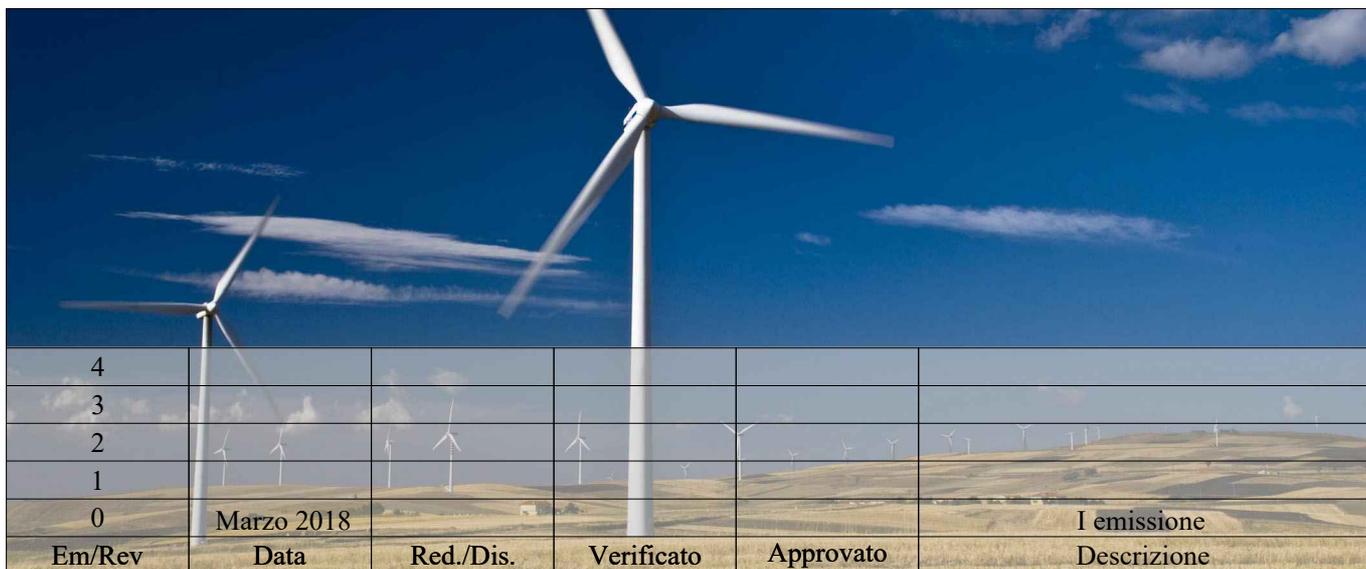
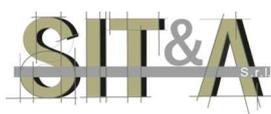


**COMUNE DI CERIGNOLA**  
**PROVINCIA DI FOGGIA**

**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DI UN PARCO EOLICO**  
**"CERIGNOLA VENETA NORD"**



Em/Rev	Data	Red./Dis.	Verificato	Approvato	I emissione Descrizione
4					
3					
2					
1					
0	Marzo 2018				



Redazione: SIT&A srl - Studio di Ingegneria Territorio e Ambiente  
Sede legale: via C. Battisti n. 58 - 73100 LECCE - sito web: www.sitea.info e-mail: info@sitea.info

Sede operativa: O. Mazzitelli n. 264 - 70124 BARI Tel./Fax 080/9909280 e-mail: sedebari@sitea.info

<b>Titolo:</b>	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	<b>All.:</b>	<b>02D</b>
<b>Committente:</b>	<b>VENETA ENERGIA S.r.l.</b> con sede in Via I. Maggio n. 4 I - 31024 Ormelle (TV) P.I. 03954830281	<b>Identificatore:</b>	<b>PDALL02D</b>
		<b>Cod.:</b>	<b>F23-17</b>

<b>Progettazione:</b>	 	<b>SIT&amp;A srl</b> Studio di Ingegneria Territorio e Ambiente <b>dott. ing. Tommaso FARENGA</b>
<b>Consulenze e collaborazioni:</b>	geom. L. Caputo - geom. D. Ruggiero - ing. R. Iaccarino - ing. M. Marrazzo - arch. M.E. Di Giorgio - ing. G. Nuzzo	

## INDICE

<b>1. STUDIO IDRAULICO.....</b>	<b>2</b>
<b>2. VERIFICA IDRAULICA A MOTO PERMANENTE DEI RETICOLI IDROGRAFICI....</b>	<b>3</b>
<b>APPENDICI.....</b>	<b>29</b>

## 1. STUDIO IDRAULICO

La presente relazione costituisce lo studio idraulico che, unitamente alla relazione idrologica (cfr. All. 2c), definisce e valuta le interferenze idrografiche legate alla realizzazione di un parco eolico costituito da n. 12 aerogeneratori, collegati da cavidotti e provvisti di opere complementari, ricadenti in un'area ubicata a NNW dell'abitato di Cerignola fra Tressanti a nord e Mass. Acquarulo di Grillo a sud.

Al fine di verificare quanto i deflussi di piena bicentenaria degli elementi di reticolo idrografico appartenenti ai bacini B1, B2 e B3 di Tav.II interferiscono con il cavidotto e pista di progetto e quindi determinare la perimetrazione delle aree allagabili, sono state rilevate in situ le sezioni topografiche con strumento GPS di precisione utilizzando la rete GNSS della Regione Puglia (cfr. Foto 1). Le sezioni sottoposte a rilievo topografico di precisione sono riportate in traccia in Tav.II. La Tav.I2 riporta nel dettaglio le sezioni topografiche di rilievo. Le Foto di campagna sono riportate nelle Appendici A1, B1 e C1.



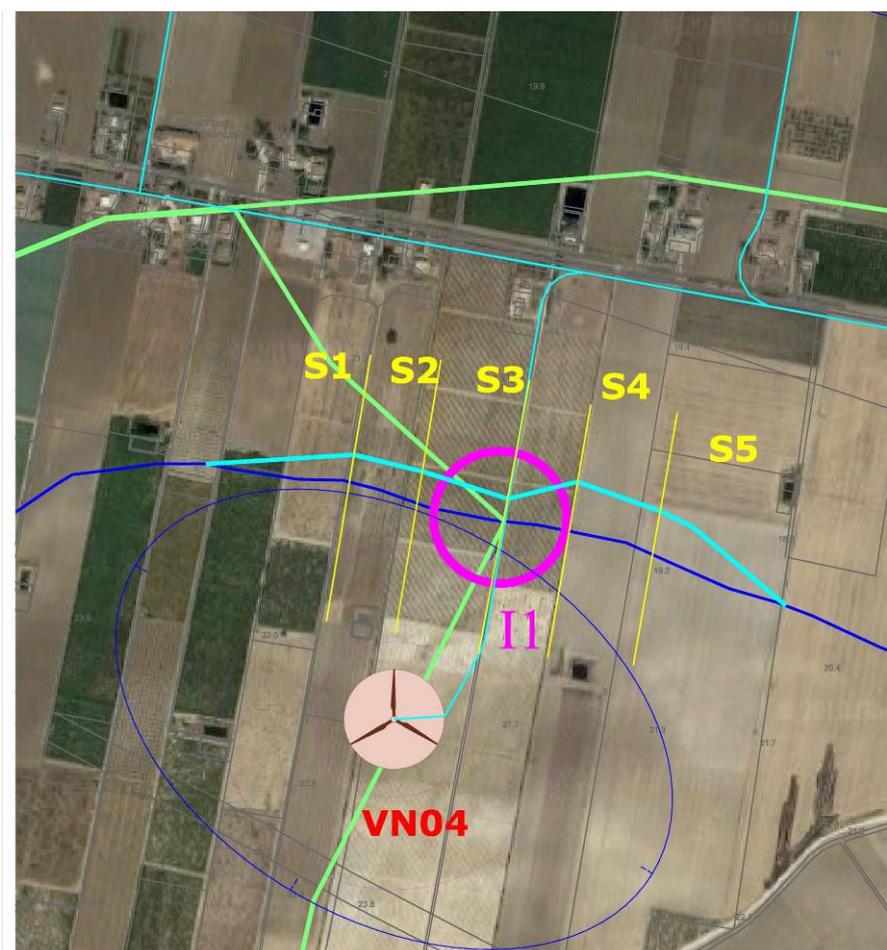
Foto 1 - Attrezzatura GPS di rilievo

## 2. VERIFICA IDRAULICA A MOTO PERMANENTE DEI RETICOLI IDROGRAFICI

Nella relazione idrologica sono stati determinati i valori delle portate di piena dotate di tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni per gli elementi di reticolo e di seguito si espongono i risultati del modello idraulico adottato per determinarne la perimetrazione bicentenaria.

### **Nodo I1 (bacino B1 di Tav.I1)**

Per il bacino B1 sotteso al Nodo I1, la portata bicentenaria di calcolo è pari a  $4,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , costante lungo le cinque sezioni rilevate (cfr. tracce in Tav.I1 e Fig.1 e sezioni in Tav. I2). È opportuno precisare che in questo caso, scopo dello studio idraulico è valutare le condizioni di deflusso idrico bicentenario "ante operam" e "post operam", in quanto non interessa conoscere soltanto il valore dell'ampiezza della perimetrazione per la lunghezza del tratto di cavidotto da proteggere, bensì occorre introdurre un'opera di attraversamento idraulico (tombino) in corrispondenza della nuova pista di collegamento da realizzare fra la torre VN04 e la strada principale.



**Fig.1 - Nodo I1 fra l'AG VN04 e la strada principale, con ubicazione delle sezioni di rilievo topografico con drone e GPS e reticolo idrografico modificato (di rilievo)**

Le verifiche idrauliche condotte sono state effettuate in accordo con le indicazioni contenute nella relazione di piano in allegato al Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico approvato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Puglia con Delibera n.39 del 30/11/2005 che richiede espressamente, a meno di casi di particolare complessità, la definizione, in condizioni di moto permanente, dei livelli idrici conseguenti al passaggio di una piena avente tempo di ritorno pari a 200 anni, per valutare aree caratterizzate da media (MP) pericolosità idraulica. L'equazione fondamentale per il tracciamento dei profili di corrente in moto permanente è rappresentata dall'equazione di bilancio dell'energia. Essa mette in relazione l'energia totale posseduta da una corrente in una generica sezione 2 disposta lungo l'alveo, con l'energia totale di una sezione 1 disposta ad una distanza  $\Delta s$  con la seguente relazione:

$$z_2 + y_2 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} = z_1 + y_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} + h_g + \Delta\varepsilon \quad (1)$$

dove  $z$  è la quota del fondo dell'alveo (m),  $y$  l'altezza idrica (m),  $\alpha$  il coefficiente di ragguglio dell'energia cinetica,  $v$  la velocità media della corrente (m/s),  $h_g$  le perdite di carico distribuite,  $\Delta\varepsilon$  quelle localizzate (m) ed infine  $g$  è l'accelerazione di gravità. Le perdite di carico continue sono valutate mediante la classica formula di resistenza di Manning che ha la seguente espressione:

$$h_g = n \cdot R^{-4/3} \cdot v^2 \cdot \Delta s \quad (2)$$

in cui  $R$  è il raggio idraulico ed  $n$  il coefficiente di resistenza.

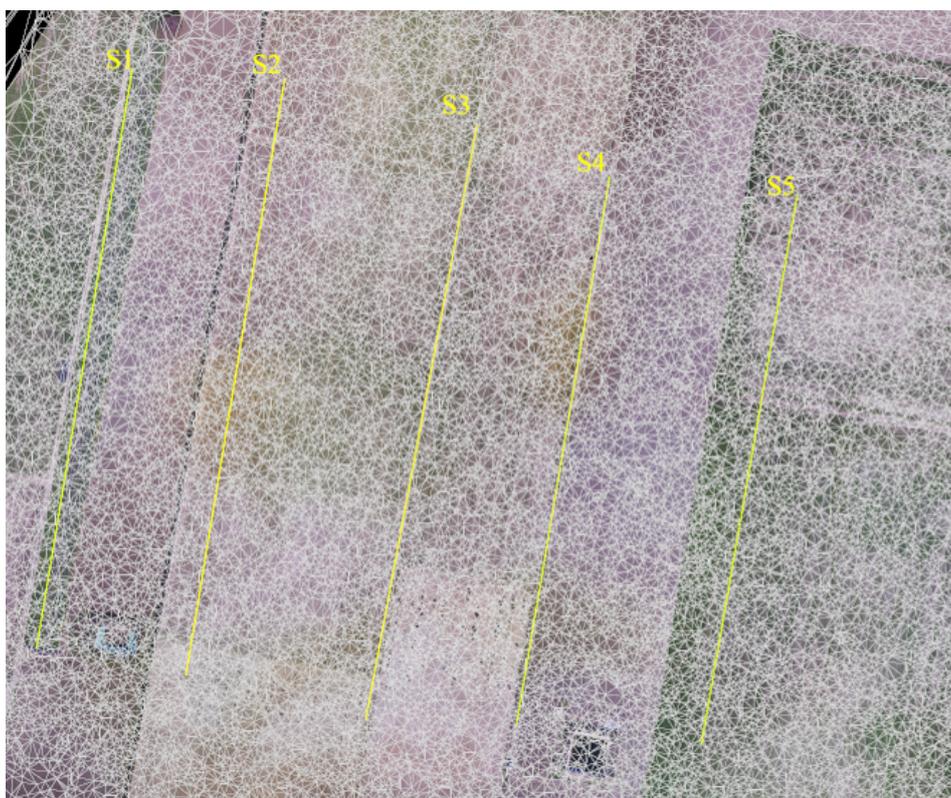
### Verifica idraulica "ante operam"

In una prima fase dell'applicazione del software HEC-RAS, si è realizzato uno schema planimetrico dell'alveo al quale sono correlate le caratteristiche geometriche delle sezioni, numerate in modo decrescente da quella di monte verso quella di valle (cfr. Fig.2). Le sezioni sono state rilevate mediante drone; le sezioni di Tav.I2 ricavate dal volo del drone sono state modellate e omogeneizzate prima di introdurre nel modello Hec Ras. La sezione 4 è stata rilevata anche a terra con GPS.

La Fig.2 mostra il dettaglio ortofotografico della superficie sottoposta a rilievo aereo e la Fig.3 evidenzia la restituzione topografica per triangolazioni del volo fotografico del drone.



**Fig.2 – Tracce delle sezioni rilevate**



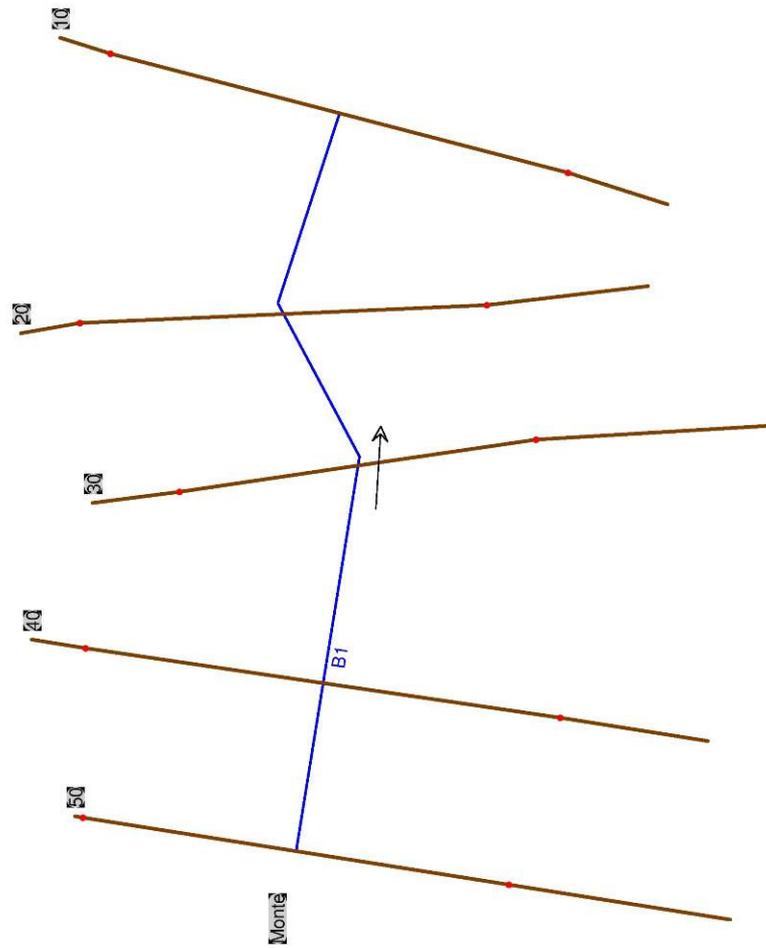
**Fig.3 – Maglia di rilievo restituita da drone**

In riferimento ad ogni sezione, si sono considerati i valori relativi alle caratteristiche del terreno (coefficiente di Manning, coefficiente di contrazione e espansione, etc). Il coefficiente di scabrezza è stato assunto pari a 0,033 per le superfici "naturali". Si sono applicati quindi i parametri idraulici, valutati in funzione delle caratteristiche del bacino imbrifero del Reticolo di B1.

È stato ipotizzato un moto permanente, in corrente sia lenta che veloce.

Le Figg.4÷6 mostrano la planimetria schematica, il profilo idraulico e la perimetrazione bidentaria "ante operam", ricavate dal modello HEC RAS. La Tab.1 riassume i parametri idraulici di calcolo.

La perimetrazione grafica bidentaria conseguente, ricavata dal modello applicato alle sezioni di Tav.I2, riportata nello stralcio di Fig.7, evidenzia l'ampiezza della perimetrazione (47m in corrispondenza della Sez.3 di passaggio del cavidotto) e quindi la necessità di realizzare un tombino contestualmente alla pista di accesso alla torre VN04 e la conseguente protezione del cavidotto che correrà a valle dello stesso tombino. In Appendice A1 è riportata la documentazione fotografica del nodo I1; In Appendice A2 sono riportati i tabulati grafici di HEC RAS per il Nodo I1 analizzato. Alla presente relazione sono allegati i relativi files di Hec Ras in una cartella denominata "I1 HEC. ante".



**Fig.4**

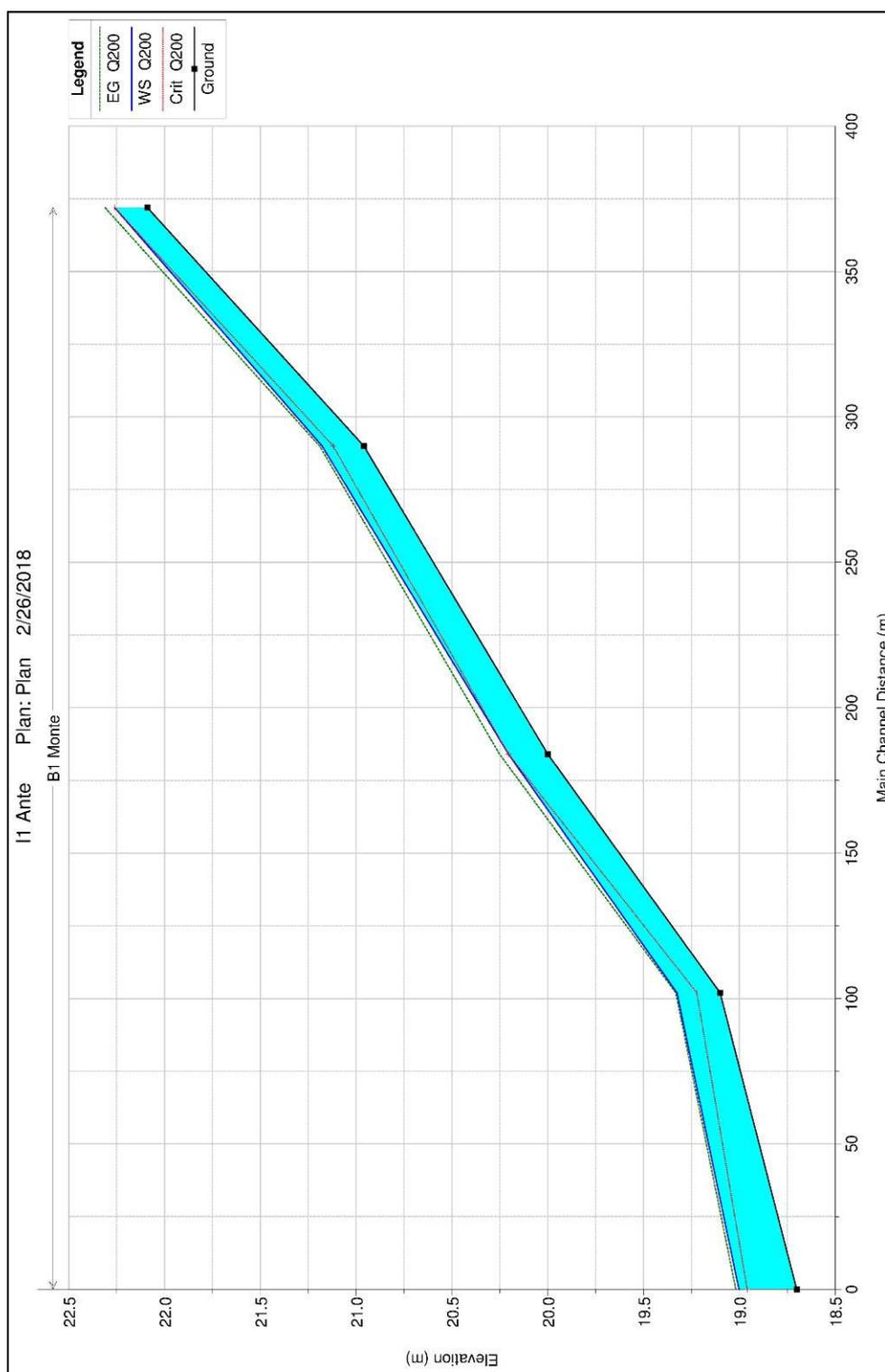
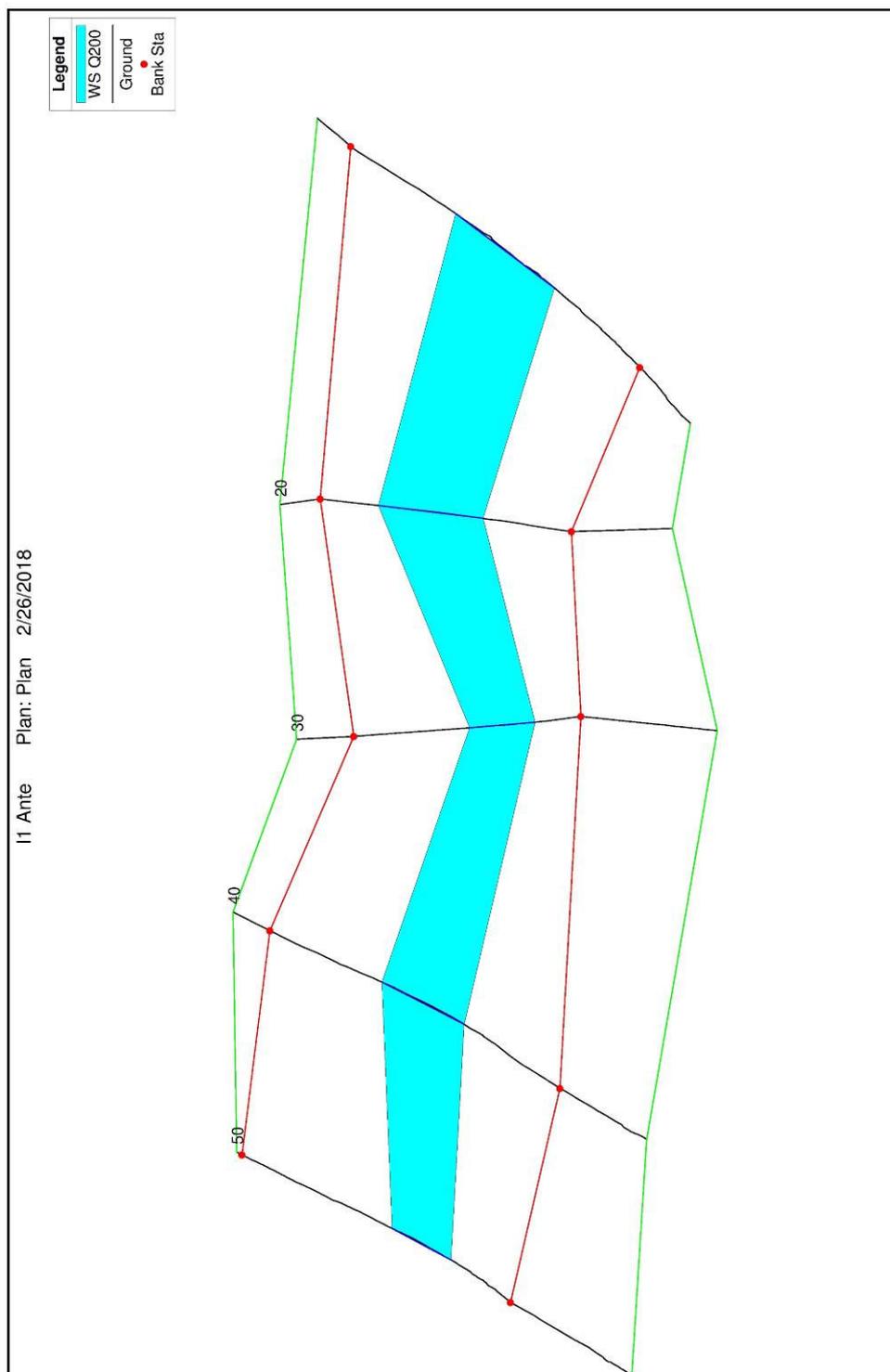


Fig.5



**Fig.6**

HEC-RAS Plan: 01 River: B1 Reach: Monte Profile: Q200

Reach	River Sta	Profile	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
Monte	50	Q200	4.30	22.09	22.26	22.26	22.31	0.024539	1.00	4.30	43.93	1.02
Monte	40	Q200	4.30	20.96	21.18	21.12	21.19	0.004583	0.53	8.13	61.23	0.46
Monte	30	Q200	4.30	20.00	20.20	20.20	20.25	0.023728	0.96	4.47	47.16	1.00
Monte	20	Q200	4.30	19.10	19.32	19.22	19.33	0.001721	0.36	11.87	75.72	0.29
Monte	10	Q200	4.30	18.70	19.00	18.96	19.02	0.007007	0.55	7.76	75.02	0.55

Tab.1



Fig.7 - Perimetrazione bicentenaria "ante operam"

#### 4.1.1.2 Verifica idraulica "post operam"

In una prima fase dell'applicazione del software HEC-RAS, si è realizzato uno schema planimetrico dell'alveo al quale sono correlate le caratteristiche geometriche delle sezioni, numerate in modo decrescente da quella di monte verso quella di valle (cfr. Fig.2).

*Come si evince dalla sez.3 "post operam" di Tav.12 e di Fig.8, è stata considerata una pista in rilevato di lunghezza 170m circa, di larghezza 4m e di volume pari a 650mc circa. L'opera idraulica necessaria al transito della piena bicentenaria con un franco di almeno 70cm è risultata costituita da una batteria di tubi tipo ARMCO da 1200mm di diametro e 1500mm di interasse.*

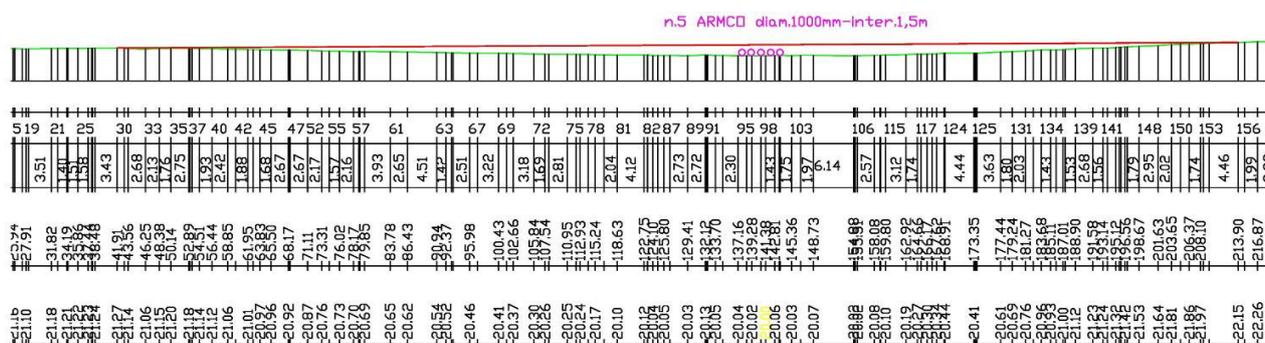


Fig.8 – Sezione 3 "post operam"

In riferimento ad ogni sezione, si sono considerati i valori relativi alle caratteristiche del terreno (coefficiente di Manning, coefficiente di contrazione e espansione, etc). Il coefficiente di scabrezza è stato assunto pari a 0,033 per le superfici "naturali" ed a 0,02 per le tubazioni del tombino. Si sono applicati quindi i parametri idraulici, valutati in funzione delle caratteristiche del bacino imbrifero del Reticolo di B1. È stato ipotizzato un moto permanente, in corrente sia lenta che veloce. Le Figg.9÷11 mostrano la planimetria schematica, il profilo idraulico e la perimetrazione bicentenaria "ante operam", ricavate dal modello HEC RAS. La Fig.12 evidenzia la sezione idraulica del tombino lato monte. La Tab.2 riassume i parametri idraulici di calcolo.

*La perimetrazione grafica bicentenaria conseguente, ricavata dal modello applicato alle sezioni di Tav.12, riportata nella Tav.11 e nello stralcio di Fig.13, evidenzia l'ampiezza della*

*perimetrazione e quindi la necessità di realizzare un tombino contestualmente alla pista di accesso alla torre VN04 e la conseguente protezione del cavidotto (secondo lo schema di Fig.4), che correrà a valle dello stesso tombino ( $L=85m$  come in Fig.13). In Appendice A3 sono riportati i tabulati grafici di HEC RAS per il Nodo II analizzato. Alla presente relazione sono allegati i relativi files di Hec Ras in una cartella denominata "II HEC. post".*

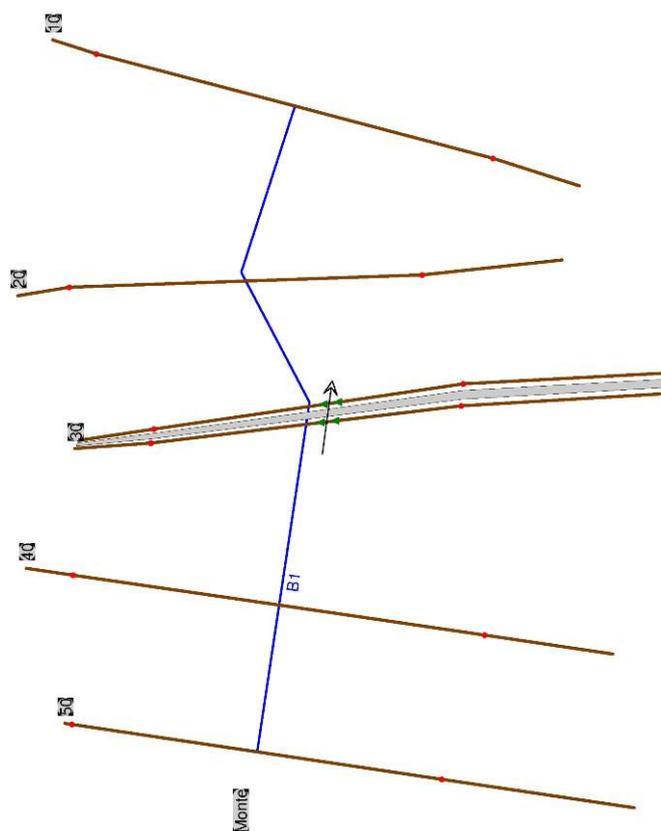


Fig.9

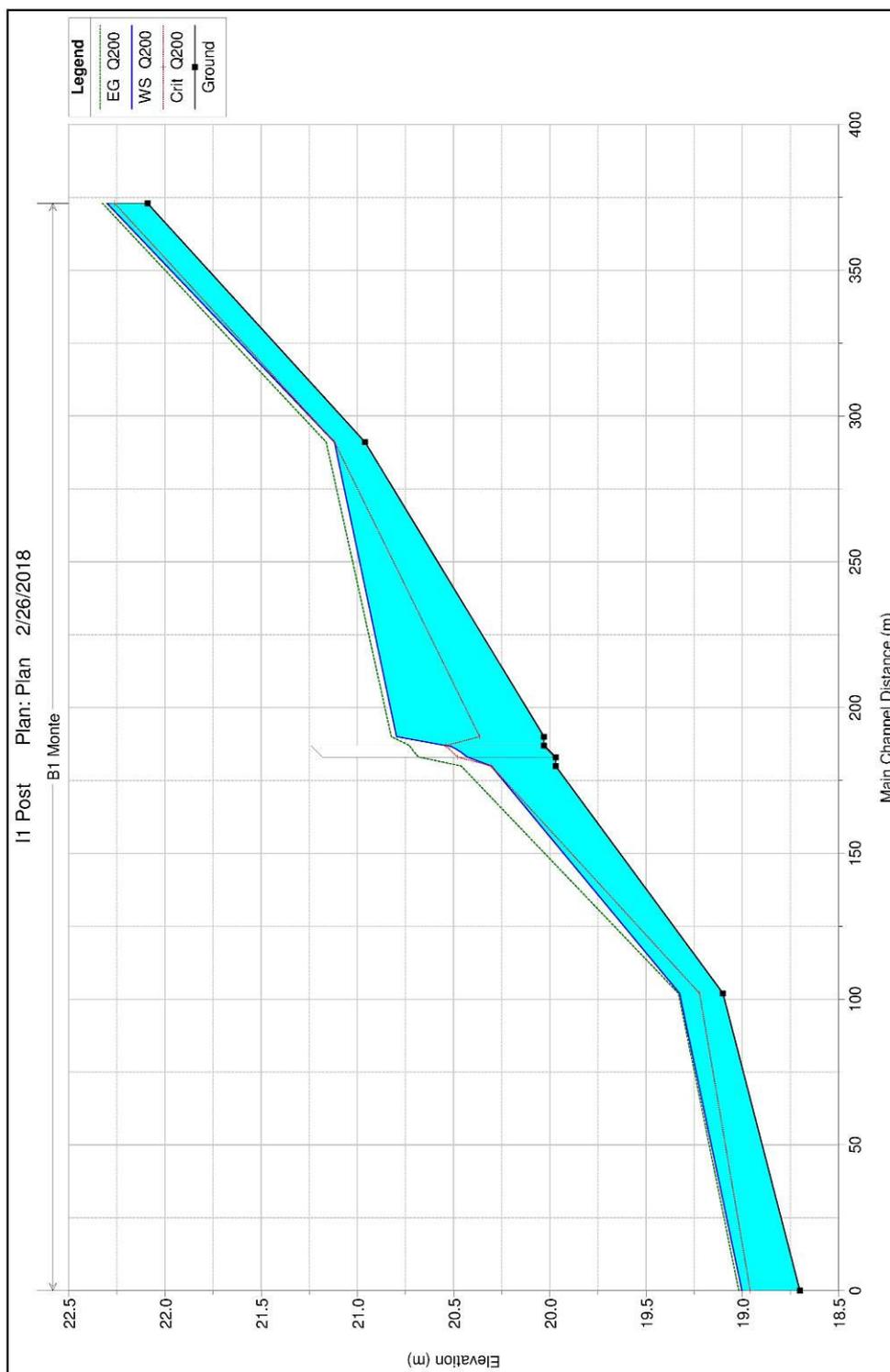
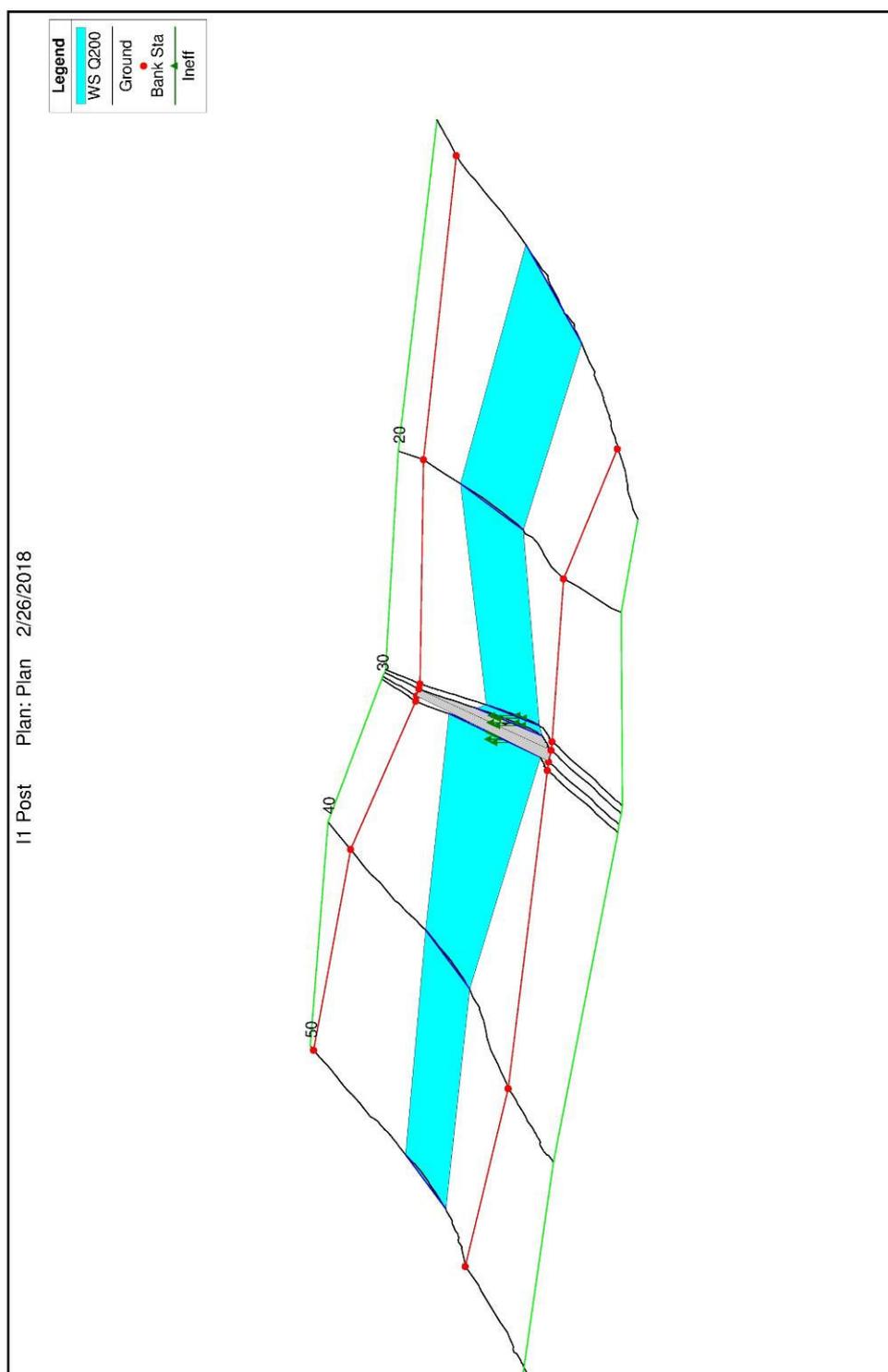


Fig.10



**Fig.11**

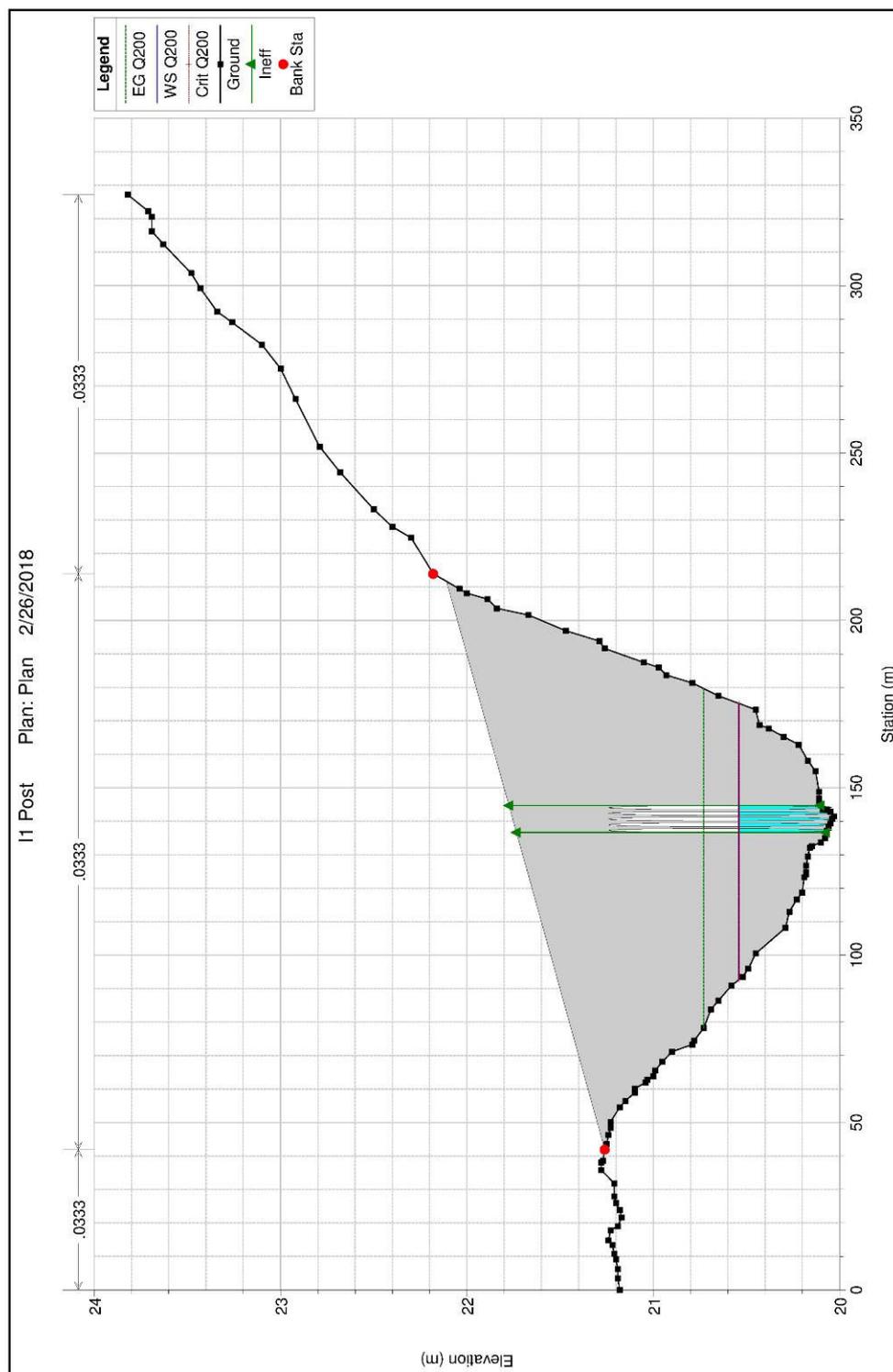


Fig.12

HEC-RAS Plan: 01 River: B1 Reach: Monte Profile: Q200

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /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 (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Monte	50	Q200	4.30	22.09	22.30	22.26	22.32	0.008910	0.69	6.22	51.54	0.64
Monte	40	Q200	4.30	20.96	21.12	21.12	21.16	0.025905	0.92	4.68	56.36	1.02
Monte	30	Q200	4.30	20.03	20.80	20.37	20.82	0.000880	0.73	5.91	108.19	0.27
Monte	29		Culvert									
Monte	28	Q200	4.30	19.97	20.30	20.30	20.46	0.016395	1.75	2.46	62.64	1.01
Monte	20	Q200	4.30	19.10	19.32	19.22	19.33	0.001721	0.36	11.87	75.72	0.29
Monte	10	Q200	4.30	18.70	19.00	18.96	19.02	0.007007	0.55	7.76	75.02	0.55

Tab.2

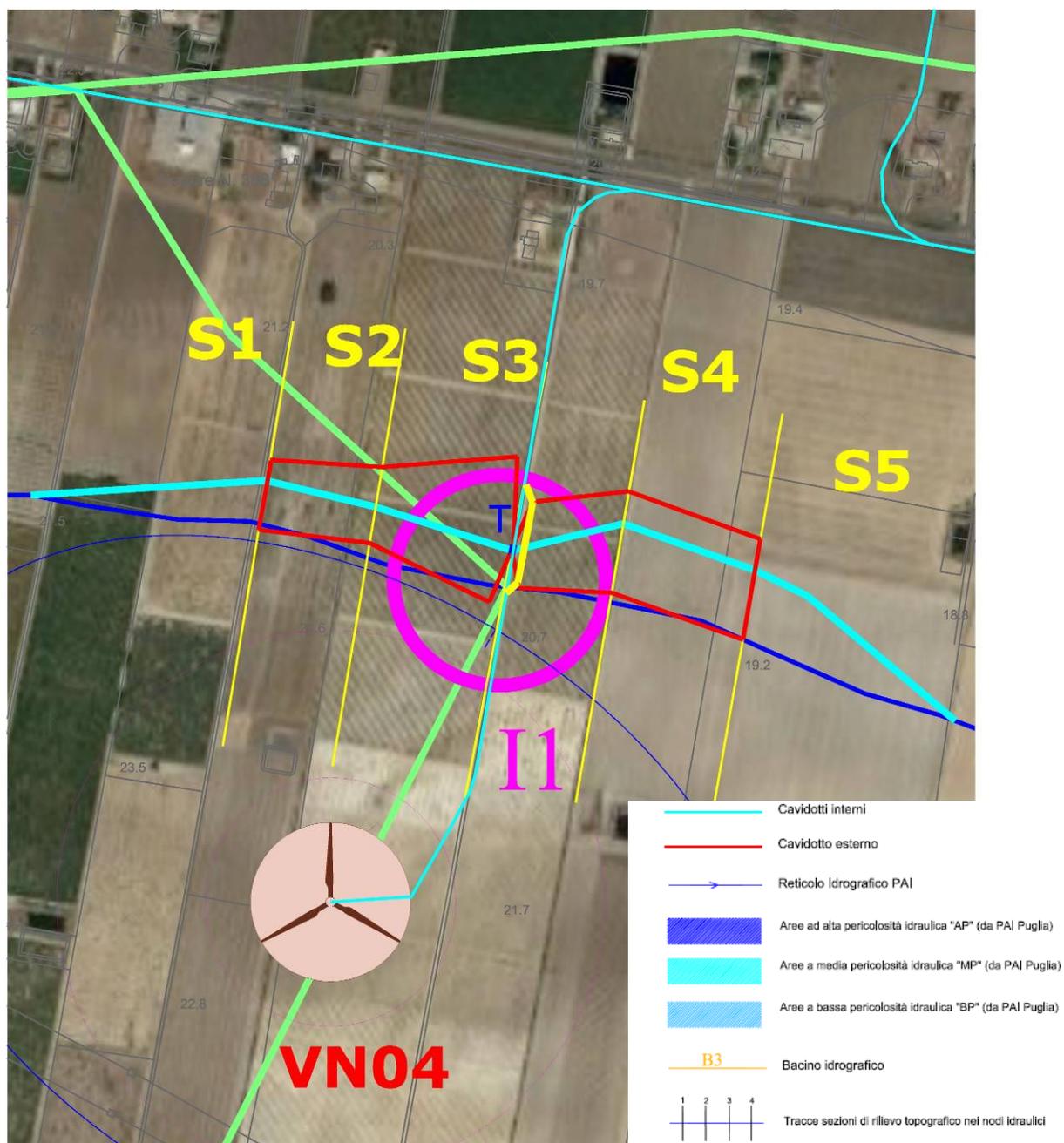


Fig.13

#### 4.1.2 Nodo I2 (bacino B2)

Per il bacino B2 sotteso al Nodo I2, la portata bicentenaria di calcolo è pari a **29,4 m<sup>3</sup>/s**, costante lungo le sei sezioni rilevate (cfr. tracce in Tav.I1 e sezioni in Tav.I2). Lungo il reticolo si rileva il ponticello di Foto 2.

Ove il ponticello risulti efficiente dal punto di vista idraulico, si propone il passaggio in fregio del cavidotto (cfr. Foto 2).



Foto 2

In una prima fase dell'applicazione del software HEC-RAS, si è realizzato uno schema planimetrico dell'alveo al quale sono correlate le caratteristiche geometriche delle sezioni, numerate in modo decrescente da quella di monte verso quella di valle. In riferimento a ogni sezione, si sono considerati i valori relativi alle caratteristiche del terreno (coefficiente di Manning, coefficiente di contrazione e espansione, etc). Il coefficiente di scabrezza è stato assunto pari a 0,033 per le superfici "naturali". Si sono applicati quindi i parametri idraulici, valutati in funzione delle caratteristiche del bacino imbrifero del Reticolo di B2.

È stato ipotizzato un moto permanente, in corrente sia lenta che veloce.

Le Figg.14÷16 mostrano la planimetria schematica, il profilo idraulico e la perimetrazione bicentenaria ricavate dal modello HEC RAS. La Tab.3 riassume i parametri idraulici di calcolo.

La perimetrazione grafica bicentenaria conseguente, ricavata dal modello applicato alle sezioni di Tav.I2, riportata in Tav.I1 e nello stralcio di Fig.17, evidenzia la mancanza di interferenze idrauliche fra le opere di progetto e le aree a pericolosità idraulica.

In sintesi il cavidotto può attraversare il reticolo in fregio al ponticello (lato valle) o in scavo, sempre lato valle, secondo lo schema tipologico nota per una lunghezza di protezione di 25 m.

In Appendice B1 è riportata la documentazione fotografica del nodo; in Appendice B2 sono riportati i tabulati grafici di HEC RAS per il Nodo I2 analizzato. Alla presente relazione sono allegati i relativi files di Hec Ras in una cartella denominata "I2 HEC".

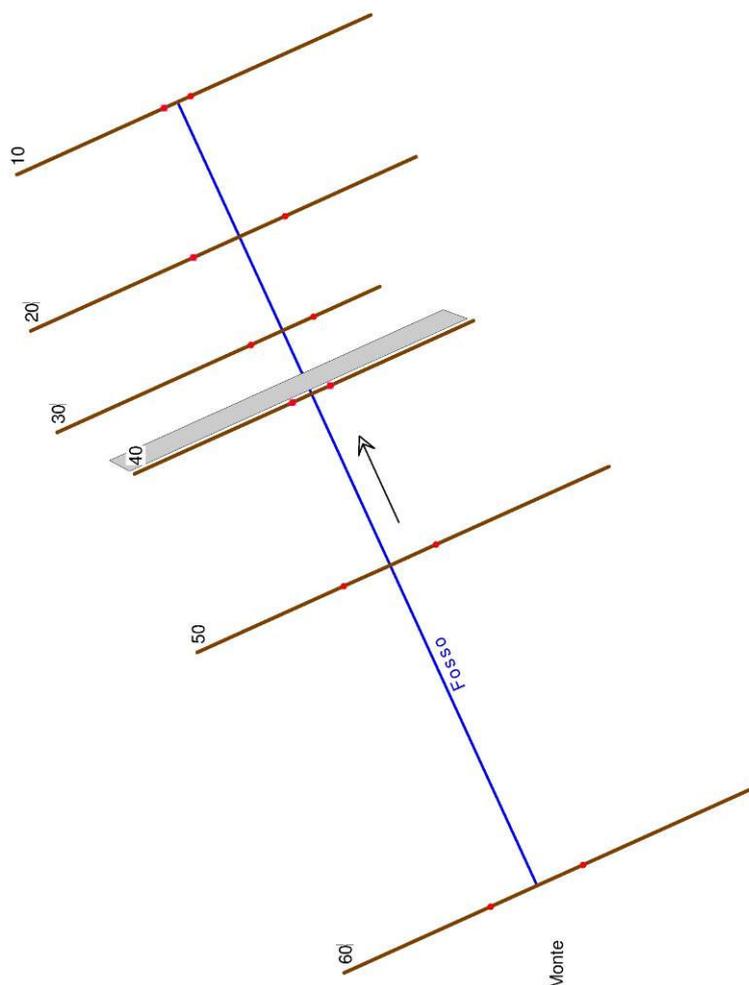


Fig.14 – Schema planimetrico di calcolo

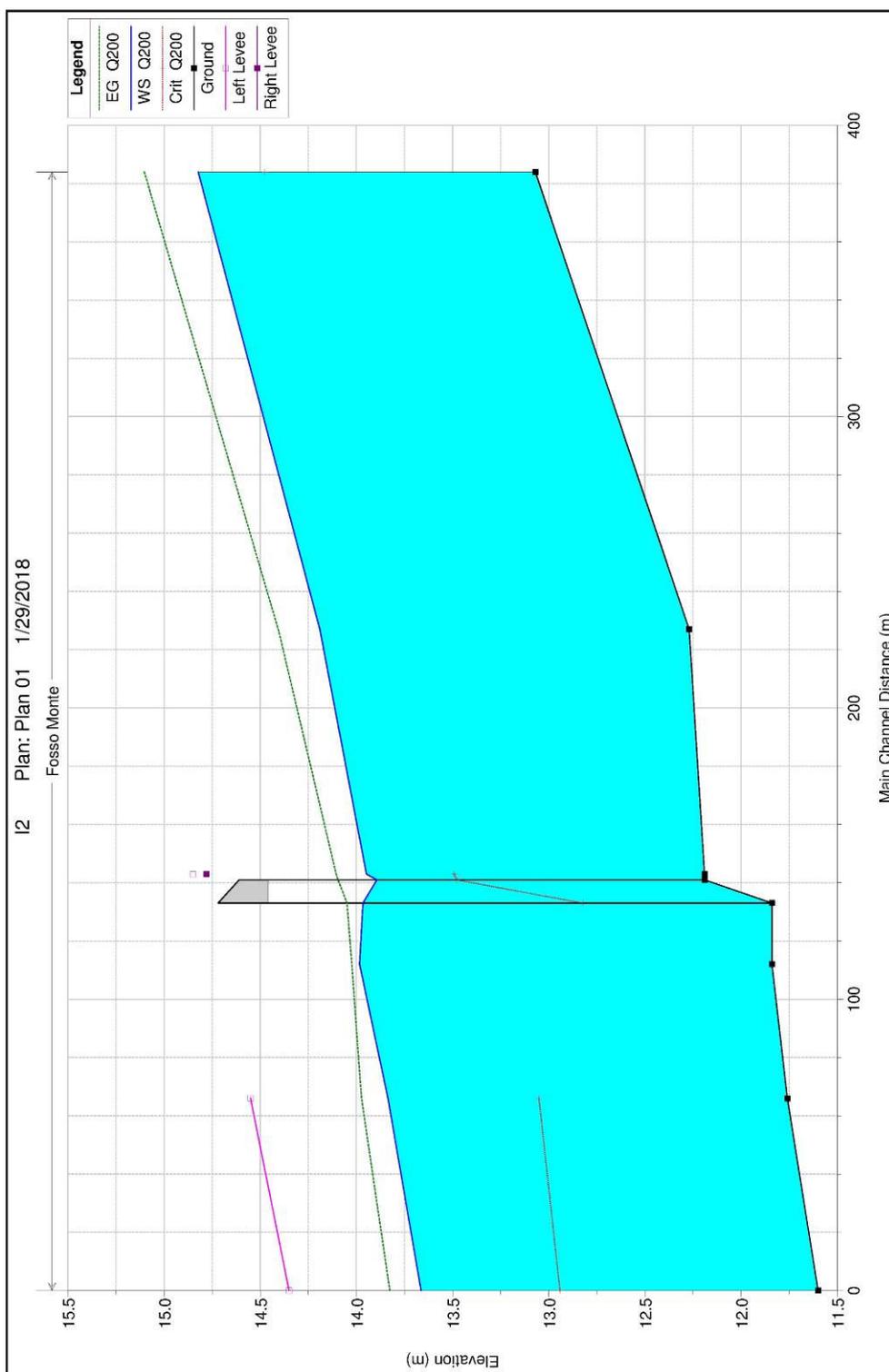
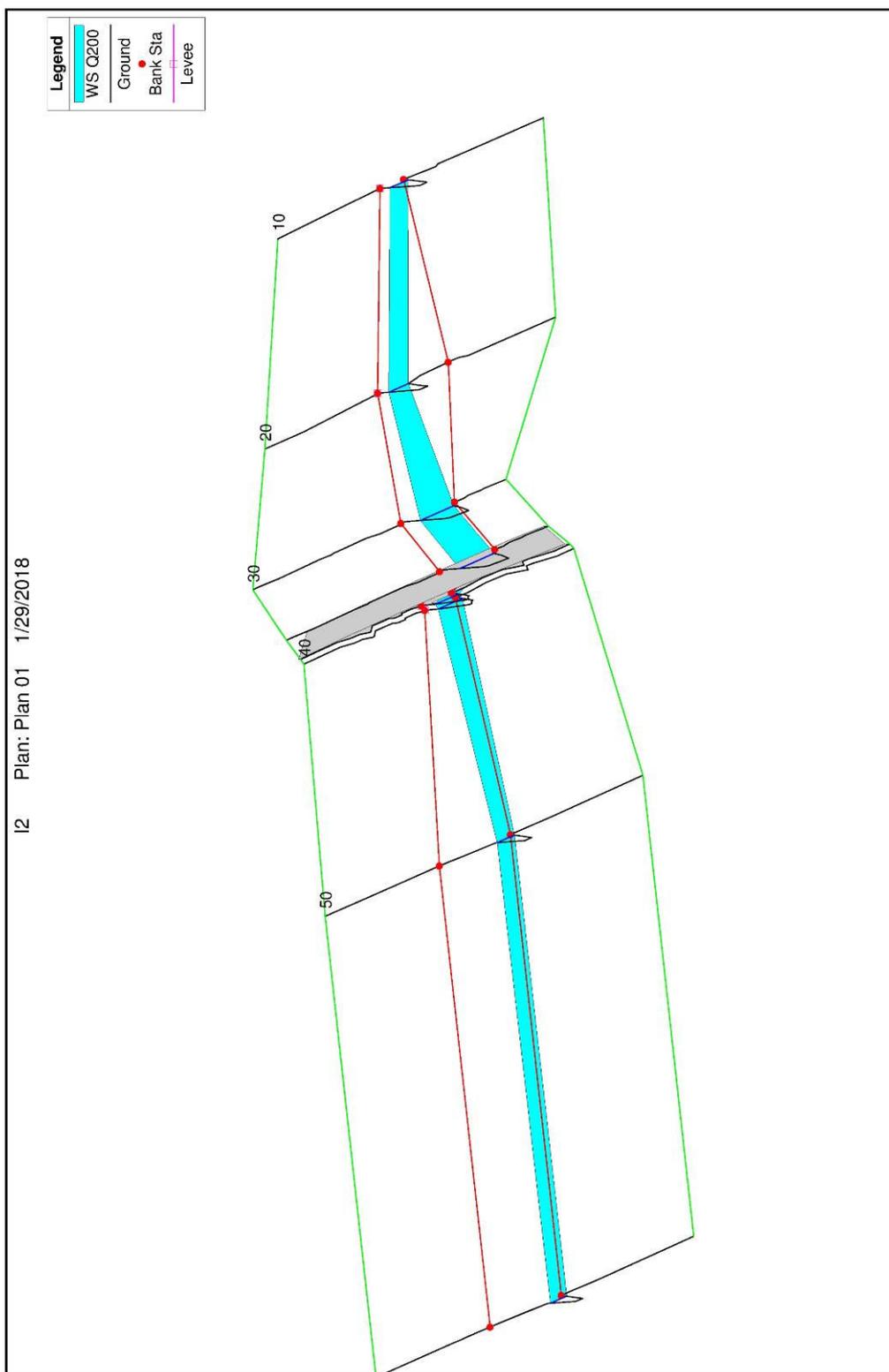


Fig.15 – Profilo idraulico

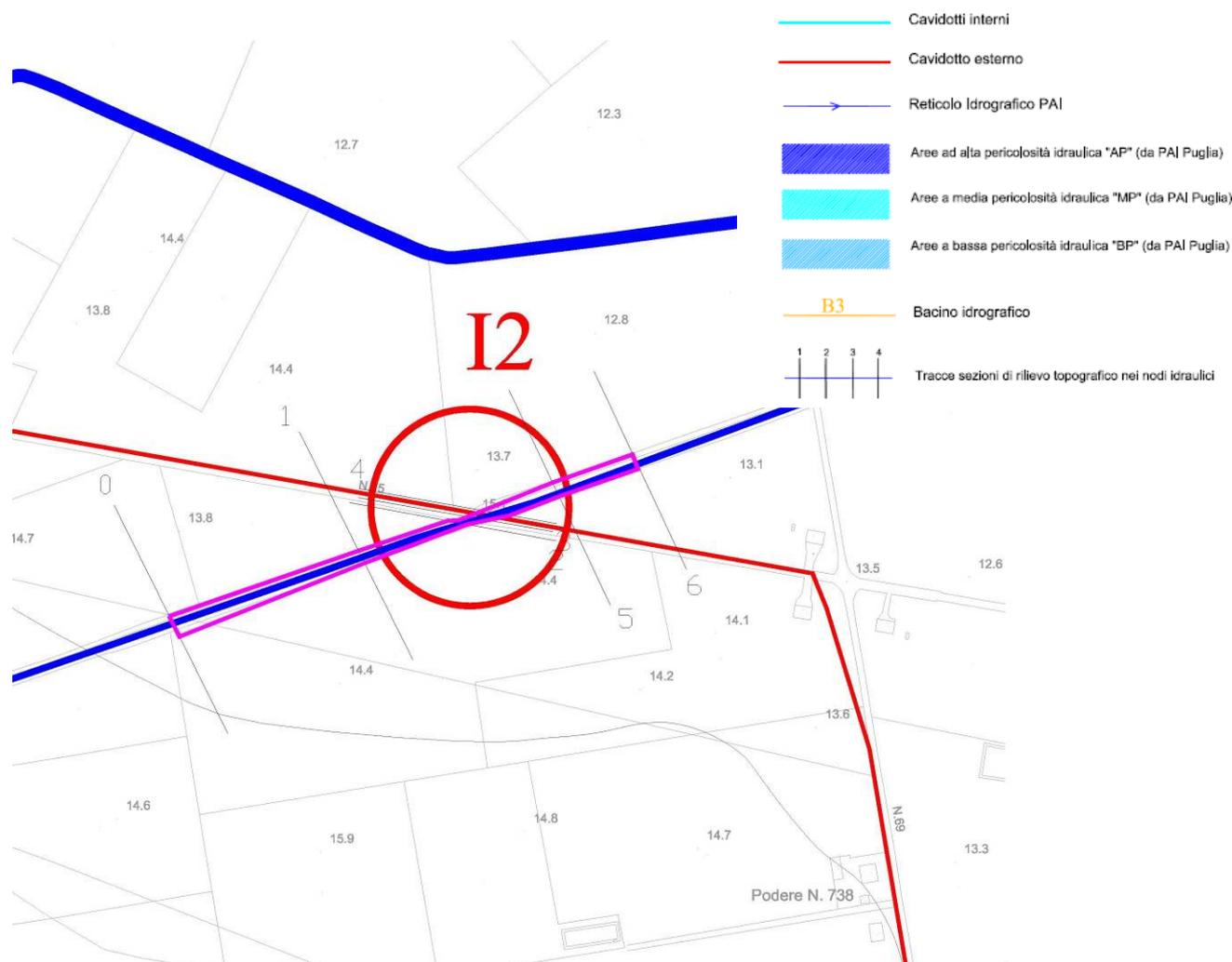


I2 Plan: Plan 01 1/29/2018

Fig.16 - Perimetrazione 3D

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Fosso Reach: Monte Profile: Q200

Reach	River Sta	Profile	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
Monte	60	Q200	29.40	13.07	14.82	14.48	15.10	0.005196	2.35	12.51	10.08	0.67
Monte	50	Q200	29.40	12.27	14.19		14.41	0.003643	2.06	14.24	10.65	0.57
Monte	40	Q200	29.40	12.19	13.95	13.49	14.11	0.003140	1.76	16.68	14.98	0.53
Monte	35	Bridge										
Monte	30	Q200	29.40	11.84	13.98		14.02	0.000491	0.88	33.22	20.78	0.22
Monte	20	Q200	29.40	11.76	13.84	13.05	13.97	0.002031	1.64	17.90	12.23	0.43
Monte	10	Q200	29.40	11.60	13.66	12.94	13.83	0.002402	1.78	16.51	11.18	0.47

**Tab.3 – Parametri idraulici di calcolo**

**Fig.17 – Perimetrazione delle aree allagabili con Tr=200 anni**

#### 4.1.3 *Nodo I3 (bacino B3)*

Come si evince dalla planimetria di Tav.II, l'interferenza I3 è localizzata in corrispondenza di un modesto tombino stradale, dove è previsto il transito del cavidotto (cfr. Tav.II e Foto 3).



Foto 3

Ai fini del calcolo idraulico è stato considerato il **reticolo B3** con la sua portata bicentenaria pari a **4,4 m<sup>3</sup>/s**.

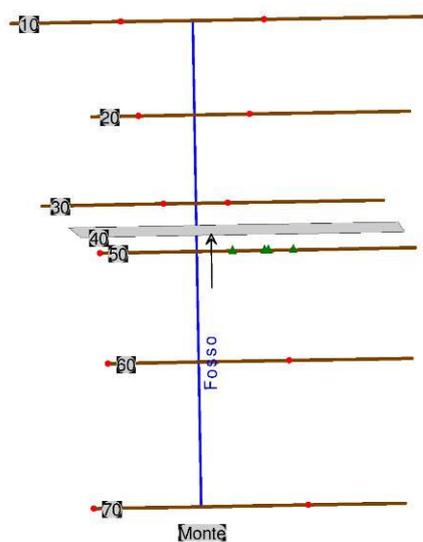
In una prima fase dell'applicazione del software HEC-RAS, si è realizzato uno schema planimetrico dell'alveo al quale sono correlate le caratteristiche geometriche delle sezioni, numerate in modo decrescente da quella di monte verso quella di valle. In riferimento a ogni sezione, si sono considerati i valori relativi alle caratteristiche del terreno (coefficiente di Manning, coefficiente di contrazione e espansione, etc). Il coefficiente di scabrezza è stato assunto pari a 0,033 per le superfici "naturali" e 0,025 per il tombino esistente.

Si sono applicati quindi i parametri idraulici, valutati in funzione delle caratteristiche del bacino imbrifero del Reticolo di I3.

È stato ipotizzato un moto permanente, in corrente sia lenta che veloce.

Le Figg.18÷20 mostrano la planimetria schematica, il profilo idraulico e la perimetrazione bicentenaria ricavate dal modello HEC RAS. La Tab.4 riassume i parametri idraulici di calcolo.

*La perimetrazione grafica bicentenaria conseguente, ricavata dal modello applicato alle sezioni di Tav.I2, riportata in Tav.I1 e nello stralcio di Fig.21, evidenzia la presenza di interferenze idrauliche fra il cavidotto di progetto che corre lungo la strada e le aree a pericolosità idraulica. In corrispondenza dell'attraversamento idraulico e cioè del tombino esistente (insufficiente dal punto di vista idraulico) non sembra opportuno passare in fregio lato valle, bensì in scavo (sempre lato valle) con una lunghezza massima di protezione idraulica pari a 15 metri. In Appendice C è riportata la documentazione fotografica di campagna (Appendice C1) ed i tabulati grafici di HEC RAS (Appendice C2) per il Nodo I3 analizzato. Alla presente relazione sono allegati i relativi files di Hec Ras in una cartella denominata "HEC I3".*



**Fig.18 – Schema planimetrico di calcolo**

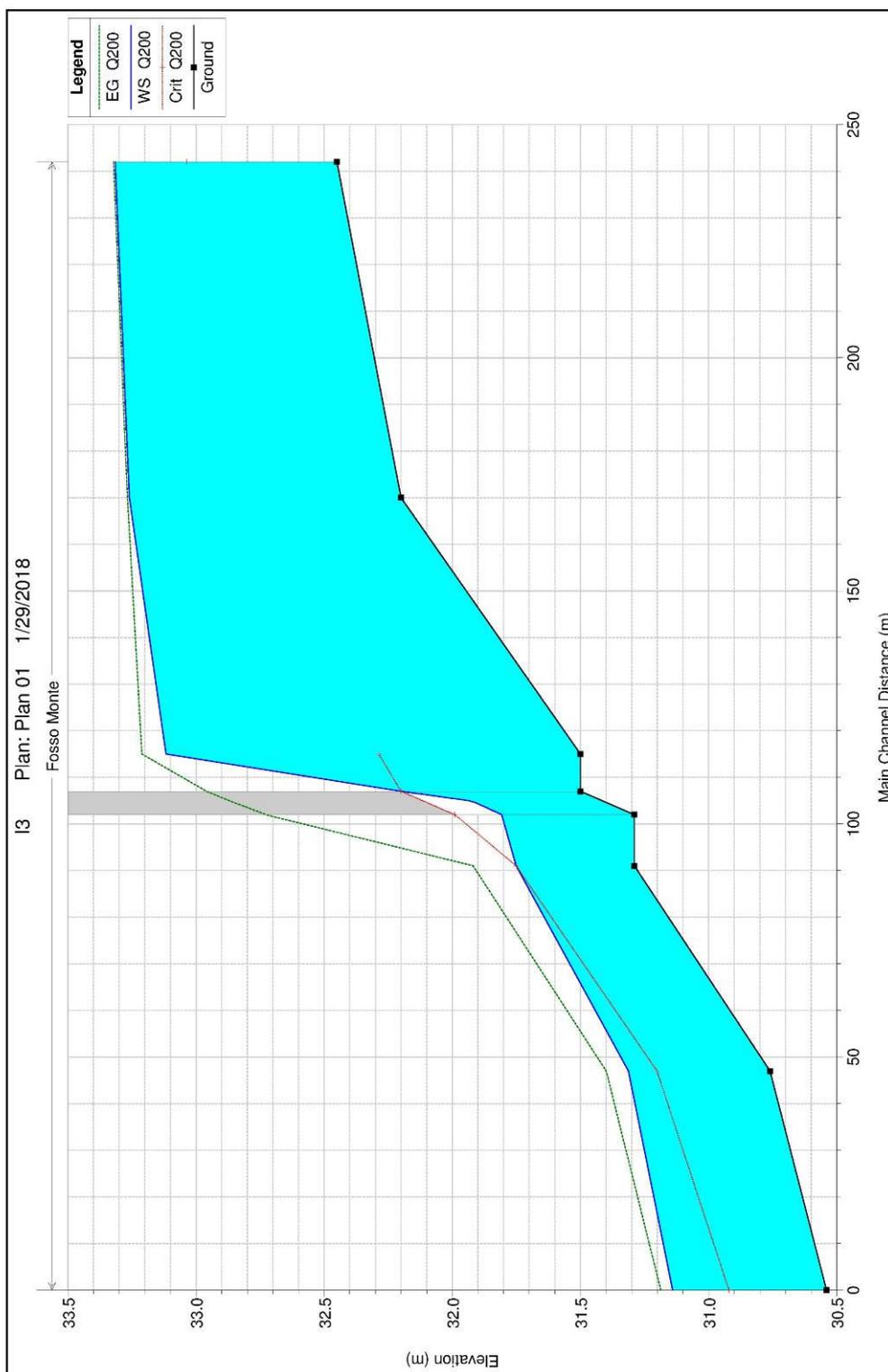
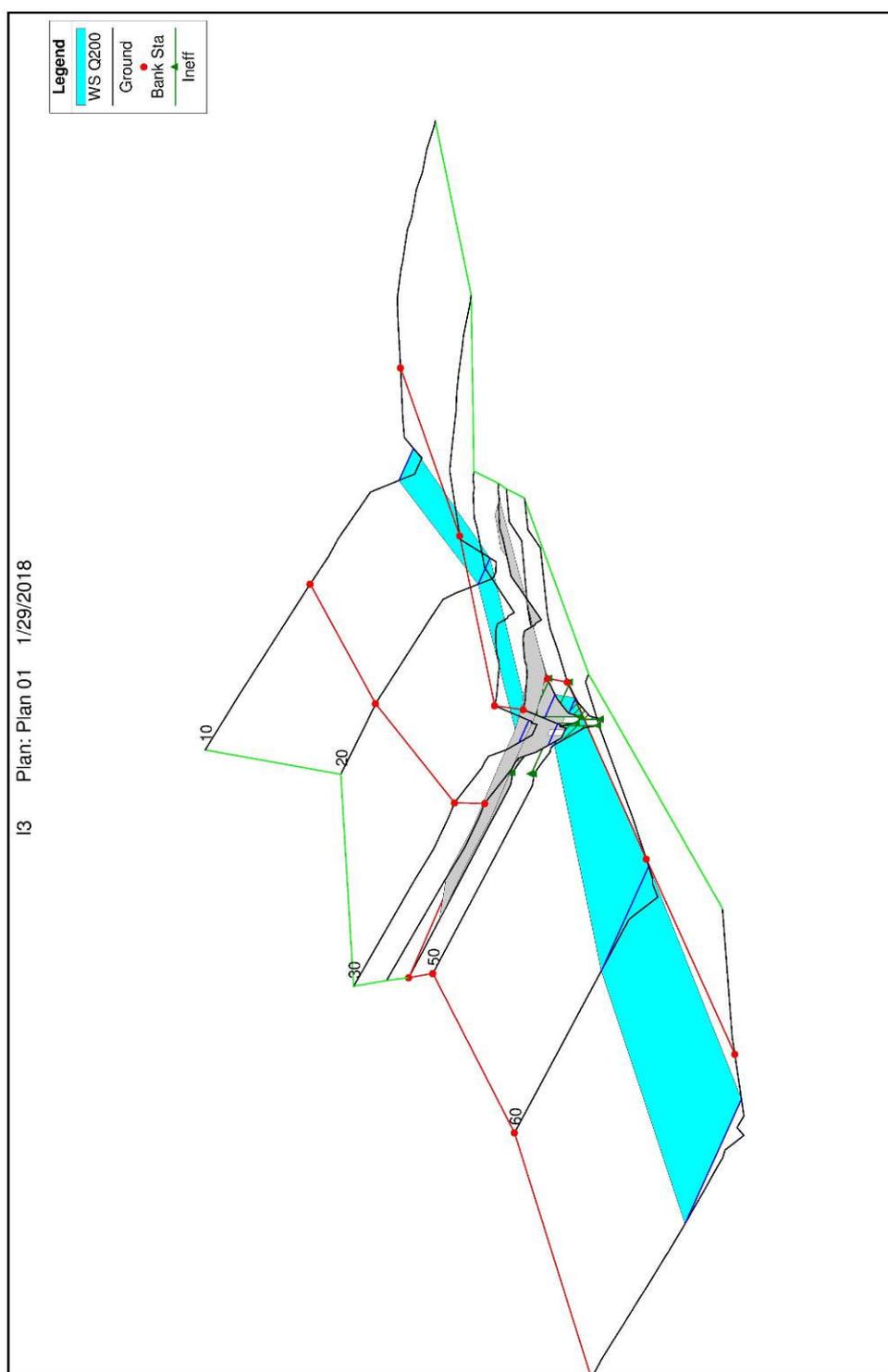


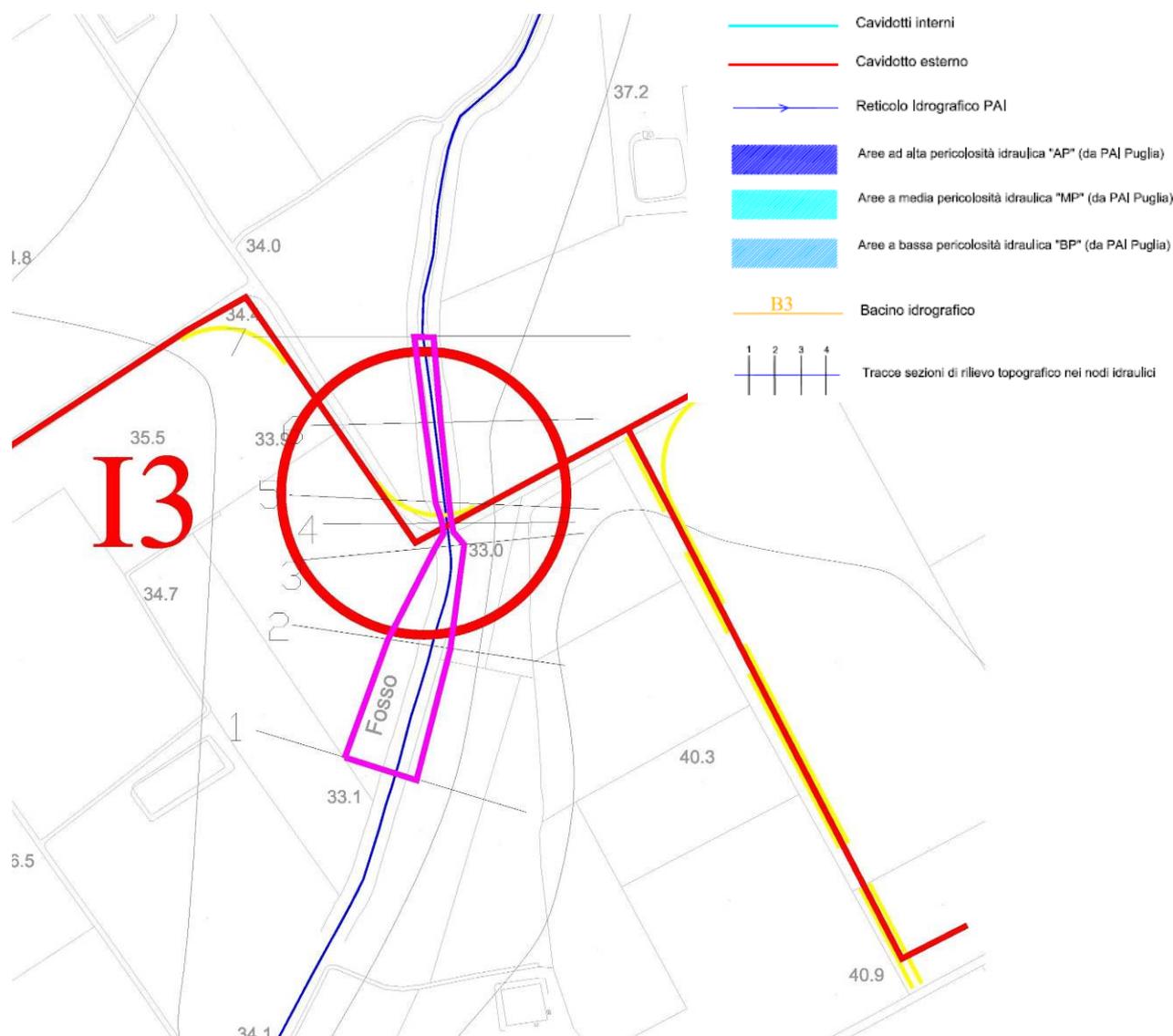
Fig.19 – Profilo idraulico



**Fig.20 - Perimetrazione 3D**

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Fosso Reach: Monte Profile: Q200

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /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 (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Monte	70	Q200	4.40	32.45	33.32	33.04	33.32	0.000766	0.37	11.99	40.81	0.22
Monte	60	Q200	4.40	32.20	33.26		33.27	0.000722	0.39	11.39	34.26	0.21
Monte	50	Q200	4.40	31.50	33.12	32.29	33.21	0.001081	1.36	3.23	15.35	0.34
Monte	40	Culvert										
Monte	30	Q200	4.40	31.29	31.75	31.75	31.92	0.016468	1.82	2.42	7.32	1.01
Monte	20	Q200	4.40	30.76	31.31	31.20	31.40	0.006568	1.30	3.38	8.53	0.66
Monte	10	Q200	4.40	30.54	31.14	30.92	31.19	0.003001	0.95	4.65	10.53	0.45

**Tab.4 – Parametri idraulici di calcolo**

**Fig.21 – Perimetrazione delle aree allagabili con Tr=200 anni**

Bari, marzo 2018

SIT&amp;A srl - Ing. Tommaso Farenga

## **APPENDICE A**

### **NODO I1**

**APPENDICE A1**  
**NODO I1:**  
**Documentazione fotografica**



**Nodo II - Sezioni 2 e 3 (monte)**



**Nodo II - Sezione 4 (verso nord)**



**Nodo II - Sezione 4 (alveo verso sud)**

**Nodo I1 - Sezione 4****Nodo I1 - Sezione 5**

**APPENDICE A2**  
**NODO I1 - bacino B1: ante operam**  
**Tabulati di calcolo HEC RAS**

**APPENDICE A3**  
**NODO I1 - bacino B1: post operam**  
**Tabulati di calcolo HEC RAS**

## **APPENDICE B**

### **NODO I2**

**APPENDICE B1**  
**NODO I2:**  
**Documentazione fotografica**











**APPENDICE B2**  
**NODO I2 - bacino B2:**  
**Tabulati di calcolo HEC RAS**

*Inserire PDF con numerazione al contrario*

## APPENDICE C

### NODO I3

**APPENDICE C1**  
**NODO I3:**  
**Documentazione fotografica**









**APPENDICE C2**  
**NODO I3 - bacino B3:**  
**Tabulati di calcolo HEC RAS**

*Inserire PDF con numerazione al contrario*