo scopo di effettuare una valutazione qualitativa sui franchi.

La favorevole situazione delle quote di SP 46, circa 11,30 m s.m. per quanto riguarda la quota strada sulle due sponde, con quota impalcato in mezzzeria a 11,60 m circa, consentono di considerare la possibilità di eliminare la modesta monta del ponte attuale, circa 30 cm, rispetto le quote strada, pertanto si può posizionare la quota del piano viabile a 11,30 m s.m., con ampio margine sulla quota di sottotrave del ponte in progetto che risulterà di **10,00 m s.m.**, con franco dalla massima piena prevista con Tr 50 anni: $10,00 - 8,15 = 1,85 \text{ m}$.

L'extrapolazione (con legge logaritmica) operata da questo ufficio sulla scala delle portate per Tr 200 anni porge un franco di **1,30 m** dal sottotrave, essendo il massimo livello della piena extrapolato per Tr 200 anni, pari a **8,70 m s.m.**, in condizioni di scarsa officiosità dell'alveo.

Il franco sulle sponde in corrispondenza dell'attraversamento è ancora maggiore in quanto queste quotano 11,30 m s.m., mentre a poca distanza dal ponte (100 m a monte) si abbassano a 9,74 m s.m. in destra idraulica (1,04 m con Tr200) e 10,40 m s.m. in sinistra.

Quindi la livelletta attuale della strada viene notevolmente regolarizzata, eliminando gli attuali raccordi verticali che risultano piuttosto spinti negli incroci, causa le brevi distanze in cui si sviluppano, migliorando così anche gli innesti delle strade laterali e la visibilità negli incroci tra Sp 46 e Sp 47 e tra Sp 46 e la strada comunale via Emissario Destro.

L'idraulica del caso in studio è comunque difficile da gestire in quanto è una situazione di emissario rigurgitato, con una quota fissa massima di 6,80 m s.m. di quota consegna nel Canal Bianco a Canda, al km 19,186, a valle del ponte di Torretta, quindi con profilo idraulico di tipo M1.

Va da sé che i calcoli idraulici andrebbero gestiti con modellazione di profilo di moto permanente, ma data la disponibilità di documentazione abbastanza ricca, con i diagrammi dei livelli idrici per portate con tempi di ritorno 5, 10, 20, 30, 50 anni e differenze di quota di pochi cm su lunghezze notevoli (pendenza del fondo 0,11‰ nel tratto in studio e pendenze del pelo libero 0,03‰ e 0,05‰), si è proceduto per interpolazione ed estrapolazione, puntando a valori ragionevolmente centrati a livello quantitativo e qualitativo.

La massima piena calcolata per Tr 50 anni, nel tratto in esame è di 16,683 mc/s, con altezza d'acqua 8,15 m s.m. nella sezione in esame, in condizioni cautelative di scarsa officiosità del corso d'acqua. La massima piena estrapolata per Tr 200 anni è 24 mc/s con altezza 8,70 m s.m..

1.1.1 Consorzio di Bonifica Veronese

Tutto il territorio consortile dell'ex Consorzio di Bonifica Valli Grandi e Medio Veronese ora ricompreso nel Consorzio di Bonifica Veronese recapita le sue acque in Canalbianco per mezzo del Naviglio Bussè e dei Fiumi Tregnon e Menago (raccolta delle "acque alte") e della Fossa Maestra (raccolta delle "acque basse"). L'estensione di questo territorio dell'ex Consorzio Valli Grandi è di 612,96 kmq .

All'inizio del XIX secolo il problema della bonifica delle Valli Grandi, le aree palustri coprivano circa 12.000 Ha, era ancora irrisolto ed era ancora in fase di verifica l'opportunità di chiudere il diversivo di Castagnaro.

Le rotte del Castagnaro (1432) e della Malopera (1438), aperte artificialmente a scopi bellici, determinarono l'afflusso in Tartaro delle acque e, soprattutto, delle torbide dell'Adige la cui sedimentazione in alveo ostacolò la funzione drenante del corso d'acqua verso est favorendo ampie esondazioni che ridussero a palude estesi territori. Per risolvere la situazione venne deciso l'escavo di un nuovo canale (il Canalbianco), utilizzando dove possibile l'alveo del Tartaro; in seguito, il progressivo rialzo del suo fondale, per il continuo apporto di torbide dall'Adige attraverso il diversivo del Castagnaro, rendeva sempre più difficoltoso il deflusso verso mare delle acque eccedenti, finché il diversivo stesso venne definitivamente chiuso nel 1838.

Tra il 1750 e il 1835 vennero elaborati diversi progetti di bonifica delle Valli Grandi; tra questi il progetto del Paleocapa prevedeva la divisione delle acque in alte e basse, destinando il Tartaro al drenaggio delle prime e un canale artificiale, denominato **Fossa Maestra**, alle seconde. Con l'ultimazione della Fossa Maestra (1868), pertanto, il bacino del Tartaro fu ripartito nel bacino omonimo e nel bacino della Fossa Maestra. L'eccessiva estensione di quest'ultimo (465 Km²), per la quale la Fossa Maestra si dimostrò sottodimensionata, determinò l'incapacità della stessa a far defluire le portate in essa afferenti, con conseguenti frequenti fenomeni di tracimazione.

La nuova sistemazione idraulica del Tartaro-Canalbianco, attuata negli anni sessanta, permise di estromettere dalla Fossa gli afflussi dei collettori delle acque medie e alte, riducendo l'estensione del bacino agli attuali 18,12 Km². Al presente la Fossa Maestra ha origine, in corrispondenza del manufatto sottopassante il F.Tregnon, in località Bastion S.Michele, dove riceve le acque provenienti dal territorio mantovano (910 Ha) e, dopo un percorso di 26,949 Km, lungo il quale sottopassa in sifone il F. Menago (in località S.Teresa di Cerea) e il F. Bussè (in località Torretta di Legnago), si immette in Canalbianco a Canda.

Le condizioni dell'assetto idrogeologico del bacino del fiume Fissero Tartaro Canalbianco sono grandemente influenzate dai grandi fiumi, Adige e Po, che per lungo tratto ne costituiscono i confini

di bacino settentrionale e meridionale. Basti pensare al riguardo a quanto accaduto nel 1951 quando le acque del Po, attraverso la rotta di Occhiobello, arrivarono sino alle porte di Rovigo.

Le portate di piena proprie del Fissero Tartaro Canalbianco non sono certamente tali da creare situazioni solo paragonabili a quelle che si hanno in occasione di eventi catastrofici, quali quello appena citato, conseguenti alle piene di questi grandi fiumi.

Appare quindi necessario che siano analizzati, in via prioritaria, questi fattori esogeni al bacino e consideri le conseguenze che possono procurare, andando a verificare gli studi e le valutazioni effettuate al riguardo dalle competenti Autorità di bacino dell'Adige e del Po. Per quanto attiene l'Adige il 18.12.2001 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ha adottato il progetto di Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico.

Tale Progetto di piano ha effettuato la modellazione delle piene per tempi di ritorno di 30, 100 e 200 anni, tenendo anche conto della presenza della galleria Adige Garda, o Mori Torbole dal nome delle località in cui ha inizio e termine, che ha l'importante funzione di scolmare i picchi di piena provenienti da Trento per la messa in sicurezza della città di Verona e dei territori limitrofi. Ebbene, per quanto attiene il tratto del fiume compreso tra Verona e la foce, il progetto di Piano evidenzia come le strutture arginali siano in grado di contenere la piena bicentenaria. Più in particolare analizzando i risultati della simulazione matematica della propagazione della piena il progetto di piano afferma che:

1. risulta evidente il progressivo abbassamento del franco procedendo da monte verso valle fino al raggiungimento dei minimi valori raggiunti in corrispondenza delle località di Cavarzere e Cavanella d'Adige a pochi chilometri dalla foce;
2. la piena avente tempo di ritorno pari a 200 anni non è in grado di mettere a rischio le difese arginali anche se in alcuni punti il franco di sicurezza risulta molto piccolo;
3. le piene aventi tempi di ritorno pari a 500 anni provocano il sormonto arginale nei tratti citati al punto 2.

Il punto in cui si presentano le condizioni maggiormente critiche è stato individuato in prossimità delle progressive km 394 e 399 dove le sommità arginali in sinistra idrografica risultano caratterizzate dai franchi inferiori."

Anche per il fiume Po il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, approvato con D.P.C.M. 24/05/2001, fornisce risultati confortanti per il bacino del Fissero Tartaro Canalbianco:

"La relazione tra portate e livelli idrici lungo l'asta del Po è stata definita attraverso l'applicazione di un modello idraulico, esteso dalla confluenza del Tanaro al Delta, in modalità di moto quasi-bidimensionale, comprensivo della simulazione del funzionamento artificiale delle golene chiuse."

"Lo scenario idrologico di verifica assunto è stato costruito sulla base dell'osservazione del comportamento del bacino idrografico nel corso delle due piene più gravose degli ultimi 50 anni. Tale piena teorica presenta un colmo confrontabile nelle sezioni strumentate con il valore di portata al colmo definito per tempo di ritorno di 200 anni."

1.2 Piano Generale di Bonifica e Tutela del Territorio Rurale - P.G.B.T.T.R

Il Piano Generale di Bonifica e di Tutela del Territorio Rurale - P.G.B.T.T.R., che ha "efficacia dispositiva in ordine alle azioni, di competenza del Consorzio, per l'individuazione e la progettazione delle opere pubbliche di bonifica", deve prevedere in tal senso tutti gli interventi diretti a "salvaguardare la sicurezza idraulica del territorio" o "quanto meno, necessari per limitare al massimo gli effetti dannosi delle avversità atmosferiche di carattere eccezionale". Ciò comporta, innanzitutto, la necessità di "valutare" accuratamente e complessivamente, l'esistente stato idraulico, tenendo presente anche "tutte le interconnessioni con la rete idraulica circostante", per la successiva, eventuale, progettazione delle opere necessarie, siano esse di ammodernamento o di integrazione a quelle esistenti.

Con il P.G.B.T.T.R. sono state individuate le opere condizionanti l'attività di bonifica considerando nei programmi di intervento anche quelle eventuali opere che pur ricadenti "fuori dai limiti fisici del comprensorio o fossero di competenza di altre amministrazioni", si rendessero necessarie, per il più corretto esercizio dell'attività di bonifica stessa. Sono state svolte le verifiche delle attuali capacità di deflusso dei collettori di bonifica più rappresentativi ed individuate le situazioni idrauliche che si verificano nei diversi bacini o parte di essi in relazione ai vari tempi di ritorno.

1.2.1 Il sistema idrografico in esame

Il comprensorio dell'ex Consorzio di bonifica Valli Grandi e Medio Veronese, ora ricompreso ed accorpato nel più vasto "Consorzio di Bonifica Veronese", ricade per intero nel bacino idrografico del Tartaro Canalbianco e comprende, nella loro quasi interezza, quattro unità idrografiche ben distinte: i bacini del Tregonn, del Menago, del Bussè e della Fossa Maestra.

La rete idraulica è costituita da tre collettori principali di acque alte e medie (Tregonn, Menago e Bussè, con alvei in gran parte naturali) correnti da Nord a Sud e da un collettore principale delle acque basse (Fossa Maestra, con alveo di bonifica) corrente da ovest ad est.

In essi confluiscono i collettori secondari aventi tutti grosso modo andamento nord-sud, i quali a loro volta raccolgono i collettori terziari.

I precitati collettori principali Tregonn, Menago, Bussè e Fossa Maestra, trovano tutti recapito in Tartaro Canalbianco, rispettivamente a Bastion S. Michele, S. Teresa, Torretta Veneta e Punta Canda, superando la fossa Maestra con ponte canale.

Per tali corsi d'acqua sono state fissate (progetto del Genio Civile di Verona anno 1954) le seguenti altezze dei peli di massima piena al loro incile:

Fossa Maestra, a Punta Canda	mt. 6.80 s.m.m.
Fiume Bussè, a Torretta Veneta	mt. 8.51 s.m.m.
Fiume Menago, a S. Teresa in Valle	mt. 8.98 s.m.m.
Fiume Tregonn, a Bastion S. Michele	mt. 9.15 s.m.m.

L'idrografia secondaria e terziaria nei bacini di Tregonn, Menago e Bussè è assai complicata, in quanto essa non è la conseguenza di ben determinati concetti idraulici di bonifica, ma deriva dall'opera secolare dei vari operatori agricoli tesa a risolvere, settorialmente, i rispettivi problemi di sgrondo delle acque, sfruttando la pendenza da nord a sud del territorio.

I canali di scolo più importanti assolvono anche la funzione di adduttori di acque provenienti dai fontanili, che sgorgano nella parte più settentrionale del comprensorio, e di acque risorgive di fondo e sponde dei loro tratti di monte.

Numerosi corsi d'acqua sono quindi a servizio misto, in quanto prima impinguati e successivamente utilizzati come vettori di acque irrigue durante la stagione irrigua.

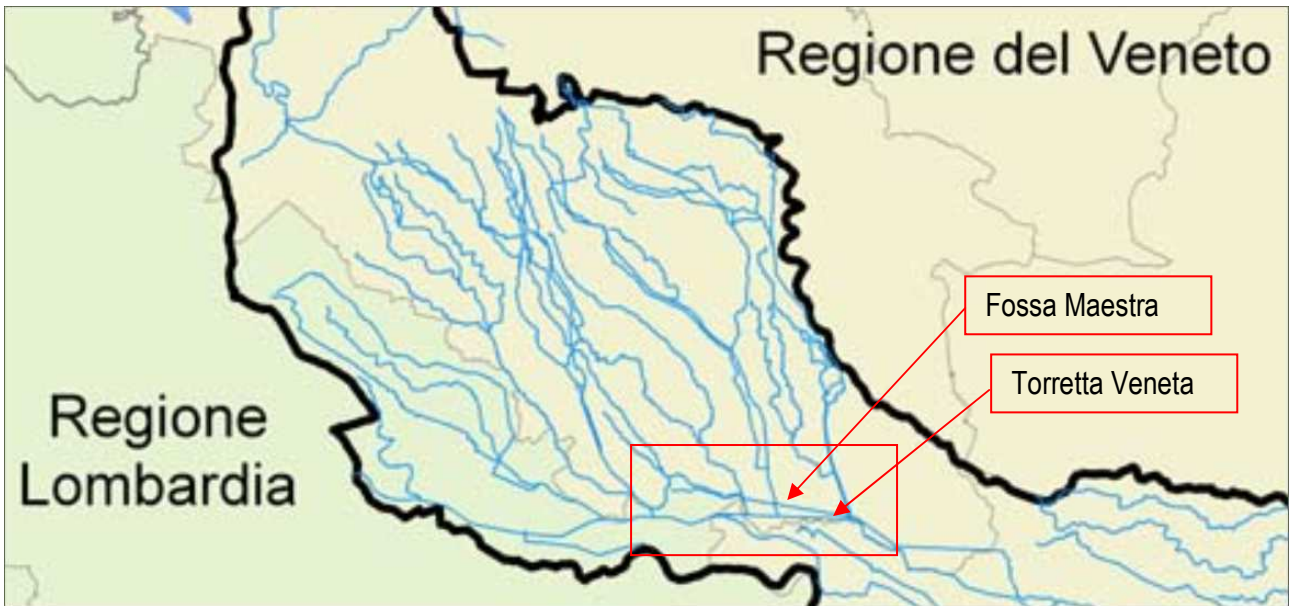
Tali acque nel passato sono state anche utilizzate usufruendo di salti di fondo per produrre l'energia necessaria ad azionare vecchi molini e pile da riso ora non più in funzione.

Esistono peraltro ancora dei vincoli di quote per tali acque, in particolare irrigui, che condizionano l'efficienza scolante dei vari canali.

Si ha quindi una situazione generale abbastanza complicata, di possibile difficoltà di scolo e di deficienza di adeguati franchi di bonifica (salvo nelle più elevate zone sabbiose) che, in periodi di particolare piovosità, si manifesta in allagamenti o infrigidimenti dei terreni.

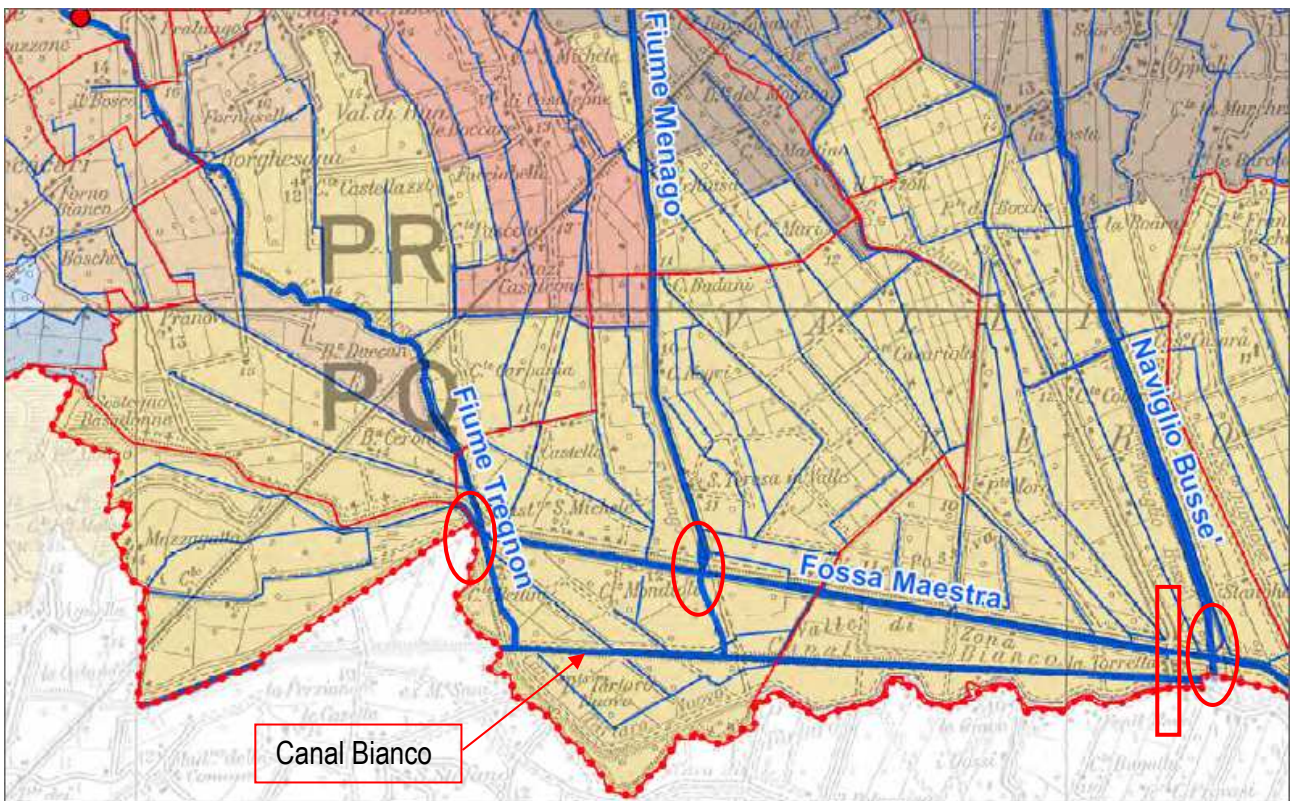
La difesa delle acque esterne è ora assicurata dalle poderose arginature di Adige e dalla sistemazione di Tartaro Canalbianco, così da non presentare particolari problemi idraulici.





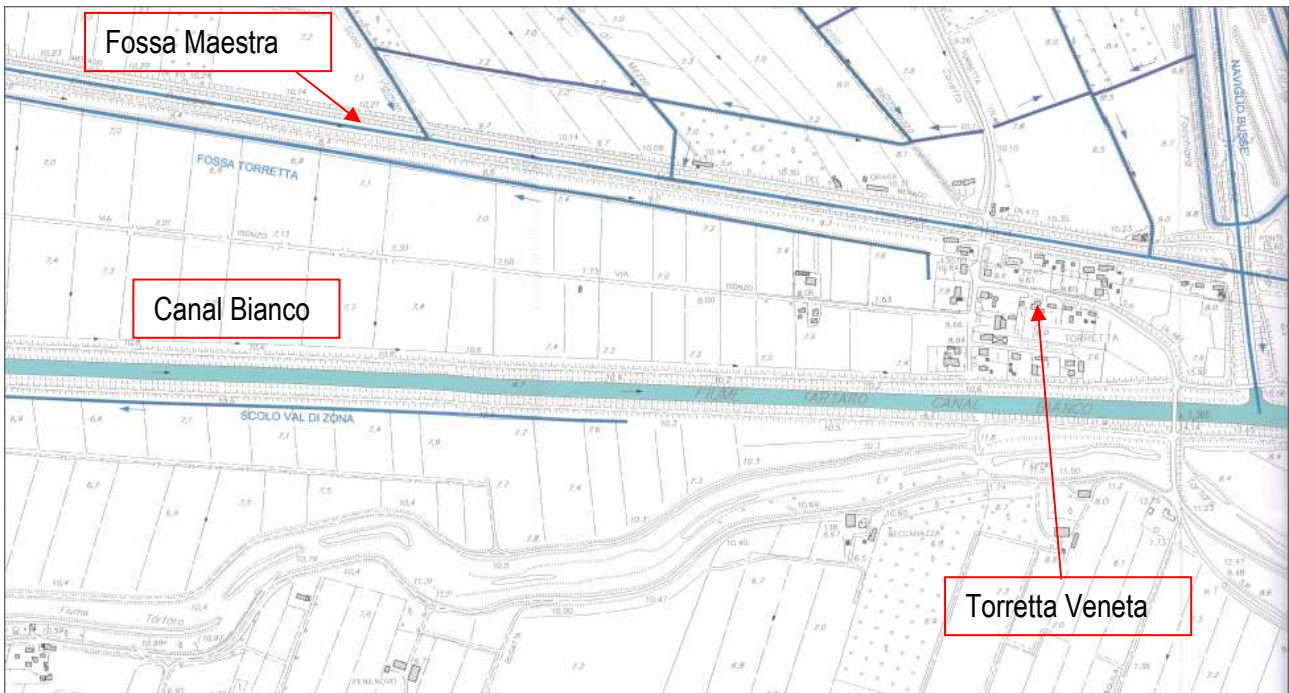
Sopra: Particolare del bacino del Fissero Tartaro Canal Bianco nella Provincia di Verona. I confini nord e sud del bacino sono delimitati rispettivamente dai sistemi dei corsi d'acqua Adige a nord e Po a sud.

Sotto: Particolare del bacino del Fissero Tartaro Canal Bianco nella zona di interesse nel riquadro



Ingrandimento di dettaglio dello schema idraulico del territorio, nel riquadro della figura precedente: i fiumi Tregonno, Menago e il naviglio Bussè by-passano la Fossa Maestra con ponte canale e scaricano in Canal Bianco, situazione evidenziata negli ovali rossi, (○)

mentre nel riquadro (□) è evidenziata la sezione dell'attraversamento in progetto.



Schema idraulico della Fossa Maestra in prossimità di Torretta Veneta

1.2.2 La compatibilità idraulica

Per lo studio dell'invarianza idraulica del territorio interessato dalla nuova opera si fa riferimento a: ALLEGATO_A_ Dgr n. 2948 del 6 ottobre 2009 "Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici - Modalità operative e indicazioni tecniche. Per classificare l'intervento l'allegato riporta la seguente tabella:

	Classe di Intervento	Definizione
X	Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
	Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
	Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
	Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

L'intervento in progetto si inserisce nell'ambito della **"trascurabile impermeabilizzazione potenziale"**, prevedendo superfici di neoformazione impermeabilizzate inferiori a 0,1 ha, infatti il ponte per la sua maggior superficie comporta un aumento di impermeabilizzazione di $30 \times 6,50 = 195$ mq aggiuntivi rispetto il ponte attuale e il by-pass provvisorio richiede la bitumatura di un tratto di $165 \times 3,50 = 578$ mq , **quindi la nuova impermeabilizzazione si limita ad una superficie effettiva di 0,773 ha = 773 mq.** Inoltre, quale misura compensativa, potrebbe essere preso il

provvedimento di ripristinare le superfici permeabili con la fresatura del by-pass provvisorio a lavori finiti, con ripristino della situazione ante opera, oppure si potrebbe realizzare il by-pass provvisorio con binder aperto, per avere una pavimentazione porosa semipermeabile.

1.3 Profili di moto permanente del Piano Generale di Bonifica

Le analisi idrauliche sul territorio condotte per il Piano Generale di Bonifica, sono state svolte: dopo aver individuato:

- *la rete idraulica per lo scolo e i relativi manufatti idraulici vincolanti, cioè strettamente connessi con la funzionalità della stessa;*
- *i regimi pluviometrici critici;*
- *gli eventuali scarichi significativi provenienti da reti di fognatura o da insediamenti particolari;*
- *le immissioni irrigue;*

si è proceduto alla verifica idraulica dei suddetti quattro collettori condizionanti l'intera rete consortile.

La verifica idraulica è stata svolta previa puntuale definizione:

- *dei bacini versanti nel collettore in esame;*
- *dello schema idraulico completo del bacino;*
- *dell'esistente profilo di fondo per tratti caratteristici;*
- *delle sezioni attuali;*
- *dei manufatti vincolanti.*

Partendo dalla valutazione della portata di deflusso eseguita con il metodo dell'invaso per ciascun bacino o sottobacino e per diversi tempi di ritorno, sono stati determinati i profili del pelo libero simulando il comportamento dei canali collettori mediante un modello matematico dell'asta fluviale a moto permanente.

Gli input del modello sono costituiti dalla geometria delle sezioni, dalla loro posizione lungo il corso d'acqua e dalle caratteristiche idrauliche (portata, scabrezza e condizioni idrometriche nella sezione più a valle). L'algoritmo del modello è la risoluzione per differenze finite dell'equazione dell'energia.

In assenza di perdite localizzate si è ipotizzato che le perdite continue siano rappresentate dallo stesso valore che avrebbero nel caso di moto uniforme.

Ciascun corso d'acqua è stato suddiviso in tratti, per lo più in conformità con le variazioni delle caratteristiche geometriche delle sezioni, e ciascun tratto è quindi stato suddiviso in ulteriori intervalli tali da consentire l'applicazione del metodo di calcolo alle differenze finite.

Le condizioni al contorno sono rappresentate dal livello del pelo libero nella sezione più a valle, e per i suddetti quattro corsi d'acqua principali esse sono rappresentate da:

h [m s.m.m.] (a valle)	
Tregon	9.15 sbocco nel Tartaro (max piena)
	8.50 sbocco nel Tartaro (quota regolata)
Menago	8.98 sbocco nel Tartaro (max piena)
	8.50 sbocco nel Tartaro (quota regolata)
Bussè	8.51 sbocco nel Tartaro (max piena)
F. Maestra	6.80 sbocco nel Tartaro (max piena)
	5.32 sbocco nel Tartaro (condizioni ricorrenti)

Per tali corsi d'acqua si sono calcolati i profili di molo permanente per diversi tempi di ritorno (5, 10, 20, 30, 50 anni) nonché per le diverse condizioni al contorno.

È stata simulata la situazione attuale così come successivamente, per i corsi d'acqua per i quali si rendono necessarie delle sistemazioni, sono state simulate le situazioni dopo gli interventi di progetto.

Il calcolo del profilo di moto permanente eseguito per un vasto range di tempi di ritorno ha permesso di valutare quando e dove si verifica l'annullamento del franco di bonifica, quando e dove si verificano esondazioni, fornendo quindi le necessarie indicazioni sull'indirizzo da dare agli interventi di riassetto idraulico.

Si è proceduto pertanto a valutare il tempo di ritorno di quel particolare evento di piena caratterizzato dalla probabilità composta che si verificano afflussi meteorici eccezionali in concomitanza con particolari condizioni di imbibizione del terreno tali da comportare elevati valori del coefficiente di deflusso.

Per quanto attiene la presente relazione idraulica si è quindi operato sempre a favore di sicurezza: considerando le quote calcolate per la fossa Maestra con i profili di moto permanente in condizioni (1) di scarsa officiosità della fossa e (2) con sbocco nel Tartaro a Canda in condizioni di massima piena (6,80 m s.m.)

1.3.1 FOSSA MAESTRA

1.3.1.1 Trasformazione del bacino della Fossa Maestra

Con l'ultimazione della Fossa Maestra, avvenuta nel 1868, il grande bacino del Tartaro venne a ripartirsi in due: uno che mantenne la stessa denominazione, l'altro che venne chiamato Fossa Maestra.

Il primo comprendeva grosso modo il comprensorio dei Consorzi Alto Tartaro, Ronco Tomba e Nichesola e la parte del territorio mantovano che si estende dal confine con la provincia di Rovigo al Po e al Mincio.

Il secondo era delimitato: a nord dal canale scaricatore dell'Alto Agro e dai limiti dei bacini Ronco Tomba e Nichesola, contribuenti in Bussè e con questo in Tartaro a Torretta Veneta, a est dagli argini in destra dell'Adige e del canale Malopera, a sud dal Tartaro e ad ovest dagli scoli Frascà, Zimmel e dai confini con i Consorzi Fossil del Morto e Alto Tartaro.

Complessivamente tale bacino aveva un'estensione di 465 Km² e raccoglieva tutte le acque basse dell'attuale comprensorio consortile nonché quelle medio alte recapitanti in Tregnò, Menago, Boldier Canossa, Focchiera, Lavigno e Fortezza Dugalone.

Per l'eccessiva estensione di tale bacino, di molto superiore a quello per cui era stata calcolata (km². 293), la Fossa Maestra evidenziò subito il proprio sottodimensionamento tanto da risultare incapace a far defluire tutte le portate ad essa afferenti. Da qui i ripetuti allagamenti per tracimazione che aggravarono ulteriormente lo stato dei terreni ex vallivi che di per se avevano già subito dei consistenti abbassamenti e che quindi si trovarono impossibilitati a scolare le proprie acque regolarmente nonostante l'installazione di più impianti idrovori.

Una nuova situazione idraulica venne a determinarsi con l'esecuzione dei lavori di sistemazione del Tartaro-Canalbianco progettati e realizzati dal Ministero dei LL.PP. a mezzo dei propri Uffici provinciali del Genio Civile intorno agli anni sessanta del XX secolo.

Le nuove opere hanno innanzitutto consentito l'estromissione dalla Fossa Maestra degli afflussi dei suddetti collettori di acque medie ed alte, riducendone il bacino agli attuali 18,120 Km². e determinando per la stessa Fossa, in condizioni di massima piena del Tartaro Canalbianco, una più depressa quota di recapito a punta Canda.

Su tali basi il Consorzio ha progettato e realizzato (1963-1969) le opere di adeguamento della Fossa Maestra, contenendo le nuove sezioni di sistemazione nell'alveo preesistente. A seguito di tali interventi è stato così possibile abbattere il pelo di massima piena, ma non si è potuto dotare di sicuro scarico libero tutti i terreni del bacino.

1.3.1.2 Recente sistemazione idraulica

Tutta la sistemazione generale della rete principale e secondaria delle acque di superficie scolanti tra l'Adige, il Mincio ed il Po è stata fissata nel profilo di massima piena assegnato alla principale asta collettrice identificata con il corso del Tartaro-Canalbianco-Po di Levante dal Ministero dei LL.PP., Uffici del Genio Civile di Rovigo, Verona e Mantova, nel progetto dell'anno 1954.

Alla suddetta arteria fluviale sistemata, in relazione all'andamento altimetrico dei terreni e alle condizioni oroidrografiche generali e locali sono state assegnate le altezze del pelo liquido di massima piena e regolato per deflussi nulli.

A Punta Canda, allo sbocco della Fossa Maestra, la quota di massima piena è stata ridotta da m 8.96 a m 6.80 s.m.m.

In conseguenza di quanto sopra il Consorzio di Bonifica ha provveduto alla elaborazione, nel 1964, di un progetto di adeguamento e sistemazione della Fossa, in modo da tener conto delle nuove situazioni idrauliche che si sono venute a determinare.

Per la presenza di terreni posti nel thalweg del bacino, in parte latitanti la suddetta fossa e in parte a distanze medie di 3-4 Km., con quote intorno a 6.80-7.00 m.s.m. si è realizzato un profilo di massima piena il più depresso possibile, con un valore medio in tutta l'asta di cm 3.5 per Km., valore tra i più bassi tra quelli impiegati nei collettori di bonifica.

Tale pendenza di progetto non è stata però mantenuta costante per tutto lo sviluppo del canale, ma questo è stato diviso in tre tronchi, ognuno comprendente tre tratte, con pendenze chilometriche (bassissime) di 6-13 cm con la parte centrale più pendente. Da questa suddivisione ne è derivato un profilo di pelo di max piena ad andamento convesso, che non è usuale nei collettori di bonifica, ma che però è risultato adatto alla sistemazione della Fossa Maestra per le sue particolari condizioni.

Va infatti tenuto presente che, in seguito all'estromissione delle acque di Tregon e di Menago, la sezione dell'alveo esistente nel primo tronco sarebbe risultata esuberante per le modeste portate che esso sarebbe stato destinato a convogliare in futuro, per cui l'adozione di una pendenza inferiore alla media comportava sì sezioni idrauliche più grandi di quelle che sarebbero risultate impiegando una pendenza superiore, ma comodamente contenute però nell'ampio alveo dove la sistemazione si sarebbe ridotta ad un refondo.

Viceversa nell'ultimo tronco, dove l'alveo si presentava ristretto e incassato e dove la diminuzione delle portate si faceva sentire in maniera proporzionalmente molto minore, la maggior pendenza permetteva di diminuire l'ampiezza, già notevole delle sezioni.

Assunte così le pendenze motrici, è stata adottata per il calcolo idraulico delle sezioni nelle singole tratte la II formula di Bazin.

Quanto alla scelta dell'indice di scabrezza, che è molto più determinante di quella della formula, in base a varie considerazioni non è stato adottato un unico indice per tutta l'asta, ma:

- 1.75 per tutto il primo tronco
- 1.50 per le prime due tratte del secondo tronco
- 1.30 per la terza tratta del secondo e per tutto il terzo tronco.

I lavori di sistemazione della Fossa Maestra vennero eseguiti con finanziamento del Ministero dell'Agricoltura, dal 1966 al 1970. Gli stessi, a seguito di qualche necessaria modifica apportata in sede esecutiva determinarono l'attuale profilo di fondo e le sezioni attuali.

Furono realizzati anche vari manufatti idraulici costruiti dal Genio Civile o dal Consorzio, vincolanti il deflusso delle acque nella Fossa in esame.

1.3.1.3 Verifica idraulica dell'anno 1969

Una prima verifica idraulica della Fossa Maestra sistemata è stata effettuata dal prof. Claudio Datei dell'Università di Padova nel 1969, a seguito di specifico incarico del Consorzio di Bonifica.

Sono stati determinati i profili di massima piena della Fossa Maestra, per la condizione di moto permanente e con portata massima di 35 mc/sec. nelle seguenti due condizioni di recapito;

- con quota terminale a m. 5.32 s.m.m.
- con quota terminale a m. 6.80 s.m.m.

La prima è una quota derivante da condizioni ricorrenti di recapito, la seconda è la quota di massima piena fissata nel precitato progetto del Ministero dei LL.PP.

A Punta Canda quindi, dove la Fossa Maestra sbocca nel Canalbianco, la quota di massima piena calcolata, in base alla portata più elevata nel suddetto Canalbianco di 200 mc/sec., è di mt. 6.80 s.m.m. Il pelo regolato nel tronco di valle del Canalbianco (Canda-Baricetta) è stabilito a quota 4.40 m. s.m.m.

Il pelo di recapito della Fossa in Canalbianco oscillerà quindi fra i suddetti limiti (6.80- 4.40). È presumibile che la massima piena sopraindicata sarà eccezionale e forse non si raggiungerà mai, in considerazione dell'ampiezza con la quale sono state calcolate le portate afferenti al Canalbianco, basate sulla previsione di un completo sviluppo delle irrigazioni in tutto il bacino. Ciò potrà avvenire solo in un lontano futuro.

1.3.1.4 Verifiche idrauliche nell'ambito del P.G.B.T.T.R.

Allo scopo di corrispondere alle indicazioni contenute nella Guida per la predisposizione del P.G.B.T.T.R. e per avere un quadro aggiornato della situazione idraulica della Fossa Maestra, della sua attuale capacità di deflusso, in relazione alle piene prevedibili, si è proceduto alla calcolazione dei profili di piena della stessa, nelle condizioni di moto permanente, per diversi regimi di pioggia e per le differenti condizioni geometriche delle sezioni di deflusso; cioè nelle condizioni di completa officiosità idraulica delle stesse e anche in relazione agli interrimenti accertati nei vari tratti.

Sono stati adottati i valori delle piogge intense determinati nello studio del prof. Bixio relativi alla stazione di Torretta, che è risultata la più rappresentativa per il bacino in esame.

Per i calcoli, il bacino è stato schematizzato in una serie di sottobacini confluenti in vari punti dell'asta principale e in una serie di tronchi di diverse lunghezze, sezioni e pendenze, il tutto ricostruito in base ai rilievi disponibili.

I valori massimi di portata della Fossa Maestra, determinati utilizzando sia il metodo cinematico che quello dell'invaso, con riferimento alle piogge intense relative alla stazione di Torretta Veneta sono riportati nel seguito.

Dall'esame dei risultati dei calcoli eseguiti con i suddetti due metodi si può osservare una buona concordanza dei valori di portata massima in funzione del tempo di ritorno.

Il Genio Civile di Verona, nel progetto del 1954, aveva considerato una portata massima della Fossa Maestra, alla sua immissione in Tartaro Canalbianco a Punta Canda, di mc/sec. 35,616, applicando il coefficiente di lt/sec/Ha 2.40 su una superficie del bacino quantificata in Ha 14,840.

Inoltre tutti i suddetti regimi idraulici sono stati determinati, come già riferito in precedenza, sia nella condizione di completa officiosità delle diverse sezioni che in quella di una **ridotta officiosità** delle stesse pari al 20%, nel tratto corrente dallo sbocco in Tartaro Canal Bianco al sostegno in località Ponte Rosso, **e pari al 15%, nel tratto di monte.** Quanto sopra in relazione al fatto che, per la ridottissima pendenza della Fossa Maestra e quindi per la bassa velocità dell'acqua, si formano dei depositi che, nonostante la continua opera di manutenzione svolta dal Consorzio, fanno ritenere più attendibili i risultati in tali condizioni. L'asta della Fossa Maestra è stata suddivisa in 7 tronchi individuati da variazione di sezione o di pendenza. Da valle verso monte i tronchi risultano così individuati:

- | | | |
|----|---|---|
| 1° | Sbocco in Tartaro - Ponte Passetto | |
| 2° | Ponte Passetto - Ponte Baruchella | |
| 3° | Ponte Baruchella - Sostegno Ponte Rosso | |
| 4° | Sostegno Ponte Rosso - Ponte Cagliari | |
| 5° | Ponte Cagliari – Bussè | |
| 6° | Bussè – Menago | (è il tratto interessato dalle nuove opere) |
| 7° | Menago – Tregon | |

1.3.1.5 Profili di piena della Fossa Maestra

I profili liquidi corrispondenti ai diversi tempi di ritorno e alle suddette condizioni di deflusso sono riportati nelle tavole allegate (v. ALLEGATI).

Nelle condizioni di sezioni completamente libere e con il pelo libero vincolato alla quota di recapito in Tartaro-Canalbianco, a m. 5.32 s.m.m. si ha:

Per **Tr = 5 e 10 anni** La situazione idraulica può considerarsi soddisfacente nell'intero bacino. Il franco di bonifica assume dappertutto valori ampi ad eccezione dei bacini più depressi (Valle Estrema, Guniero-Loria-Sproccara, Marcia, Calderon e Val di Zona) dove presenta valori appena sufficienti.

Per **Tr = 20 anni** Per alcuni dei bacini più depressi (Valle Estrema, Lona, Sproccara, Marcia e Val di Zona) ci si avvicina all'annullamento del franco di bonifica.

Per **Tr = 30 e 50 anni** Nel tratto terminale della Fossa (a valle del ponte Rosso) il franco di bonifica assume ancora valori soddisfacenti. Nel tratto di monte le quote dei peli liberi assumono valori dominanti i piani di campagna dei bacini Guniero, Valle Estrema, Loria, Sproccara, Marcia, Calderon, Viego Nuovo, Val di Zona e Passiva. Nei rimanenti bacini si hanno situazioni sopportabili o con franchi di bonifica ancora sufficienti.

La Fossa Maestra, nelle condizioni sopra indicate, è quindi in grado di sopportare la piena ventennale ($Q = 21,342$ mc/sec.); con portate superiori si verificano invece delle gravi condizioni di disagio idraulico con estesi allagamenti.

Con quota di recapito a mt. 6.80 s.m.m. e sezioni ancora completamente libere gli andamenti dei peli liberi dei profili di moto permanente sono simili a quelli precedenti ma con quote, evidentemente, più elevate. In tali condizioni si instaurano nella Fossa Maestra dei peli liquidi che provocano allagamenti in alcuni bacini anche per $Tr = 5$ ($Q = 11,540$ mc/sec.).

Per $Tr = 50$ anni si ha:

- fino alla località Ponte Rosso il franco di bonifica si mantiene entro valori soddisfacenti; solo nel bacino dello Strazzari ovest tale franco si annulla;
- a monte di tale località e sino alla botte sottopassante il fiume Menago risultano allagabili i seguenti bacini: Guniero, Valle Estrema, Loria, Sproccara, Marcia, Calderon, Viego Nuovo, Val di Zona e Passiva. Negli altri bacini si verifica l'annullamento del franco senza allagamenti;
- a monte del Menago le quote dei bacini afferenti la Fossa si innalzano con conseguenti sufficienti franchi di bonifica.

Si è già detto che la limitata pendenza del profilo di fondo della Fossa determina nella stessa delle velocità molto basse, e quindi possibilità di depositi, che ne riducono le sezioni di deflusso. Poiché tali situazioni sono ricorrenti, si è ritenuto opportuno determinare i profili di moto permanente, nelle due sopraindicate condizioni di recapito in Tartaro Canalbianco, anche nelle condizioni di sezioni parzialmente ridotte e precisamente, con riduzione del 20%, nel tratto di valle della località Ponte Rosso, e del 15%, nel tratto di monte.

Tali valori sono mediamente quelli riscontrabili nel caso di ritardato diserbo di fondo e di sponda o dopo qualche anno (3-5) dalla esecuzione degli espurghi, in tali condizioni la situazione evidentemente peggiora.

Con quota di recapito a mt. 5.32, la Fossa è in grado di addurre, senza allagamenti, anche se con annullamento del franco nei bacini più depressi, la sola portata decennale ($Q = 16,242$ mc/s).

1.3.1.6 Verifiche idrauliche nella sezione in studio

Per $Tr = 50$ la portata della Fossa Maestra nella sezione finale di Canda è $Q = 28,432$ mc/s, la portata con $Tr = 50$ anni nella sezione in studio è **$Q = 16,68$ mc/s**.

Con quota di recapito a mt. **6.80** (quota eccezionale) e nelle condizioni suddette, il pelo libero della Fossa Maestra è a quota 7,85 nella sezione in studio con ordinaria manutenzione, nel caso di ridotta officiosità della fossa per ridotta manutenzione (l'alveo tende a sedimentare per le basse velocità) il pelo libero, nelle stesse condizioni incrementa a quota **8,15** m. La quota del fondo è 5,01 m. Tale valore di livello idrico è quello assunto in progetto.

E' comunque la situazione idraulica più gravosa (quota recapito m s.m. 6,80), con tempo di ritorno $Tr = 50$ anni e portata di piena $Q = 16,68$ mc/s nel tratto in esame, che viene effettuata la verifica del ponte in progetto e in condizioni di ridotta manutenzione (ridotta officiosità delle sezioni): la quota di massima piena a Torretta Veneta lascia un idoneo franco dal sottotrave di 1,85 m, come è possibile rilevare dalle tavole grafiche progettuali.

Mancando nella documentazione e nello studio dei profili di moto permanente situazioni per $Tr > 50$ anni, si è proceduto ad una valutazione per semplice estrapolazione sia delle portate che delle quote idrauliche per $Tr = 100$ e per $Tr = 200$ anni.

Si tratta puramente di un esercizio matematico, perché per tali valori di portata le esondazioni a monte sono probabilmente abbastanza vaste da non poterle trascurare in un modello corretto.

Si considerano comunque le valutazioni effettuate come qualitative, tenendo presente che allagamenti a monte presuppongono laminazione e quindi riduzione di colmi di piena a valle.

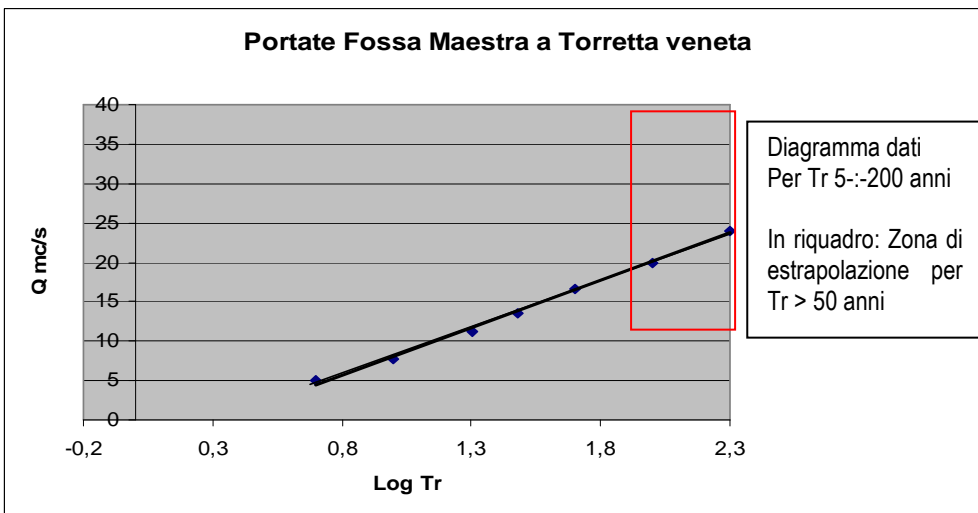
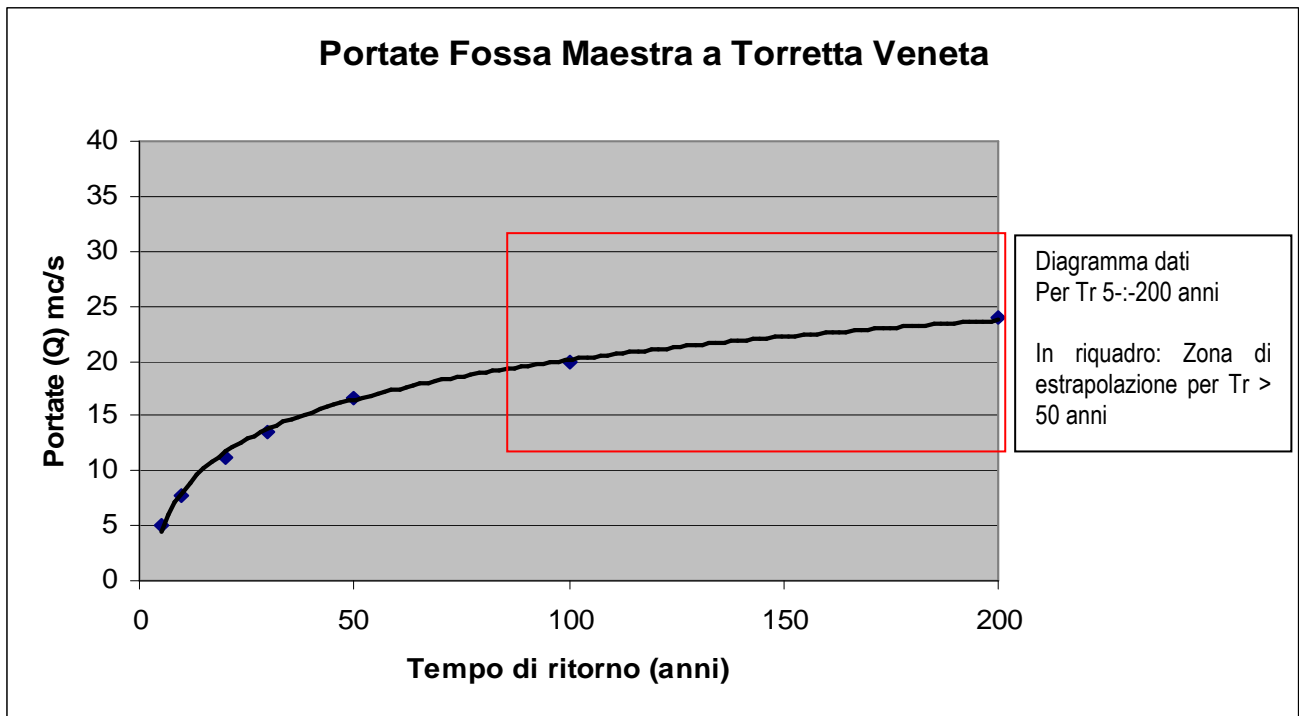
I dati disponibili nella sezione in studio:

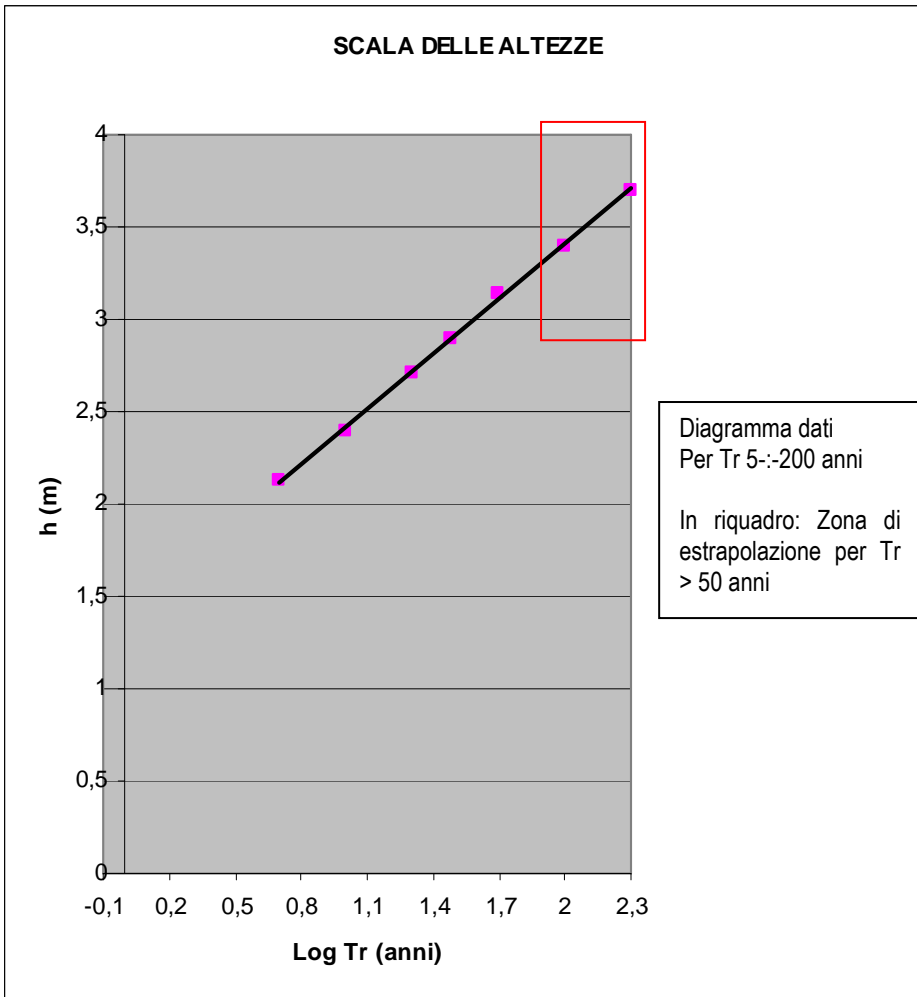
Tr	Q
5	5,053
10	7,808
20	11,241
30	13,534
50	16,683

Elaborazione con estrapolazione per Tr = 100 e Tr = 200 anni:

Tr (anni)	Log Tr	Q mc/s	h (m)
5	0,69897	5,053	2,127
10	1	7,808	2,4
20	1,30103	11,241	2,71
30	1,477121	13,534	2,894
50	1,69897	16,683	3,136
100	2	20	3,4
200	2,30103	24	3,7

← estrapolazioni per Tr > 50 anni





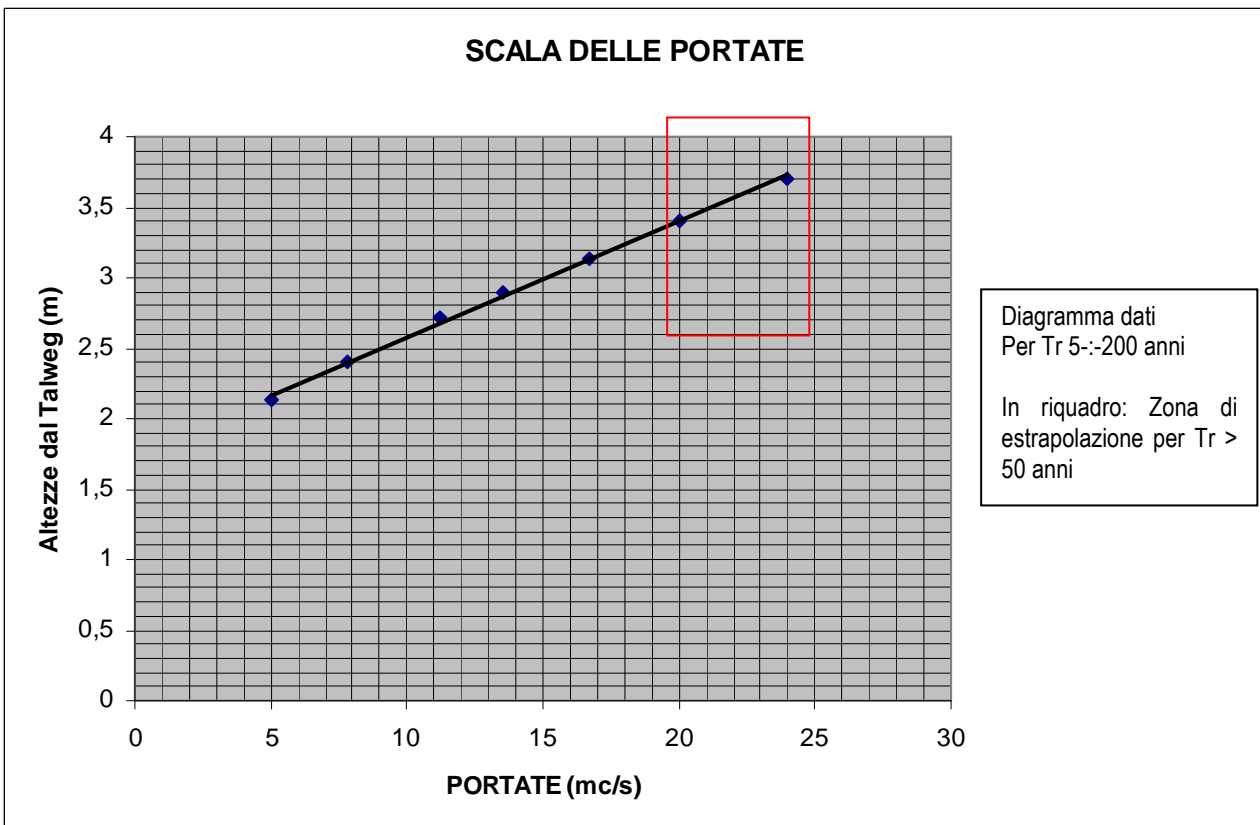
Dalle elaborazioni e dai diagrammi precedenti è possibile ricavare in modo utile i diagrammi a fianco della scala delle altezze e della scala delle portate per la sezione in studio: per Tr 100 e Tr 200 è possibile stimare l'altezza d'acqua dal talweg per la portata (di stima) $Q_{100} = 20$ mc/s e $Q_{200} = 24$ mc/s che sono rispettivamente:
 $h = 3,4$ m
 $h = 3,7$ m

pertanto:

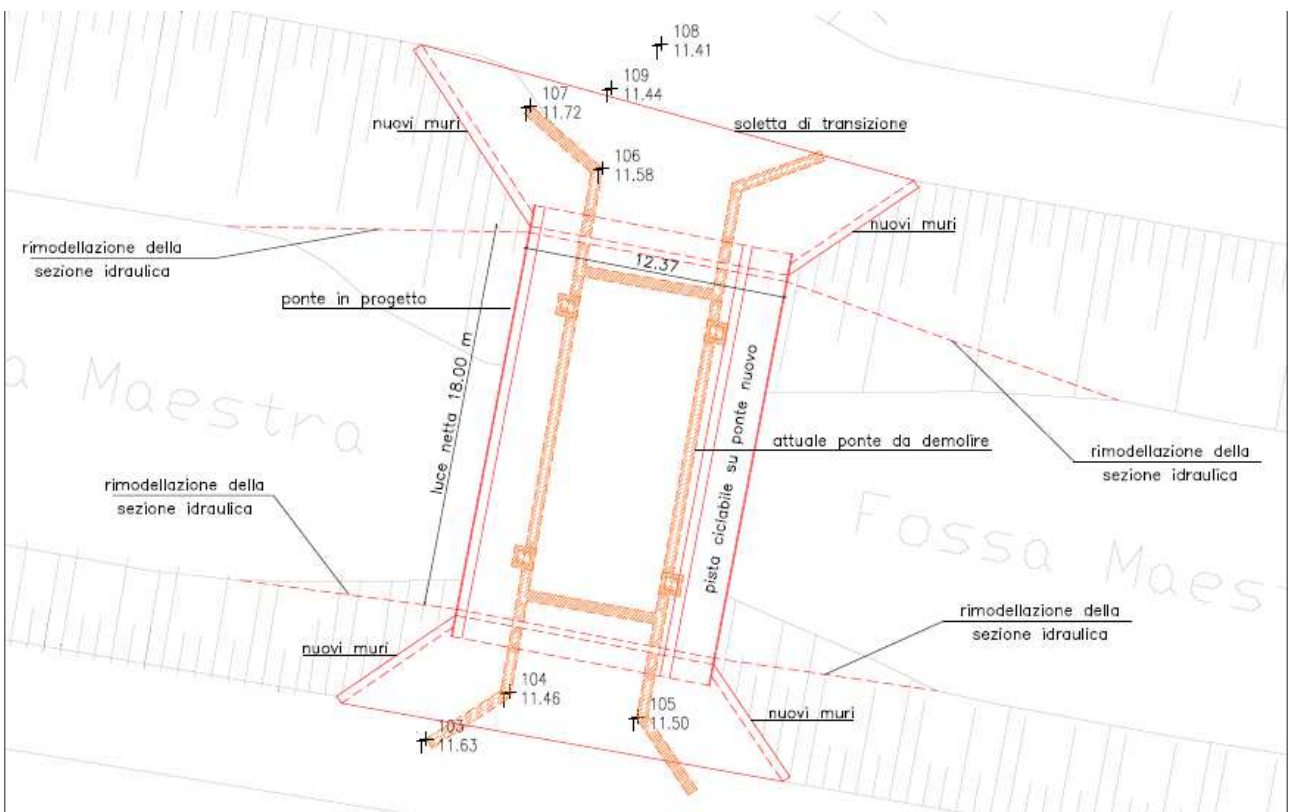
$q_{100} = 8,41$ m s. m.

$q_{200} = 8,71$ m s. m.

sono le quote del pelo (stimate) per i due eventi di piena con Tr_{100} e Tr_{200}

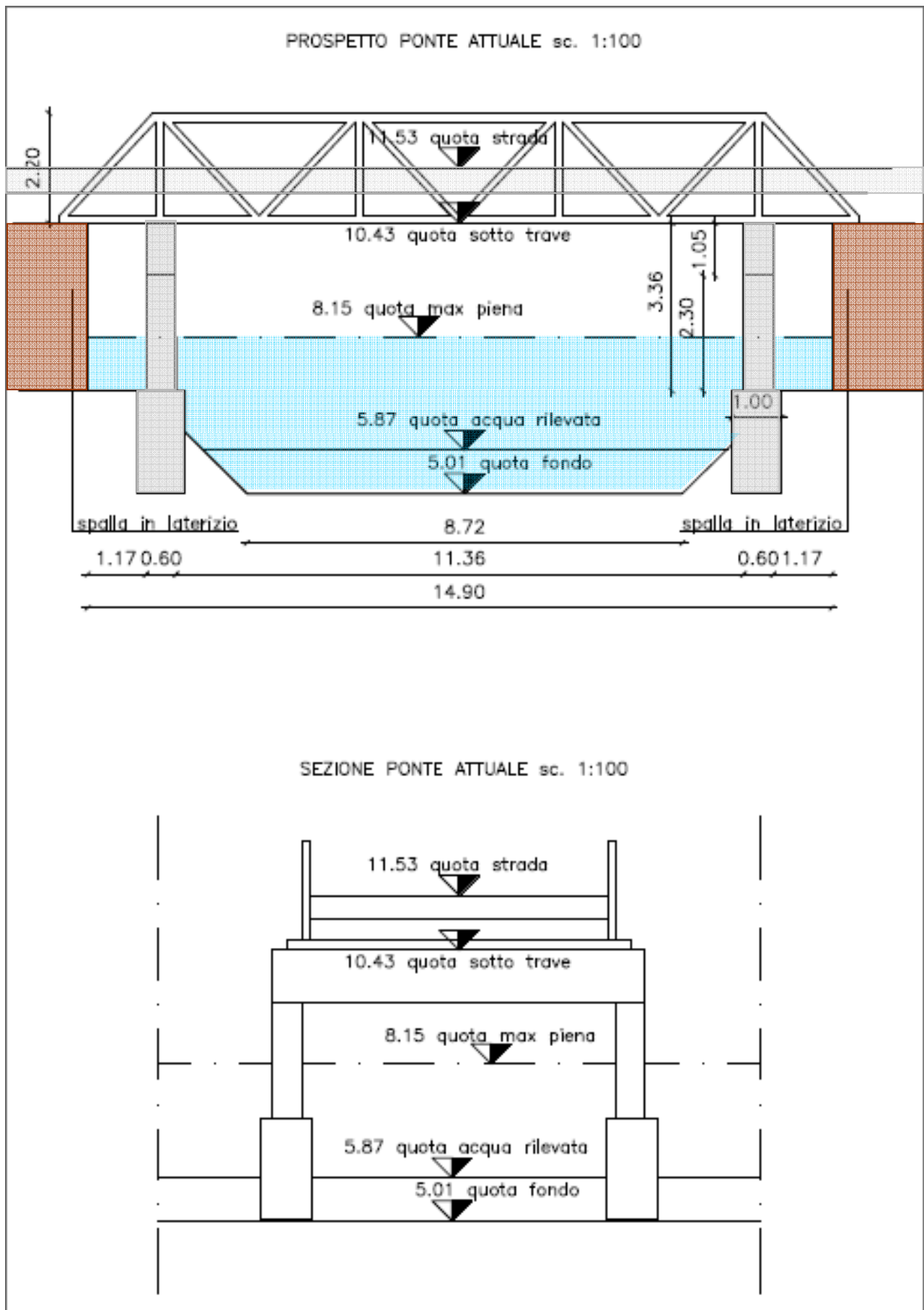


PLANIMETRIA ORTOFOTO CON INSERIMENTO CTR E RILIEVO DI CAMPAGNA

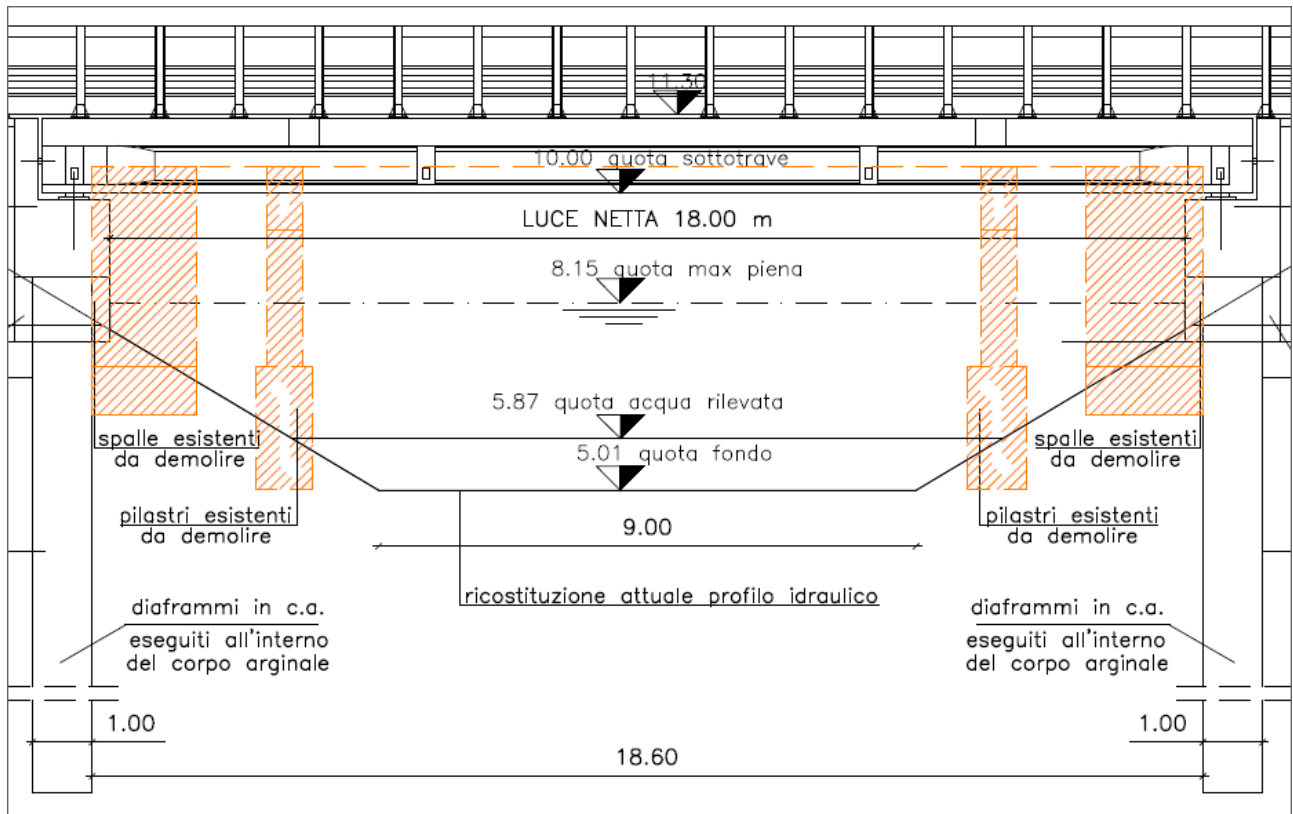
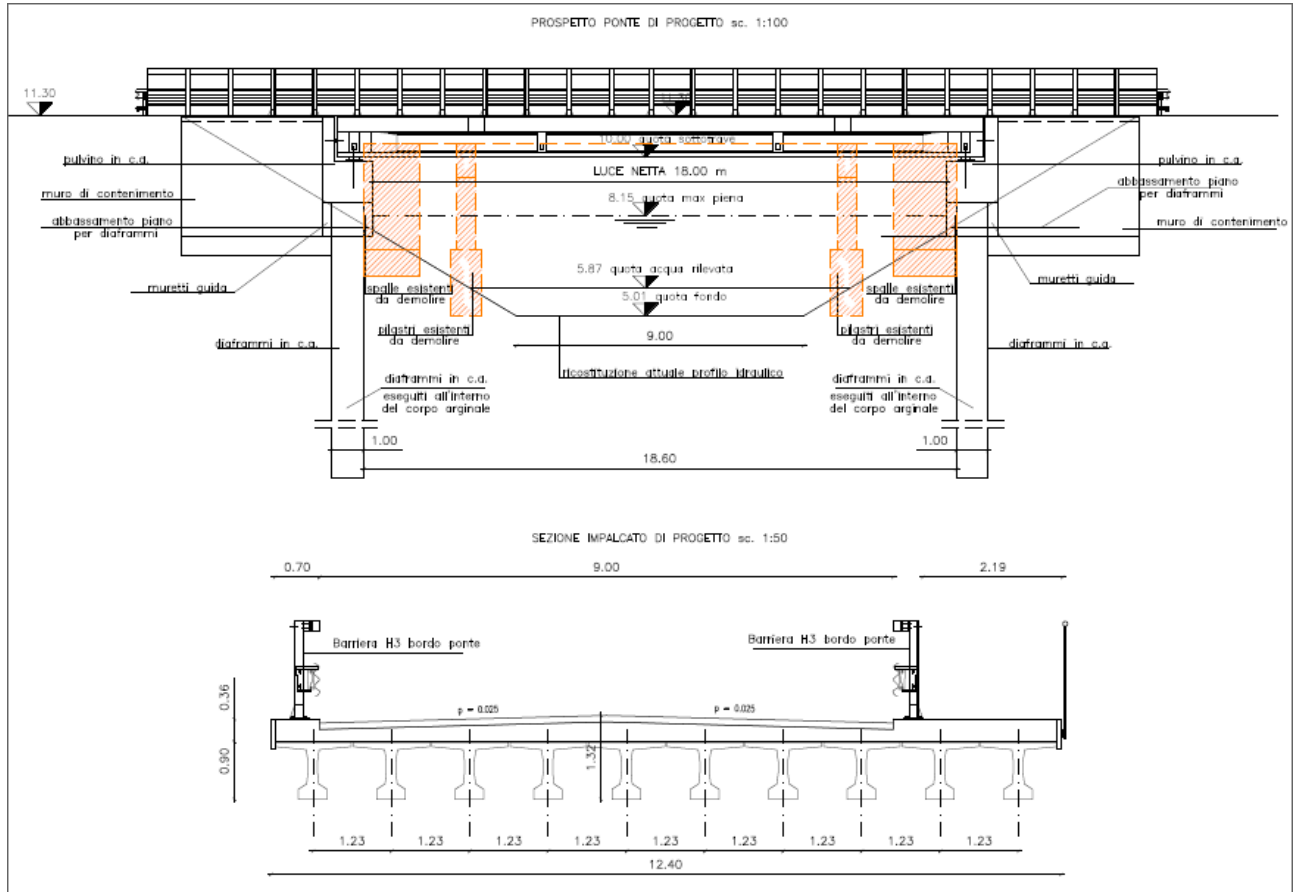


PLANIMETRIA: SOVRAPPOSIZIONE STATO DI FATTO (ARANCIONE) CON STATO DI PROGETTO (ROSSO)

PROSPETTO PONTE ALLO STATO



PROSPETTO E SEZIONE PONTE DI PROGETTO



DETTAGLIO DEL PROSPETTO (in tratteggio le parti del ponte attuale da demolire)
 DI SEGUITO LA VERIFICA IDRAULICA DELLA NUOVA SEZIONE CHE VIENE CONDOTTA PER
 CONFRONTO DEI PARAMETRI IDRAULICI FONDAMENTALI CON L'ATTUALE

Si procede per confronto tra lo stato di fatto e quello di progetto, in quanto una verifica puntuale dovrebbe essere condotta con una modellazione di moto permanente e non a moto uniforme. Tuttavia, è evidente dalle considerazioni che seguono, che una modellazione raffinata appare superflua: i profili di moto permanente sono già stati studiati dal Consorzio e sono stati allegati in calce alla relazione; le considerazioni che seguono danno validità alla valutazione qui effettuata soprattutto per il bassissimo carico cinetico che si ha nei deflussi della fossa anche in condizioni di massima piena: tale limitato carico cinetico nell'ambito di un profilo di moto permanente di tipo M1 come si instaura in condizioni di piena della fossa e del recettore finale (Canal Bianco), crea minime perturbazioni al moto e sovralti irrisori del pelo libero, per un limitato disturbo al flusso, di ordine men che centimetrico, come si evince di seguito.

La sezione idraulica corrente nel tratto in studio presenta fondo di larghezza 12 m con scarpate con scarpa 2, pertanto con altezza di piena ($Tr = 50$ anni) 3,14 m (nel caso di ridotta officiosità delle sezioni), si ha $A = 50,44$ mq con pelo libero di 24,56 m e una sezione liquida nominale di $A = 57,40$ mq, con velocità media dell'acqua $v = 0,33$ m/s.

La sezione di attraversamento del ponte di Torretta allo stato attuale presenta un restringimento però, abbastanza marcato, perché le spalle del ponte in cotto distano m 14,90 e la luce libera è ridotta dalla presenza di due pile in alveo in c.a. distanziate di soli 1,17 m dalle spalle.

La sezione idraulica dello stato di fatto e con livello di massima piena ($Tr = 50$ anni) $h = 8,15$ m s.m. è: $A_0 = 36,10$ mq, sensibilmente inferiore a quella corrente del tratto.

Il perimetro bagnato è $P_b = 22,99$ m; il raggio idraulico è $Rh_0 = 1,57$ m.

La sezione idraulica di progetto è $A_1 = 44,43$ mq, con $P_b = 20,39$ m e $Rh_1 = 2,18$ m.

La sezione idraulica viene aumentata del 23% e il raggio idraulico del 24%.

In termini idraulici il miglioramento del deflusso della portata di piena è dato da:

$$A_1 / A_0 \times Rh_1 / Rh_0 = 1,53$$

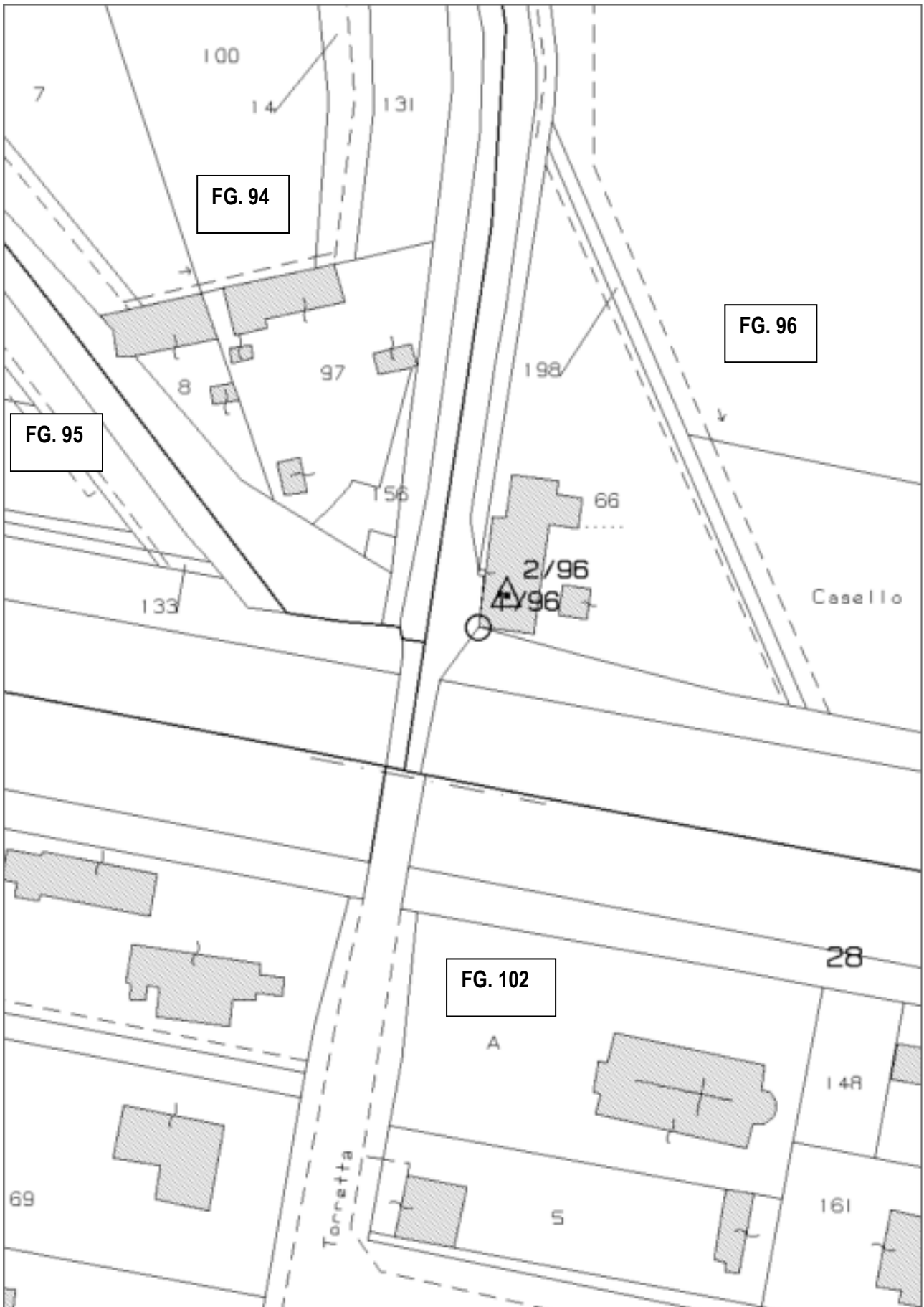
Ciò significa, in teoria, poter far defluire con la stessa quota di 8,15 m s.m. la piena (stimata o, meglio, estrapolata con tutti i limiti del caso) con tempo di ritorno 200 anni, nelle more del fatto che, essendo per qualsiasi Tr un deflusso rigurgitato (profilo M1), l'effettivo funzionamento è diverso, perché di fatto il livello del pelo libero sarà "sostenuto" dal profilo di rigurgito, pertanto non assisteremo ad una effettiva riduzione del livello del pelo libero per le migliorate condizioni idrauliche della sezione in progetto. Inoltre il canale nel suo complesso è difficilmente in grado di far transitare una portata con tempo di ritorno così lungo senza esondazioni e, in caso di esondazioni, tutta l'idraulica della Fossa Maestra non può essere trattata come è stato fatto con le portate inferiori al tempo di ritorno di 50 anni.

Quanto all'effetto idraulico del restringimento localizzato, si ha un passaggio dalla velocità $v = 0,33$ m/s nella sezione corrente a $v = 0,46$ m/s nella sezione dell'attuale manufatto.

Il carico cinetico $v^2/2g$ vale quindi 0,56 cm per la sezione corrente e 1,08 cm per la sezione in restringimento attuale.

Per la sezione con il manufatto in progetto la velocità media dell'acqua è $v = 0,375$ m/s e il carico cinetico corrispondente è 0,7 cm, una differenza veramente trascurabile dalla sezione corrente di monte.

Senza ulteriori valutazioni sul possibile rigurgito dato dal restringimento esistente allo stato e quello di progetto, si può considerare molto piccolo allo stato attuale e davvero trascurabile nelle condizioni di progetto: chiaramente la sezione idraulica dallo stato attuale allo stato di progetto, ne beneficia non solo per aumentata area di sezione liquida ma anche per l'eliminazione di impedimenti in alveo che possono sempre rappresentare un problema per l'eventuale problema di deflusso di corpi flottanti o vegetazione.



MAPPA CATASTALE (2018) COMUNE DI LEGNAGO - UNIONE DEI FOGLI 94-95-96-102

ALLEGATI

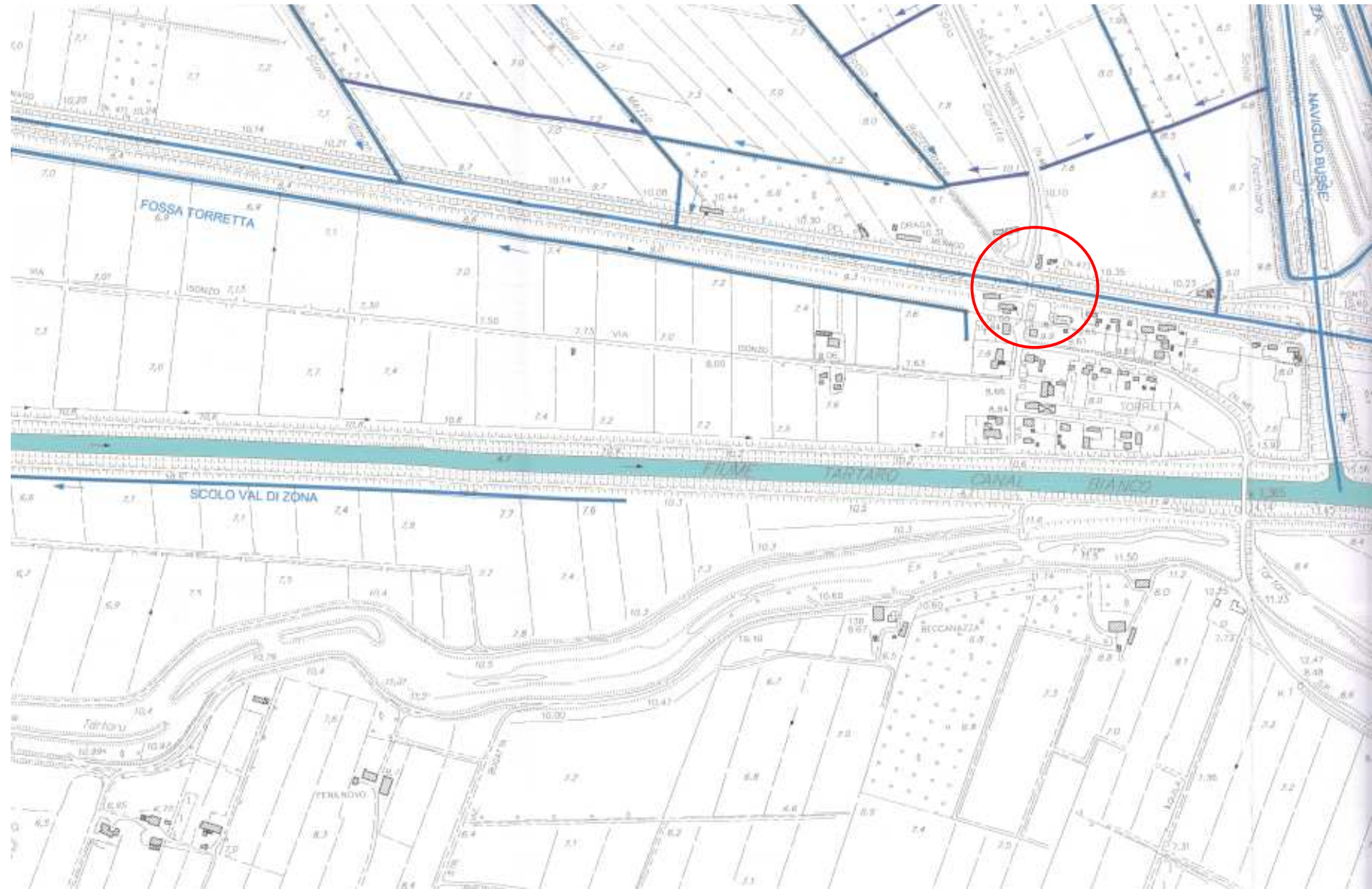
TAVOLE:

1) PLANIMETRIA ACQUE CONSORTILI

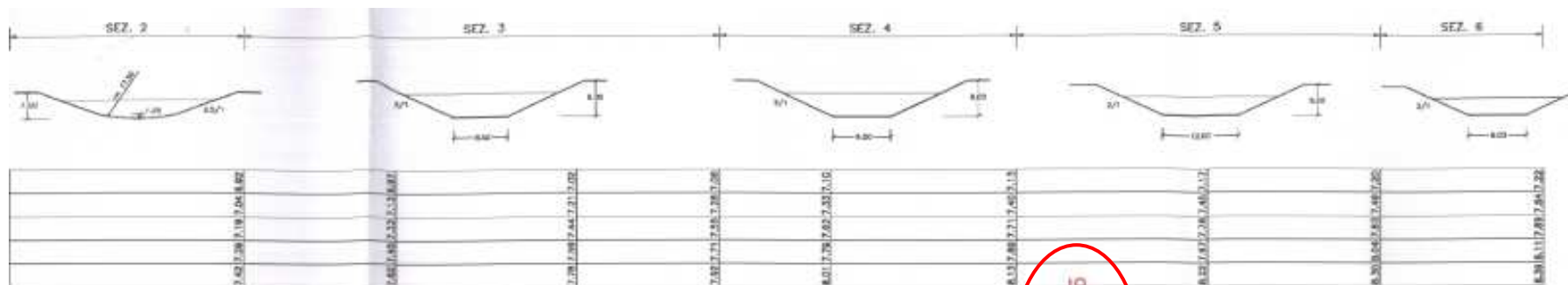
2) PROFILO IDRAULICO DI PIENA DELLA FOSSA MAESTRA

A – DI MONTE (con quote pelo libero per ridotta officiosità della fossa Maestra)

B – DI VALLE (con quote pelo libero per ordinaria officiosità della fossa Maestra)



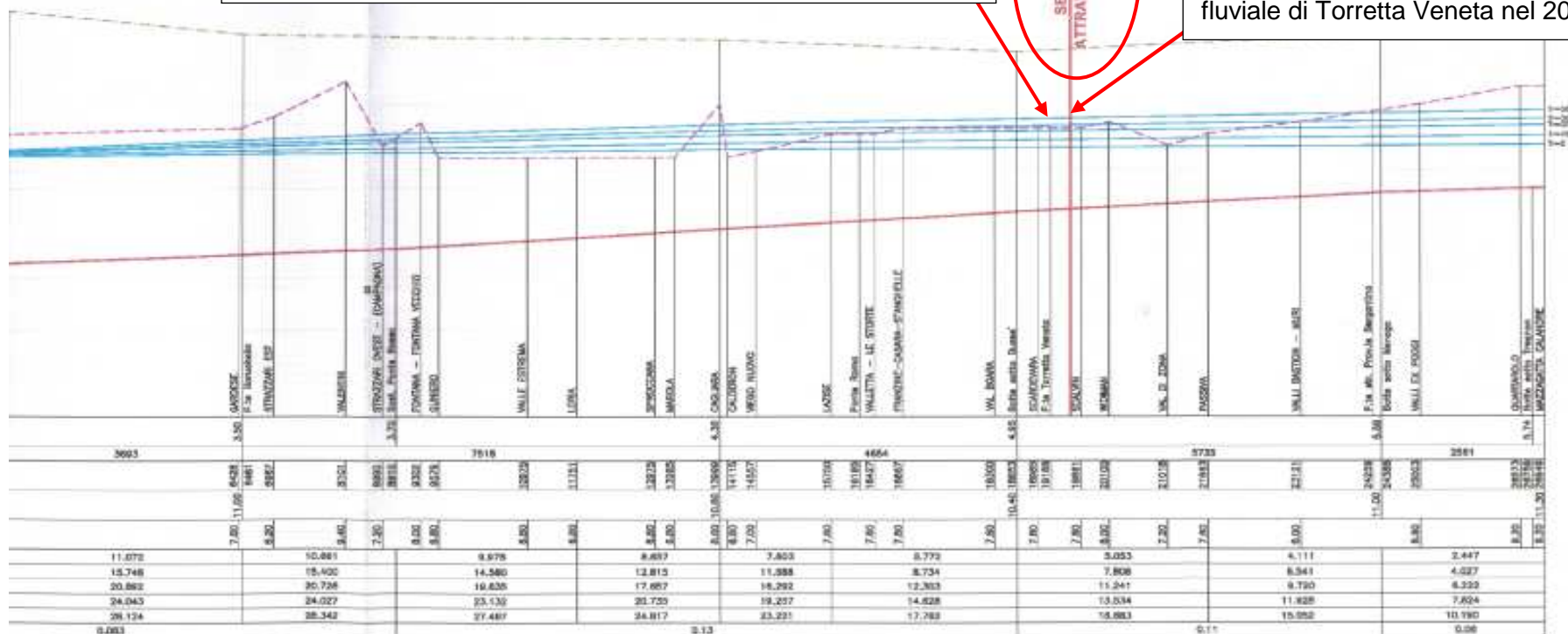
1) PLANIMETRIA ACQUE CONSORTILI CON EVIDENZIATO L'ATTRAVERSAMENTO DELLA FOSSA MAESTRA A TORRETTA VENETA DALLA SP 46

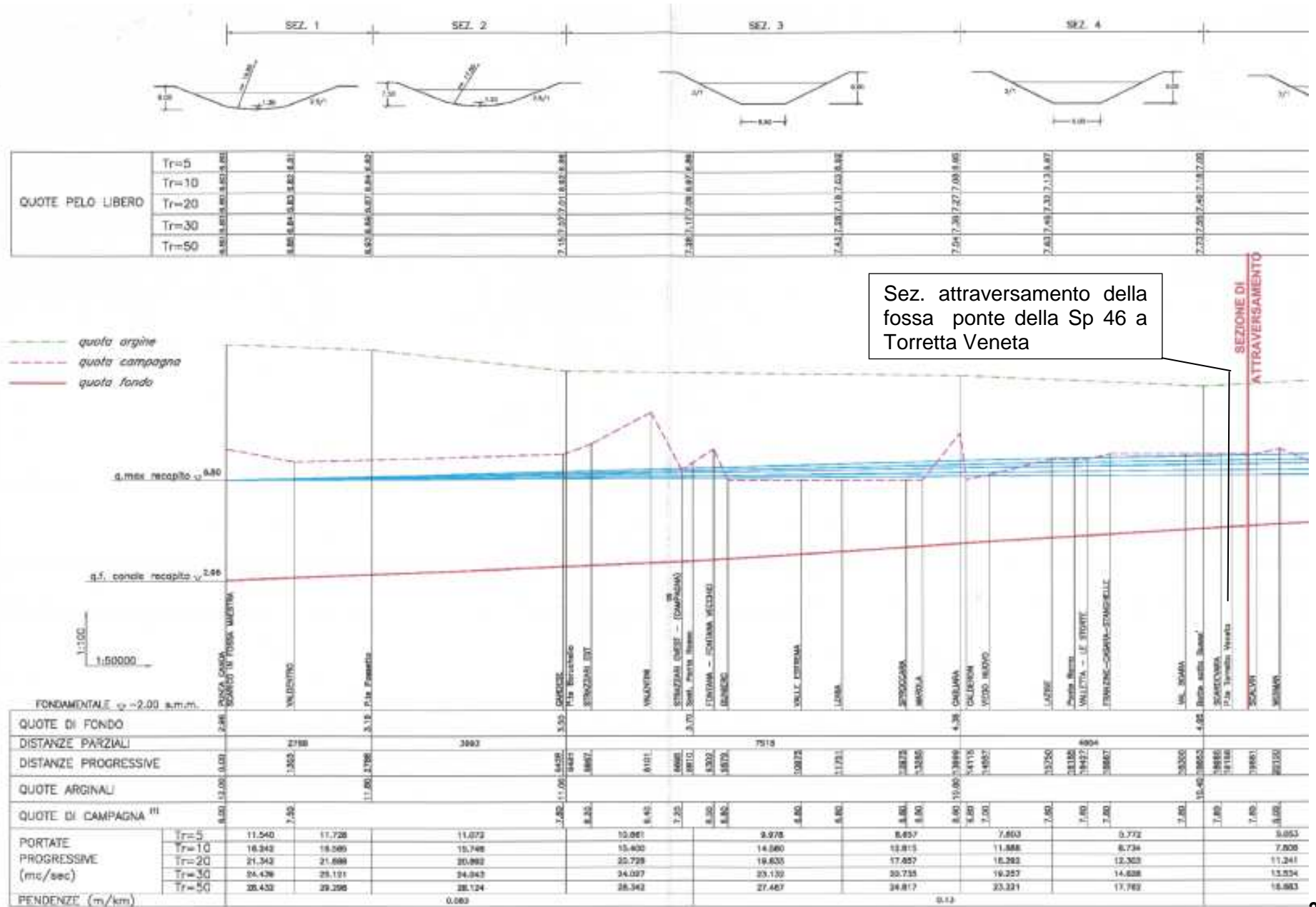


Sez. Attraversamento della fossa ponte della Sp 46 a Torretta Veneta – progetto di sostituzione con nuovo manufatto in c.a.p.



Sez. Attraversamento di monte della fossa in c.a.p. realizzato per la banchina fluviale di Torretta Veneta nel 2007





Sez. attraversamento della fossa ponte della Sp 46 a Torretta Veneta

SEZIONE DI ATTRAVERSAMENTO