



newgreenenergy

NEW GREEN ENERGY s.r.l.

Via Diocleziano, 107 – 80125 NAPOLI

REGIONE PUGLIA

COMUNI DI ORTA NOVA E CERIGNOLA (FG)

PROGETTO DEFINITIVO

PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEI TERRITORI DEI COMUNI DI CERIGNOLA E ORTA NOVA (FG) IN LOCALITA' "SALICE - LA PADULETTA"

PROGETTISTI:

PROPONENTE:

M&M ENGINEERING S.r.l.

Sede Operativa:
Via I Maggio, n.4

71045 Orta Nova (FG) - Italy
tel./fax (+39) 0885791912 -

ing.marianomarseglia@gmail.com

Progettisti:

ing. Mariano **Marseglia**

ing. Giuseppe Federico **Zingarelli**

Collaborazioni:

ing. Giovanna Scuderi

ing. Dionisio Staffieri

geom. Francesco Mangino

geom. Claudio A. Zingarelli

NEW GREEN ENERGY s.r.l.

Via Diocleziano, 107

80125 NAPOLI

newgreen@pec.it - info@newgreen.it

ELABORATO	TITOLO	COMMESSA			
GEO 02	RELAZIONE IDRAULICA	02EOL-2018			
		CODICE ELABORATO			
		EOL-GEO-02			
REVISIONE	Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio M&M Engineering S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. (art. 2575 c.c.)	NOME FILE	PAGINE		
00		EOL-GEO-02.doc	48 + copertina		
REV		DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato
00	14/01/2019	Prima Emissione	Marseglia	Marseglia	De Vita
01					
02					
03					
04					
05					
06					

Sommario

1. INTRODUZIONE	2
1.1 METODOLOGIA UTILIZZATA	2
1.1 STUDI IDROLOGICI.....	3
1.2 VERIFICHE IDRAULICHE.....	3
1.4 VALUTAZIONE DELL'ESCAVAZIONE E TRASPORTO SOLIDO.....	6
1.5 VALUTAZIONE AREE INTERESSATE DALLA PORTATA AVENTE TEMPO DI RITORNO DUECENTENNALE	6
2. CANALE CASTELLO SUPERIORE	7
2.1 STUDIO IDROLOGICO	7
2.2 VERIFICA IDRAULICA	14
2.3 VALUTAZIONE DELL'ESCAVAZIONE E TRASPORTO SOLIDO.....	29
2.4 VALUTAZIONE DELLE AREE INTERESSATE DALLA PORTATA CON	30
TEMPO DI RITORNO DUECENTENNALE	30
3. FOSSO MARANA CASTELLO	31
3.1 STUDIO IDROLOGICO	31
3.2 VERIFICA IDRAULICA	36
3.3 VALUTAZIONE DELL'ESCAVAZIONE E TRASPORTO SOLIDO.....	47
3.4 VALUTAZIONE DELLE AREE INTERESSATE DALLA PORTATA CON TEMPO DI RITORNO DUECENTENNALE 48	
4. CONCLUSIONI.....	48

1. INTRODUZIONE

Il presente studio è finalizzato alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 14 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 4,2 MW per una potenza complessiva di 58,80 MW, da realizzarsi nella Provincia di Foggia, nei territori comunali di Orta Nova e Cerignola, in cui insistono gli aerogeneratori e le opere di connessione alla RTN.

In particolare, la realizzazione del cavidotto esterno all'impianto, porta ad intersecare il reticolo idrografico esistente in due punti e, precisamente nel territorio comunale di Cerignola, il Canale "Castello Superiore" ed il secondo il "Fosso Marana Castello".

È quindi necessaria la redazione del presente studio al fine di verificare la compatibilità degli interventi previsti con gli artt. 6 e 10 della N.T.A. del Piano Stralcio di Assetto idrogeologico.

1.1 METODOLOGIA UTILIZZATA

Per quanto riguarda la metodologia utilizzata, l'analisi è stata strutturata in due fasi.

La prima fase prevede la raccolta di dati storici di esondazioni ed allagamenti che hanno interessato l'area oggetto di studio. È possibile reperire tali dati in primo luogo dall'archivio delle Aree Vulnerate Italiane (AVI). Si è proceduto inoltre ad una indagine nella memoria storica locale, in quanto gli eventi passati, per dimensioni del bacino ed opere interessate, non sono stati rilevanti per la collettività. E non si sono rinvenute memorie di recenti eventi meteorici che hanno portato gravi allagamenti delle aree limitrofe.

È stato inoltre condotto uno studio geomorfologico, con l'ausilio della cartografia IGM, dei rilievi aerofotogrammetrici, foto aeree e rilievo topografico dell'area di interesse.

Nella seconda fase è stato svolto uno studio idrogeologico a livello di bacino, per la determinazione delle portate attese, con un tempo di ritorno di 200 anni, per ciascuno dei quattro tratti analizzate. Lo studio è stato condotto in conformità a quanto previsto dal progetto Valutazione Piena (VaPi) del Gruppo Nazionali Difesa Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI).

Tale studio è stato seguito dalle modellazioni idrauliche sulla rete idrografica potenzialmente soggetta a criticità nella situazione attuale, ed il tutto è stato svolto in condizioni di moto permanente.

Per lo svolgimento di tali analisi è stato utilizzato il software HEC-RAS River Analysis

System.

La verifica è stata condotta l'ungo tratti d'asta avente lunghezza tale da non far risentire gli effetti delle condizioni al contorno imposte nelle sezioni di interesse. Ciò al fine di verificare la compatibilità degli interventi prestati.

Sono stati infine individuati gli elementi vulnerabili, costituiti essenzialmente dagli attraversamenti esistenti adiacenti ai quali passeranno gli attraversamenti in sotterraneo dei cavidotti, realizzati con trivella teleguidata.

1.1 STUDI IDROLOGICI

Si è quindi poi proceduto alla redazione degli studi idrologici dei vari bacini, per la determinazione delle portate attese con il tempo di ritorno di 200 anni; condotti in conformità a quanto previsto dal progetto Valutazione Piene (VaPi), riferito a qualsiasi sezione dei corsi d'acqua della Puglia, nel nostro caso con particolare riguardo ai bacini compresi tra il Fiume Ofanto a sud e il torrente Candelabro a nord. Per i bacini analizzati non esistono nella sezione terminale del bacino una stazione di misura idrometrica, quindi viene utilizzato un modello indiretto per la stima della valutazione della piena media annua. In particolare, applichiamo la *formula razionale*.

1.2 VERIFICHE IDRAULICHE

Come innanzi accennato, la verifica idraulica delle aste interessate dal presente studio, sono state condotte con il software HEC – RAS River Analysis System, dell'US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. Non essendo previste, nell'alveo in modellamento attivo e nelle fasce di pertinenza fluviale, opere in superficie, ma esclusivamente scavi, e trivellazioni con teleguidata per la realizzazione degli attraversamenti, che saranno poi opportunamente chiusi, non vi è quindi alterazione dell'assetto idrogeologico dei luoghi ed è stato effettuato lo studio modellando la situazione attualmente esistente.

Il lavoro è stato articolato nelle seguenti fasi:

- Inserimento dei dati della geometria;
- Inserimento dei dati della portata;
- Effettuazione dei calcoli idraulici;
- Controllo dei risultati, conseguente integrazione dei dati di input ove necessario, correzione di questi ultimi, e ricalcolo del modello.

La prima fase, inserimento dati geometrici, ha riguardato innanzitutto il disegno dell'asta in esame, i cui vertici sono stati determinati tramite le coordinate geografiche dedotte dalla "carta

tecnica regionale” e controllati tramite rilievo topografico effettuato con tecnologia GPS. Si è quindi passati all’inserimento dei dati delle sezioni trasversali, con numerazione crescente da valle verso monte. La geometria di tali sezioni è stata determinata tramite il rilievo topografico innanzi detto. Per le varie sezioni sono stati inseriti tutti i dati necessari al programma per l’elaborazione del modello. Per i coefficienti di Manning’s si è tenuto conto della situazione reale. Per le varie sezioni, sono stati definiti gli argini (Levees) ove necessario, in modo da far assumere al programma lo scorrimento dell’acqua a sinistra dell’argine desto e a destra del sinistro. Fino a che una delle due sommità arginali non venga superata dalla superficie del pelo libero. Per i tratti in cui esistono morfologie del territorio aventi la funzione di argine, è stato necessario inserire aree a flusso nullo (Ineffective Flow Areas), in modo da poter definire aree, all’interno delle sezioni trasversali, che contengono acqua non attivamente convogliata, quindi zone in cui l’acqua ristagna e quindi la sua velocità, nella direzione del flusso, è vicina allo zero. terminate le sezioni, si è passati alla definizione degli attraversamenti. Il calcolo dei ponti e sottopassi come nel nostro caso, richiedono quattro sezioni trasversali per calcolare le perdite di energia dovute alla struttura. La prima è stata posizionata a valle della struttura ad una distanza tale che il flusso non risenta della presenza della struttura stessa. Come suggerito dal “Corps of Engineers”, tale sezione è stata posizionata a circa quattro volte la larghezza media della costrizione laterale causata dalle spalle dell’attraversamento. La seconda è stata invece posizionata immediatamente a valle del sottopasso, tale sezione raccoglie il flusso all’uscita. La terza invece è stata ubicata appena a monte della struttura, questa raccoglie il flusso immediatamente a monte. L’ultima sezione è stata posizionata a monte della struttura, ed è quella nella quale le linee di flusso sono approssimativamente parallele e l’area di flusso è costituita dall’intera area della sezione. In questo caso il Corps of Engineers suggerisce di posizionare tale sezione ad una distanza pari ad una volta la larghezza media della costrizione laterale causata dall’attraversamento. Durante i calcoli, il programma genera automaticamente due ulteriori sezioni all’interno della struttura. La cui geometria è combinazione delle sezioni seconda e terza, con la geometria dell’attraversamento. Le perdite dovute alle contrazioni ed alle espansioni del flusso tra due sezioni trasversali sono determinate direttamente nella procedura di integrazione del profilo liquido. L’equazione di Manning è usata per calcolare le perdite di attrito e tutte le altre perdite sono valutate tramite dei coefficienti che moltiplicano il valore assoluto della variazione dell’altezza cinetica tra sezioni trasversali adiacenti. Quando l’altezza cinetica aumenta verso valle viene usato il coefficiente di contrazione, quando diminuisce verso valle, viene usato il coefficiente di espansione. Definita la geometria degli

attraversamenti, si è definita la scelta del modello di calcolo. Il programma prevede per il calcolo degli attraversamenti quattro situazioni. Condizione di deflusso a pelo libero, il quale a sua volta contempla i casi di corrente lenta, veloce o quando il profilo liquido passa attraverso l'altezza critica; calcoli di deflusso in pressione, a stramazzo e combinato. La scelta del modello sarà usata dal programma per il calcolo in condizioni di flusso a pelo libero e di alto flusso. Nel nostro caso si è scelto il metodo dell'energia.

Terminato l'inserimento dei dati geometrici si è passati alla definizione dei dati relativi al moto permanente. È stato scelto un unico profilo da calcolare per ciascuno dei quattro canali, e cioè quello relativo ad un tempo di ritorno di 200 anni. Sono stati poi inseriti i dati di portata. Il passaggio successivo è quello che riguarda le condizioni al contorno. Queste sono necessarie per stabilire il livello del pelo libero dell'acqua all'estremità del sistema (A monte e/o a valle). In un regime di corrente lenta, la condizione al contorno necessaria è quella di valle (Non risente di ciò che accade a monte), in caso di corrente veloce la condizione necessaria quella di monte (Non risente di ciò che accade a valle). Se invece viene effettuato il caso in regime di flusso misto, come nel nostro caso, allora le condizioni al contorno devono essere immesse per entrambe le estremità del sistema. Le opzioni sono quattro. La prima riguarda la quota nota del pelo libero. In questo caso bisogna scegliere come condizione la quota del pelo libero nota. La seconda l'altezza critica, opzione scelta nel presente lavoro, in questo caso non è necessario immettere nessuna ulteriore informazione, il programma calcolerà automaticamente l'altezza critica per ogni profilo e la userà come condizione al contorno. Le ultime due riguardano l'altezza di moto uniforme, con l'indicazione della pendenza della linea dell'energia e; scala di deflusso, con l'inserimento di coppie di valori per la quota e la portata. Come già detto per il calcolo dei profili di moto permanente è stata utilizzata l'opzione mixed. Tra le opzioni di simulazione si è utilizzata quella denominata flow distribution locations (Sezioni di calcolo della distribuzione di flusso), suddividendo in più parti il flusso. Per il calcolo delle perdite di carico (friction Slope methods) è stato scelto "average convenience" impostato come metodo di default per il moto permanente.

Effettuato il calcolo vengono visualizzati i risultati, sia in modo grafico, sezioni, profili e vista 3D, distribuzione delle velocità; che sotto forma tabellare. Tra i vari controlli, il programma ne effettua uno di tipo automatico quando si lancia il calcolo, ed in più fornisce una serie di avvertenze e note. Nel nostro caso non sono stati evidenziati errori, ma solo messaggi di "warnings", dei quali si sono seguite le indicazioni, essenzialmente interpolazione di nuove sezioni, per eliminare gli inconvenienti. Effettuate tali modifiche sono

stati ripetuti i calcoli.

1.4 VALUTAZIONE DELL'ESCAVAZIONE E TRASPORTO SOLIDO

Al fine di poter stimare l'eventuale fenomeno di escavazione si è fatto riferimento alla letteratura in materia di trasporto solido, in particolare "Sistemazione dei corsi d'acqua" di De Peppo, Datei, Salandin.

Tutti gli attraversamenti esaminati sono risultati sottodimensionati in rapporto alla portata con tempo di ritorno di 200 anni ed inoltre quello presente sul Fosso Marana Castello risulta quasi totalmente ostruito; quindi essi costituiscono un ostacolo al deflusso dell'acqua in caso di piena, inducendo nelle sezioni immediatamente a monte di essi, nelle quali passerà il cavidotto in sotterraneo, un abbassamento della velocità della corrente, ciò quindi porta tendenzialmente ad un deposito del trasporto solido e non ad un'escavazione.

1.5 VALUTAZIONE AREE INTERESSATE DALLA PORTATA AVENTE TEMPO DI RITORNO DUECENTENNALE

Dalla modellazione idraulica effettuata, si è risaliti alla individuazione delle aree probabilmente interessate dalla portata avente tempo di ritorno due centennale. Nei casi in cui ciò non sia stato possibile a causa della configurazione territoriale pianeggiante si è proceduto ad effettuare ipotesi di deflusso delle acque sui territori limitrofi al canale in esame.

2. CANALE CASTELLO SUPERIORE

2.1 STUDIO IDROLOGICO

Lo studio idrologico del bacino, per la determinazione delle portate attese con diversi tempi di ritorno, è condotto in conformità a quanto previsto dal progetto Valutazione Piene (VaPi), riferito a qualsiasi sezione dei corsi d'acqua della Puglia, nel nostro caso con particolare riguardo ai bacini compresi tra il Fiume Ofanto a sud e il torrente Candelaro a nord.

In particolare, l'area di studio ricade nella zona omogenea 3, così come riportate nella figura del progetto VaPi.

Calcoliamo la portata immediatamente a monte della sezione del n. 1 del canale:

Definiamo i seguenti parametri:

$$A = \text{Area del bacino sotteso} = 103.15 \text{ Km}^2$$

$$C^* = \text{Coefficiente di piena} = 0.09 + 0.47 (1 - \text{p.p.}) = 0.09 + 0.47 (1 - 0.50) = 0.325$$

$$\text{p.p.} = \text{Frazione ad elevata permeabilità del bacino} = 0.50 \text{ tr} = \text{Tempo di ritardo} = 0.344$$

$$A^{1/2} = 0.344 * 103.15^{1/2} = 3.49 \text{ ore}$$

L'area di studio ricade nella zona pluviometrica omogenea n. 3, come indicato nel progetto VaPi.

In questo caso la legge di probabilità pluviometrica assume la seguente forma:

$$m[h(d)] = a * d^{n(z)} = 25.30 d^{n(z)}$$

Dove d indica la fissata durata della pioggia, ed m[h(d)] indica come varia la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia.

Mentre:

$$n(z) = (C Z + D + \text{Ln} \alpha - \text{Ln} a) / \text{Ln} 24 = (0.000531 * 150 + 3.811 + \text{Ln} 0.89 - \text{Ln} 25.3) / \text{Ln} 24 = 0.171$$

Con Z quota media del bacino = 150 m s.l.m.; D = 3.811, $\alpha = 0.89$, a = 25.3 mm/h, C = 0.000531 dalle tabelle Va.Pi.

Avendo individuato nel nostro caso un tempo di ritardo pari a 3.49 ore. Da cui si ha:

$$m[h(d)] = 25.30 * 3.49^{0.171} = 31.33 \text{ mm}$$

Definiamo quindi la media del massimo annuale dell'intensità di precipitazione di durata d:

$$m[I(d)] = m[h(d)] / d = 31.33 / 3.49 = 8.98 \text{ mm}$$

In base all'estensione dell'area, le precipitazioni possono essere ragguagliate alla superficie del bacino idrografico considerato, per tener conto del fatto che la precipitazione calcolata è un valore puntuale e quindi va opportunamente ridotta di un valore (fattore di Riduzione Areale) che dipende dall'estensione dell'area studiata e dalla durata dell'evento. Per tale parametro il VaPi Puglia fornisce la seguente relazione:

$$KA(d) = KA(tr) = 1 - (1 - \exp(-c^1 A)) \exp(-c^2 d c^3) = 1 - (1 - \exp(-0.0021 * 103.15)) \exp(0.53 * 3.49 * 0.25) = 0.906$$

In cui i coefficienti valgono:

$$c^1 = 0.0021; c^2 = 0.53; c^3 = 0.25$$

La portata della piena media annua secondo la formula razionale è data dalla espressione seguente:

$$m(Q) = C * Ka(tr) m[I(tr)] A/3.6 = 0.325 * 0.906 * 8.98 * 103.15/3.6 = 75.76 \text{ m}^3/\text{s}$$

Al valore di portata così ottenuto va applicato il fattore di crescita KT il cui valore è funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto. Per le zone della Puglia settentrionale si hanno i valori riassunti nella tabella seguente.

Tempo di ritorno

	2	5	10	20	25	30	40	50	100	200	500	1000
T	0.83	1.39	1.85	2.37	2.55	2.67	2.95	3.15	3.76	4.39	5.22	5.84

Quindi per un tempo di ritorno di 200 anni si ha:

$$m(Q) = 75.76 * 4.39 = 332.59 \text{ mc/s}$$

Si riporta in seguito l'individuazione del bacino, la planimetria con l'individuazione delle sezioni ed il rilievo fotografico.

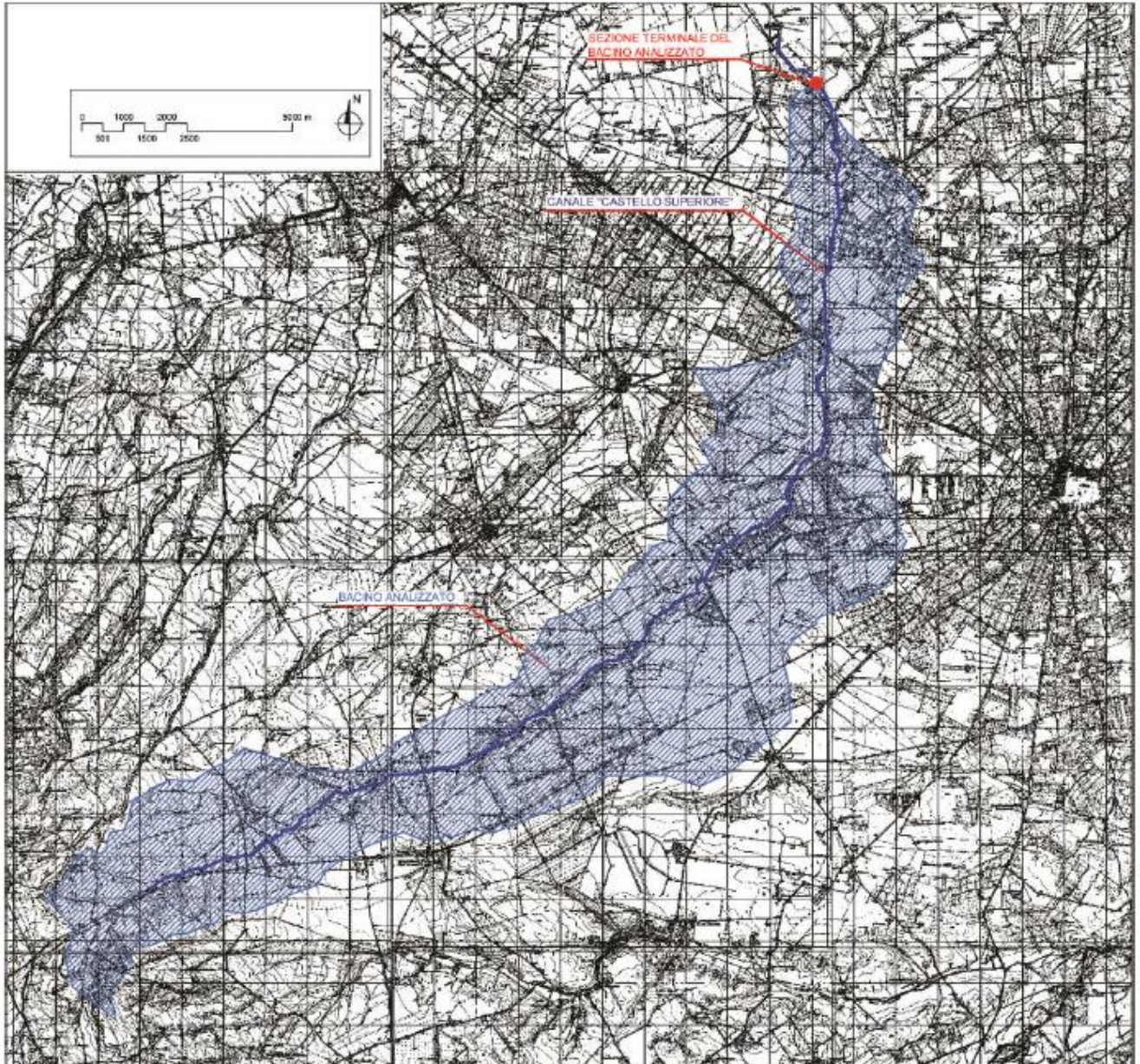


Fig. Bacino Canale Castello Superiore

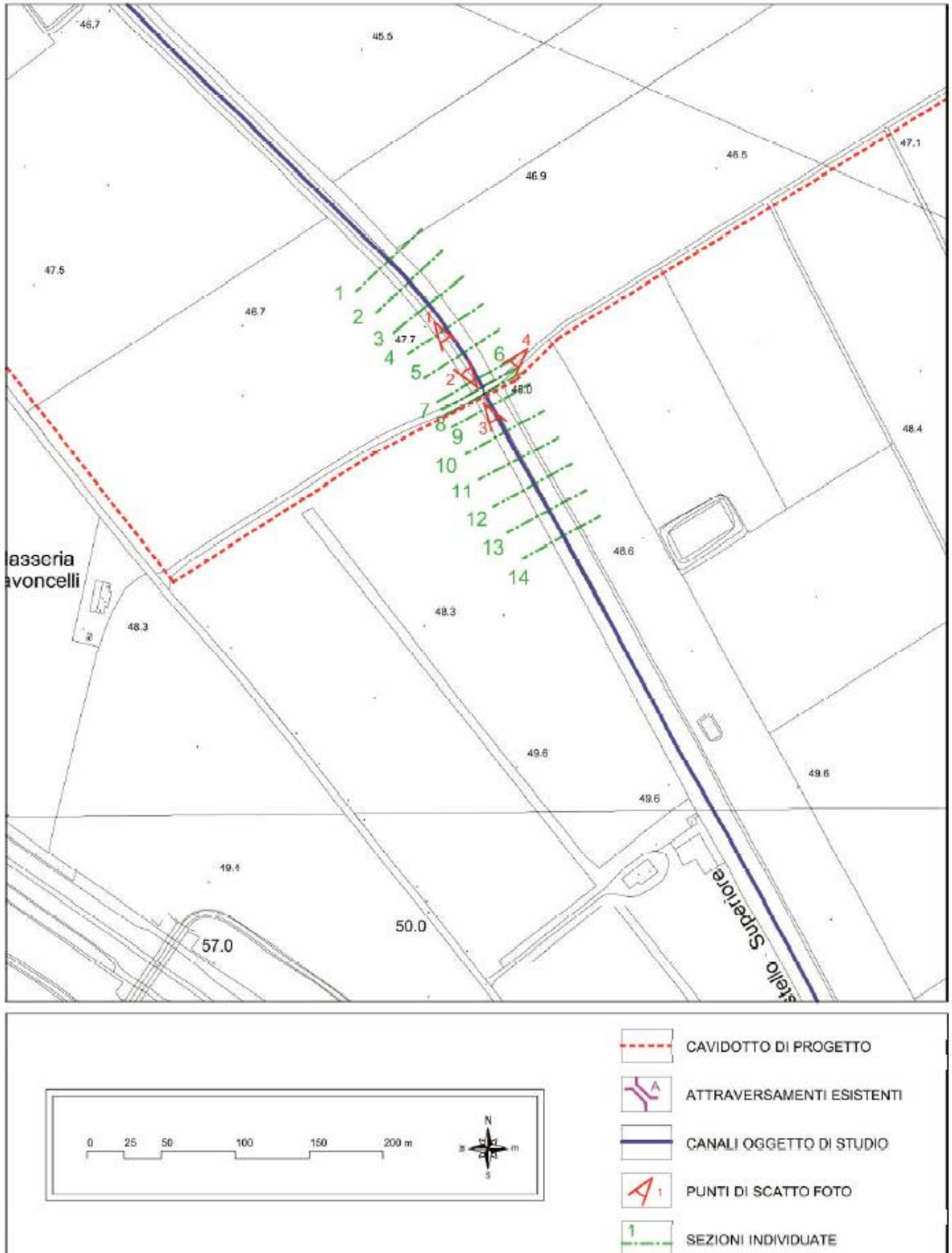


Fig. Planimetria Tratto Canale Castello Superiore



Foto n. 1



Foto n. 2



Foto n. 3



Foto n. 4

2.2 VERIFICA IDRAULICA

Tabulati sezioni

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 14 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	50.39	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.06	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	49.33	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	49.30	Flow Area (m2)	11.21	64.83	2.85
E.G. Slope (m/m)	0.005562	Area (m2)	11.21	64.83	2.85
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	21.90	306.09	4.61
Top Width (m)	37.00	Top Width (m)	13.06	19.37	4.57
Vel Total (m/s)	4.22	Avg. Vel. (m/s)	1.95	4.72	1.61
Max Chl Dpth (m)	5.09	Hydr. Depth (m)	0.86	3.35	0.62
Conv. Total (m3/s)	4459.6	Conv. (m3/s)	293.6	4104.2	61.8
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	13.96	21.47	4.73
Min Ch El (m)	44.24	Shear (N/m2)	43.81	164.70	32.93
Alpha	1.17	Stream Power (N/m s)	85.56	777.59	53.15
Frctn Loss (m)	0.05	Cum Volume (1000 m3)	6.20	14.23	5.51
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	4.52	3.92	4.38

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 13 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	50.17	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.63	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	49.54	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	49.29	Flow Area (m2)	24.08	70.33	14.07
E.G. Slope (m/m)	0.003161	Area (m2)	24.08	70.33	14.07
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	46.26	267.96	18.38
Top Width (m)	57.83	Top Width (m)	18.88	19.03	19.92
Vel Total (m/s)	3.07	Avg. Vel. (m/s)	1.92	3.81	1.31
Max Chl Dpth (m)	5.32	Hydr. Depth (m)	1.28	3.70	0.71
Conv. Total (m3/s)	5915.8	Conv. (m3/s)	822.8	4766.1	326.9
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	20.11	21.03	20.96
Min Ch El (m)	44.22	Shear (N/m2)	37.11	103.66	20.81
Alpha	1.31	Stream Power (N/m s)	71.29	394.92	27.18
Frctn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)	5.86	12.89	5.39
C & E Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m2)	4.20	3.53	4.20

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 12 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	50.05	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.42	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	49.64	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	49.10	Flow Area (m2)	33.11	73.25	24.62
E.G. Slope (m/m)	0.002089	Area (m2)	33.11	73.25	24.62
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	59.05	236.45	37.09
Top Width (m)	60.00	Top Width (m)	21.15	18.69	20.16
Vel Total (m/s)	2.54	Avg. Vel. (m/s)	1.78	3.23	1.51
Max Chl Dpth (m)	5.45	Hydr. Depth (m)	1.57	3.92	1.22
Conv. Total (m3/s)	7277.5	Conv. (m3/s)	1292.1	5173.8	811.5
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	22.65	20.58	21.70
Min Ch El (m)	44.19	Shear (N/m2)	29.94	72.89	23.23
Alpha	1.28	Stream Power (N/m s)	53.41	235.28	35.00
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)	5.29	11.45	5.00
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	3.80	3.16	3.80

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 11 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	49.99	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.34	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	49.65	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	48.93	Flow Area (m2)	36.64	74.20	32.50
E.G. Slope (m/m)	0.001665	Area (m2)	36.64	74.20	32.50
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	62.00	219.13	51.46

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 11 Profile: PF 1 (Continued)

Top Width (m)	60.00	Top Width (m)	21.16	18.28	20.56
Vel Total (m/s)	2.32	Avg. Vel. (m/s)	1.69	2.95	1.58
Max Chl Dpth (m)	5.49	Hydr. Depth (m)	1.73	4.06	1.58
Conv. Total (m3/s)	8151.4	Conv. (m3/s)	1519.6	5370.6	1261.3
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	22.88	20.10	22.43
Min Ch El (m)	44.16	Shear (N/m2)	26.14	60.26	23.66
Alpha	1.24	Stream Power (N/m s)	44.23	177.96	37.46
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)	4.59	9.97	4.43
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	3.38	2.79	3.39

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 10 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	49.95	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.31	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	49.64	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	48.85	Flow Area (m2)	37.48	72.18	38.26
E.G. Slope (m/m)	0.001544	Area (m2)	37.48	72.18	38.26
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	61.97	207.41	63.21
Top Width (m)	60.00	Top Width (m)	21.17	17.45	21.38
Vel Total (m/s)	2.25	Avg. Vel. (m/s)	1.65	2.87	1.65
Max Chl Dpth (m)	5.52	Hydr. Depth (m)	1.77	4.14	1.79
Conv. Total (m3/s)	8463.3	Conv. (m3/s)	1577.0	5277.8	1608.4
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	22.91	19.26	23.42
Min Ch El (m)	44.12	Shear (N/m2)	24.78	56.76	24.74
Alpha	1.22	Stream Power (N/m s)	40.97	163.10	40.87
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)	3.85	8.51	3.72
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	2.96	2.43	2.97

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 9 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	49.91	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.36	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	49.55	Reach Len. (m)	9.13	9.13	9.13
Crit W.S. (m)	48.96	Flow Area (m2)	37.18	56.46	43.18
E.G. Slope (m/m)	0.002071	Area (m2)	37.18	56.46	43.18
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	69.41	179.76	83.43
Top Width (m)	60.00	Top Width (m)	21.88	14.06	24.06
Vel Total (m/s)	2.43	Avg. Vel. (m/s)	1.87	3.18	1.93
Max Chl Dpth (m)	5.34	Hydr. Depth (m)	1.70	4.02	1.79
Conv. Total (m3/s)	7308.2	Conv. (m3/s)	1525.1	3949.9	1833.2
Length Wtd. (m)	9.13	Wetted Per. (m)	23.60	16.09	26.04
Min Ch El (m)	44.21	Shear (N/m2)	31.99	71.25	33.68
Alpha	1.21	Stream Power (N/m s)	59.73	226.87	65.06
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)	3.10	7.22	2.91
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	2.53	2.11	2.52

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 8 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	49.88	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.46	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	49.42	Reach Len. (m)	0.24	0.24	0.24
Crit W.S. (m)	49.06	Flow Area (m2)	35.79	52.86	34.51
E.G. Slope (m/m)	0.002854	Area (m2)	35.79	52.86	34.51
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	73.81	189.03	69.75
Top Width (m)	60.00	Top Width (m)	23.31	13.61	23.08
Vel Total (m/s)	2.70	Avg. Vel. (m/s)	2.06	3.58	2.02
Max Chl Dpth (m)	5.24	Hydr. Depth (m)	1.54	3.88	1.50
Conv. Total (m3/s)	6226.1	Conv. (m3/s)	1381.8	3538.5	1305.8
Length Wtd. (m)	0.24	Wetted Per. (m)	24.89	16.10	24.74
Min Ch El (m)	44.18	Shear (N/m2)	40.24	91.89	39.04

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 8 Profile: PF 1 (Continued)

Alpha	1.24	Stream Power (N/m s)	82.99	328.63	78.89
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	2.77	6.72	2.55
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)	2.32	1.99	2.30

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 14 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	50.39	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.06	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	49.33	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	49.30	Flow Area (m2)	11.21	64.83	2.85
E.G. Slope (m/m)	0.005562	Area (m2)	11.21	64.83	2.85
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	21.90	306.09	4.61
Top Width (m)	37.00	Top Width (m)	13.06	19.37	4.57
Vel Total (m/s)	4.22	Avg. Vel. (m/s)	1.95	4.72	1.61
Max Chl Dpth (m)	5.09	Hydr. Depth (m)	0.86	3.35	0.62
Conv. Total (m3/s)	4459.6	Conv. (m3/s)	293.6	4104.2	61.8
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	13.96	21.47	4.73
Min Ch El (m)	44.24	Shear (N/m2)	43.81	164.70	32.93
Alpha	1.17	Stream Power (N/m s)	85.56	777.59	53.15
Frctn Loss (m)	0.05	Cum Volume (1000 m3)	6.20	14.23	5.51
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	4.52	3.92	4.38

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 14 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	50.39	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.06	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	49.33	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	49.30	Flow Area (m2)	11.21	64.83	2.85
E.G. Slope (m/m)	0.005562	Area (m2)	11.21	64.83	2.85
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	21.90	306.09	4.61
Top Width (m)	37.00	Top Width (m)	13.06	19.37	4.57
Vel Total (m/s)	4.22	Avg. Vel. (m/s)	1.95	4.72	1.61
Max Chl Dpth (m)	5.09	Hydr. Depth (m)	0.86	3.35	0.62
Conv. Total (m3/s)	4459.6	Conv. (m3/s)	293.6	4104.2	61.8
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	13.96	21.47	4.73
Min Ch El (m)	44.24	Shear (N/m2)	43.81	164.70	32.93
Alpha	1.17	Stream Power (N/m s)	85.56	777.59	53.15
Frctn Loss (m)	0.05	Cum Volume (1000 m3)	6.20	14.23	5.51
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	4.52	3.92	4.38

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 7 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	49.82	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.93	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	48.89	Reach Len. (m)	6.37	6.37	6.37
Crit W.S. (m)	49.06	Flow Area (m2)	21.84	47.36	22.18
E.G. Slope (m/m)	0.006428	Area (m2)	21.84	47.36	22.18
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	49.12	231.52	51.94
Top Width (m)	60.00	Top Width (m)	23.50	14.14	22.36
Vel Total (m/s)	3.64	Avg. Vel. (m/s)	2.25	4.89	2.34
Max Chl Dpth (m)	4.76	Hydr. Depth (m)	0.93	3.35	0.99
Conv. Total (m3/s)	4148.3	Conv. (m3/s)	612.7	2887.7	647.9
Length Wtd. (m)	6.37	Wetted Per. (m)	24.51	16.60	23.44
Min Ch El (m)	44.13	Shear (N/m2)	56.17	179.90	59.66
Alpha	1.38	Stream Power (N/m s)	126.35	879.39	139.71
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	2.65	6.56	2.43
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	2.21	1.92	2.20

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 6 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	49.77	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.96	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	48.81	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	49.00	Flow Area (m2)	20.63	49.51	19.26
E.G. Slope (m/m)	0.006761	Area (m2)	20.63	49.51	19.26
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	46.91	242.65	43.03
Top Width (m)	60.00	Top Width (m)	22.69	15.65	21.66
Vel Total (m/s)	3.72	Avg. Vel. (m/s)	2.27	4.90	2.23
Max Chl Dpth (m)	4.74	Hydr. Depth (m)	0.91	3.16	0.89
Conv. Total (m3/s)	4044.9	Conv. (m3/s)	570.5	2951.0	523.4
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	23.66	17.95	22.67
Min Ch El (m)	44.07	Shear (N/m2)	57.81	182.87	56.32
Alpha	1.37	Stream Power (N/m s)	131.47	896.17	125.86
Frctn Loss (m)	0.04	Cum Volume (1000 m3)	2.51	6.25	2.30
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	2.07	1.83	2.06

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 5 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	49.56	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.55	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	49.02	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	48.75	Flow Area (m2)	26.47	66.30	22.27
E.G. Slope (m/m)	0.003170	Area (m2)	26.47	66.30	22.27
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	50.95	242.67	38.97
Top Width (m)	60.00	Top Width (m)	20.80	19.17	20.03
Vel Total (m/s)	2.89	Avg. Vel. (m/s)	1.93	3.66	1.75
Max Chl Dpth (m)	5.11	Hydr. Depth (m)	1.27	3.46	1.11
Conv. Total (m3/s)	5907.6	Conv. (m3/s)	905.0	4310.5	692.1
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	22.08	21.09	21.43
Min Ch El (m)	43.91	Shear (N/m2)	37.26	97.69	32.29
Alpha	1.28	Stream Power (N/m s)	71.74	357.57	56.51
Frctn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)	2.03	5.09	1.87
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	1.63	1.48	1.64

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 4 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	49.49	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.60	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	48.88	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	48.70	Flow Area (m2)	24.30	64.43	21.37
E.G. Slope (m/m)	0.003556	Area (m2)	24.30	64.43	21.37
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	47.36	247.26	37.97
Top Width (m)	60.00	Top Width (m)	20.46	18.87	20.67
Vel Total (m/s)	3.02	Avg. Vel. (m/s)	1.95	3.84	1.78
Max Chl Dpth (m)	5.04	Hydr. Depth (m)	1.19	3.41	1.03
Conv. Total (m3/s)	5577.3	Conv. (m3/s)	794.1	4146.5	636.8
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	21.71	20.82	21.93
Min Ch El (m)	43.84	Shear (N/m2)	39.04	107.92	33.99
Alpha	1.30	Stream Power (N/m s)	76.08	414.14	60.38
Frctn Loss (m)	0.04	Cum Volume (1000 m3)	1.52	3.78	1.43
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	1.22	1.10	1.24

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 3 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	49.41	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.58	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	48.83	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	48.62	Flow Area (m2)	24.04	64.23	23.63
E.G. Slope (m/m)	0.003422	Area (m2)	24.04	64.23	23.63
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	45.90	243.35	43.34

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 3 Profile: PF 1 (Continued)

Top Width (m)	60.00	Top Width (m)	20.21	18.60	21.19
Vel Total (m/s)	2.97	Avg. Vel. (m/s)	1.91	3.79	1.83
Max Chl Dpth (m)	5.06	Hydr. Depth (m)	1.19	3.45	1.12
Conv. Total (m3/s)	5685.3	Conv. (m3/s)	784.5	4159.8	740.9
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	21.50	20.55	22.46
Min Ch El (m)	43.77	Shear (N/m2)	37.52	104.87	35.31
Alpha	1.30	Stream Power (N/m s)	71.64	397.35	64.77
Frctn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)	1.03	2.49	0.98
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.81	0.73	0.82

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 2 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	49.32	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.50	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	48.82	Reach Len. (m)	9.88	9.88	9.88
Crit W.S. (m)	48.49	Flow Area (m2)	27.20	64.07	28.26
E.G. Slope (m/m)	0.002929	Area (m2)	27.20	64.07	28.26
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	51.79	227.39	53.42
Top Width (m)	60.00	Top Width (m)	20.34	18.25	21.41
Vel Total (m/s)	2.78	Avg. Vel. (m/s)	1.90	3.55	1.89
Max Chl Dpth (m)	5.04	Hydr. Depth (m)	1.34	3.51	1.32
Conv. Total (m3/s)	6145.2	Conv. (m3/s)	956.9	4201.4	986.9
Length Wtd. (m)	9.88	Wetted Per. (m)	21.75	20.13	22.84
Min Ch El (m)	43.78	Shear (N/m2)	35.93	91.43	35.54
Alpha	1.26	Stream Power (N/m s)	68.41	324.47	67.19
Frctn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)	0.52	1.21	0.46
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.41	0.36	0.39

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 1 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	49.22	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.77	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	48.46	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	48.46	Flow Area (m2)	23.49	56.59	17.26
E.G. Slope (m/m)	0.005014	Area (m2)	23.49	56.59	17.26
Q Total (m3/s)	332.59	Flow (m3/s)	52.74	245.48	34.37
Top Width (m)	56.90	Top Width (m)	20.75	17.89	18.26
Vel Total (m/s)	3.42	Avg. Vel. (m/s)	2.25	4.34	1.99
Max Chl Dpth (m)	4.67	Hydr. Depth (m)	1.13	3.16	0.95
Conv. Total (m3/s)	4697.2	Conv. (m3/s)	744.8	3466.9	485.4
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	21.94	19.69	19.31
Min Ch El (m)	43.79	Shear (N/m2)	52.64	141.33	43.96
Alpha	1.29	Stream Power (N/m s)	118.20	613.08	87.53
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

Tabulati attraversamento

Plan: Plan 01 Canale CAST. SUPERIORE RS: 7.5 Profile: PF 1

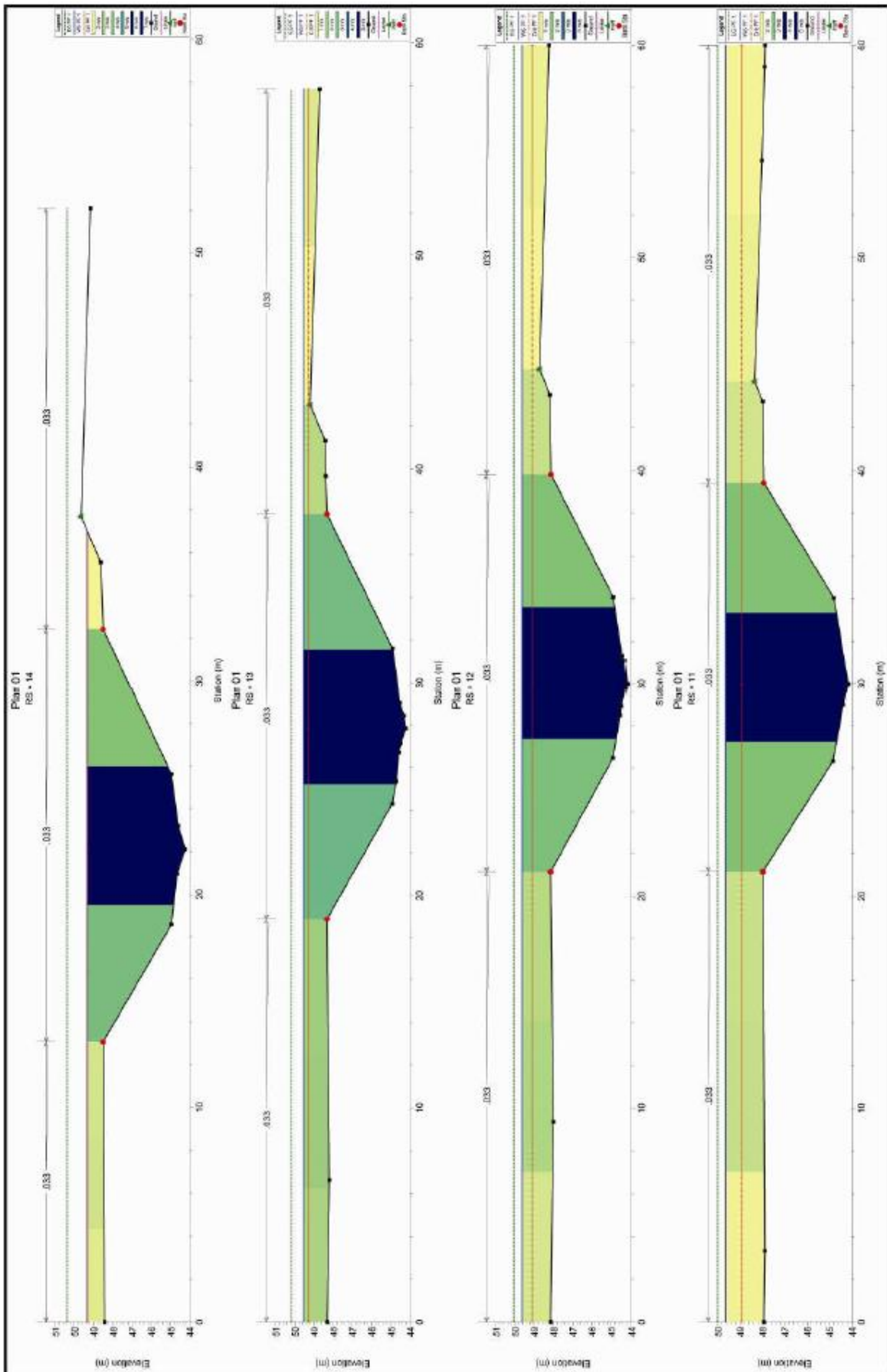
E.G. US. (m)	49.88	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	49.42	E.G. Elev (m)	49.85	49.84
Q Total (m3/s)	332.59	W.S. Elev (m)	49.09	49.08
Q Bridge (m3/s)	58.87	Crit W.S. (m)	49.09	49.08
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	4.91	4.95
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	3.82	3.82
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	87.03	86.96
Weir Submerg		Froude # Chl	0.61	0.61
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	231.77	233.31
Min El Weir Flow (m)	47.98	Hydr Depth (m)	1.45	1.45
Min El Prs (m)	47.00	W.P. Total (m)	88.74	89.68
Delta EG (m)	0.06	Conv. Total (m3/s)	2623.8	2601.8
Delta WS (m)	0.53	Top Width (m)	60.00	60.00
BR Open Area (m2)	19.11	Frctn Loss (m)		
BR Open Vel (m/s)	3.08	C & E Loss (m)		
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	154.53	155.39
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	590.55	594.31

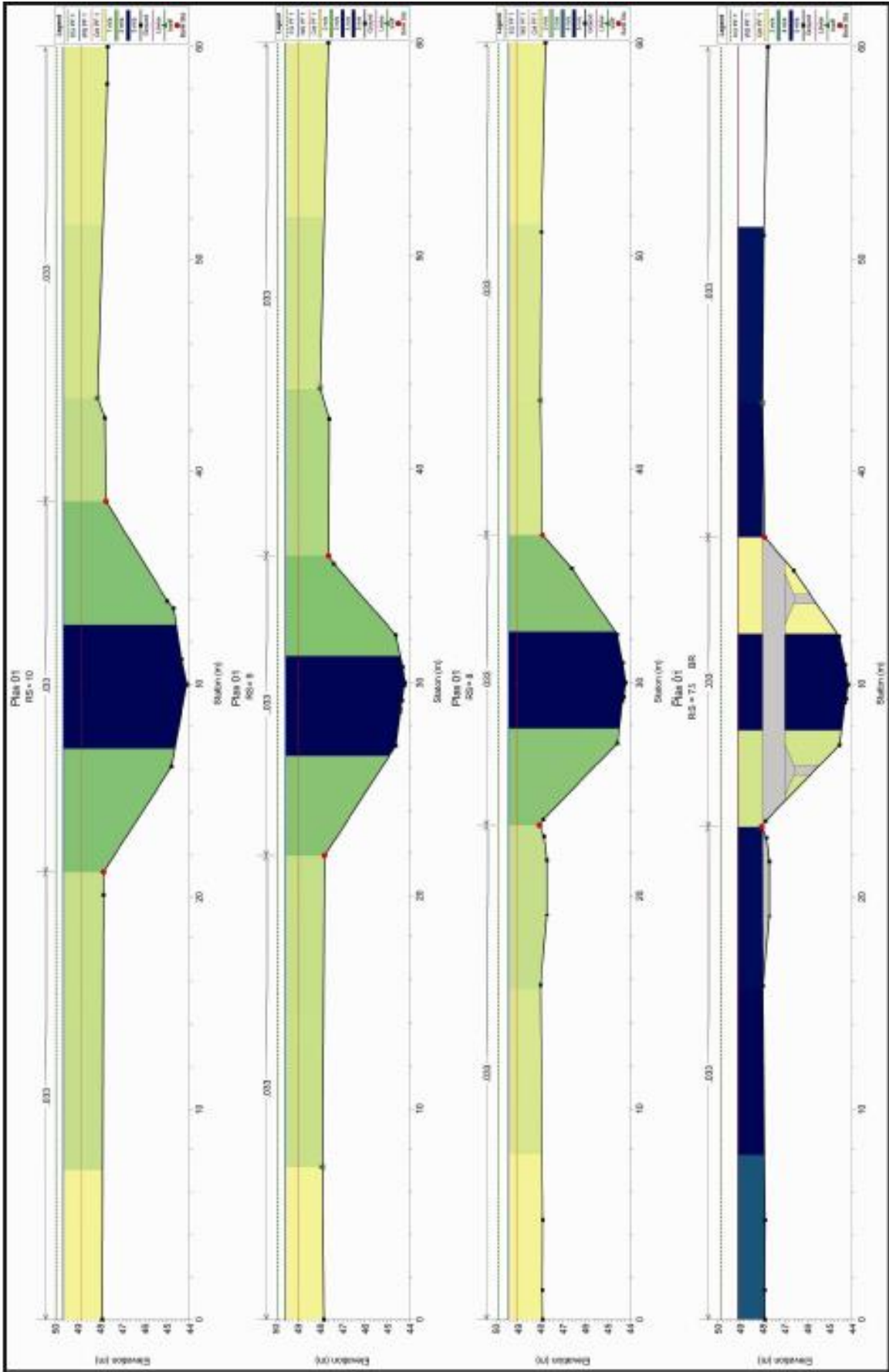
Tabulato profilo

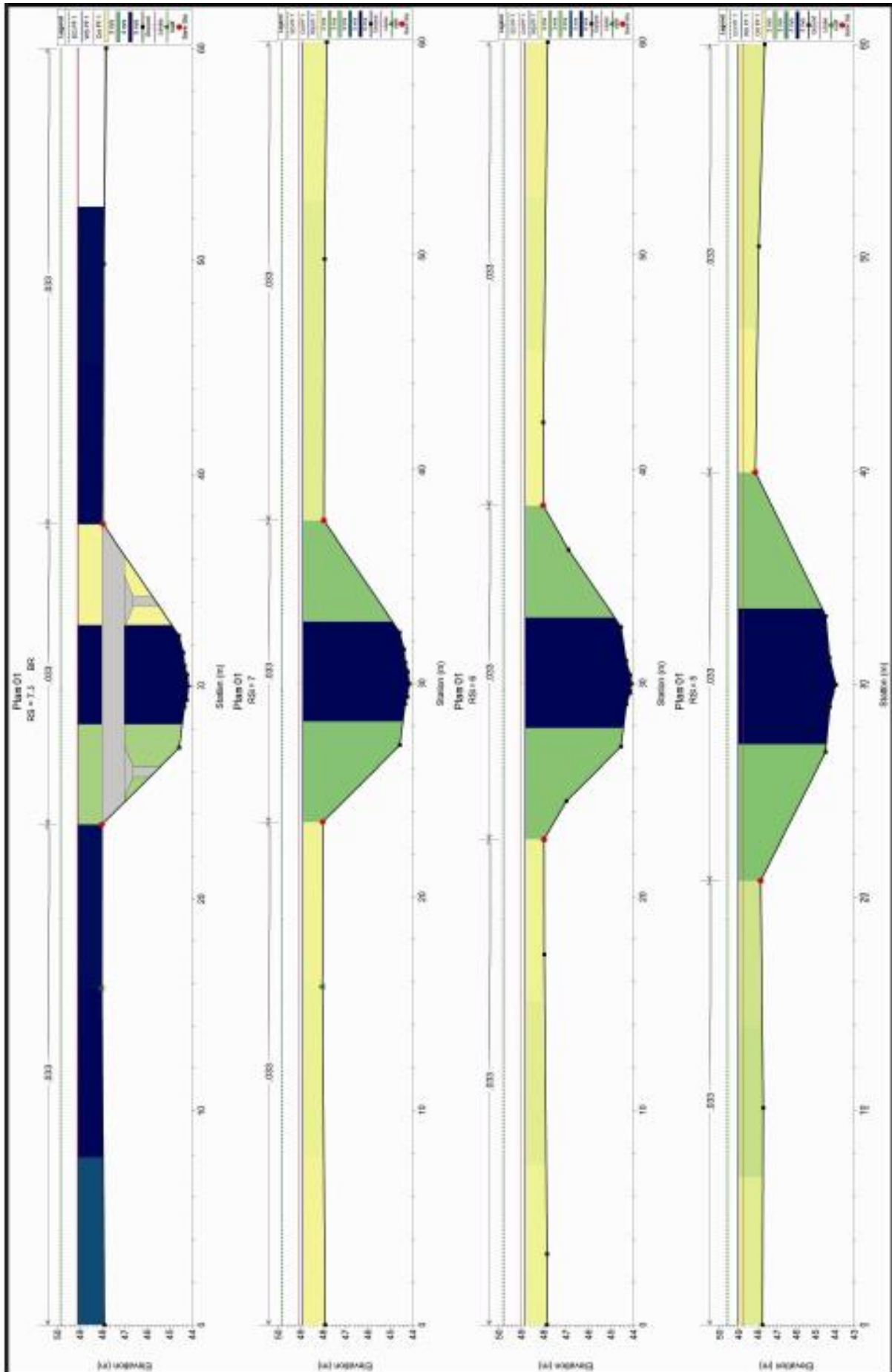
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Canale Reach: CAST. SUPERIORE Profile: PF 1

Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
CAST. SUPERIORE	14	332.59	44.24	49.33	49.30	50.39	0.005562	4.72	78.90	37.00	0.82
CAST. SUPERIORE	13	332.59	44.22	49.54	49.29	50.17	0.003161	3.81	108.48	57.83	0.63
CAST. SUPERIORE	12	332.59	44.19	49.64	49.10	50.05	0.002089	3.23	130.96	60.00	0.52
CAST. SUPERIORE	11	332.59	44.16	49.65	48.93	49.99	0.001665	2.95	143.34	60.00	0.47
CAST. SUPERIORE	10	332.59	44.12	49.64	48.85	49.95	0.001544	2.87	147.93	60.00	0.45
CAST. SUPERIORE	9	332.59	44.21	49.55	48.96	49.91	0.002071	3.18	136.81	60.00	0.51
CAST. SUPERIORE	8	332.59	44.16	49.42	49.06	49.88	0.002854	3.58	123.16	60.00	0.58
CAST. SUPERIORE	7.5	Bridge									
CAST. SUPERIORE	7	332.59	44.13	48.89	49.06	49.82	0.006428	4.89	91.38	60.00	0.85
CAST. SUPERIORE	6	332.59	44.07	48.81	49.00	49.77	0.006761	4.90	89.40	60.00	0.88
CAST. SUPERIORE	5	332.59	43.91	49.02	48.75	49.56	0.003170	3.66	115.03	60.00	0.63
CAST. SUPERIORE	4	332.59	43.84	48.88	48.70	49.49	0.003556	3.84	110.11	60.00	0.66
CAST. SUPERIORE	3	332.59	43.77	48.83	48.62	49.41	0.003422	3.79	111.89	60.00	0.65
CAST. SUPERIORE	2	332.59	43.78	48.82	48.49	49.32	0.002929	3.55	119.53	60.00	0.60
CAST. SUPERIORE	1	332.59	43.79	48.46	48.46	49.22	0.005014	4.34	97.34	56.90	0.78

Immagini sezioni







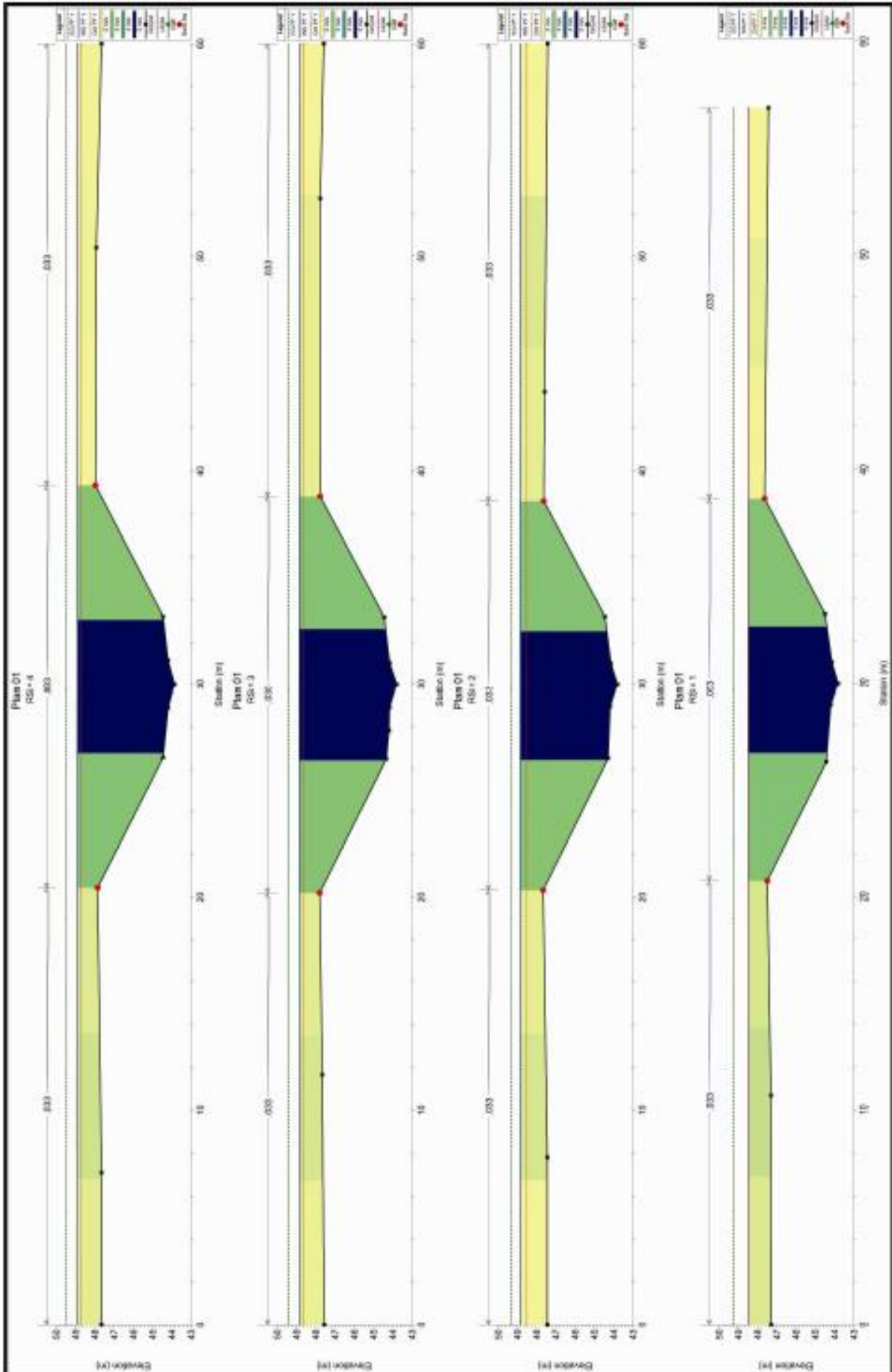


Immagine profilo

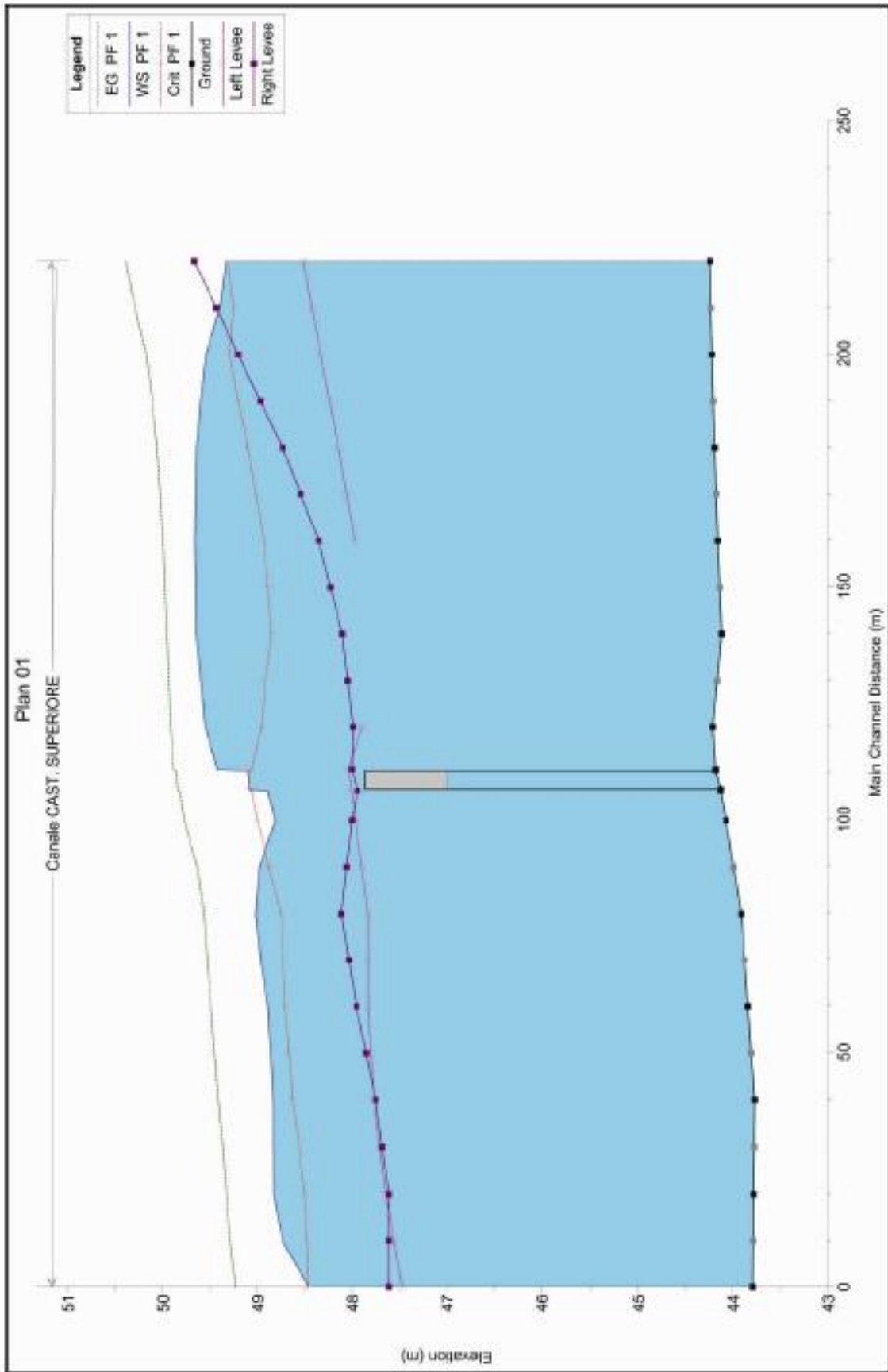
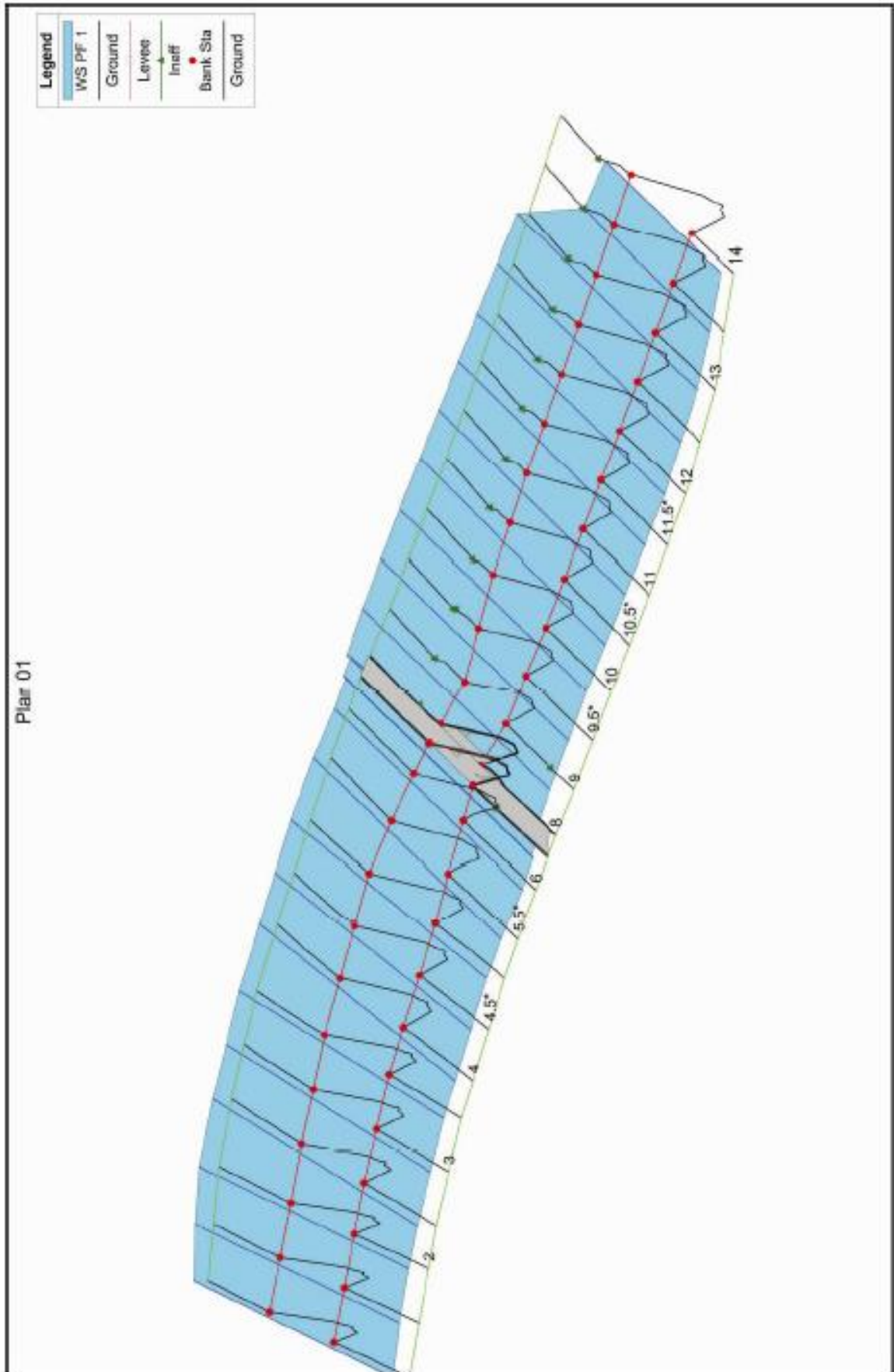


Immagine 3D



2.3 VALUTAZIONE DELL'ESCAVAZIONE E TRASPORTO SOLIDO

Il Canale Castello Superiore oggetto del presente studio, nel tratto esaminato in prossimità dell'attraversamento è caratterizzato dai seguenti parametri:

Pendenza: $i = 0.032$

$H \approx 5.25\text{m}$ $RH \approx 1.87\text{m}$

Materiale costitutivo dell'alveo avente dimensioni $d_{50} = 25 \text{ mm} = 0.025 \text{ m}$; $\gamma_s = 26000 \text{ N/m}^3$

La tensione tangenziale τ è:

$$\tau = \gamma_w RH i = 9810 * 1.87 * 0.032 = 587.03 \text{ N/m}^2$$

Tensione tangenziale critica (Moto incipiente del granulo) τ_{cr} è:

$$\text{dalla formula di Shield } \tau_{cr} = 0.06 (\gamma_s - \gamma_w) d = 0.06 * (26000 - 9810) * 0.025 = 24.29 \text{ N/m}^2$$

Quindi essendo $\tau > \tau_{cr}$ può esserci moto per le particelle analizzate.

La portata liquida q (in massa) è:

$$q = \rho_w k_s h^{2/3} i^{1/2} h = 1000 * 35 * 5.25^{2/3} * 0.032^{1/2} * 5.25 = 99290.69 \text{ kg/(s, m)}$$

$$k_s = 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$$

$$\text{posta la velocità d'attrito } v^* = (\tau_{cr} / \rho_w)^{1/2} = (24.29/9810)^{1/2} = 0.050$$

ed il numero di Reynolds relativo alla velocità d'attrito $Re^* = v^* * d / \nu = 0.050 * 0.025 / 10^{-6} = 1250$, con $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ viscosità cinematica dell'acqua a 20°C

$$\text{dalla relazione di Shield } q_s/q = 10[(\tau - \tau_{cr}) / \tau_{cr}] * [\gamma_w / (\gamma_s - \gamma_w)] * i * \phi Re^* = 10[(587.03 - 24.29) / 24.29] * [9810 / (26000 - 9810)] * 0.032 * 0.06 = 0.27$$

$$\text{essendo } \phi Re^* = \tau_{cr} / (\gamma_s - \gamma_w) d = 24.29 / (26000 - 9810) * 0.025 = 0.06$$

da cui si ha la portata solida

$$q_s = 0.27 * q = 0.27 * 99290.69 = 26808.49 \text{ kg/(s, m)}$$

essendo $\gamma_s = 26000 \text{ N/m}^3$ e quindi $\gamma_s = 2651.36 \text{ kg/m}^3$, il volume solido è

$$V_s = q_s / \gamma_s = 10.1 \text{ m}^3$$

considerando la larghezza della sola parte di sezione costituente l'alveo pari a 16.10 m , la profondità d'asportazione media è di circa $h = 0.63 \text{ m}$.

L'attraversamento in sotterraneo avverrà comunque a non meno di $2,00 \text{ m}$ dall'attuale fondo dell'alveo.

2.4 VALUTAZIONE DELLE AREE INTERESSATE DALLA PORTATA CON TEMPO DI RITORNO DUECENTENNALE

Dall'analisi condotta, pur avendo modellato sezioni molto ampie, non si è riusciti ad individuare l'area probabilmente interessata dalla portata con tempo di ritorno duecentennale, in quanto la morfologia del territorio che si presenta pressoché pianeggiante, non permette l'individuazione di ostacoli al deflusso della parte di acqua non contenuta dal canale.

Pertanto, si è proceduto a valutare la portata massima contenuta dal canale senza che questa esondi, che è risultata pari a $85 \text{ m}^3/\text{s}$, su un totale di $332.59 \text{ m}^3/\text{s}$ previsti con tempo di ritorno di duecento anni. Da ciò si deduce che la differenza di portata, pari a $247.59 \text{ m}^3/\text{s}$ si disperderà sui terreni adiacenti il corso d'acqua. Quindi si è considerato un deflusso superficiale sul terreno, con tirante medio di 20 cm, della portata in eccesso a quella che il canale può contenere. Nel nostro caso la velocità di deflusso di tali acque è nota dalla modellazione e pari a circa 2.5 m/s nelle arre golenali (in alternativa si potrebbe procedere applicando la formula di Chezy nota la pendenza e la scabrezza del territorio). Quindi per smaltire una portata pari a $247.59 \text{ m}^3/\text{s}$ con le ipotesi sopra fatte, è necessaria una fascia di territorio avente larghezza totale pari a 495 m; che supposta simmetrica rispetto all'asse del canale, individua una zona inondata a destra e a sinistra di questo pari a circa 248 m per lato.

3. FOSSO MARANA CASTELLO

3.1 STUDIO IDROLOGICO

Lo studio idrologico del bacino, per la determinazione delle portate attese con diversi tempi di ritorno, è condotto in conformità a quanto previsto dal progetto Valutazione Piene (VaPi), riferito a qualsiasi sezione dei corsi d'acqua della Puglia, nel nostro caso con particolare riguardo ai bacini compresi tra il Fiume Ofanto a sud e il torrente Candelaro a nord.

In particolare, l'area di studio ricade nella zona omogenea 2, così come riportate nella figura del progetto VaPi.

Sezione in corrispondenza dell'attraversamento:

Portata al colmo di piena istantanea:

Nel presente caso di studio non esiste nella sezione terminale del bacino una stazione di misura idrometrica, quindi viene utilizzato un modello indiretto per la stima della valutazione della piena media annua. In particolare, applichiamo la formula razionale.

Calcoliamo la portata nella sezione terminale del bacino:

- Definiamo i seguenti parametri:

$$A = \text{Area del bacino sotteso} = 3.65 \text{ Km}^2$$

$$C^* = \text{Coefficiente di piena} = 0.09 + 0.47 (1 - p.p.) =$$

$$0.09 + 0.47 (1 - 0.50) = 0.325$$

$$p.p. = \text{Frazione ad elevata permeabilità del bacino} = 0.50 \quad tr = \text{Tempo di ritardo} = 0.344$$

$$A^{1/2} = 0.344 * 3.65^{1/2} = 0.657 \text{ ore}$$

L'area di studio ricade nella zona pluviometrica omogenea n. 2, come individuata nel progetto VaPi.

In questo caso la legge di probabilità pluviometrica assume la seguente forma:

$$m[h(d)] = 22.20 d^{0.247}$$

Dove d indica la fissata durata della pioggia, ed m[h(d)] indica come varia la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia.

Avendo individuato nel nostro caso un tempo di ritardo pari a 0.657 ore. Da cui si ha:

$$m[h(d)] = 22.20 * 0.657^{0.247} = 20.01 \text{ mm}$$

Definiamo quindi la media del massimo annuale dell'intensità di precipitazione di durata d:

$$m[I(d)] = m[h(d)]/d = 20.01/0.657 = 30.46 \text{ mm}$$

In base all'estensione dell'area, le precipitazioni possono essere ragguagliate alla superficie del bacino idrografico considerato, per tener conto del fatto che la precipitazione calcolata è un valore puntuale e quindi va opportunamente ridotta di un valore (fattore di Riduzione Areale) che dipende dall'estensione dell'area studiata e dalla durata dell'evento. Per tale parametro il VaPi Puglia fornisce la seguente relazione:

$$KA(d) = KA(tr) = 1 - (1 - \exp(-c1A))\exp(-c2d^c3) = 1 - (1 - \exp(-0.0021*3.65))\exp(0.53*0.657^{0.25}) = 0.995$$

In cui i coefficienti valgono:

$$c1 = 0.0021; c2 = 0.53; c3 = 0.25$$

La portata della piena media annua secondo la formula razionale è data dalla espressione seguente:

$$m(Q) = C * Ka(tr) m[I(tr)] A/3.6 = 0.325 * 0.995 * 30.46 * 3.65/3.6 = 9.99 \text{ m}^3/\text{s}$$

Al valore di portata così ottenuto va applicato il fattore di crescita KT il cui valore è funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto. Per le zone della Puglia settentrionale si hanno i valori riassunti nella tabella seguente.

Tempo di ritorno

$$\text{Quindi per un tempo di ritorno di 200 anni si ha: } m(Q) = 9.99 * 4.39 = 43.86 \text{ m}^3/\text{s}$$

	2	5	10	20	25	30	40	50	100	200	500	1000
T	0.83	1.39	1.85	2.37	2.55	2.67	2.95	3.15	3.76	4.39	5.22	5.84

Si riporta in seguito l'individuazione del bacino, la planimetria con l'individuazione delle sezioni ed il rilievo fotografico.

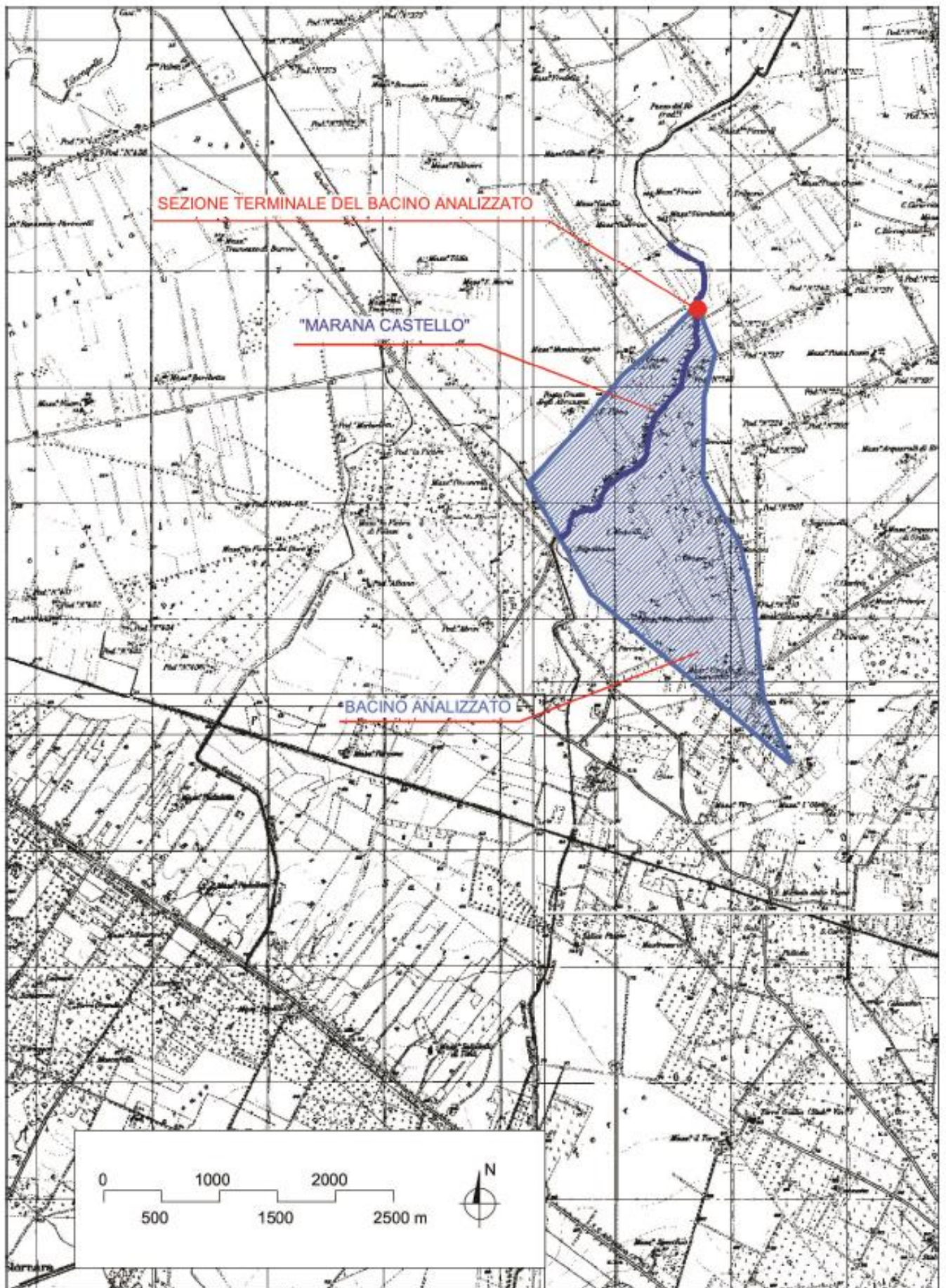


Fig. Bacino Fosso Marana Castello

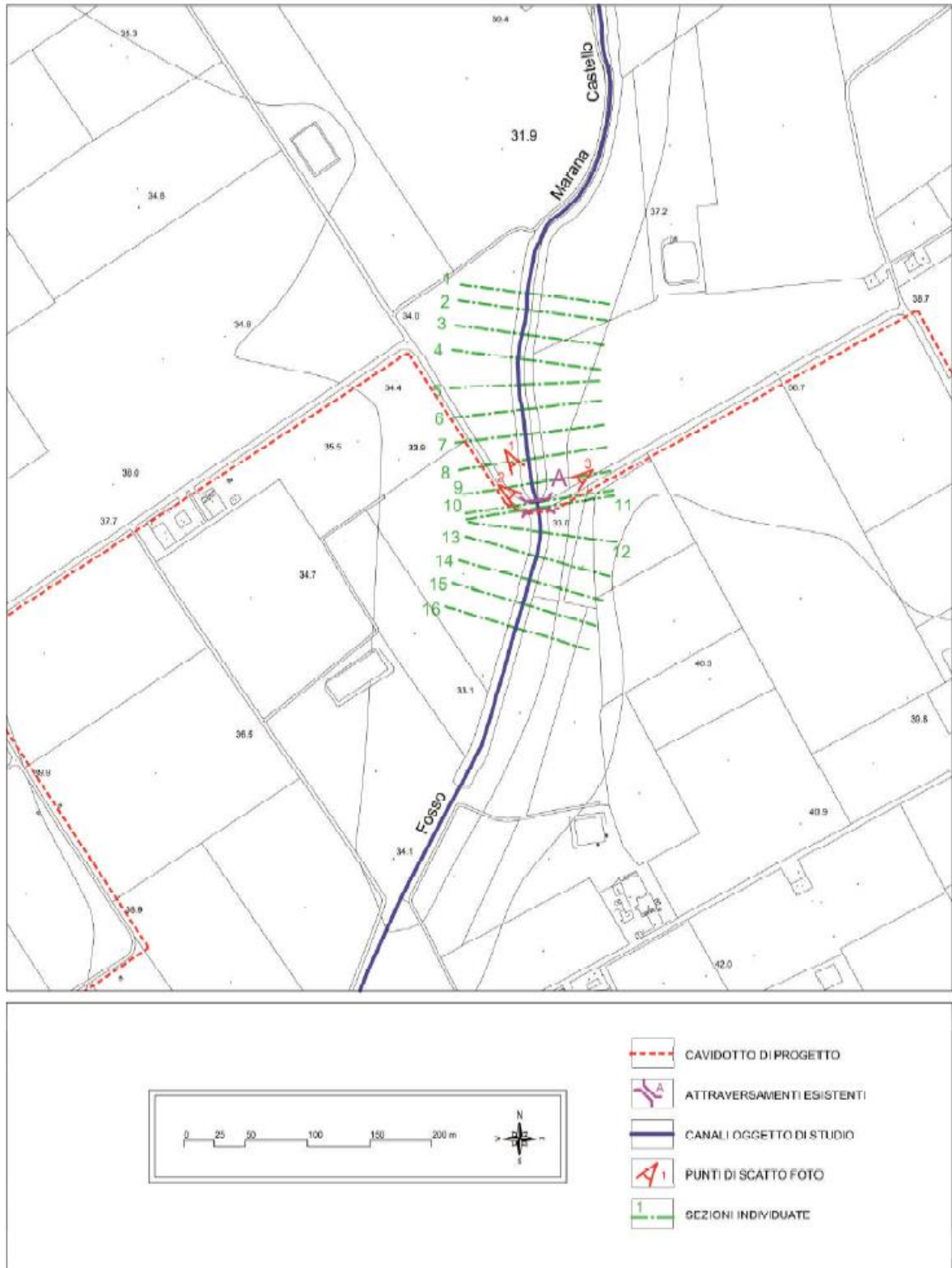


Fig. 2) Planimetria del tratto del canale "Castello Superiore" analizzato con l'indicazione delle sezioni, opere presenti ed in progetto e punti di scatto foro



Foto n. 1



Foto n. 2



Foto n. 3

Plan: Plan 01 CANALE MARANA CASTELLO RS: 6 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.88	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.31	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	32.57	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	32.57	Flow Area (m2)	7.06	13.62	1.91
E.G. Slope (m/m)	0.004921	Area (m2)	7.06	13.62	1.91
Q Total (m3/s)	43.86	Flow (m3/s)	6.09	36.31	1.46
Top Width (m)	44.84	Top Width (m)	27.30	8.70	8.84
Vel Total (m/s)	1.94	Avg. Vel. (m/s)	0.86	2.67	0.76
Max Chl Dpth (m)	2.50	Hydr. Depth (m)	0.26	1.57	0.22
Conv. Total (m3/s)	625.2	Conv. (m3/s)	86.8	517.7	20.8
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	27.31	9.69	8.85
Min Ch El (m)	30.07	Shear (N/m2)	12.47	67.80	10.41
Alpha	1.59	Stream Power (N/m s)	10.76	180.81	7.96
Frctn Loss (m)	0.05	Cum Volume (1000 m3)	0.64	1.18	0.70
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	2.47	0.76	1.79

Plan: Plan 01 CANALE MARANA CASTELLO RS: 5 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.73	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.49	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	32.24	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	32.40	Flow Area (m2)	2.85	11.53	2.91
E.G. Slope (m/m)	0.008601	Area (m2)	2.85	11.53	2.91
Q Total (m3/s)	43.86	Flow (m3/s)	2.48	36.05	3.33
Top Width (m)	35.98	Top Width (m)	16.58	8.16	11.24
Vel Total (m/s)	2.54	Avg. Vel. (m/s)	0.87	3.30	1.14
Max Chl Dpth (m)	2.24	Hydr. Depth (m)	0.17	1.41	0.26
Conv. Total (m3/s)	472.9	Conv. (m3/s)	26.7	410.3	35.9
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	16.58	9.07	11.25
Min Ch El (m)	30.00	Shear (N/m2)	14.51	107.29	21.85
Alpha	1.49	Stream Power (N/m s)	12.62	353.97	24.95
Frctn Loss (m)	0.08	Cum Volume (1000 m3)	0.55	0.93	0.66
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	2.06	0.60	1.60

Plan: Plan 01 CANALE MARANA CASTELLO RS: 4 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.57	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.16	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	32.41	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	32.24	Flow Area (m2)	8.41	13.38	9.85
E.G. Slope (m/m)	0.002768	Area (m2)	8.41	13.38	9.85
Q Total (m3/s)	43.86	Flow (m3/s)	6.19	27.95	9.72
Top Width (m)	54.92	Top Width (m)	26.83	7.90	20.19
Vel Total (m/s)	1.39	Avg. Vel. (m/s)	0.74	2.09	0.99
Max Chl Dpth (m)	2.46	Hydr. Depth (m)	0.31	1.69	0.49
Conv. Total (m3/s)	833.9	Conv. (m3/s)	117.6	531.5	184.8
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	26.83	8.91	20.21
Min Ch El (m)	28.80	Shear (N/m2)	8.00	40.73	13.22
Alpha	1.60	Stream Power (N/m s)	6.25	85.12	13.04
Frctn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)	0.42	0.68	0.52
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	1.59	0.44	1.27

Plan: Plan 01 CANALE MARANA CASTELLO RS: 3 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.51	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.16	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	32.36	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	32.20	Flow Area (m2)	8.11	12.74	11.51
E.G. Slope (m/m)	0.002770	Area (m2)	8.11	12.74	11.51
Q Total (m3/s)	43.86	Flow (m3/s)	5.78	26.95	11.14

Plan: Plan 01 CANALE MARANA CASTELLO RS: 3 Profile: PF 1 (Continued)

Top Width (m)	58.93	Top Width (m)	27.12	7.44	24.37
Vel Total (m/s)	1.36	Avg. Vel. (m/s)	0.71	2.12	0.97
Max Chl Dpth (m)	2.38	Hydr. Depth (m)	0.30	1.71	0.47
Conv. Total (m3/s)	833.4	Conv. (m3/s)	109.8	512.0	211.6
Length Wid. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	27.13	8.34	24.38
Min Ch El (m)	29.98	Shear (N/m2)	8.12	41.49	12.83
Alpha	1.66	Stream Power (N/m s)	5.79	87.78	12.40
Frcn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)	0.25	0.42	0.31
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	1.05	0.28	0.83

Plan: Plan 01 CANALE MARANA CASTELLO RS: 2 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.44	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.23	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	32.20	Reach Len. (m)	6.55	6.55	6.55
Crit W.S. (m)	32.20	Flow Area (m2)	8.04	10.78	8.87
E.G. Slope (m/m)	0.004825	Area (m2)	8.04	10.78	8.87
Q Total (m3/s)	43.86	Flow (m3/s)	6.40	27.82	9.65
Top Width (m)	65.56	Top Width (m)	34.54	7.15	23.87
Vel Total (m/s)	1.58	Avg. Vel. (m/s)	0.80	2.58	1.09
Max Chl Dpth (m)	2.18	Hydr. Depth (m)	0.23	1.51	0.37
Conv. Total (m3/s)	631.4	Conv. (m3/s)	92.1	400.5	138.9
Length Wid. (m)	6.55	Wetted Per. (m)	34.55	7.95	23.88
Min Ch El (m)	30.02	Shear (N/m2)	11.01	64.18	17.57
Alpha	1.82	Stream Power (N/m s)	8.78	165.54	19.11
Frcn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)	0.08	0.18	0.10
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.42	0.14	0.33

Plan: Plan 01 CANALE MARANA CASTELLO RS: 1 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.33	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.23	Wt. n-Val.	0.033	0.033	0.033
W.S. Elev (m)	32.09	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	32.09	Flow Area (m2)	4.65	15.33	6.22
E.G. Slope (m/m)	0.006549	Area (m2)	4.65	15.33	6.22
Q Total (m3/s)	43.86	Flow (m3/s)	3.06	35.73	5.07
Top Width (m)	71.82	Top Width (m)	29.55	13.67	28.60
Vel Total (m/s)	1.67	Avg. Vel. (m/s)	0.86	2.33	0.82
Max Chl Dpth (m)	2.26	Hydr. Depth (m)	0.16	1.12	0.22
Conv. Total (m3/s)	588.8	Conv. (m3/s)	41.1	479.6	68.1
Length Wid. (m)		Wetted Per. (m)	29.55	14.61	28.61
Min Ch El (m)	29.83	Shear (N/m2)	8.56	57.10	11.83
Alpha	1.62	Stream Power (N/m s)	5.63	133.08	9.65
Frcn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

Tabulato attraversamento

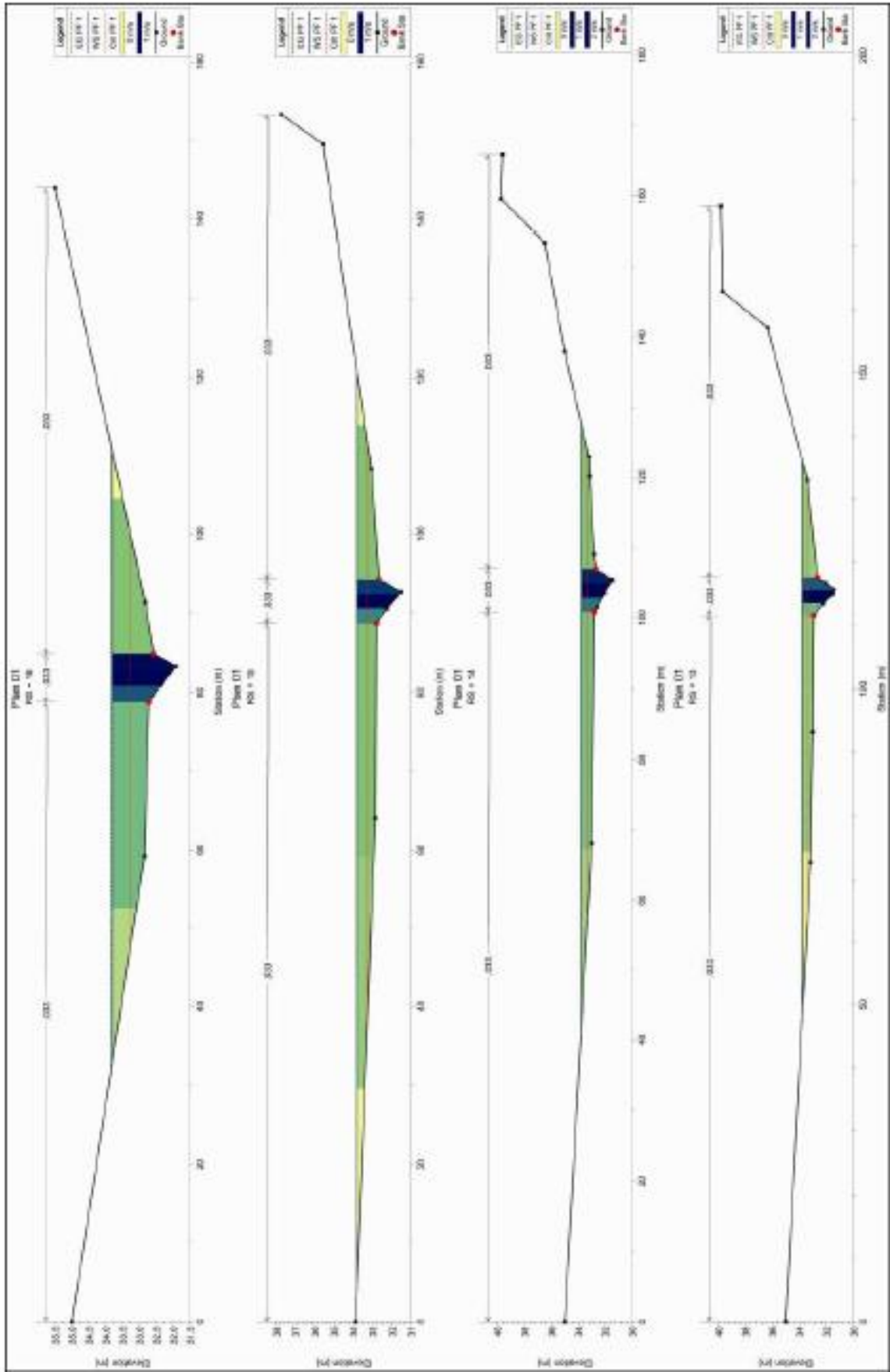
Plan: Plan 01 CANALE MARANA CASTELLO RS: 10.5 Culv Group: Culvert #1 Profile: PF 1

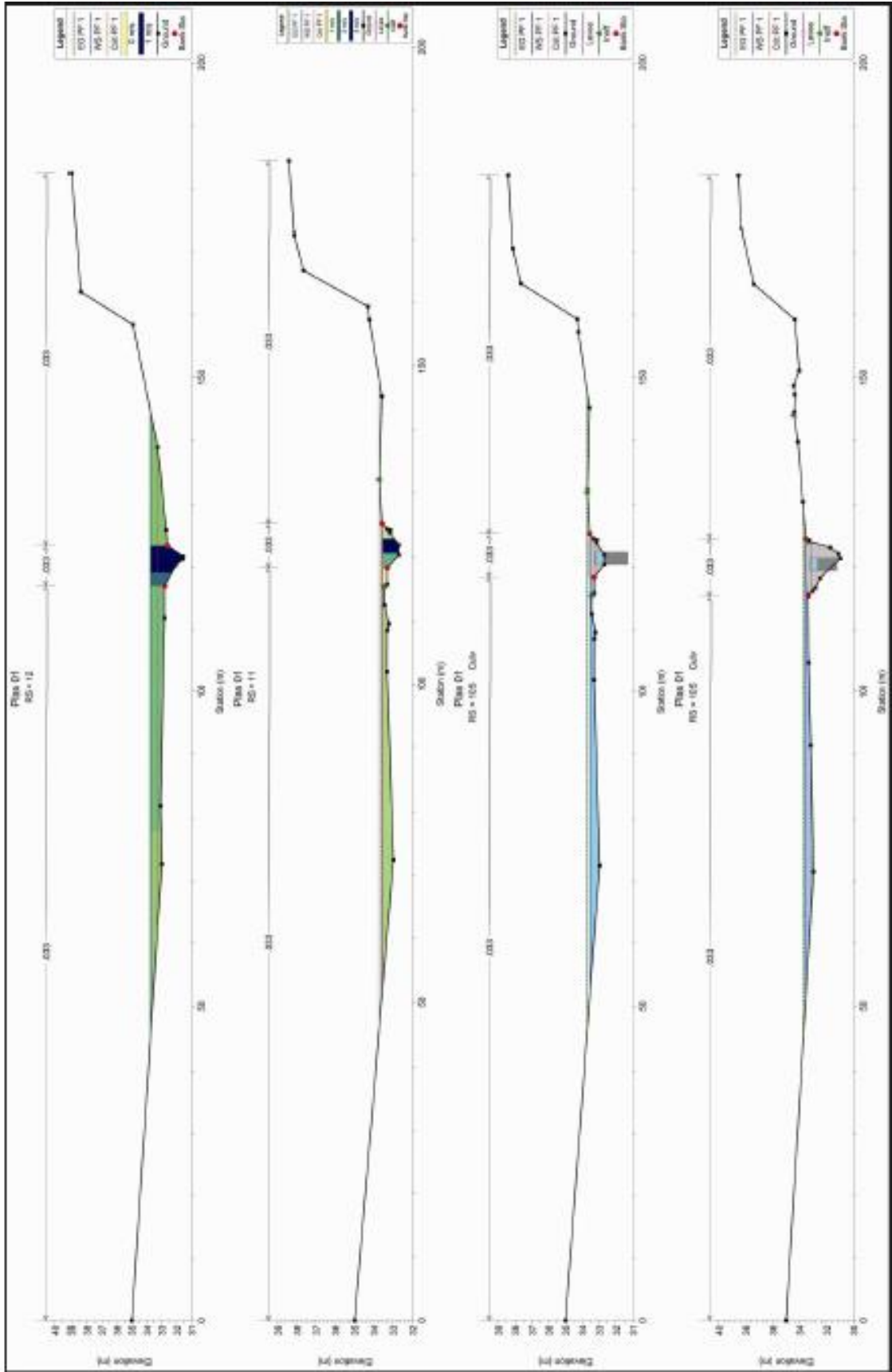
Q Culv Group (m3/s)	2.30	Culv Full Len (m)	4.45
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	1.92
Q Barrel (m3/s)	2.30	Culv Vel DS (m/s)	1.92
E.G. US. (m)	33.68	Culv Inv El Up (m)	31.30
W.S. US. (m)	33.55	Culv Inv El Dn (m)	31.25
E.G. DS (m)	33.67	Culv Frctn Ls (m)	0.00
W.S. DS (m)	33.50	Culv Exit Loss (m)	0.01
Delta EG (m)	0.01	Culv Entr Loss (m)	0.04
Delta WS (m)	0.06	Q Weir (m3/s)	41.40
E.G. IC (m)	33.68	Weir Sta Lft (m)	47.51
E.G. OC (m)	33.68	Weir Sta Rgt (m)	130.74
Culvert Control	Inlet	Weir Submerg	0.92
Culv WS Inlet (m)	33.30	Weir Max Depth (m)	0.70
Culv WS Outlet (m)	33.25	Weir Avg Depth (m)	0.37
Culv Nml Depth (m)	1.97	Weir Flow Area (m2)	31.05
Culv Crt Depth (m)	1.91	Min El Weir Flow (m)	33.22

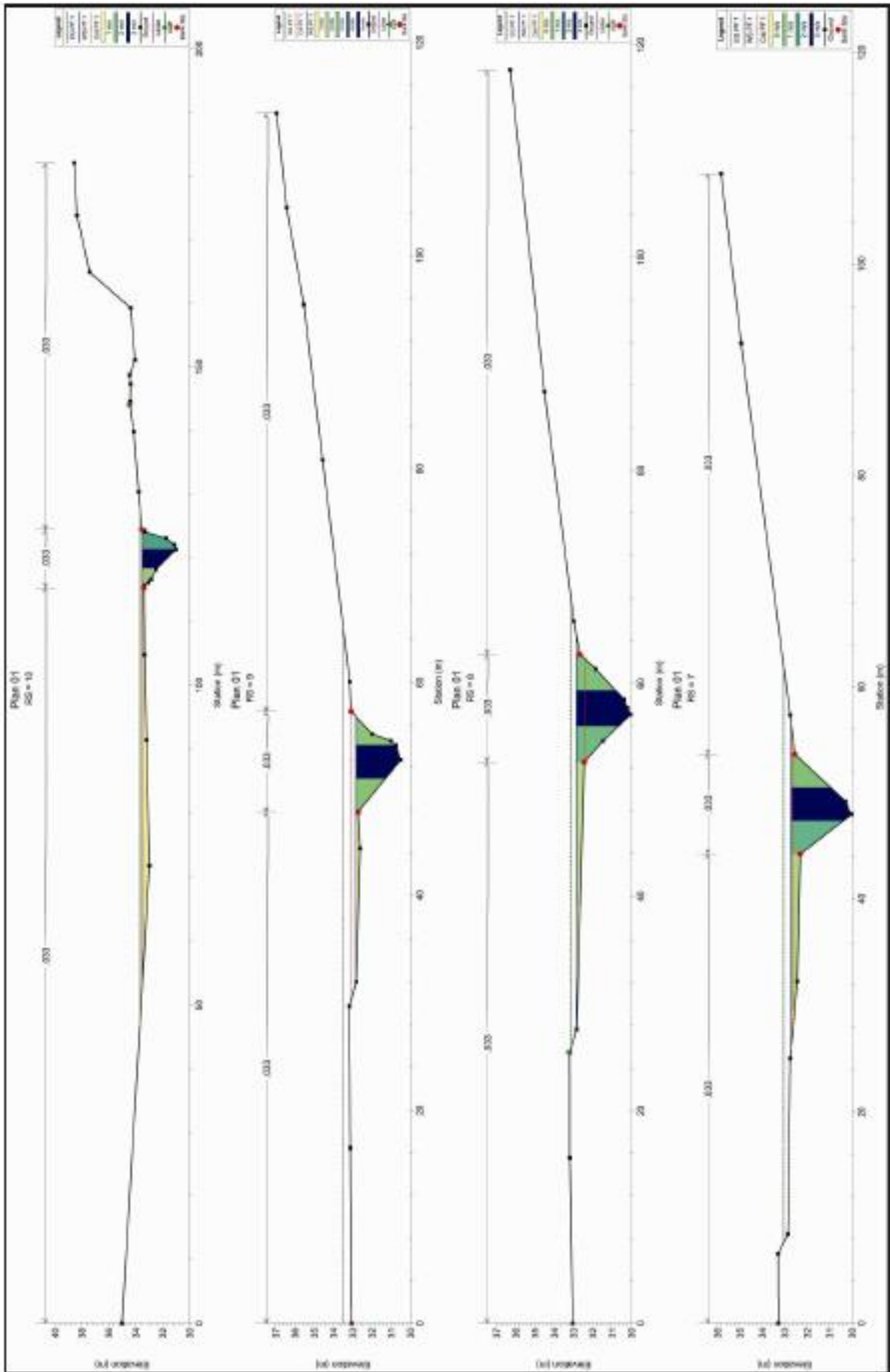
Tabulato profilo

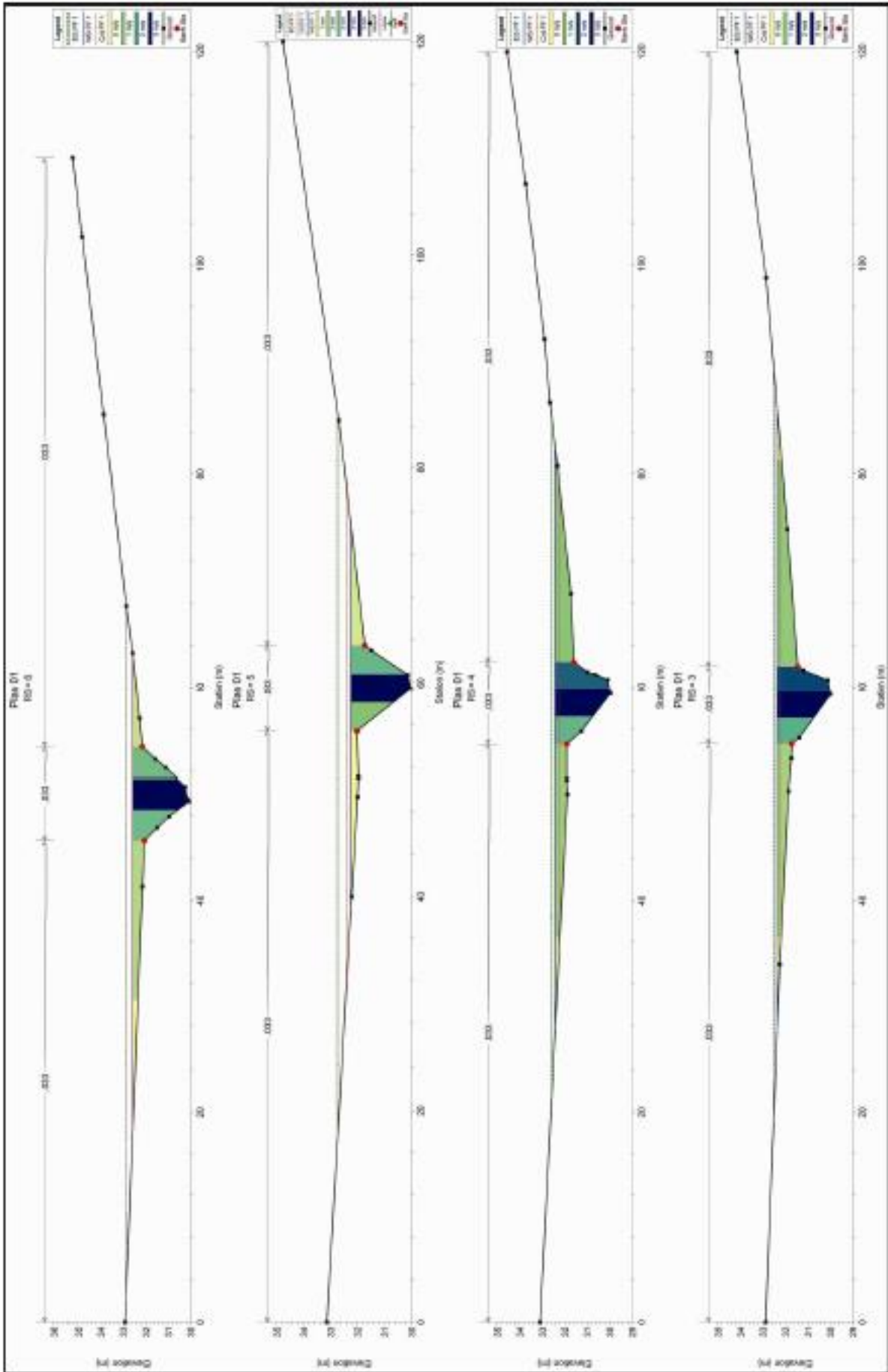
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: CANALE Reach: MARANA CASTELLO Profile: PF 1

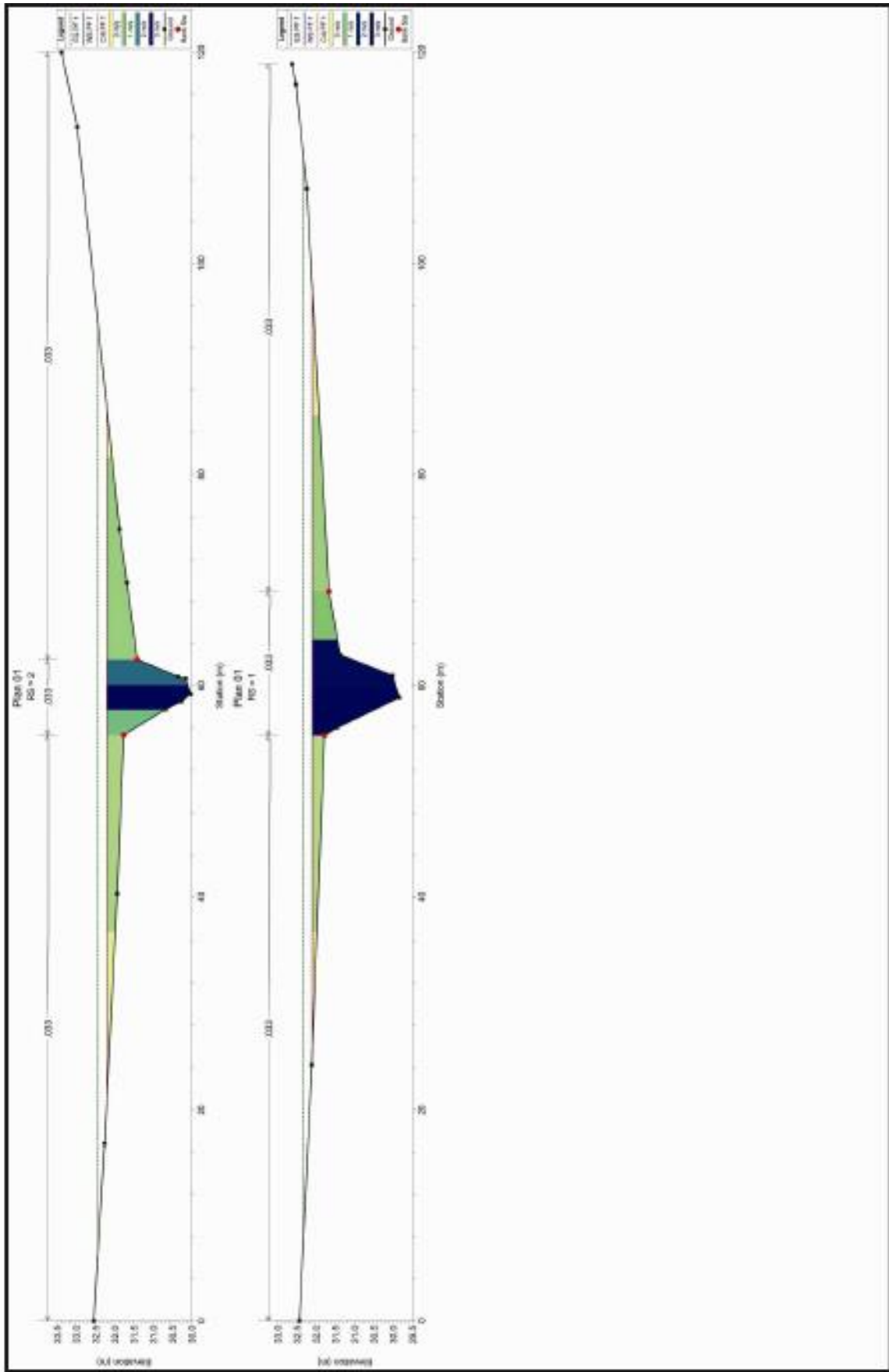
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Cv El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Crt (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Crt
MARANA CASTELLO	16	PF 1	43.96	31.90	33.61	33.38	33.84	0.000829	1.12	58.55	77.91	0.39
MARANA CASTELLO	15	PF 1	43.96	31.82	33.61	33.37	33.83	0.000831	0.96	76.88	116.19	0.23
MARANA CASTELLO	14	PF 1	43.96	31.48	33.78	33.33	33.81	0.000795	1.05	62.89	86.03	0.27
MARANA CASTELLO	13	PF 1	43.96	31.44	33.75	33.41	33.79	0.001833	1.28	56.54	86.25	0.32
MARANA CASTELLO	12	PF 1	43.96	31.57	33.75	33.30	33.77	0.000836	0.96	66.71	99.21	0.25
MARANA CASTELLO	11	PF 1	43.96	32.73	33.55	33.55	33.71	0.000881	2.32	25.38	73.18	0.98
MARANA CASTELLO	10.5	Outlet										
MARANA CASTELLO	10	PF 1	43.96	30.88	33.68	33.88	33.87	0.004896	2.30	36.25	71.33	0.82
MARANA CASTELLO	9	PF 1	43.96	30.45	32.83	33.05	33.49	0.002813	3.95	13.51	24.85	1.84
MARANA CASTELLO	8	PF 1	43.96	30.01	32.84	32.42	33.11	0.003655	2.42	22.14	36.90	0.80
MARANA CASTELLO	7	PF 1	43.96	30.08	32.73	32.61	33.83	0.005653	2.07	19.92	30.85	0.68
MARANA CASTELLO	6	PF 1	43.96	30.00	32.57	32.57	32.89	0.004821	2.67	22.58	44.84	0.69
MARANA CASTELLO	5	PF 1	43.96	30.08	32.24	32.40	32.73	0.008601	3.30	17.30	34.95	0.99
MARANA CASTELLO	4	PF 1	43.96	29.98	32.41	32.24	32.57	0.002786	2.09	31.84	54.92	0.51
MARANA CASTELLO	3	PF 1	43.96	29.08	32.38	32.20	32.51	0.002770	2.12	32.36	58.93	0.52
MARANA CASTELLO	2	PF 1	43.96	30.08	32.28	32.20	32.44	0.004825	2.30	27.69	65.50	0.67
MARANA CASTELLO	1	PF 1	43.96	29.80	32.06	32.06	32.33	0.005649	2.32	26.20	71.82	0.70











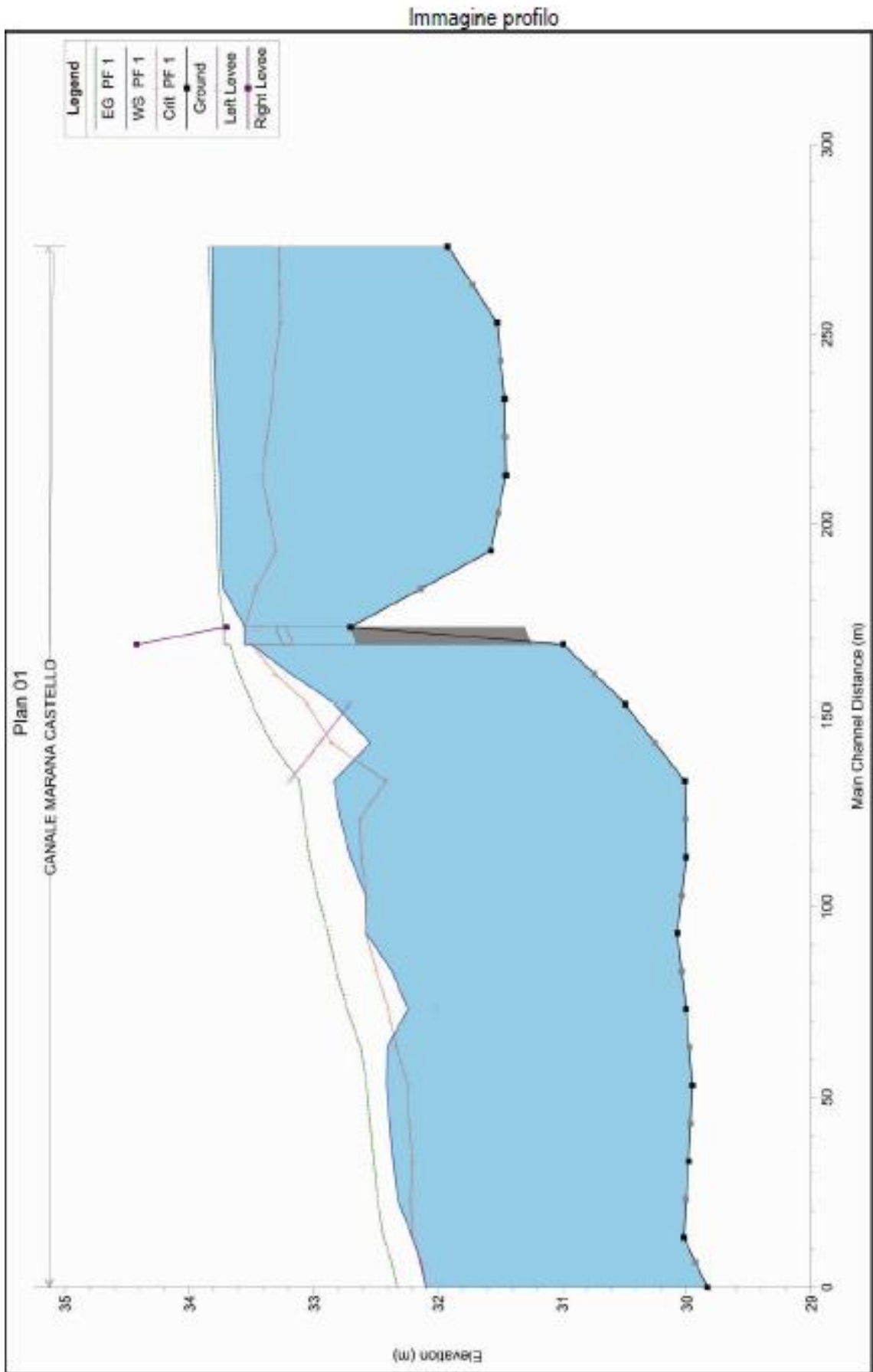
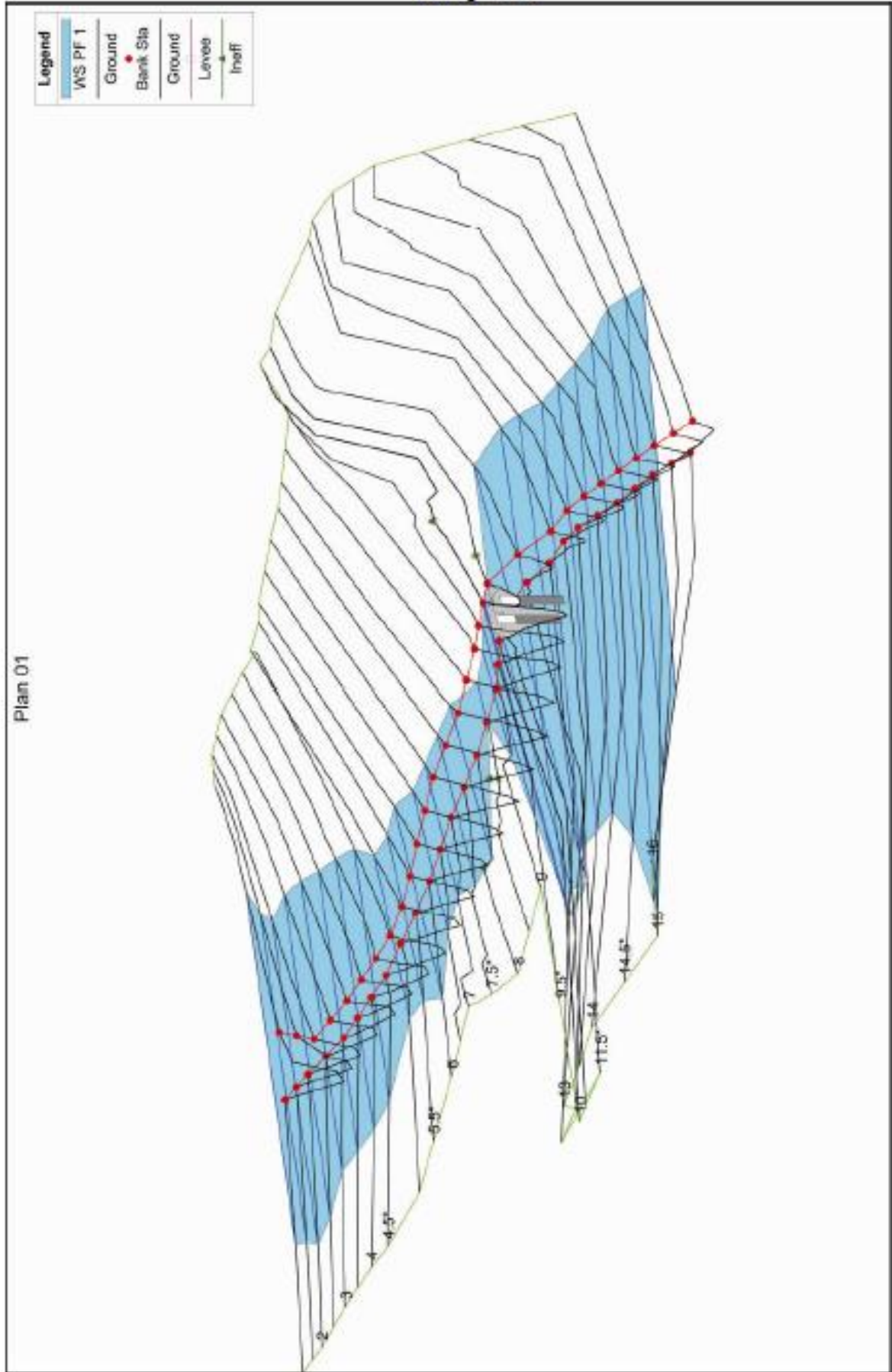


Immagine 3D



3.3 VALUTAZIONE DELL'ESCAVAZIONE E TRASPORTO SOLIDO

Il Fosso Marana Superiore oggetto del presente studio, nel tratto esaminato in prossimità dell'attraversamento, ipotizzando l'attraversamento libero e non quasi completamente interrato come allo stato attuale e come si evince dal profilo sopra riportato (il che sta a significare che il lato di monte dell'attraversamento è soggetto a interrimento anziché ad erosione), è caratterizzato dai seguenti parametri:

Pendenza: $i = 0.15$

$H \sim 0.85\text{m}$ $RH \sim 0.35\text{m}$

Materiale costitutivo dell'alveo avente dimensioni $d_{50} = 25 \text{ mm} = 0.025 \text{ m}$; $\rho_s = 26000 \text{ N/m}^3$

La tensione tangenziale τ è:

$$\tau = \gamma_w RH i = 9810 * 0.35 * 0.15 = 515.02 \text{ N/m}^2$$

Tensione tangenziale critica (Moto incipiente del granulo) τ_{cr} è:

$$\text{dalla formula di Shield } \tau_{cr} = 0.06 (\gamma_s - \gamma_w) d = 0.06 * (26000 - 9810) * 0.025 = 24.29 \text{ N/m}^2$$

Quindi essendo $\tau > \tau_{cr}$ può esserci moto per le particelle analizzate.

La portata liquida q (in massa) è:

$$q = \rho_w k_s h^{2/3} i^{1/2} = 1000 * 35 * 0.85^{2/3} * 0.15^{1/2} * 0.85 = 10339.00 \text{ kg/ (s, m)}$$

$$k_s = 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$$

$$\text{posta la velocità d'attrito } v^* = (\tau_{cr} / \rho_w)^{1/2} = (24.29/9810)^{1/2} = 0.050$$

ed il numero di Reynolds relativo alla velocità d'attrito $Re^* = v^* * d / \nu = 0.050 * 0.025 / 10^{-6} = 1250$, con $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ viscosità cinematica dell'acqua a 20°C

$$\text{dalla relazione di Shield } q_s/q = 10[(\tau - \tau_{cr}) / \tau_{cr}] * [\gamma_w / (\gamma_s - \gamma_w)] * l_e * \phi Re^* = 10[(515.02 - 24.29) / 24.29] * [9810 / (26000 - 9810)] * 0.15 * 0.06 = 1.10$$

$$\text{essendo } \phi Re^* = \tau_{cr} / (\gamma_s - \gamma_w) d = 24.29 / (26000 - 9810) * 0.025 = 0.06$$

da cui si ha la portata solida

$$q_s = 1.10 * q = 1.10 * 10339.00 = 11372.90 \text{ kg/ (s, m)}$$

essendo $\gamma_s = 26000 \text{ N/m}^3$ e quindi $\gamma_s = 2651.36 \text{ kg/m}^3$, il volume solido è

$$V_s = q_s / \gamma_s = 4.29 \text{ m}^3$$

considerando la larghezza della sola parte di sezione costituente l'alveo pari a 10.05 m, la profondità d'asportazione media è di circa $h = 0.43 \text{ m}$.

L'attraversamento in sotterraneo avverrà comunque a non meno di 2,00 m dall'attuale fondo dell'alveo.

3.4 VALUTAZIONE DELLE AREE INTERESSATE DALLA PORTATA CON TEMPO DI RITORNO DUECENTENNALE

Dall'analisi condotta, avendo modellato sezioni sufficientemente ampie si è riusciti ad individuare l'area probabilmente interessata dalla portata con tempo di ritorno duecentennale, infatti è stato possibile definire un limite di contenimento delle acque grazie alla morfologia del territorio.

Per l'individuazione planimetrica dell'area interessata dalla portata con tempo di ritorno duecentennale si rimanda al relativo grafico.

4. CONCLUSIONI

Le opere di cui all'oggetto sono consentite a norma dell'art. 6 delle N.T.A. del P.A.I., purché risultino coerenti con gli obiettivi del Piano e con la pianificazione degli interventi di mitigazione.

Con il presente studio si è arrivati alla soluzione di effettuare gli attraversamenti dei canali, a valle dei ponti o pozzetti, in sotterraneo con l'utilizzo di sonda trivellatrice teleguidata, con una profondità minima sotto l'alveo alla quale attestarsi che sarà non inferiore a 2,00-2,50 m, evitando scavi nell'alveo fluviale in modellamento attivo mentre, ad una distanza tale da poter effettuare eventuali modifiche all'alveo fluviale esistente, nelle fasce di pertinenza fluviale si prevedono scavi a cielo aperto con successivo riempimento con materiali tali da evitare il trasporto del cavo in caso di piena, tali soluzioni non alterano l'attuale assetto idrogeologico delle zone interessate dai lavori.

Inoltre, sugli elaborati grafici in allegato, sono indicati per ciascun corso d'acqua interessato dall'attraversamento del cavidotto, l'indicazione della fascia fluviale interessata da eventi di piena con tempi di ritorno fino a 200 anni, la sezione longitudinale di attraversamento e le sezioni trasversali di scavo.