

ELABORATO: IDR1
RELAZIONE IDRAULICA

**SIMULAZIONI DELLE PIENE DI RIFERIMENTO ED ORDINARIA DEL
RIO PARA, IN UN TRATTO PROSSIMO ALL'AREA INTERESSATA
DAL PUA DI INIZIATIVA PRIVATA "LA GUALCHIERA" - LOTTO B,
COMUNE DI MELDOLA**

Forlì, Settembre 2012

Il Tecnico:

Ing. Massimo Plazzi
Via Maceo 19, 47121 Forlì
Tel. 3472515629

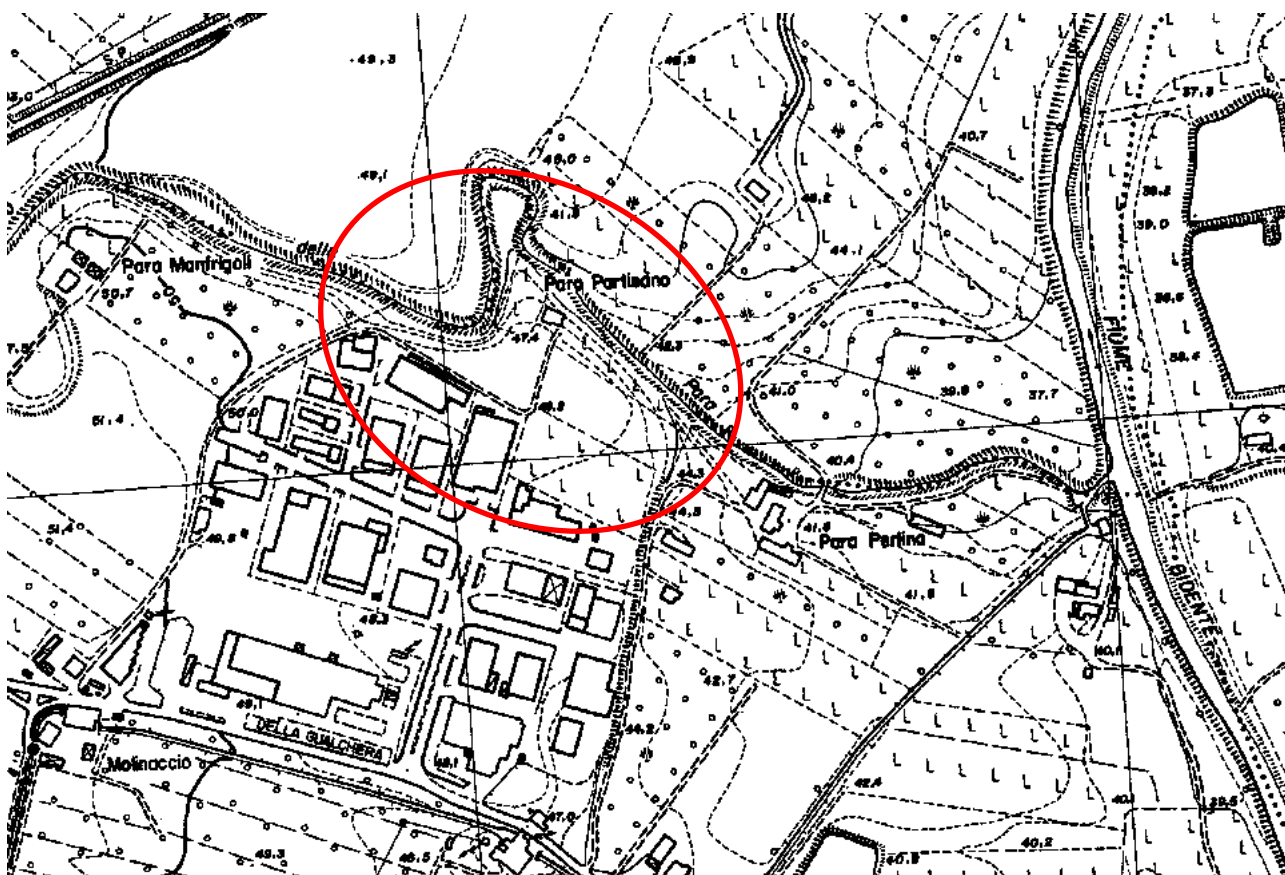
PREMESSA E CONSIDERAZIONI INTRODUTTIVE

La presente relazione idraulica ha lo scopo di verificare i livelli di piena - di riferimento e ordinaria - del Rio Para in un tratto abbastanza esteso, di circa 600 m, in corrispondenza dell'area ove è prevista la realizzazione di un PUA di iniziativa privata, denominato "La Gualchiera" - lotto B, in Comune di Meldola.

Tale verifica ha lo scopo di definire il "demanio idrico fisico" del rio, vale a dire la porzione di demanio fluviale interessata dal transito della portata di piena ordinaria (vedi **ALLEGATO 2**), nonché di accertare se le piene per eventi eccezionali (con tempo di ritorno pari a 30 e a 200 anni) interessano l'area di intervento, al fine anche di definire una quota di sicurezza per la realizzazione degli edifici.

L'area oggetto di simulazione idraulica compare nelle corografie riportate di seguito (figure 1 e 2).

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di lotti di tipo industriale, in ampliamento della già esistente area produttiva.



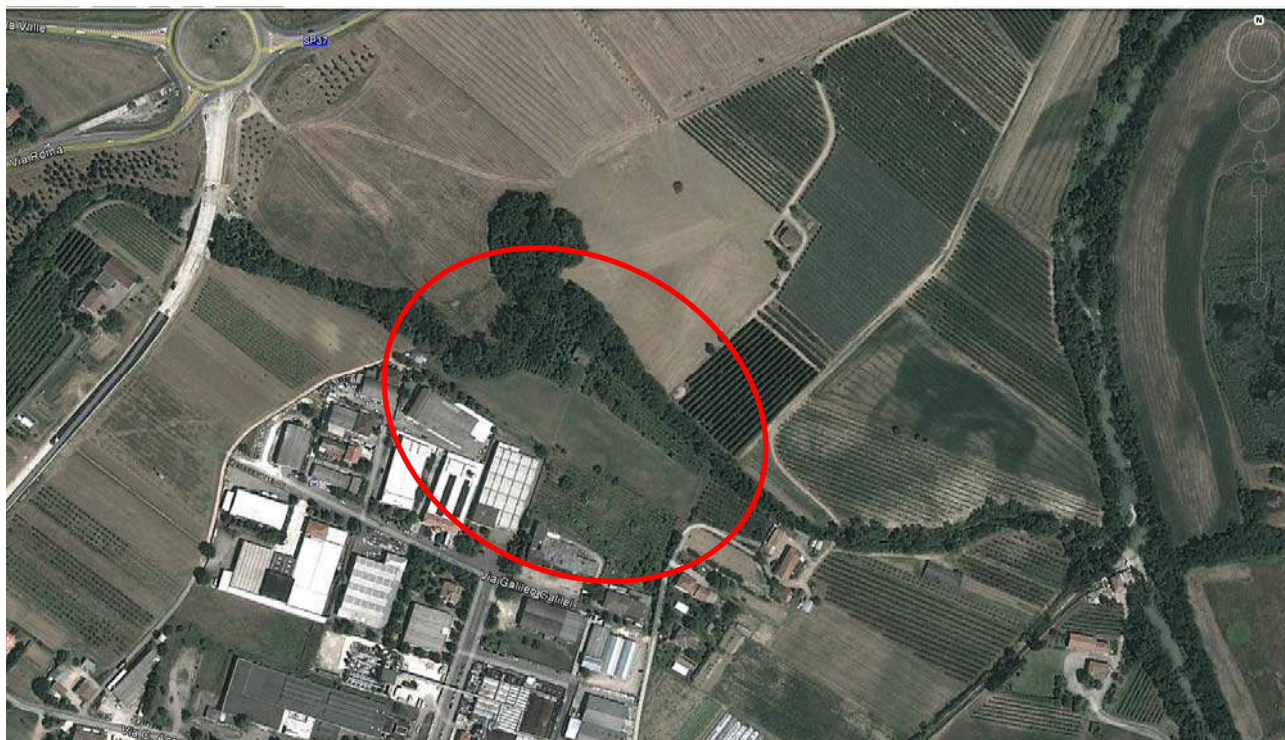


Figura 2: Corografia di inquadramento (su base ortofoto)

Lo studio, individuando le aree di esondazione del Rio Para per piene eccezionali e ordinarie, permette di:

- definire planimetricamente la porzione di demanio fluviale ove transita la piena ordinaria (ossia la piena con tempo di ritorno pari a 2 anni, secondo quanto definito dagli studi di cui all'allegato 2) e di verificare quindi il rispetto delle distanze imposte dal RD n. 523/1904, fissate a 4 m e 10 m rispettivamente per piantagioni (e recinzioni amovibili) e per edifici (art. 96, lettera f);
- individuare le aree allagabili per piene con tempo di ritorno pari a 30 anni, in modo da evitare la presenza di qualunque tipo di manufatto in tali aree;
- individuare le quote di imposta di sicurezza, ossia al di sopra del livello idrico massimo al colmo per piene con tempo di ritorno pari a 200 anni, per i manufatti edilizi eventualmente presenti all'interno della fascia interessata dalla piena duecentennale.

Per procedere conformemente a quanto previsto dalla Direttiva Tecnica del 20/10/2003 dell'Autorità di Bacino (e successivo adeguamento del 19/12/2011), si è proceduto a raccogliere tutto il materiale conoscitivo possibile, sia in termini topografici che in termini di assunzioni idrologiche ed idrauliche, e si sono utilizzate le medesime modalità di implementazione ed utilizzo di idoneo modello previsionale di simulazione (HEC-RAS) così come già in vigore presso il Servizio Tecnico.

In particolare, gli sforzi per realizzare un'indagine di dettaglio sono stati concentrati nel tratto di rio in corrispondenza dell'area di interesse, per un tratto sotteso significativo (così come richiesto nella lettera del Servizio Tecnico di Bacino Romagna, sede di Forlì, in data 05/07/2012 [PG. 2012. 0165351]), verificando la disponibilità del Servizio Tecnico in termini di sezioni trasversali già rilevate e concertando con i tecnici dell'ente stesso – se necessarie – le posizioni ove andare a rilevare ulteriori sezioni di infittimento.

Sfortunatamente, le sezioni topografiche nell'intorno del tratto del Rio Para indagato erano insufficienti per le finalità del presente studio.

Alla luce di tale quadro, è stato realizzato dalla Proprietà (così come richiesto dal competente Servizio Tecnico di Bacino Romagna di Forlì) un rilievo topografico di dettaglio nel suddetto tratto, eseguendo n. 9 sezioni trasversali integrative “di infittimento” (vedasi elaborato grafico specifico) per poter poi procedere, fruendo anche delle geometrie già in possesso del STBR, ad una verifica idraulica mediante modello matematico HEC-RAS più precisa ed attendibile.

Le 9 sezioni trasversali prodotte coprono un tratto fluviale a cavallo dell'area di PUA di sviluppo longitudinale pari a circa 600 m.

Ovviamente, per garantire l'omogeneità planoaltimetrica delle vecchie e nuove sezioni il rilievo si è “appoggiato” ai medesimi capisaldi.

DATI IN INGRESSO E COSTRUZIONE MODELLO IDRAULICO PER IL RIO PARA

Idrologia

Si sono assunti al fine del calcolo idraulico i valori determinati dal STB Romagna delle piene trentennale e duecentennale (vedi **ALLEGATO 1**), che sono i seguenti:

- $Q_{30} = 36,8$ mc/sec
- $Q_{200} = 54,2$ mc/sec

Al fine di determinare le portate di piena ordinaria, si fa riferimento ad un recente studio condotto dall'AdB Fiumi Romagnoli per cartografare l'alveo dei fiumi romagnoli principali (si veda un estratto in **ALLEGATO 2**); in esso si è determinato un valore della piena ordinaria legato ad un tempo di ritorno pari a 2 anni, che corrisponde ad una percentuale variabile del 20-25% della piena duecentennale.

Estrapolando tali calcoli al caso del torrente Para ed assumendo il valore più cautelativo pari al 25% della portata duecentennale si ricava la seguente portata che sarà utilizzata nelle simulazioni per individuare il demanio idrico fisico (quello catastale risulta leggermente più ristretto):

- $Q_{ordinaria} = 13,6$ mc/sec

Occorre effettuare alcune considerazioni di natura idraulica, data la vicinanza della confluenza del rio Para al fiume Ronco; il ponticello della Perlina viene ad essere interessato dalle piene duecentennali del fiume Ronco (come si evince dalla figura sottostante in cui sono riportate le fasce di esondazione da Variante 2011 al Piano Stralcio di Bacino); i livelli di piena trentennale arrivano subito a valle del ponte.

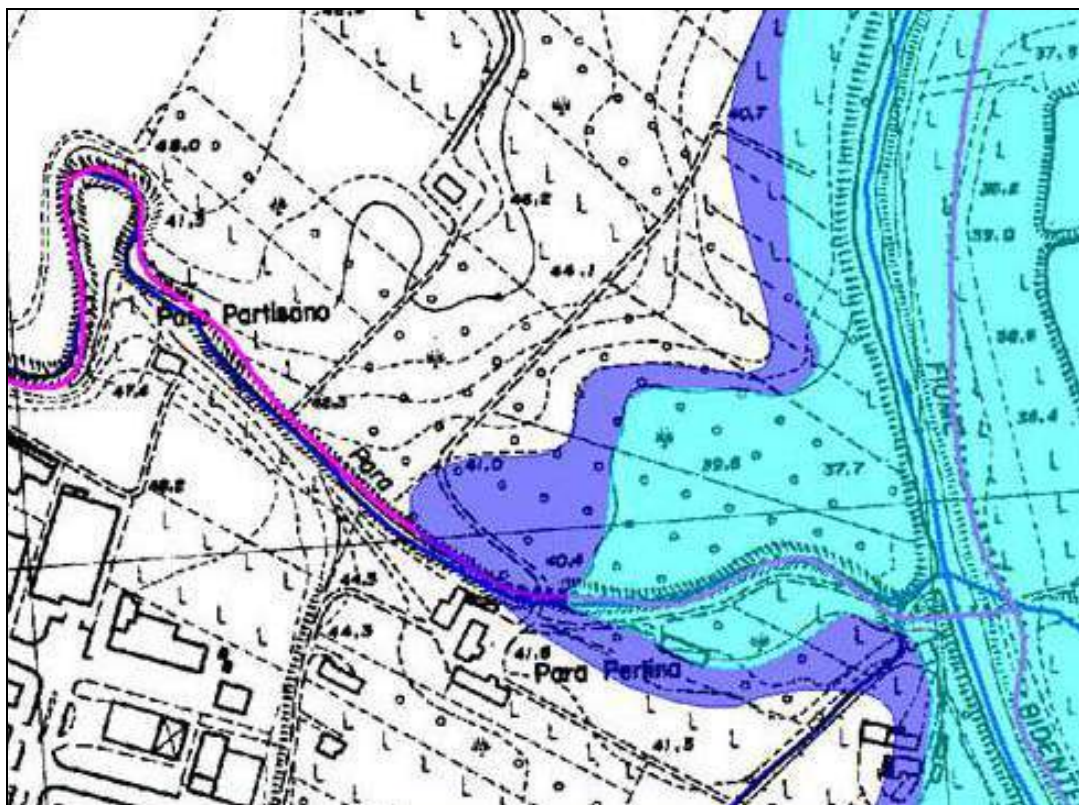


Figura 3: Fasce di esondazione da Variante Piano di Bacino del fiume Ronco

Al fine delle simulazioni sul torrente Para sarà da considerare anche il caso di concomitanza delle piene; per il fiume Ronco si possono prendere a riferimento i livelli ottenuti dal modello implementato in HEC-Ras, in dotazione presso il STB Romagna.

Come si può osservare nella figura sottostante le sezioni di riferimento sono la **35409** (a valle della confluenza) e la **35527** (a monte) con una numerazione progressiva (in mt.) dall'inizio del Ronco (alla confluenza con il Montone a Ravenna).

I valori dei livelli sono i seguenti:

Piena Q200: sez. 35409: **40,66** m.s.l.m.
sez. 35527: **40,84** m.s.l.m.

Piena Q30: sez. 35409: **39,80** m.s.l.m.
sez. 35527: **39,99** m.s.l.m.

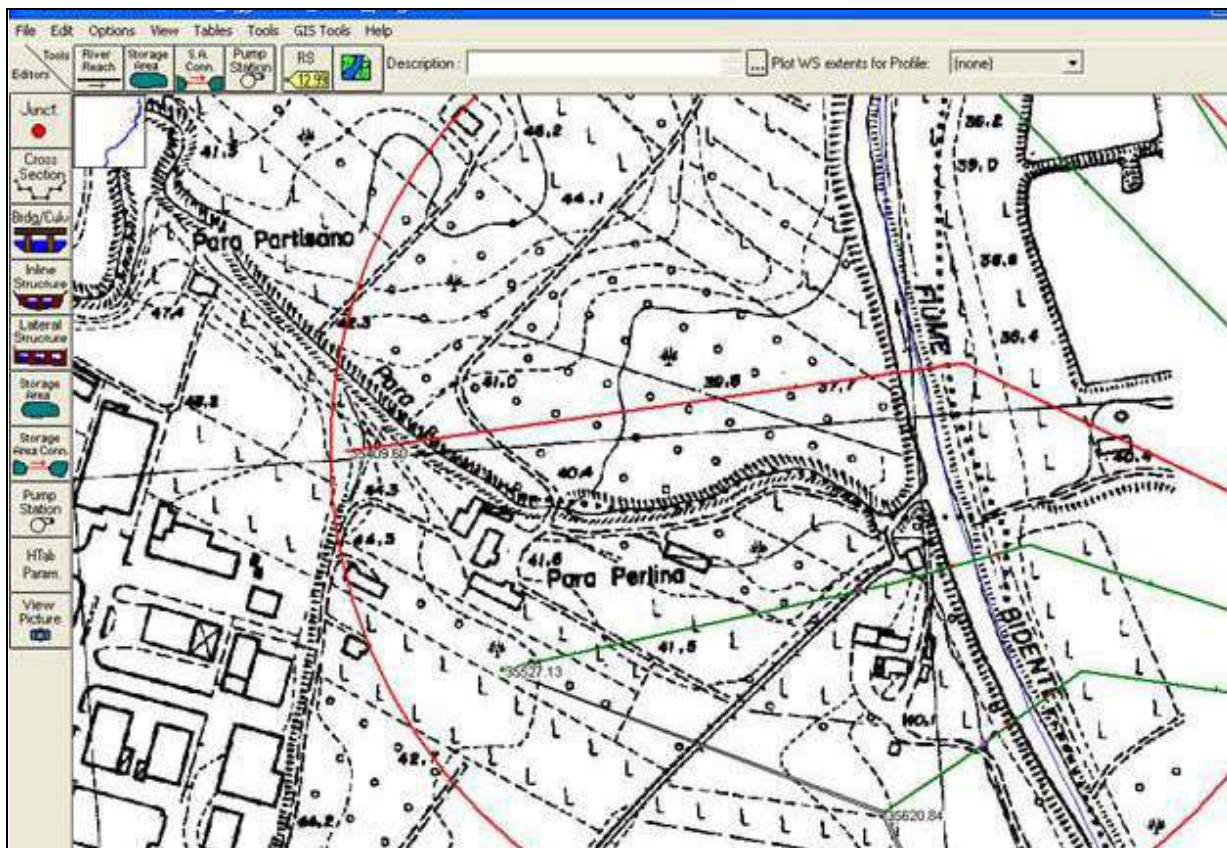


Figura 4: Schema del modello HEC-RAS 3.0.3 del fiume Ronco nei pressi della confluenza con il Rio Para

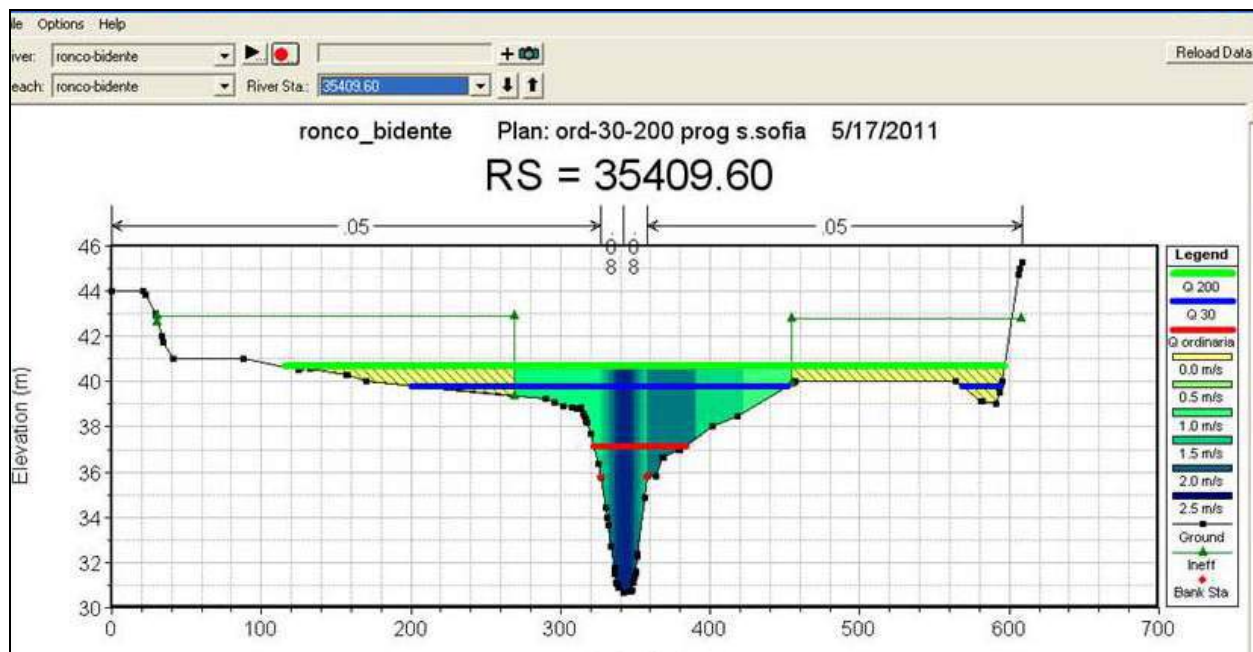


Figura 5: Livelli del Ronco alla sezione di valle della confluenza con il Para

Geometria

Una volta definito il rilievo plano-altimetrico di dettaglio, facendo riferimento ai capisaldi delle sezioni già in possesso presso il STB, si sono acquisite le sezioni di interesse, cercando di rappresentare al meglio l'andamento del torrente nel tratto interessato, con raffittimento delle sezioni dove risultano presenti delle curve del corso d'acqua.

Il software di calcolo utilizzato è denominato HEC-RAS® ed è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers (California); si veda una descrizione di dettaglio del modello in **ALLEGATO 3**.

La numerazione delle sezioni del modello è invertita rispetto a quella da rilievo in quanto nel modello occorre numerare in progressivo partendo da valle.

Si sono aggiunte, inoltre, delle sezioni di controllo fittizie sia a monte che a valle per ridurre e ottimizzare l'influenza delle condizioni al contorno.

Le sezioni del modello partono dalla n.10 (fittizia di valle), proseguendo con la n. 11 (sezione n. 1 del rilievo) in prossimità del ponte Perlina; esso è stato simulato inserendo delle sezioni a monte e a valle di controllo, simili alla sezione n. 1, e disegnando l'impalcato topograficamente rilevato.

La numerazione prosegue con la 12 (sezione n. 2 del rilievo) la 13 (sezione n. 3 del rilievo) e così via.

Si sono inserite, oltre alle sezioni rilevate, anche altre sezioni ricavate da rilievo plano-altimetrico al fine di rappresentare meglio la geometria del torrente in quel tratto (sezioni: 11.5, 13.5, 14.5, 17.5 e 18.5).

Inoltre, si sono inserite sezioni interpolate da modello a passo di 10 mt. l'una dall'altra: esse congiungono le quote delle sezioni rilevate e propongono delle sezioni fittizie, non perfettamente rispondenti alla realtà ma utili al fine della stabilità di calcolo.

La numerazione delle sezioni interpolate segue quella delle principali con un asterisco in apice.

Si sono ricavate, da planimetria, le distanze fra le sezioni stesse, sia a livello di asse del corso d'acqua che fra gli estremi delle tracce delle sezioni, sia in destra che in sinistra idraulica.

Su tale ultimo lato, nel tratto rettilineo, si sono estese le sezioni fino ad una quota paragonabile al ciglio destro, che risulta più sopraelevato rispetto al sinistro.

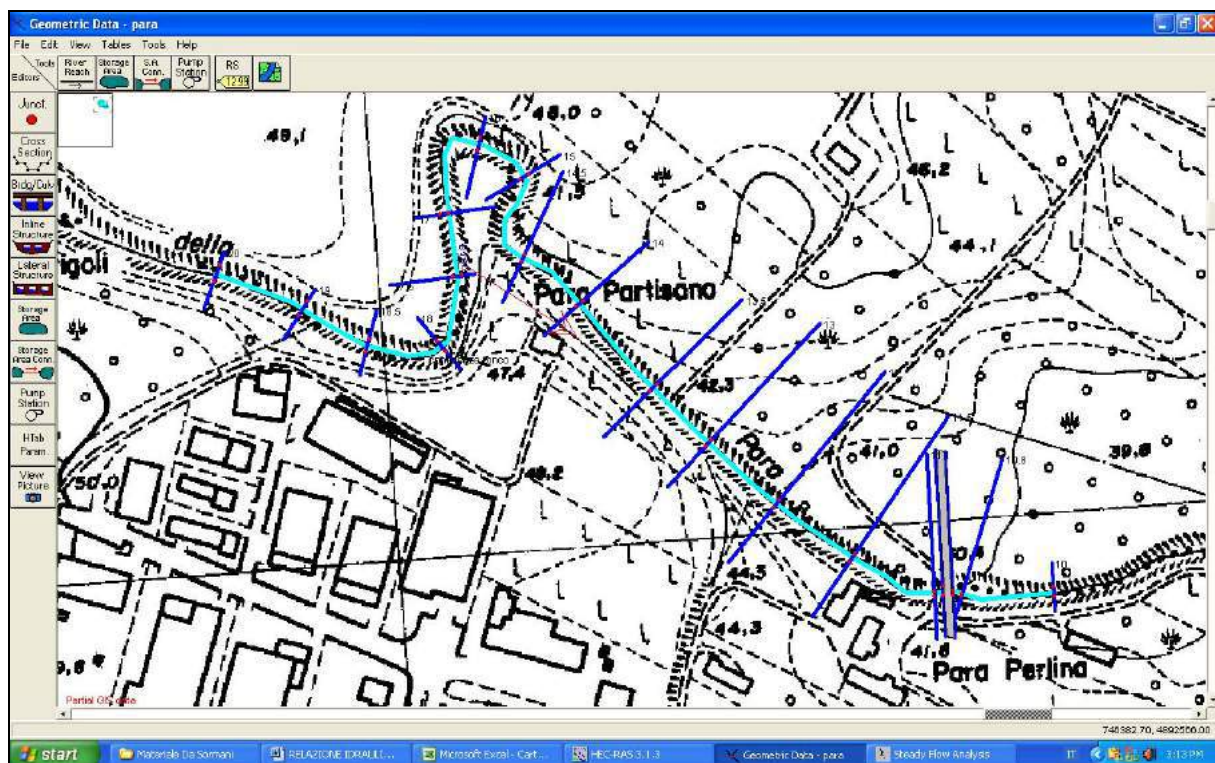


Figura 6: Planimetria modello HEC-RAS 3.0.3 del tratto di torrente Para senza sezioni interpolate

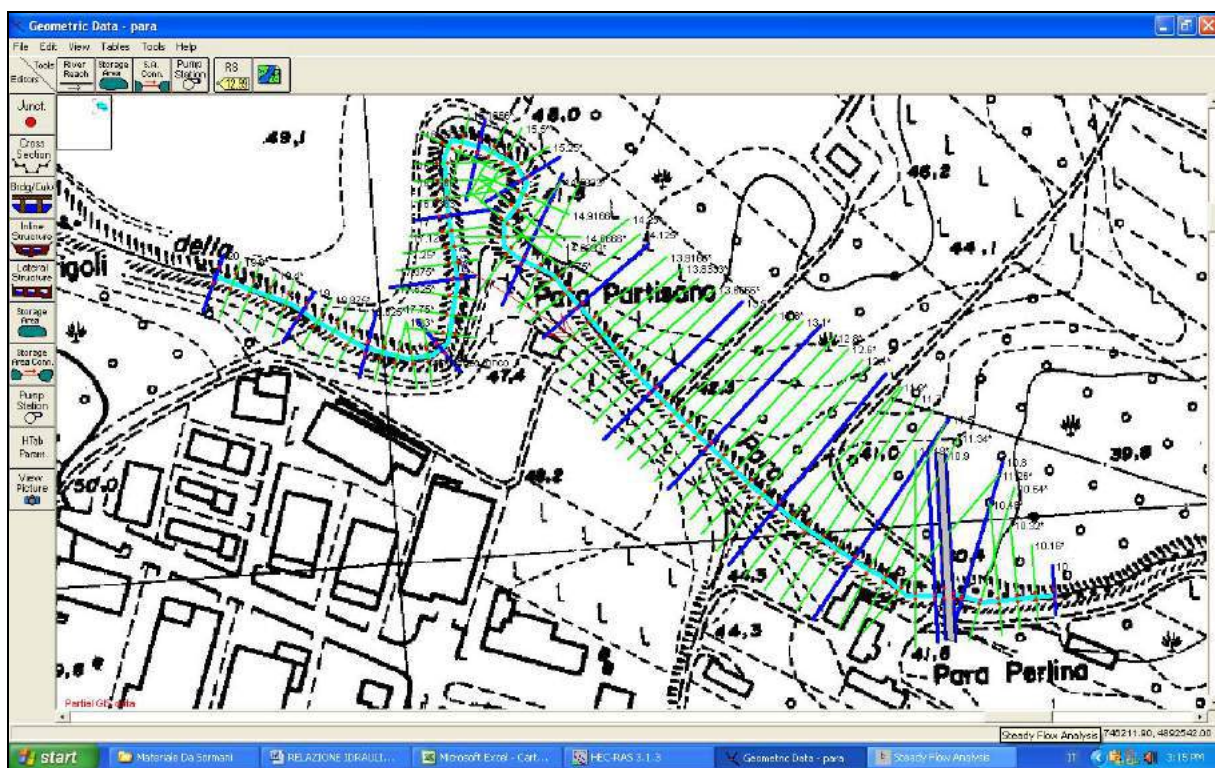


Figura 7: Planimetria modello HEC-RAS 3.0.3 del tratto di torrente Para

SIMULAZIONI ALLO STATO ATTUALE

Si sono eseguite 6 serie di simulazioni allo stato attuale, in base al modificarsi delle condizioni al contorno, mantenendo le scabrezze di riferimento, secondo Manning, pari a 0,04 nel fondo alveo e 0,07 nelle scarpate e campi limitrofi (che risultano da letteratura e da direttiva idraulica dell'AdB Fiumi Romagnoli, sufficientemente cautelative):

- 1) Q200 e Q30 con a valle condizione di moto uniforme ($p= 0.005$);
- 2) Q200 e Q30 con a valle condizione di livelli di piena trentennale del fiume Ronco;
- 3) Q200 e Q30 con a valle condizione di livelli di piena duecentennale del fiume Ronco;

- 4) Qordinaria con a valle condizione di moto uniforme ($p= 0.005$);
- 5) Qordinaria con a valle condizione di livelli di piena trentennale del fiume Ronco;
- 6) Qordinaria con a valle condizione di livelli di piena duecentennale del fiume Ronco.

I valori dei livelli trentennale e duecentennale di riferimento sul fiume Ronco saranno una interpolazione (media) fra quelli della sezione immediatamente a valle e di quella a monte della confluenza: pari a **40,74** m.s.l.m. per la duecentennale e **39,90** m.s.l.m. per la trentennale.

Si precisa sin da ora che le simulazioni per la determinazione della piena ordinaria, e quindi per il tracciamento del limite del demanio idrico fisico rispetto al quale verificare le distanze imposte dal RD 523/1904, sono state condotte, per conformità alle simulazioni precedenti e alle simulazioni normalmente condotte per la determinazione del rischio idraulico, con le tre condizioni di valle: condizione di moto uniforme, condizione di livelli di piena trentennale del fiume Ronco e condizione di livelli di piena duecentennale del fiume Ronco.

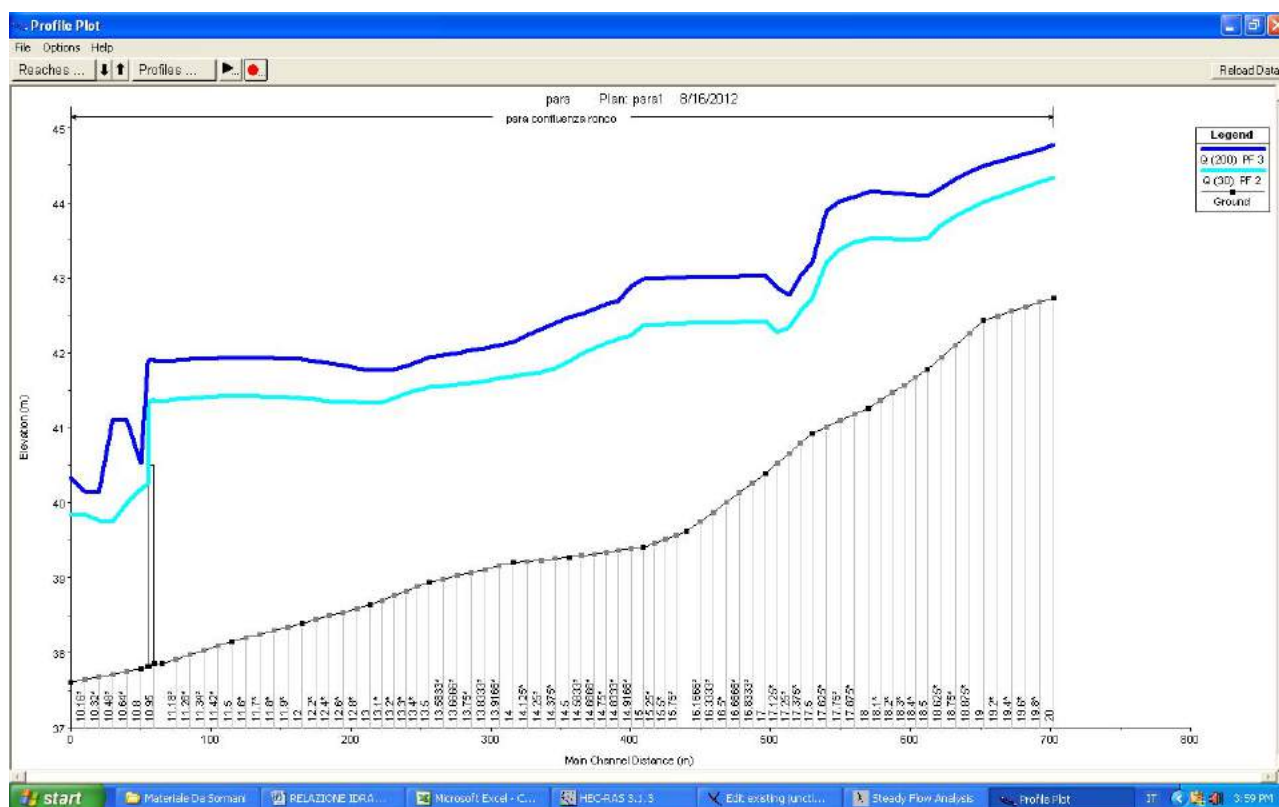
In realtà la condizione da adottare per la definizione del demanio idrico fisico è la 4, in quanto si dovrebbero considerare per il fiume Ronco condizioni idrauliche simili, ossia transito della piena ordinaria, con Tr pari a 2 anni.

RISULTANZE DELLE SIMULAZIONI NUMERICHE

Si riportano di seguito le risultanze delle simulazioni numeriche nelle 6 condizioni descritte; per completezza di esposizione vengono di seguito riportati:

- tabulati riassuntivi delle principali grandezze idrauliche (Q, H, V) registrate da HEC-RAS in ogni sezione trasversale (sezioni rilevate e sezioni interpolate da modello);
- sezioni trasversali principali con indicati i livelli di piena trentennale, duecentennale e piena ordinaria (con le 3 diverse condizioni al contorno di valle) desunti dall'involuppo dei valori massimi da HEC-RAS,
- profilo longitudinale del Rio Para, con indicazione delle quote di sommità arginale e degli involuppi di piena per Tr 30 e 200 anni e per la piena ordinaria.

1) Q200 e Q30 con a valle condizione di moto uniforme (p= 0.005)



HEC-RAS Plan: 1 River: para Reach: confluenza ronco

River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude
20	36.8	42.73	44.34	44.67	0.006157	2.6	15.67	11.82	0.67
20	54.2	42.73	44.77	45.19	0.005673	2.94	20.94	12.7	0.67
19.8*	36.8	42.67	44.27	44.61	0.006197	2.61	15.63	11.81	0.67
19.8*	54.2	42.67	44.71	45.13	0.005628	2.94	21	12.71	0.67
19.6*	36.8	42.61	44.21	44.54	0.006257	2.61	15.58	11.8	0.68
19.6*	54.2	42.61	44.66	45.07	0.005582	2.93	21.06	12.72	0.67
19.4*	36.8	42.55	44.14	44.48	0.006327	2.62	15.53	11.79	0.68
19.4*	54.2	42.55	44.6	45.01	0.005526	2.92	21.13	12.73	0.66
19.2*	36.8	42.49	44.08	44.42	0.006417	2.63	15.45	11.78	0.68
19.2*	54.2	42.49	44.55	44.96	0.005465	2.91	21.21	12.74	0.66
19	36.8	42.43	44.01	44.35	0.006531	2.65	15.36	11.77	0.69
19	54.2	42.43	44.5	44.9	0.005384	2.9	21.32	12.76	0.66
18.875*	36.8	42.27	43.92	44.29	0.006542	2.73	15.2	11.41	0.7
18.875*	54.2	42.27	44.41	44.84	0.005546	3.01	21.02	12.48	0.67
18.75*	36.8	42.11	43.82	44.21	0.006824	2.85	14.88	11.11	0.71
18.75*	54.2	42.11	44.31	44.78	0.005893	3.15	20.59	12.28	0.69

18.625*	36.8	41.94	43.7	44.14	0.007541	3.03	14.38	10.89	0.75
18.625*	54.2	41.94	44.2	44.71	0.006457	3.34	20.12	12.23	0.73
18.5	36.8	41.78	43.53	44.05	0.009406	3.35	13.45	10.77	0.84
18.5	54.2	41.78	44.09	44.64	0.006938	3.51	22.01	22.36	0.76
18.4*	36.8	41.68	43.5	43.95	0.007687	3.12	14.63	11.92	0.76
18.4*	54.2	41.68	44.11	44.56	0.005454	3.22	24.6	23.32	0.68
18.3*	36.8	41.57	43.51	43.87	0.005777	2.81	16.53	12.72	0.67
18.3*	54.2	41.57	44.12	44.5	0.004301	2.95	27.36	24.14	0.6
18.2*	36.8	41.47	43.51	43.8	0.004314	2.52	18.65	13.16	0.58
18.2*	54.2	41.47	44.13	44.44	0.003415	2.7	30.24	24.83	0.54
18.1*	36.8	41.36	43.52	43.75	0.00339	2.31	20.82	14.52	0.52
18.1*	54.2	41.36	44.14	44.4	0.002735	2.49	33.23	25.37	0.49
18	36.8	41.26	43.52	43.71	0.002671	2.12	23.2	15.86	0.47
18	54.2	41.26	44.15	44.37	0.002208	2.29	36.34	25.86	0.44
17.875*	36.8	41.18	43.48	43.69	0.002755	2.19	22.37	14.21	0.48
17.875*	54.2	41.18	44.08	44.34	0.002522	2.47	32.59	21.19	0.47
17.75*	36.8	41.09	43.39	43.65	0.003416	2.44	20.23	14.1	0.53
17.75*	54.2	41.09	44.02	44.31	0.00279	2.62	30.45	18.39	0.5
17.625*	36.8	41.01	43.21	43.6	0.005015	2.89	16.6	12.78	0.64
17.625*	54.2	41.01	43.89	44.27	0.003659	2.97	26.61	16.9	0.57
17.5	36.8	40.93	42.73	43.49	0.012619	3.99	11.08	8.22	0.98
17.5	54.2	40.93	43.21	44.15	0.011578	4.51	15.37	10.48	0.98
17.375*	36.8	40.8	42.55	43.26	0.012611	3.93	11.88	9.49	0.97
17.375*	54.2	40.8	43.02	43.86	0.011268	4.38	16.78	11.88	0.96
17.25*	36.8	40.66	42.34	42.99	0.013214	3.89	12.77	11.17	0.99
17.25*	54.2	40.66	42.77	43.53	0.011666	4.3	18.06	13.3	0.97
17.125*	36.8	40.52	42.28	42.71	0.009325	3.34	16.18	13.96	0.84
17.125*	54.2	40.52	42.87	43.25	0.006133	3.33	30.11	28.23	0.71
17	36.8	40.39	42.43	42.57	0.003231	2.18	32.78	31.84	0.5
17	54.2	40.39	43.03	43.14	0.001858	1.98	52.18	32.38	0.4
16.8333*	36.8	40.26	42.41	42.55	0.002691	2.07	33.89	32.38	0.47
16.8333*	54.2	40.26	43.03	43.13	0.001611	1.91	53.85	32.91	0.38
16.6666*	36.8	40.13	42.4	42.53	0.002222	1.96	35.19	32.92	0.43
16.6666*	54.2	40.13	43.02	43.12	0.001395	1.84	55.61	33.45	0.35
16.5*	36.8	40.01	42.4	42.52	0.001824	1.84	36.67	33.46	0.39
16.5*	54.2	40.01	43.02	43.11	0.001207	1.76	57.49	33.98	0.33
16.3333*	36.8	39.88	42.4	42.5	0.001498	1.73	38.29	34	0.36
16.3333*	54.2	39.88	43.01	43.1	0.001044	1.68	59.46	34.51	0.31

16.1666*	36.8	39.75	42.39	42.49	0.001231	1.62	40.05	34.54	0.33
16.1666*	54.2	39.75	43.01	43.1	0.000903	1.61	61.54	35.04	0.29
16	36.8	39.62	42.39	42.48	0.001015	1.52	41.89	35.07	0.3
16	54.2	39.62	43.01	43.09	0.000782	1.53	63.7	35.57	0.27
15.75*	36.8	39.57	42.39	42.48	0.00101	1.53	41.94	33.42	0.3
15.75*	54.2	39.57	43	43.09	0.000797	1.56	62.7	33.86	0.27
15.5*	36.8	39.51	42.38	42.47	0.00101	1.56	41.87	31.86	0.3
15.5*	54.2	39.51	43	43.08	0.000815	1.6	61.65	32.27	0.28
15.25*	36.8	39.46	42.37	42.46	0.001017	1.58	41.66	30.34	0.3
15.25*	54.2	39.46	42.99	43.08	0.00084	1.64	60.48	30.72	0.28
15	36.8	39.41	42.36	42.46	0.001034	1.62	41.26	28.85	0.31
15	54.2	39.41	42.98	43.07	0.000873	1.69	59.14	29.21	0.29
14.9166*	36.8	39.39	42.24	42.44	0.001956	2.16	28.04	26.19	0.42
14.9166*	54.2	39.39	42.89	43.06	0.001429	2.13	47.29	29.98	0.37
14.8333*	36.8	39.36	42.18	42.41	0.002296	2.31	22.42	12.7	0.45
14.8333*	54.2	39.36	42.68	43.02	0.002749	2.84	31.79	25.77	0.51
14.75*	36.8	39.34	42.13	42.39	0.002672	2.46	21.02	12.01	0.48
14.75*	54.2	39.34	42.65	43	0.002941	2.91	27.77	14.04	0.52
14.6666*	36.8	39.32	42.06	42.36	0.003169	2.64	19.88	12.1	0.52
14.6666*	54.2	39.32	42.58	42.97	0.003396	3.08	26.67	14.05	0.56
14.5833*	36.8	39.29	41.98	42.33	0.00391	2.86	18.77	12.96	0.58
14.5833*	54.2	39.29	42.52	42.94	0.003828	3.23	26.19	14.35	0.59
14.5	36.8	39.27	41.89	42.29	0.004792	3.09	17.95	13.51	0.63
14.5	54.2	39.27	42.48	42.91	0.004168	3.33	26.34	14.93	0.61
14.375*	36.8	39.25	41.8	42.23	0.0051	3.17	16.9	13.18	0.65
14.375*	54.2	39.25	42.4	42.86	0.004344	3.4	25.29	14.72	0.63
14.25*	36.8	39.24	41.74	42.18	0.005017	3.16	16.41	12.06	0.65
14.25*	54.2	39.24	42.31	42.81	0.004539	3.46	24.24	14.51	0.64
14.125*	36.8	39.22	41.71	42.13	0.004668	3.07	16.41	10.47	0.63
14.125*	54.2	39.22	42.23	42.76	0.004767	3.53	23.18	14.31	0.66
14	36.8	39.2	41.69	42.07	0.00424	2.95	16.7	9.34	0.6
14	54.2	39.2	42.14	42.71	0.005035	3.6	22.08	14.1	0.68
13.9166*	36.8	39.16	41.66	42.03	0.004044	2.89	17.03	9.66	0.59
13.9166*	54.2	39.16	42.1	42.65	0.004902	3.55	22.23	14.61	0.67
13.8333*	36.8	39.11	41.63	41.99	0.003849	2.83	17.34	9.92	0.58
13.8333*	54.2	39.11	42.06	42.6	0.004688	3.48	22.47	14.56	0.65
13.75*	36.8	39.07	41.6	41.94	0.003662	2.77	17.65	10.09	0.56
13.75*	54.2	39.07	42.03	42.55	0.004487	3.41	22.68	14.4	0.64

13.6666*	36.8	39.03	41.57	41.9	0.003463	2.7	17.98	10.09	0.55
13.6666*	54.2	39.03	42	42.5	0.004289	3.34	22.9	14.17	0.62
13.5833*	36.8	38.98	41.55	41.86	0.003226	2.62	18.42	9.9	0.53
13.5833*	54.2	38.98	41.97	42.45	0.004081	3.27	23.16	13.85	0.61
13.5	36.8	38.94	41.53	41.83	0.003027	2.55	18.89	10.07	0.51
13.5	54.2	38.94	41.95	42.4	0.003882	3.2	23.42	13.45	0.59
13.4*	36.8	38.88	41.5	41.8	0.003124	2.6	18.58	9.89	0.52
13.4*	54.2	38.88	41.87	42.37	0.004221	3.31	23.06	15.46	0.62
13.3*	36.8	38.82	41.46	41.77	0.003236	2.65	18.31	9.86	0.53
13.3*	54.2	38.82	41.81	42.33	0.004422	3.39	23.37	17.51	0.63
13.2*	36.8	38.76	41.39	41.74	0.003579	2.78	17.99	12.53	0.56
13.2*	54.2	38.76	41.78	42.29	0.004384	3.39	24.57	19.74	0.63
13.1*	36.8	38.7	41.34	41.71	0.003721	2.84	18.46	16.07	0.57
13.1*	54.2	38.7	41.77	42.24	0.0042	3.34	26.55	22.7	0.62
13	36.8	38.64	41.32	41.67	0.003573	2.8	19.9	18.42	0.56
13	54.2	38.64	41.76	42.19	0.003865	3.24	29.59	26.91	0.59
12.8*	36.8	38.59	41.33	41.62	0.00292	2.58	22.61	21.3	0.51
12.8*	54.2	38.59	41.8	42.13	0.003012	2.92	35.24	33.69	0.53
12.6*	36.8	38.54	41.34	41.58	0.002398	2.38	26.08	27.06	0.46
12.6*	54.2	38.54	41.83	42.08	0.002272	2.58	42.96	42.16	0.46
12.4*	36.8	38.49	41.36	41.54	0.001895	2.15	31.22	34.98	0.41
12.4*	54.2	38.49	41.86	42.04	0.001686	2.27	53.4	54.16	0.4
12.2*	36.8	38.44	41.38	41.51	0.001433	1.9	38.76	45.52	0.36
12.2*	54.2	38.44	41.89	42	0.001178	1.93	67.84	67.43	0.34
12	36.8	38.39	41.39	41.49	0.001026	1.64	49.84	59.53	0.31
12	54.2	38.39	41.91	41.98	0.000798	1.61	86.03	81.12	0.28
11.9*	36.8	38.34	41.41	41.47	0.000781	1.45	58.9	63	0.27
11.9*	54.2	38.34	41.92	41.97	0.000634	1.45	96.21	83.1	0.25
11.8*	36.8	38.29	41.41	41.46	0.000601	1.29	68.03	65.96	0.24
11.8*	54.2	38.29	41.92	41.96	0.000509	1.32	106.36	84.84	0.22
11.7*	36.8	38.25	41.42	41.46	0.000468	1.15	77.25	68.58	0.21
11.7*	54.2	38.25	41.93	41.96	0.000419	1.21	116.54	87.36	0.2
11.6*	36.8	38.2	41.42	41.45	0.000368	1.04	86.62	70.97	0.19
11.6*	54.2	38.2	41.93	41.96	0.000356	1.12	127.75	95.2	0.19
11.5	36.8	38.15	41.43	41.45	0.000296	0.94	96.14	73.99	0.17
11.5	54.2	38.15	41.93	41.95	0.000298	1.04	141.77	110.79	0.17
11.42*	36.8	38.09	41.42	41.44	0.00036	1.05	89.21	73.07	0.18
11.42*	54.2	38.09	41.92	41.95	0.000342	1.13	134.55	108.41	0.18

11.34*	36.8	38.03	41.41	41.44	0.000446	1.18	82.66	72.78	0.21
11.34*	54.2	38.03	41.92	41.95	0.000393	1.22	127.6	105.54	0.2
11.26*	36.8	37.97	41.39	41.44	0.000557	1.34	76.38	71.74	0.23
11.26*	54.2	37.97	41.91	41.95	0.000455	1.33	120.82	102.27	0.21
11.18*	36.8	37.91	41.38	41.43	0.000705	1.52	70.29	70.06	0.26
11.18*	54.2	37.91	41.9	41.94	0.000531	1.45	114.17	98.59	0.23
11.1	36.8	37.85	41.35	41.43	0.000903	1.73	64.4	67.07	0.3
11.1	54.2	37.85	41.89	41.94	0.000627	1.59	107.67	94.62	0.25
11	36.8	37.85	41.36	41.42	0.000558	1.36	64.57	65.58	0.23
11	54.2	37.85	41.89	41.94	0.000448	1.34	107.03	94.37	0.21
10.95	Bridge								
10.9	36.8	37.82	40.24	41.3	0.011522	4.83	10.39	5.83	0.99
10.9	54.2	37.82	41.86	41.92	0.000717	1.7	100.6	92.96	0.27
10.8	36.8	37.79	40.18	41.06	0.015033	5.38	12.56	7.88	1.12
10.8	54.2	37.79	40.52	41.79	0.019055	6.64	16.54	34.94	1.3
10.64*	36.8	37.75	39.99	40.85	0.013334	4.9	12.33	7.93	1.05
10.64*	54.2	37.75	41.1	41.35	0.003478	3.28	51.13	59.66	0.57
10.48*	36.8	37.71	39.75	40.64	0.014093	4.74	11.54	7.91	1.06
10.48*	54.2	37.71	41.11	41.31	0.002355	2.73	55.56	58.12	0.47
10.32*	36.8	37.68	39.77	40.47	0.009854	4.05	13.31	10.46	0.9
10.32*	54.2	37.68	40.14	41.18	0.011986	4.98	17.68	15.71	1.01
10.16*	36.8	37.64	39.84	40.33	0.006173	3.32	15.3	10.39	0.72
10.16*	54.2	37.64	40.15	41.02	0.009187	4.42	19.8	25.85	0.89
10	36.8	37.6	39.83	40.25	0.005002	3.02	15.34	8.84	0.65
10	54.2	37.6	40.33	40.85	0.005002	3.45	24.35	20.55	0.67

2) Q200 e Q30 con a valle condizione di livelli di piena trentennale del fiume Ronco



HEC-RAS Plan: 2 River: para Reach: confluenza ronco

River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude
20	36.8	42.73	44.34	44.67	0.006157	2.6	15.67	11.82	0.67
20	54.2	42.73	44.77	45.19	0.005673	2.94	20.94	12.7	0.67
19.8*	36.8	42.67	44.27	44.61	0.006197	2.61	15.63	11.81	0.67
19.8*	54.2	42.67	44.71	45.13	0.005628	2.94	21	12.71	0.67
19.6*	36.8	42.61	44.21	44.54	0.006257	2.61	15.58	11.8	0.68
19.6*	54.2	42.61	44.66	45.07	0.005582	2.93	21.06	12.72	0.67
19.4*	36.8	42.55	44.14	44.48	0.006327	2.62	15.53	11.79	0.68
19.4*	54.2	42.55	44.6	45.01	0.005526	2.92	21.13	12.73	0.66
19.2*	36.8	42.49	44.08	44.42	0.006417	2.63	15.45	11.78	0.68
19.2*	54.2	42.49	44.55	44.96	0.005465	2.91	21.21	12.74	0.66
19	36.8	42.43	44.01	44.35	0.006531	2.65	15.36	11.77	0.69
19	54.2	42.43	44.5	44.9	0.005384	2.9	21.32	12.76	0.66
18.875*	36.8	42.27	43.92	44.29	0.006542	2.73	15.2	11.41	0.7
18.875*	54.2	42.27	44.41	44.84	0.005546	3.01	21.02	12.48	0.67
18.75*	36.8	42.11	43.82	44.21	0.006824	2.85	14.88	11.11	0.71
18.75*	54.2	42.11	44.31	44.78	0.005893	3.15	20.59	12.28	0.69
18.625*	36.8	41.94	43.7	44.14	0.007541	3.03	14.38	10.89	0.75
18.625*	54.2	41.94	44.2	44.71	0.006457	3.34	20.12	12.23	0.73

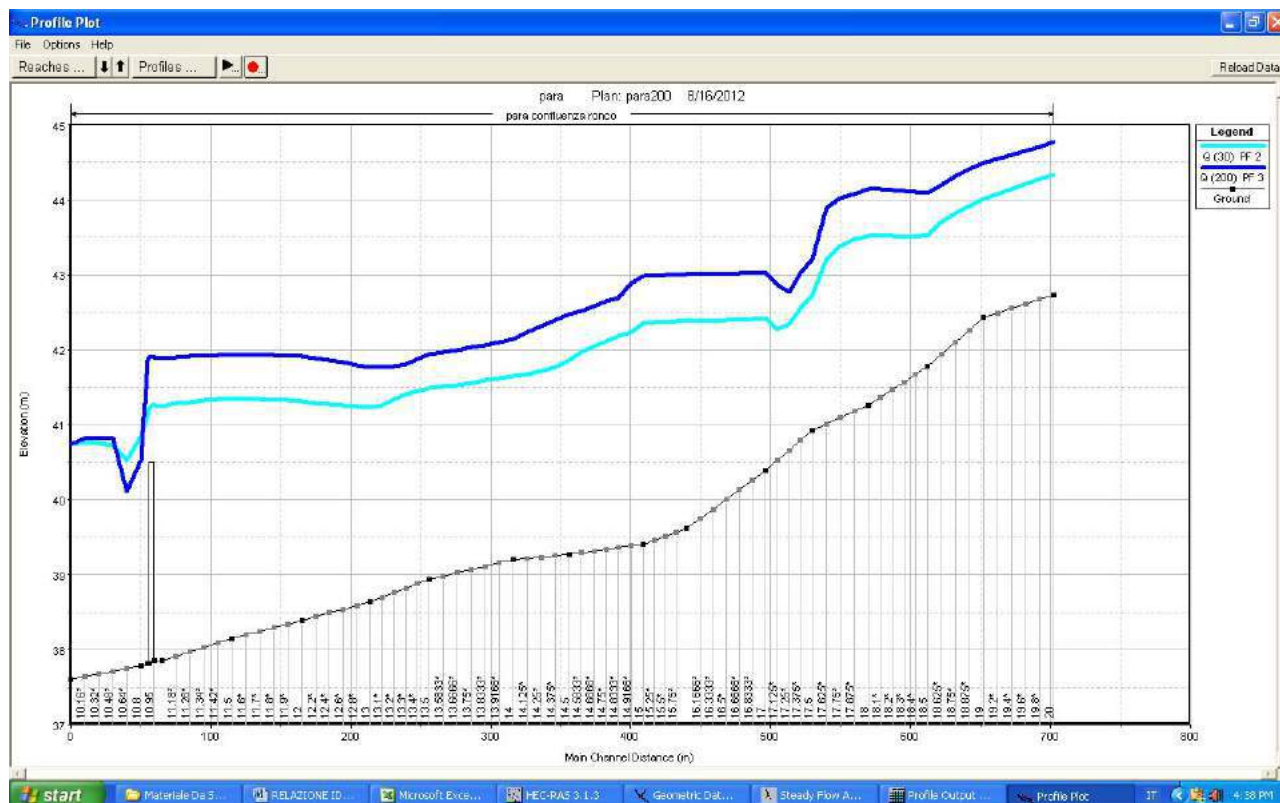
18.5	36.8	41.78	43.53	44.05	0.009406	3.35	13.45	10.77	0.84
18.5	54.2	41.78	44.09	44.64	0.006938	3.51	22.01	22.36	0.76
18.4*	36.8	41.68	43.5	43.95	0.007687	3.12	14.63	11.92	0.76
18.4*	54.2	41.68	44.11	44.56	0.005454	3.22	24.6	23.32	0.68
18.3*	36.8	41.57	43.51	43.87	0.005777	2.81	16.53	12.72	0.67
18.3*	54.2	41.57	44.12	44.5	0.004301	2.95	27.36	24.14	0.6
18.2*	36.8	41.47	43.51	43.8	0.004314	2.52	18.65	13.16	0.58
18.2*	54.2	41.47	44.13	44.44	0.003415	2.7	30.24	24.83	0.54
18.1*	36.8	41.36	43.52	43.75	0.00339	2.31	20.82	14.52	0.52
18.1*	54.2	41.36	44.14	44.4	0.002735	2.49	33.23	25.37	0.49
18	36.8	41.26	43.52	43.71	0.002671	2.12	23.2	15.86	0.47
18	54.2	41.26	44.15	44.37	0.002208	2.29	36.34	25.86	0.44
17.875*	36.8	41.18	43.48	43.69	0.002755	2.19	22.37	14.21	0.48
17.875*	54.2	41.18	44.08	44.34	0.002522	2.47	32.59	21.19	0.47
17.75*	36.8	41.09	43.39	43.65	0.003416	2.44	20.23	14.1	0.53
17.75*	54.2	41.09	44.02	44.31	0.00279	2.62	30.45	18.39	0.5
17.625*	36.8	41.01	43.21	43.6	0.005015	2.89	16.6	12.78	0.64
17.625*	54.2	41.01	43.89	44.27	0.003659	2.97	26.61	16.9	0.57
17.5	36.8	40.93	42.73	43.49	0.012619	3.99	11.08	8.22	0.98
17.5	54.2	40.93	43.21	44.15	0.011578	4.51	15.37	10.48	0.98
17.375*	36.8	40.8	42.55	43.26	0.012611	3.93	11.88	9.49	0.97
17.375*	54.2	40.8	43.02	43.86	0.011268	4.38	16.78	11.88	0.96
17.25*	36.8	40.66	42.34	42.99	0.013214	3.89	12.77	11.17	0.99
17.25*	54.2	40.66	42.77	43.53	0.011666	4.3	18.06	13.3	0.97
17.125*	36.8	40.52	42.28	42.71	0.009325	3.34	16.18	13.96	0.84
17.125*	54.2	40.52	42.87	43.25	0.006134	3.33	30.1	28.23	0.71
17	36.8	40.39	42.43	42.57	0.003231	2.18	32.78	31.84	0.5
17	54.2	40.39	43.03	43.14	0.001858	1.98	52.18	32.38	0.4
16.8333*	36.8	40.26	42.41	42.55	0.002691	2.07	33.89	32.38	0.47
16.8333*	54.2	40.26	43.03	43.13	0.001611	1.91	53.85	32.91	0.38
16.6666*	36.8	40.13	42.4	42.53	0.002222	1.96	35.19	32.92	0.43
16.6666*	54.2	40.13	43.02	43.12	0.001395	1.84	55.61	33.45	0.35
16.5*	36.8	40.01	42.4	42.52	0.001824	1.84	36.67	33.46	0.39
16.5*	54.2	40.01	43.02	43.11	0.001207	1.76	57.49	33.98	0.33
16.3333*	36.8	39.88	42.4	42.5	0.001498	1.73	38.29	34	0.36
16.3333*	54.2	39.88	43.01	43.1	0.001044	1.68	59.46	34.51	0.31
16.1666*	36.8	39.75	42.39	42.49	0.001231	1.62	40.05	34.54	0.33
16.1666*	54.2	39.75	43.01	43.1	0.000903	1.61	61.54	35.04	0.29

16	36.8	39.62	42.39	42.48	0.001015	1.52	41.89	35.07	0.3
16	54.2	39.62	43.01	43.09	0.000782	1.53	63.7	35.57	0.27
15.75*	36.8	39.57	42.39	42.48	0.00101	1.53	41.94	33.42	0.3
15.75*	54.2	39.57	43	43.09	0.000797	1.56	62.7	33.86	0.27
15.5*	36.8	39.51	42.38	42.47	0.00101	1.56	41.87	31.86	0.3
15.5*	54.2	39.51	43	43.08	0.000815	1.6	61.65	32.27	0.28
15.25*	36.8	39.46	42.37	42.46	0.001017	1.58	41.66	30.34	0.3
15.25*	54.2	39.46	42.99	43.08	0.00084	1.64	60.48	30.72	0.28
15	36.8	39.41	42.36	42.46	0.001034	1.62	41.26	28.85	0.31
15	54.2	39.41	42.98	43.07	0.000873	1.69	59.14	29.21	0.29
14.9166*	36.8	39.39	42.24	42.44	0.001956	2.16	28.04	26.19	0.42
14.9166*	54.2	39.39	42.89	43.06	0.001429	2.13	47.29	29.98	0.37
14.8333*	36.8	39.36	42.18	42.41	0.002296	2.31	22.42	12.7	0.45
14.8333*	54.2	39.36	42.68	43.02	0.002749	2.84	31.79	25.76	0.51
14.75*	36.8	39.34	42.13	42.39	0.002672	2.46	21.02	12.01	0.48
14.75*	54.2	39.34	42.65	43	0.002941	2.91	27.77	14.04	0.52
14.6666*	36.8	39.32	42.06	42.36	0.003169	2.64	19.88	12.1	0.52
14.6666*	54.2	39.32	42.58	42.97	0.003396	3.08	26.67	14.05	0.56
14.5833*	36.8	39.29	41.98	42.33	0.00391	2.86	18.77	12.96	0.58
14.5833*	54.2	39.29	42.52	42.94	0.003828	3.23	26.19	14.35	0.59
14.5	36.8	39.27	41.89	42.29	0.004792	3.09	17.95	13.51	0.63
14.5	54.2	39.27	42.48	42.91	0.004169	3.33	26.34	14.93	0.61
14.375*	36.8	39.25	41.8	42.23	0.0051	3.17	16.9	13.18	0.65
14.375*	54.2	39.25	42.4	42.86	0.004344	3.4	25.29	14.72	0.63
14.25*	36.8	39.24	41.74	42.18	0.005017	3.16	16.41	12.06	0.65
14.25*	54.2	39.24	42.31	42.81	0.00454	3.46	24.24	14.51	0.64
14.125*	36.8	39.22	41.71	42.13	0.004668	3.07	16.41	10.47	0.63
14.125*	54.2	39.22	42.23	42.76	0.004768	3.53	23.18	14.31	0.66
14	36.8	39.2	41.69	42.07	0.00424	2.95	16.7	9.34	0.6
14	54.2	39.2	42.14	42.71	0.005036	3.6	22.08	14.1	0.68
13.9166*	36.8	39.16	41.66	42.03	0.004044	2.89	17.03	9.66	0.59
13.9166*	54.2	39.16	42.1	42.65	0.004903	3.55	22.23	14.61	0.67
13.8333*	36.8	39.11	41.63	41.99	0.003849	2.83	17.34	9.92	0.58
13.8333*	54.2	39.11	42.06	42.6	0.004689	3.48	22.46	14.56	0.65
13.75*	36.8	39.07	41.6	41.94	0.003662	2.77	17.65	10.09	0.56
13.75*	54.2	39.07	42.03	42.55	0.004488	3.41	22.68	14.4	0.64
13.6666*	36.8	39.03	41.57	41.9	0.003463	2.7	17.98	10.09	0.55
13.6666*	54.2	39.03	42	42.5	0.00429	3.34	22.9	14.17	0.62

13.5833*	36.8	38.98	41.55	41.86	0.003226	2.62	18.42	9.9	0.53
13.5833*	54.2	38.98	41.97	42.45	0.004082	3.27	23.15	13.85	0.61
13.5	36.8	38.94	41.53	41.83	0.003027	2.55	18.89	10.07	0.51
13.5	54.2	38.94	41.95	42.4	0.003883	3.2	23.42	13.45	0.59
13.4*	36.8	38.88	41.5	41.8	0.003124	2.6	18.58	9.89	0.52
13.4*	54.2	38.88	41.87	42.37	0.004223	3.32	23.06	15.46	0.62
13.3*	36.8	38.82	41.46	41.77	0.003236	2.65	18.31	9.86	0.53
13.3*	54.2	38.82	41.81	42.33	0.004423	3.39	23.36	17.5	0.63
13.2*	36.8	38.76	41.39	41.74	0.003579	2.78	17.99	12.53	0.56
13.2*	54.2	38.76	41.78	42.29	0.004386	3.39	24.57	19.73	0.63
13.1*	36.8	38.7	41.34	41.71	0.003721	2.84	18.46	16.07	0.57
13.1*	54.2	38.7	41.77	42.24	0.004202	3.34	26.54	22.69	0.62
13	36.8	38.64	41.32	41.67	0.003573	2.8	19.9	18.42	0.56
13	54.2	38.64	41.76	42.19	0.003866	3.24	29.59	26.91	0.59
12.8*	36.8	38.59	41.33	41.62	0.00292	2.58	22.61	21.3	0.51
12.8*	54.2	38.59	41.8	42.13	0.003014	2.92	35.23	33.69	0.53
12.6*	36.8	38.54	41.34	41.58	0.002398	2.38	26.08	27.06	0.46
12.6*	54.2	38.54	41.83	42.08	0.002274	2.58	42.95	42.15	0.46
12.4*	36.8	38.49	41.36	41.54	0.001895	2.15	31.22	34.98	0.41
12.4*	54.2	38.49	41.86	42.04	0.001687	2.27	53.38	54.15	0.4
12.2*	36.8	38.44	41.38	41.51	0.001433	1.9	38.76	45.52	0.36
12.2*	54.2	38.44	41.89	42	0.001179	1.93	67.83	67.42	0.34
12	36.8	38.39	41.39	41.49	0.001026	1.64	49.84	59.53	0.31
12	54.2	38.39	41.91	41.98	0.000798	1.61	86.01	81.11	0.28
11.9*	36.8	38.34	41.41	41.47	0.000781	1.45	58.9	63	0.27
11.9*	54.2	38.34	41.92	41.97	0.000634	1.45	96.19	83.09	0.25
11.8*	36.8	38.29	41.41	41.46	0.000601	1.29	68.03	65.96	0.24
11.8*	54.2	38.29	41.92	41.96	0.000509	1.32	106.34	84.83	0.22
11.7*	36.8	38.25	41.42	41.46	0.000468	1.15	77.25	68.58	0.21
11.7*	54.2	38.25	41.93	41.96	0.000419	1.21	116.52	87.35	0.2
11.6*	36.8	38.2	41.42	41.45	0.000368	1.04	86.62	70.97	0.19
11.6*	54.2	38.2	41.93	41.96	0.000357	1.12	127.73	95.19	0.19
11.5	36.8	38.15	41.43	41.45	0.000296	0.94	96.14	73.99	0.17
11.5	54.2	38.15	41.93	41.95	0.000298	1.04	141.74	110.77	0.17
11.42*	36.8	38.09	41.42	41.44	0.00036	1.05	89.21	73.07	0.18
11.42*	54.2	38.09	41.92	41.95	0.000342	1.13	134.52	108.39	0.18
11.34*	36.8	38.03	41.41	41.44	0.000446	1.18	82.66	72.78	0.21
11.34*	54.2	38.03	41.92	41.95	0.000393	1.22	127.57	105.52	0.2

11.26*	36.8	37.97	41.39	41.44	0.000557	1.34	76.38	71.74	0.23
11.26*	54.2	37.97	41.91	41.95	0.000455	1.33	120.79	102.25	0.21
11.18*	36.8	37.91	41.38	41.43	0.000705	1.52	70.29	70.06	0.26
11.18*	54.2	37.91	41.9	41.94	0.000532	1.45	114.14	98.57	0.23
11.1	36.8	37.85	41.35	41.43	0.000903	1.73	64.4	67.07	0.3
11.1	54.2	37.85	41.89	41.94	0.000627	1.59	107.64	94.61	0.25
11	36.8	37.85	41.36	41.42	0.000558	1.36	64.57	65.58	0.23
11	54.2	37.85	41.89	41.94	0.000449	1.34	107	94.36	0.21
10.95	Bridge								
10.9	36.8	37.82	40.24	41.3	0.011522	4.83	10.39	5.83	0.99
10.9	54.2	37.82	41.86	41.92	0.000717	1.7	100.57	92.95	0.27
10.8	36.8	37.79	40.18	41.06	0.015033	5.38	12.56	7.88	1.12
10.8	54.2	37.79	40.52	41.79	0.019055	6.64	16.54	34.94	1.3
10.64*	36.8	37.75	39.99	40.85	0.013334	4.9	12.33	7.93	1.05
10.64*	54.2	37.75	40.11	41.74	0.023752	6.78	13.29	8.18	1.42
10.48*	36.8	37.71	39.78	40.66	0.013445	4.69	11.83	8.34	1.04
10.48*	54.2	37.71	40.93	41.23	0.003551	3.23	45.36	52.61	0.58
10.32*	36.8	37.68	39.85	40.48	0.008467	3.86	14.22	11.04	0.84
10.32*	54.2	37.68	40.11	41.1	0.011911	4.92	17.25	12.79	1.01
10.16*	36.8	37.64	39.91	40.36	0.005486	3.2	16.04	10.66	0.68
10.16*	54.2	37.64	39.98	40.88	0.010651	4.55	16.78	10.91	0.95
10	36.8	37.6	39.9	40.29	0.004483	2.92	15.99	11.1	0.61
10	54.2	37.6	39.9	40.75	0.009724	4.29	15.99	11.1	0.9

3) Q200 e Q30 con a valle condizione di livelli di piena duecentennale del fiume Ronco



HEC-RAS Plan: 3 River: para Reach: confluenza ronco

River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude
20	36.8	42.73	44.34	44.67	0.006157	2.6	15.67	11.82	0.67
20	54.2	42.73	44.77	45.19	0.005673	2.94	20.94	12.7	0.67
19.8*	36.8	42.67	44.27	44.61	0.006197	2.61	15.63	11.81	0.67
19.8*	54.2	42.67	44.71	45.13	0.005628	2.94	21	12.71	0.67
19.6*	36.8	42.61	44.21	44.54	0.006257	2.61	15.58	11.8	0.68
19.6*	54.2	42.61	44.66	45.07	0.005582	2.93	21.06	12.72	0.67
19.4*	36.8	42.55	44.14	44.48	0.006327	2.62	15.53	11.79	0.68
19.4*	54.2	42.55	44.6	45.01	0.005526	2.92	21.13	12.73	0.66
19.2*	36.8	42.49	44.08	44.42	0.006417	2.63	15.45	11.78	0.68
19.2*	54.2	42.49	44.55	44.96	0.005465	2.91	21.21	12.74	0.66
19	36.8	42.43	44.01	44.35	0.006531	2.65	15.36	11.77	0.69
19	54.2	42.43	44.5	44.9	0.005384	2.9	21.32	12.76	0.66
18.875*	36.8	42.27	43.92	44.29	0.006542	2.73	15.2	11.41	0.7
18.875*	54.2	42.27	44.41	44.84	0.005546	3.01	21.02	12.48	0.67
18.75*	36.8	42.11	43.82	44.21	0.006824	2.85	14.88	11.11	0.71
18.75*	54.2	42.11	44.31	44.78	0.005893	3.15	20.59	12.28	0.69

18.625*	36.8	41.94	43.7	44.14	0.007541	3.03	14.38	10.89	0.75
18.625*	54.2	41.94	44.2	44.71	0.006457	3.34	20.12	12.23	0.73
18.5	36.8	41.78	43.53	44.05	0.009406	3.35	13.45	10.77	0.84
18.5	54.2	41.78	44.09	44.64	0.006938	3.51	22.01	22.36	0.76
18.4*	36.8	41.68	43.5	43.95	0.007687	3.12	14.63	11.92	0.76
18.4*	54.2	41.68	44.11	44.56	0.005454	3.22	24.6	23.32	0.68
18.3*	36.8	41.57	43.51	43.87	0.005777	2.81	16.53	12.72	0.67
18.3*	54.2	41.57	44.12	44.5	0.004301	2.95	27.36	24.14	0.6
18.2*	36.8	41.47	43.51	43.8	0.004314	2.52	18.65	13.16	0.58
18.2*	54.2	41.47	44.13	44.44	0.003415	2.7	30.24	24.83	0.54
18.1*	36.8	41.36	43.52	43.75	0.00339	2.31	20.82	14.52	0.52
18.1*	54.2	41.36	44.14	44.4	0.002735	2.49	33.23	25.37	0.49
18	36.8	41.26	43.52	43.71	0.002671	2.12	23.2	15.86	0.47
18	54.2	41.26	44.15	44.37	0.002208	2.29	36.34	25.86	0.44
17.875*	36.8	41.18	43.48	43.69	0.002755	2.19	22.37	14.21	0.48
17.875*	54.2	41.18	44.08	44.34	0.002522	2.47	32.59	21.19	0.47
17.75*	36.8	41.09	43.39	43.65	0.003416	2.44	20.23	14.1	0.53
17.75*	54.2	41.09	44.02	44.31	0.00279	2.62	30.45	18.39	0.5
17.625*	36.8	41.01	43.21	43.6	0.005015	2.89	16.6	12.78	0.64
17.625*	54.2	41.01	43.89	44.27	0.003659	2.97	26.61	16.9	0.57
17.5	36.8	40.93	42.73	43.49	0.012619	3.99	11.08	8.22	0.98
17.5	54.2	40.93	43.21	44.15	0.011578	4.51	15.37	10.48	0.98
17.375*	36.8	40.8	42.55	43.26	0.012611	3.93	11.88	9.49	0.97
17.375*	54.2	40.8	43.02	43.86	0.011268	4.38	16.78	11.88	0.96
17.25*	36.8	40.66	42.34	42.99	0.013214	3.89	12.77	11.17	0.99
17.25*	54.2	40.66	42.77	43.53	0.011666	4.3	18.06	13.3	0.97
17.125*	36.8	40.52	42.27	42.71	0.009466	3.36	16.09	13.92	0.84
17.125*	54.2	40.52	42.87	43.25	0.006134	3.33	30.1	28.23	0.71
17	36.8	40.39	42.42	42.57	0.003281	2.19	32.6	31.84	0.51
17	54.2	40.39	43.03	43.14	0.001858	1.98	52.18	32.38	0.4
16.8333*	36.8	40.26	42.41	42.55	0.002732	2.08	33.7	32.38	0.47
16.8333*	54.2	40.26	43.03	43.13	0.001611	1.91	53.85	32.91	0.38
16.6666*	36.8	40.13	42.4	42.53	0.002255	1.97	34.99	32.92	0.43
16.6666*	54.2	40.13	43.02	43.12	0.001395	1.84	55.61	33.45	0.35
16.5*	36.8	40.01	42.39	42.51	0.00185	1.85	36.46	33.46	0.39
16.5*	54.2	40.01	43.02	43.11	0.001207	1.76	57.49	33.98	0.33
16.3333*	36.8	39.88	42.39	42.5	0.001518	1.74	38.08	33.99	0.36
16.3333*	54.2	39.88	43.01	43.1	0.001044	1.68	59.46	34.51	0.31

16.1666*	36.8	39.75	42.39	42.49	0.001246	1.63	39.83	34.53	0.33
16.1666*	54.2	39.75	43.01	43.1	0.000903	1.61	61.54	35.04	0.29
16	36.8	39.62	42.39	42.48	0.001028	1.52	41.68	35.07	0.3
16	54.2	39.62	43.01	43.09	0.000782	1.53	63.7	35.57	0.27
15.75*	36.8	39.57	42.38	42.47	0.001022	1.54	41.73	33.42	0.3
15.75*	54.2	39.57	43	43.09	0.000797	1.56	62.7	33.86	0.27
15.5*	36.8	39.51	42.37	42.46	0.001021	1.56	41.67	31.86	0.3
15.5*	54.2	39.51	43	43.08	0.000815	1.6	61.65	32.27	0.28
15.25*	36.8	39.46	42.37	42.46	0.001029	1.59	41.47	30.34	0.3
15.25*	54.2	39.46	42.99	43.08	0.00084	1.64	60.48	30.72	0.28
15	36.8	39.41	42.36	42.45	0.001046	1.62	41.07	28.84	0.31
15	54.2	39.41	42.98	43.07	0.000873	1.69	59.14	29.21	0.29
14.9166*	36.8	39.39	42.23	42.43	0.001982	2.17	27.84	25.98	0.42
14.9166*	54.2	39.39	42.89	43.06	0.001429	2.13	47.29	29.98	0.37
14.8333*	36.8	39.36	42.18	42.41	0.002321	2.32	22.32	12.67	0.45
14.8333*	54.2	39.36	42.68	43.02	0.002749	2.84	31.79	25.76	0.51
14.75*	36.8	39.34	42.12	42.38	0.002705	2.47	20.92	11.98	0.49
14.75*	54.2	39.34	42.65	43	0.002941	2.91	27.77	14.04	0.52
14.6666*	36.8	39.32	42.05	42.36	0.003215	2.65	19.76	12.05	0.53
14.6666*	54.2	39.32	42.58	42.97	0.003396	3.08	26.67	14.05	0.56
14.5833*	36.8	39.29	41.97	42.32	0.003986	2.88	18.61	12.88	0.58
14.5833*	54.2	39.29	42.52	42.94	0.003828	3.23	26.19	14.35	0.59
14.5	36.8	39.27	41.87	42.28	0.004962	3.12	17.68	13.46	0.64
14.5	54.2	39.27	42.48	42.91	0.004169	3.33	26.34	14.93	0.61
14.375*	36.8	39.25	41.77	42.22	0.005374	3.23	16.5	13.1	0.67
14.375*	54.2	39.25	42.4	42.86	0.004344	3.4	25.29	14.72	0.63
14.25*	36.8	39.24	41.71	42.17	0.005239	3.2	16.07	11.68	0.66
14.25*	54.2	39.24	42.31	42.81	0.00454	3.46	24.24	14.51	0.64
14.125*	36.8	39.22	41.68	42.11	0.004853	3.1	16.12	10.11	0.64
14.125*	54.2	39.22	42.23	42.76	0.004768	3.53	23.18	14.31	0.66
14	36.8	39.2	41.65	42.06	0.004448	3	16.4	9.28	0.62
14	54.2	39.2	42.14	42.71	0.005036	3.6	22.08	14.1	0.68
13.9166*	36.8	39.16	41.62	42.01	0.004258	2.94	16.7	9.57	0.6
13.9166*	54.2	39.16	42.1	42.65	0.004903	3.55	22.23	14.61	0.67
13.8333*	36.8	39.11	41.59	41.96	0.004066	2.88	16.98	9.81	0.59
13.8333*	54.2	39.11	42.06	42.6	0.004689	3.48	22.46	14.56	0.65
13.75*	36.8	39.07	41.56	41.92	0.003879	2.82	17.26	9.96	0.58
13.75*	54.2	39.07	42.03	42.55	0.004488	3.41	22.68	14.4	0.64

13.6666*	36.8	39.03	41.53	41.88	0.003671	2.75	17.57	9.91	0.56
13.6666*	54.2	39.03	42	42.5	0.00429	3.34	22.9	14.17	0.62
13.5833*	36.8	38.98	41.51	41.83	0.003433	2.67	18	9.81	0.54
13.5833*	54.2	38.98	41.97	42.45	0.004082	3.27	23.15	13.85	0.61
13.5	36.8	38.94	41.49	41.8	0.003228	2.6	18.44	9.98	0.53
13.5	54.2	38.94	41.95	42.4	0.003883	3.2	23.42	13.45	0.59
13.4*	36.8	38.88	41.45	41.77	0.003347	2.66	18.11	9.78	0.54
13.4*	54.2	38.88	41.87	42.37	0.004223	3.32	23.06	15.46	0.62
13.3*	36.8	38.82	41.4	41.74	0.003473	2.71	17.81	9.66	0.55
13.3*	54.2	38.82	41.81	42.33	0.004423	3.39	23.36	17.5	0.63
13.2*	36.8	38.76	41.34	41.7	0.003803	2.83	17.41	11.09	0.57
13.2*	54.2	38.76	41.78	42.29	0.004386	3.39	24.57	19.73	0.63
13.1*	36.8	38.7	41.27	41.67	0.004186	2.95	17.3	14.6	0.6
13.1*	54.2	38.7	41.77	42.24	0.004202	3.34	26.54	22.69	0.62
13	36.8	38.64	41.24	41.63	0.004134	2.95	18.36	17.26	0.6
13	54.2	38.64	41.76	42.19	0.003866	3.24	29.59	26.91	0.59
12.8*	36.8	38.59	41.25	41.57	0.003384	2.72	20.81	19.93	0.54
12.8*	54.2	38.59	41.8	42.13	0.003014	2.92	35.23	33.69	0.53
12.6*	36.8	38.54	41.26	41.52	0.002771	2.5	23.86	24.38	0.49
12.6*	54.2	38.54	41.83	42.08	0.002274	2.58	42.95	42.15	0.46
12.4*	36.8	38.49	41.27	41.48	0.002219	2.28	28.27	31.84	0.44
12.4*	54.2	38.49	41.86	42.04	0.001687	2.27	53.38	54.15	0.4
12.2*	36.8	38.44	41.29	41.45	0.001694	2.03	34.93	41.87	0.39
12.2*	54.2	38.44	41.89	42	0.001179	1.93	67.83	67.42	0.34
12	36.8	38.39	41.31	41.42	0.001223	1.76	44.89	55.36	0.33
12	54.2	38.39	41.91	41.98	0.000798	1.61	86.01	81.11	0.28
11.9*	36.8	38.34	41.32	41.4	0.000927	1.55	53.74	59.69	0.29
11.9*	54.2	38.34	41.92	41.97	0.000634	1.45	96.19	83.09	0.25
11.8*	36.8	38.29	41.33	41.39	0.000707	1.38	62.73	62.9	0.25
11.8*	54.2	38.29	41.92	41.96	0.000509	1.32	106.34	84.83	0.22
11.7*	36.8	38.25	41.34	41.38	0.000546	1.22	71.8	65.72	0.22
11.7*	54.2	38.25	41.93	41.96	0.000419	1.21	116.52	87.35	0.2
11.6*	36.8	38.2	41.34	41.37	0.000426	1.1	81.01	68.27	0.2
11.6*	54.2	38.2	41.93	41.96	0.000357	1.12	127.73	95.19	0.19
11.5	36.8	38.15	41.35	41.37	0.000336	0.98	90.39	70.64	0.18
11.5	54.2	38.15	41.93	41.95	0.000298	1.04	141.74	110.77	0.17
11.42*	36.8	38.09	41.34	41.37	0.000418	1.11	83.33	70.31	0.2
11.42*	54.2	38.09	41.92	41.95	0.000342	1.13	134.52	108.39	0.18

11.34*	36.8	38.03	41.32	41.36	0.000528	1.26	76.6	70.13	0.22
11.34*	54.2	38.03	41.92	41.95	0.000393	1.22	127.57	105.52	0.2
11.26*	36.8	37.97	41.3	41.36	0.000675	1.44	70.1	69.3	0.25
11.26*	54.2	37.97	41.91	41.95	0.000455	1.33	120.79	102.25	0.21
11.18*	36.8	37.91	41.28	41.35	0.000875	1.66	63.73	67.43	0.29
11.18*	54.2	37.91	41.9	41.94	0.000532	1.45	114.14	98.57	0.23
11.1	36.8	37.85	41.25	41.34	0.001149	1.91	57.58	63.94	0.33
11.1	54.2	37.85	41.89	41.94	0.000627	1.59	107.64	94.61	0.25
11	36.8	37.85	41.26	41.33	0.000683	1.48	58.09	63.57	0.26
11	54.2	37.85	41.89	41.94	0.000449	1.34	107	94.36	0.21
10.95	Bridge								
10.9	36.8	37.82	41.14	41.3	0.001748	2.32	46.1	62.2	0.41
10.9	54.2	37.82	41.86	41.92	0.000717	1.7	100.57	92.95	0.27
10.8	36.8	37.79	40.84	41.26	0.005849	3.97	31.24	53.25	0.73
10.8	54.2	37.79	40.52	41.79	0.019055	6.64	16.54	34.94	1.3
10.64*	36.8	37.75	40.53	41.17	0.007376	4.21	22.14	40.05	0.81
10.64*	54.2	37.75	40.11	41.74	0.023752	6.78	13.29	8.18	1.42
10.48*	36.8	37.71	40.73	40.96	0.002582	2.64	35.67	47	0.49
10.48*	54.2	37.71	40.81	41.22	0.004588	3.59	39.73	49.43	0.65
10.32*	36.8	37.68	40.76	40.92	0.001699	2.18	39.8	45.59	0.4
10.32*	54.2	37.68	40.81	41.12	0.003232	3.04	42.41	45.86	0.55
10.16*	36.8	37.64	40.77	40.89	0.001247	1.89	39.6	33.76	0.34
10.16*	54.2	37.64	40.82	41.07	0.002429	2.67	41.58	33.93	0.48
10	36.8	37.6	40.74	40.88	0.001199	1.86	33.02	21.51	0.33
10	54.2	37.6	40.74	41.04	0.002602	2.73	33.02	21.51	0.49

4) 5) 6) Q ordinaria con le varie ipotesi di condizioni al contorno

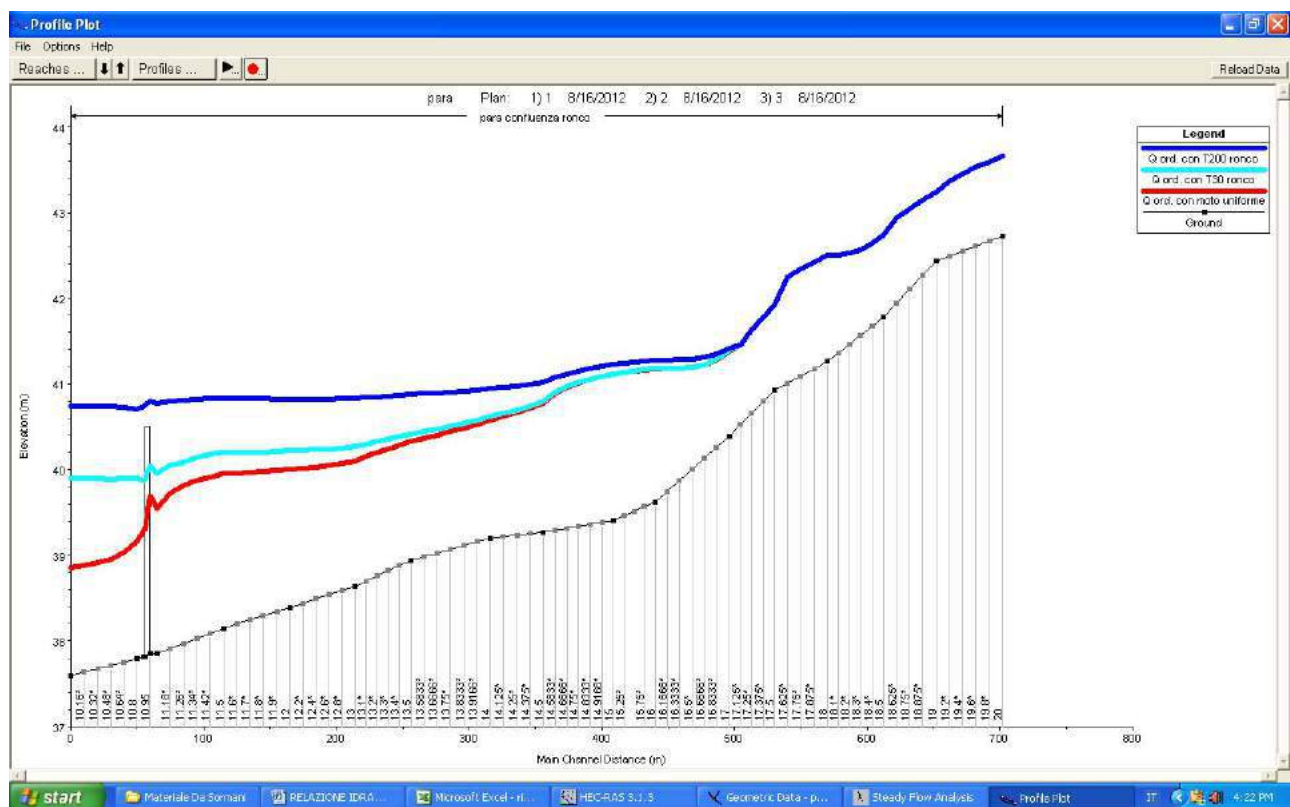
Di seguito si riportano le risultanze numeriche ottenute per la piena ordinaria del rio Para (pari a 13,6 mc/s), per le tre diverse condizioni al contorno di valle.

In particolare si riporta il profilo longitudinale del rio con i 3 involuipi di piena:

- Plan 1: moto uniforme a valle;
- Plan 2: piena trentennale del Ronco;
- Plan 3: piena duecentennale del Ronco.

Si osserva come l'involuppo dei colmi di piena nel caso di piena duecentennale del fiume Ronco mostra una situazione di rigurgito che induce un incremento significativo dei livelli in diverse sezioni del rio Para.

La condizione di concomitanza di piena ordinaria per il rio Para e piena duecentennale per il fiume Ronco è poco probabile, anche se più sfavorevole. Di conseguenza si considera come condizione di riferimento quella di piena ordinaria per il rio Para condizione di moto uniforme a valle.



HEC-RAS River: para Reach: confluenza ronco Profile: PF

1

River Sta	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude
20	1	13.6	42.73	43.66	43.82	0.006215	1.77	8.13	10.43	0.61
20	2	13.6	42.73	43.66	43.82	0.006215	1.77	8.13	10.43	0.61
20	3	13.6	42.73	43.66	43.82	0.006215	1.77	8.13	10.43	0.61
19.8*	1	13.6	42.67	43.59	43.75	0.006327	1.78	8.08	10.42	0.62
19.8*	2	13.6	42.67	43.59	43.75	0.006327	1.78	8.08	10.42	0.62
19.8*	3	13.6	42.67	43.59	43.75	0.006327	1.78	8.08	10.42	0.62

19.6*	1	13.6	42.61	43.53	43.69	0.006526	1.79	8	10.41	0.63
19.6*	2	13.6	42.61	43.53	43.69	0.006526	1.79	8	10.41	0.63
19.6*	3	13.6	42.61	43.53	43.69	0.006526	1.79	8	10.41	0.63
19.4*	1	13.6	42.55	43.45	43.62	0.006864	1.82	7.88	10.38	0.64
19.4*	2	13.6	42.55	43.45	43.62	0.006864	1.82	7.88	10.38	0.64
19.4*	3	13.6	42.55	43.45	43.62	0.006864	1.82	7.88	10.38	0.64
19.2*	1	13.6	42.49	43.37	43.55	0.007615	1.88	7.62	10.33	0.67
19.2*	2	13.6	42.49	43.37	43.55	0.007615	1.88	7.62	10.33	0.67
19.2*	3	13.6	42.49	43.37	43.55	0.007615	1.88	7.62	10.33	0.67
19	1	13.6	42.43	43.25	43.46	0.010085	2.05	6.96	10.2	0.76
19	2	13.6	42.43	43.25	43.46	0.010085	2.05	6.96	10.2	0.76
19	3	13.6	42.43	43.25	43.46	0.010085	2.05	6.96	10.2	0.76
18.875*	1	13.6	42.27	43.14	43.36	0.009497	2.07	6.94	9.69	0.75
18.875*	2	13.6	42.27	43.14	43.36	0.009497	2.07	6.94	9.69	0.75
18.875*	3	13.6	42.27	43.14	43.36	0.009497	2.07	6.94	9.69	0.75
18.75*	1	13.6	42.11	43.04	43.26	0.009058	2.11	6.91	9.23	0.74
18.75*	2	13.6	42.11	43.04	43.26	0.009058	2.11	6.91	9.23	0.74
18.75*	3	13.6	42.11	43.04	43.26	0.009058	2.11	6.91	9.23	0.74
18.625*	1	13.6	41.94	42.93	43.17	0.009012	2.19	6.8	8.84	0.74
18.625*	2	13.6	41.94	42.93	43.17	0.009012	2.19	6.8	8.84	0.74
18.625*	3	13.6	41.94	42.93	43.17	0.009012	2.19	6.8	8.84	0.74
18.5	1	13.6	41.78	42.74	43.05	0.013084	2.55	5.93	8.32	0.89
18.5	2	13.6	41.78	42.74	43.05	0.013084	2.55	5.93	8.32	0.89
18.5	3	13.6	41.78	42.74	43.05	0.013084	2.55	5.93	8.32	0.89
18.4*	1	13.6	41.68	42.64	42.94	0.012391	2.48	6.07	8.51	0.86
18.4*	2	13.6	41.68	42.64	42.94	0.012391	2.48	6.07	8.51	0.86
18.4*	3	13.6	41.68	42.64	42.94	0.012391	2.48	6.07	8.51	0.86
18.3*	1	13.6	41.57	42.57	42.83	0.010571	2.33	6.48	8.91	0.8
18.3*	2	13.6	41.57	42.57	42.83	0.010571	2.33	6.48	8.91	0.8
18.3*	3	13.6	41.57	42.57	42.83	0.010571	2.33	6.48	8.91	0.8
18.2*	1	13.6	41.47	42.52	42.74	0.008028	2.11	7.27	9.65	0.7
18.2*	2	13.6	41.47	42.52	42.74	0.008028	2.11	7.27	9.65	0.7
18.2*	3	13.6	41.47	42.52	42.74	0.008028	2.11	7.27	9.65	0.7
18.1*	1	13.6	41.36	42.5	42.67	0.005486	1.84	8.59	10.65	0.59
18.1*	2	13.6	41.36	42.5	42.67	0.005486	1.84	8.59	10.65	0.59
18.1*	3	13.6	41.36	42.5	42.67	0.005486	1.84	8.59	10.65	0.59
18	1	13.6	41.26	42.5	42.61	0.00359	1.58	10.27	11.32	0.48
18	2	13.6	41.26	42.5	42.61	0.00359	1.58	10.27	11.32	0.48
18	3	13.6	41.26	42.5	42.61	0.00359	1.58	10.27	11.32	0.48
17.875*	1	13.6	41.18	42.42	42.57	0.004356	1.76	9.07	10.98	0.53
17.875*	2	13.6	41.18	42.42	42.57	0.004356	1.76	9.07	10.98	0.53
17.875*	3	13.6	41.18	42.42	42.57	0.004356	1.76	9.07	10.98	0.53

17.75*	1	13.6	41.09	42.34	42.52	0.005122	1.93	7.94	8.44	0.58
17.75*	2	13.6	41.09	42.34	42.52	0.005122	1.93	7.94	8.44	0.58
17.75*	3	13.6	41.09	42.34	42.52	0.005122	1.93	7.94	8.44	0.58
17.625*	1	13.6	41.01	42.25	42.46	0.006115	2.1	7.26	7.69	0.63
17.625*	2	13.6	41.01	42.25	42.46	0.006115	2.1	7.26	7.69	0.63
17.625*	3	13.6	41.01	42.25	42.46	0.006115	2.1	7.26	7.69	0.63
17.5	1	13.6	40.93	41.92	42.35	0.016013	2.93	5.11	6.6	0.99
17.5	2	13.6	40.93	41.92	42.35	0.016013	2.93	5.11	6.6	0.99
17.5	3	13.6	40.93	41.92	42.35	0.016013	2.93	5.11	6.6	0.99
17.375*	1	13.6	40.8	41.78	42.19	0.015816	2.9	5.36	7.32	0.98
17.375*	2	13.6	40.8	41.78	42.19	0.015816	2.9	5.36	7.32	0.98
17.375*	3	13.6	40.8	41.78	42.19	0.015816	2.9	5.36	7.32	0.98
17.25*	1	13.6	40.66	41.63	42.01	0.015921	2.86	5.77	8.52	0.98
17.25*	2	13.6	40.66	41.63	42.01	0.015921	2.86	5.77	8.52	0.98
17.25*	3	13.6	40.66	41.63	42.01	0.015921	2.86	5.77	8.52	0.98
17.125*	1	13.6	40.52	41.45	41.79	0.016793	2.81	6.32	10.1	1
17.125*	2	13.6	40.52	41.45	41.79	0.016793	2.81	6.32	10.1	1
17.125*	3	13.6	40.52	41.45	41.79	0.016793	2.81	6.32	10.1	1
17	1	13.6	40.39	41.39	41.57	0.009573	2.2	8.81	12.81	0.76
17	2	13.6	40.39	41.39	41.57	0.009527	2.2	8.82	12.82	0.76
17	3	13.6	40.39	41.42	41.58	0.008413	2.12	9.21	12.98	0.72
16.8333*	1	13.6	40.26	41.28	41.5	0.009808	2.29	8.15	12.39	0.77
16.8333*	2	13.6	40.26	41.29	41.5	0.009666	2.28	8.2	12.41	0.77
16.8333*	3	13.6	40.26	41.35	41.53	0.007482	2.1	9.01	12.82	0.68
16.6666*	1	13.6	40.13	41.22	41.43	0.008037	2.18	8.14	11.89	0.71
16.6666*	2	13.6	40.13	41.22	41.43	0.007873	2.17	8.2	11.94	0.7
16.6666*	3	13.6	40.13	41.31	41.48	0.005742	1.96	9.26	12.59	0.61
16.5*	1	13.6	40.01	41.19	41.36	0.005431	1.92	8.78	10.92	0.59
16.5*	2	13.6	40.01	41.2	41.37	0.005347	1.91	8.84	11.04	0.59
16.5*	3	13.6	40.01	41.29	41.43	0.004021	1.75	9.91	12.17	0.52
16.3333*	1	13.6	39.88	41.18	41.31	0.003565	1.67	9.85	10.71	0.49
16.3333*	2	13.6	39.88	41.19	41.32	0.003501	1.66	9.92	10.74	0.49
16.3333*	3	13.6	39.88	41.29	41.39	0.002653	1.52	10.97	11.13	0.43
16.1666*	1	13.6	39.75	41.18	41.28	0.002395	1.46	11.1	10.84	0.41
16.1666*	2	13.6	39.75	41.18	41.28	0.002355	1.45	11.17	10.86	0.4
16.1666*	3	13.6	39.75	41.28	41.37	0.001824	1.34	12.25	11.21	0.36
16	1	13.6	39.62	41.18	41.25	0.00165	1.28	12.48	11.06	0.34
16	2	13.6	39.62	41.18	41.26	0.001625	1.27	12.55	11.08	0.34
16	3	13.6	39.62	41.28	41.35	0.001283	1.18	13.66	11.39	0.31
15.75*	1	13.6	39.57	41.16	41.24	0.001632	1.3	12.41	10.71	0.34
15.75*	2	13.6	39.57	41.17	41.25	0.001607	1.3	12.48	10.73	0.34
15.75*	3	13.6	39.57	41.27	41.34	0.00127	1.2	13.58	11.05	0.31
15.5*	1	13.6	39.51	41.15	41.23	0.001628	1.33	12.33	10.41	0.34

15.5*	2	13.6	39.51	41.15	41.24	0.001603	1.32	12.39	10.43	0.34
15.5*	3	13.6	39.51	41.26	41.33	0.001266	1.23	13.5	10.74	0.31
15.25*	1	13.6	39.46	41.13	41.22	0.001641	1.36	12.21	10.11	0.35
15.25*	2	13.6	39.46	41.14	41.22	0.001615	1.36	12.28	10.13	0.35
15.25*	3	13.6	39.46	41.24	41.32	0.001323	1.28	13.38	11.79	0.32
15	1	13.6	39.41	41.11	41.2	0.001739	1.43	12.05	11.02	0.36
15	2	13.6	39.41	41.12	41.21	0.001716	1.42	12.12	11.17	0.36
15	3	13.6	39.41	41.23	41.31	0.001379	1.33	13.48	13.69	0.32
14.9166*	1	13.6	39.39	41.08	41.19	0.001934	1.49	11.25	9.2	0.38
14.9166*	2	13.6	39.39	41.09	41.19	0.001901	1.49	11.32	9.23	0.38
14.9166*	3	13.6	39.39	41.21	41.29	0.00148	1.37	12.4	9.54	0.34
14.8333*	1	13.6	39.36	41.05	41.17	0.00225	1.59	10.51	8.72	0.41
14.8333*	2	13.6	39.36	41.06	41.18	0.002209	1.59	10.58	8.74	0.4
14.8333*	3	13.6	39.36	41.18	41.28	0.001686	1.46	11.69	9.07	0.36
14.75*	1	13.6	39.34	41.01	41.15	0.00267	1.71	9.79	8.31	0.44
14.75*	2	13.6	39.34	41.02	41.15	0.002615	1.7	9.86	8.34	0.44
14.75*	3	13.6	39.34	41.15	41.26	0.00194	1.55	11.01	8.68	0.38
14.6666*	1	13.6	39.32	40.96	41.12	0.003269	1.85	9.03	7.92	0.48
14.6666*	2	13.6	39.32	40.97	41.13	0.003189	1.84	9.11	7.95	0.48
14.6666*	3	13.6	39.32	41.12	41.24	0.002271	1.65	10.33	8.33	0.41
14.5833*	1	13.6	39.29	40.89	41.08	0.004224	2.04	8.16	7.51	0.54
14.5833*	2	13.6	39.29	40.9	41.09	0.004091	2.02	8.26	7.54	0.54
14.5833*	3	13.6	39.29	41.08	41.22	0.002722	1.78	9.62	8	0.45
14.5	1	13.6	39.27	40.78	41.03	0.00622	2.35	7.04	6.98	0.65
14.5	2	13.6	39.27	40.8	41.04	0.005897	2.31	7.18	7.03	0.63
14.5	3	13.6	39.27	41.02	41.19	0.003396	1.94	8.83	7.64	0.49
14.375*	1	13.6	39.25	40.72	40.97	0.005964	2.31	7.12	6.97	0.64
14.375*	2	13.6	39.25	40.74	40.98	0.005587	2.26	7.29	7.04	0.62
14.375*	3	13.6	39.25	41	41.16	0.003028	1.87	9.15	7.67	0.47
14.25*	1	13.6	39.24	40.67	40.91	0.005663	2.26	7.24	6.99	0.63
14.25*	2	13.6	39.24	40.7	40.93	0.00523	2.2	7.46	7.06	0.6
14.25*	3	13.6	39.24	40.98	41.12	0.002687	1.79	9.52	7.71	0.45
14.125*	1	13.6	39.22	40.62	40.85	0.005325	2.2	7.41	7.02	0.61
14.125*	2	13.6	39.22	40.66	40.87	0.004853	2.14	7.66	7.1	0.58
14.125*	3	13.6	39.22	40.96	41.1	0.002381	1.71	9.91	7.76	0.42
14	1	13.6	39.2	40.58	40.79	0.004975	2.14	7.6	7.06	0.59
14	2	13.6	39.2	40.62	40.82	0.004473	2.07	7.89	7.15	0.56
14	3	13.6	39.2	40.94	41.07	0.002112	1.64	10.34	7.82	0.4
13.9166*	1	13.6	39.16	40.53	40.74	0.004883	2.11	7.65	7.11	0.58
13.9166*	2	13.6	39.16	40.58	40.77	0.004314	2.03	7.99	7.2	0.55
13.9166*	3	13.6	39.16	40.93	41.05	0.001938	1.58	10.65	7.93	0.38
13.8333*	1	13.6	39.11	40.49	40.69	0.00475	2.08	7.73	7.17	0.58
13.8333*	2	13.6	39.11	40.54	40.73	0.004119	1.99	8.13	7.29	0.54

13.8333*	3	13.6	39.11	40.92	41.03	0.001767	1.53	11.01	8.04	0.37
13.75*	1	13.6	39.07	40.44	40.64	0.004615	2.04	7.83	7.26	0.57
13.75*	2	13.6	39.07	40.51	40.69	0.003922	1.94	8.29	7.39	0.53
13.75*	3	13.6	39.07	40.91	41.01	0.00161	1.47	11.4	8.19	0.35
13.6666*	1	13.6	39.03	40.4	40.59	0.004465	2.01	7.94	7.36	0.56
13.6666*	2	13.6	39.03	40.47	40.65	0.003709	1.89	8.47	7.5	0.51
13.6666*	3	13.6	39.03	40.9	40.99	0.001466	1.42	11.81	8.36	0.34
13.5833*	1	13.6	38.98	40.36	40.55	0.004282	1.97	8.08	7.47	0.55
13.5833*	2	13.6	38.98	40.44	40.61	0.003477	1.84	8.69	7.63	0.5
13.5833*	3	13.6	38.98	40.89	40.97	0.001329	1.37	12.26	8.53	0.32
13.5	1	13.6	38.94	40.33	40.5	0.004103	1.93	8.23	7.58	0.53
13.5	2	13.6	38.94	40.42	40.57	0.003255	1.79	8.92	7.77	0.48
13.5	3	13.6	38.94	40.88	40.96	0.001208	1.32	12.72	8.72	0.31
13.4*	1	13.6	38.88	40.28	40.47	0.004198	1.96	8.1	7.43	0.54
13.4*	2	13.6	38.88	40.39	40.54	0.003244	1.81	8.87	7.63	0.48
13.4*	3	13.6	38.88	40.87	40.95	0.001175	1.32	12.77	8.61	0.3
13.3*	1	13.6	38.82	40.24	40.43	0.004311	1.99	7.98	7.29	0.55
13.3*	2	13.6	38.82	40.36	40.52	0.003233	1.82	8.83	7.52	0.48
13.3*	3	13.6	38.82	40.86	40.94	0.001142	1.32	12.85	8.52	0.3
13.2*	1	13.6	38.76	40.2	40.39	0.004441	2.03	7.86	7.17	0.56
13.2*	2	13.6	38.76	40.33	40.49	0.003219	1.84	8.81	7.43	0.48
13.2*	3	13.6	38.76	40.85	40.93	0.00111	1.32	12.95	8.47	0.3
13.1*	1	13.6	38.7	40.15	40.36	0.004603	2.07	7.73	7.06	0.57
13.1*	2	13.6	38.7	40.3	40.46	0.003204	1.85	8.79	7.36	0.48
13.1*	3	13.6	38.7	40.84	40.92	0.001078	1.32	13.08	8.46	0.29
13	1	13.6	38.64	40.1	40.31	0.0048	2.12	7.6	6.97	0.58
13	2	13.6	38.64	40.27	40.43	0.003187	1.87	8.8	7.32	0.48
13	3	13.6	38.64	40.83	40.91	0.001046	1.32	13.24	8.47	0.29
12.8*	1	13.6	38.59	40.07	40.26	0.004199	2.01	8.04	7.26	0.54
12.8*	2	13.6	38.59	40.25	40.4	0.002726	1.76	9.39	7.64	0.45
12.8*	3	13.6	38.59	40.83	40.9	0.000896	1.24	14.19	9.06	0.27
12.6*	1	13.6	38.54	40.05	40.22	0.003621	1.9	8.58	7.61	0.51
12.6*	2	13.6	38.54	40.24	40.37	0.002315	1.65	10.08	8.03	0.41
12.6*	3	13.6	38.54	40.82	40.89	0.0008	1.19	15.45	13.89	0.26
12.4*	1	13.6	38.49	40.03	40.18	0.003086	1.78	9.21	8.03	0.47
12.4*	2	13.6	38.49	40.23	40.34	0.001953	1.55	10.87	8.5	0.38
12.4*	3	13.6	38.49	40.82	40.88	0.000671	1.11	17.37	18.17	0.24
12.2*	1	13.6	38.44	40.02	40.15	0.002598	1.67	9.97	8.56	0.43
12.2*	2	13.6	38.44	40.22	40.32	0.001636	1.44	11.8	9.09	0.35
12.2*	3	13.6	38.44	40.82	40.87	0.000552	1.02	19.93	22.81	0.22
12	1	13.6	38.39	40.01	40.12	0.002163	1.55	10.89	9.23	0.4
12	2	13.6	38.39	40.22	40.3	0.00136	1.34	12.93	9.84	0.32
12	3	13.6	38.39	40.82	40.86	0.000445	0.94	23.78	31.75	0.19

11.9*	1	13.6	38.34	39.99	40.09	0.001948	1.5	11.44	9.57	0.38
11.9*	2	13.6	38.34	40.21	40.29	0.00122	1.29	13.61	10.22	0.31
11.9*	3	13.6	38.34	40.83	40.86	0.000365	0.86	28.95	40.25	0.18
11.8*	1	13.6	38.29	39.98	40.07	0.001745	1.44	12.05	9.95	0.36
11.8*	2	13.6	38.29	40.2	40.27	0.001134	1.27	14.79	17.27	0.3
11.8*	3	13.6	38.29	40.83	40.85	0.000284	0.77	35.41	45.98	0.16
11.7*	1	13.6	38.25	39.97	40.06	0.00162	1.41	12.79	13.44	0.35
11.7*	2	13.6	38.25	40.2	40.26	0.00097	1.19	17.37	25.84	0.28
11.7*	3	13.6	38.25	40.83	40.85	0.000216	0.68	42.58	50.2	0.14
11.6*	1	13.6	38.2	39.96	40.04	0.001417	1.35	14.67	21.9	0.33
11.6*	2	13.6	38.2	40.2	40.25	0.000782	1.09	21.56	35.12	0.25
11.6*	3	13.6	38.2	40.83	40.84	0.000163	0.6	50.24	53.5	0.12
11.5	1	13.6	38.15	39.96	40.02	0.00115	1.24	18.14	31.21	0.3
11.5	2	13.6	38.15	40.2	40.24	0.000584	0.96	27.38	41.67	0.22
11.5	3	13.6	38.15	40.83	40.84	0.000123	0.53	58.25	56.2	0.1
11.42*	1	13.6	38.09	39.91	40	0.001543	1.45	13.83	22.08	0.35
11.42*	2	13.6	38.09	40.18	40.23	0.0008	1.14	21.92	37.59	0.25
11.42*	3	13.6	38.09	40.83	40.84	0.000158	0.61	52.01	54.49	0.12
11.34*	1	13.6	38.03	39.87	39.99	0.001845	1.6	11.33	9.25	0.38
11.34*	2	13.6	38.03	40.14	40.22	0.001097	1.35	16.84	30.56	0.3
11.34*	3	13.6	38.03	40.82	40.84	0.000205	0.71	46.08	52.84	0.14
11.26*	1	13.6	37.97	39.82	39.96	0.002332	1.8	9.93	7.44	0.43
11.26*	2	13.6	37.97	40.08	40.2	0.001544	1.61	12.38	19.45	0.35
11.26*	3	13.6	37.97	40.81	40.84	0.000272	0.82	40.45	51.19	0.16
11.18*	1	13.6	37.91	39.73	39.93	0.003268	2.12	8.46	6.3	0.5
11.18*	2	13.6	37.91	40.05	40.18	0.001822	1.76	10.57	6.92	0.39
11.18*	3	13.6	37.91	40.8	40.83	0.000369	0.97	35.29	50.04	0.18
11.1	1	13.6	37.85	39.55	39.88	0.005745	2.69	6.65	5.21	0.66
11.1	2	13.6	37.85	39.96	40.16	0.002629	2.11	8.93	5.83	0.46
11.1	3	13.6	37.85	40.78	40.83	0.000534	1.18	30.22	49.84	0.22
11	1	13.6	37.85	39.69	39.8	0.001516	1.46	10.11	6.06	0.34
11	2	13.6	37.85	40.04	40.11	0.00084	1.22	12.26	6.27	0.26
11	3	13.6	37.85	40.79	40.82	0.000241	0.8	31.4	47.41	0.15
10.95		Bridge								
10.9	1	13.6	37.82	39.29	39.74	0.009267	3.1	5.4	4.62	0.82
10.9	2	13.6	37.82	39.88	40.09	0.002802	2.14	8.36	5.37	0.48
10.9	3	13.6	37.82	40.74	40.81	0.00069	1.34	23.79	47.78	0.25
10.8	1	13.6	37.79	39.16	39.68	0.017226	3.93	5.64	5.68	1.09
10.8	2	13.6	37.79	39.89	40.06	0.003368	2.34	10.39	7.26	0.52
10.8	3	13.6	37.79	40.71	40.8	0.001244	1.77	24.36	47.52	0.33
10.64*	1	13.6	37.75	39.03	39.51	0.014647	3.51	5.67	5.87	1
10.64*	2	13.6	37.75	39.89	40.02	0.002163	1.91	11.54	7.72	0.42

10.64*	3	13.6	37.75	40.73	40.78	0.000583	1.24	31.19	49.01	0.23
10.48*	1	13.6	37.71	38.96	39.35	0.011384	3.06	6	6.19	0.88
10.48*	2	13.6	37.71	39.89	40	0.001594	1.67	12.79	9.79	0.36
10.48*	3	13.6	37.71	40.74	40.77	0.000346	0.97	36.06	47.24	0.18
10.32*	1	13.6	37.68	38.91	39.23	0.008583	2.66	6.48	6.55	0.77
10.32*	2	13.6	37.68	39.9	39.98	0.001071	1.39	14.71	11.34	0.3
10.32*	3	13.6	37.68	40.74	40.76	0.00024	0.82	39.12	45.52	0.15
10.16*	1	13.6	37.64	38.88	39.14	0.006496	2.33	7.04	6.9	0.67
10.16*	2	13.6	37.64	39.9	39.96	0.000763	1.19	15.93	10.61	0.25
10.16*	3	13.6	37.64	40.74	40.76	0.000178	0.71	38.82	33.69	0.13
10	1	13.6	37.6	38.86	39.07	0.005001	2.06	7.6	7.14	0.59
10	2	13.6	37.6	39.9	39.95	0.000612	1.08	15.99	11.1	0.23
10	3	13.6	37.6	40.74	40.76	0.000164	0.69	33.02	21.51	0.12

OSSERVAZIONI

Si riportano nel seguito alcune sezioni di interesse al fine di osservare i livelli delle piene trentennali e duecentennali; la configurazione presa in esame è quella più cautelativa di concomitanza di tali eventi di piena per il torrente Para con la piena massima duecentennale del fiume Ronco.

Si osserva come l'area di lottizzazione in oggetto non risulta interessata neanche dalle piene duecentennali con franchi di sicurezza intorno ai 2 metri.

L'unica parte interessata da piene, in destra idraulica, è fra le sezioni 14.5 e 17.5 in cui il meandro presenta una golena ribassata (area prevista a verde nel progetto di PUA).

Dalle simulazioni risulta allagabile, invece, la parte terminale del tratto in oggetto in sinistra idraulica (campo agricolo) dalla sezione 13.5 verso valle; tale situazione non viene modificata in alcun modo con l'attuazione del PUA, poiché i livelli di piena non raggiungono le porzioni di rilevato del PUA e dunque quest'ultimo è influente rispetto alle dinamiche di piena.

Il ponticello Perlina risulta al limite per le portate trentennali ed inofficioso per quelle duecentennali (anche per effetto dei rigurgiti dei livelli di piena dal fiume Ronco), ma comunque è localizzato piuttosto a valle dell'area in progetto ed il suo comportamento non ha effetti sul PUA in progetto poiché le quote al colmo non raggiungono mai le quote di imposta di PUA (né la sua porzione rilevata rispetto alla campagna esistente).

Si è ritenuto, in ragione di ciò, di non procedere a simulazioni di progetto in quanto il riempimento da eseguirsi alle sezioni 12 e 13 - al fine di realizzare un piano omogeneo di tutta la lottizzazione (pari mediamente a circa 47 m.s.l.m.) - non influisce sull'attuale morfologia del torrente, né interesserebbe i suoi livelli di piena duecentennale: se anche il piede della scarpata di progetto raggiungesse l'attuale ciglio fisico (sui 43 – 42,30 m.s.l.m.) esso non verrà coinvolto dai livelli di piena che al massimo raggiungono quota 42,20 – 41,90 m.s.l.m. per la situazione più catastrofica e meno probabile.

Per quanto riguarda le piene ordinarie del rio Para, che risultano a riferimento delle distanze degli edifici in progetto, occorre dire che notevole risulta l'influenza dei rigurgiti del fiume Ronco a seconda dell'ipotesi considerata: nel caso di piena duecentennale del Ronco l'influenza si spinge fino alla sezione 17, nel caso di trentennale fino alla 14 (si veda profilo comparativo proposto nella figura precedente).

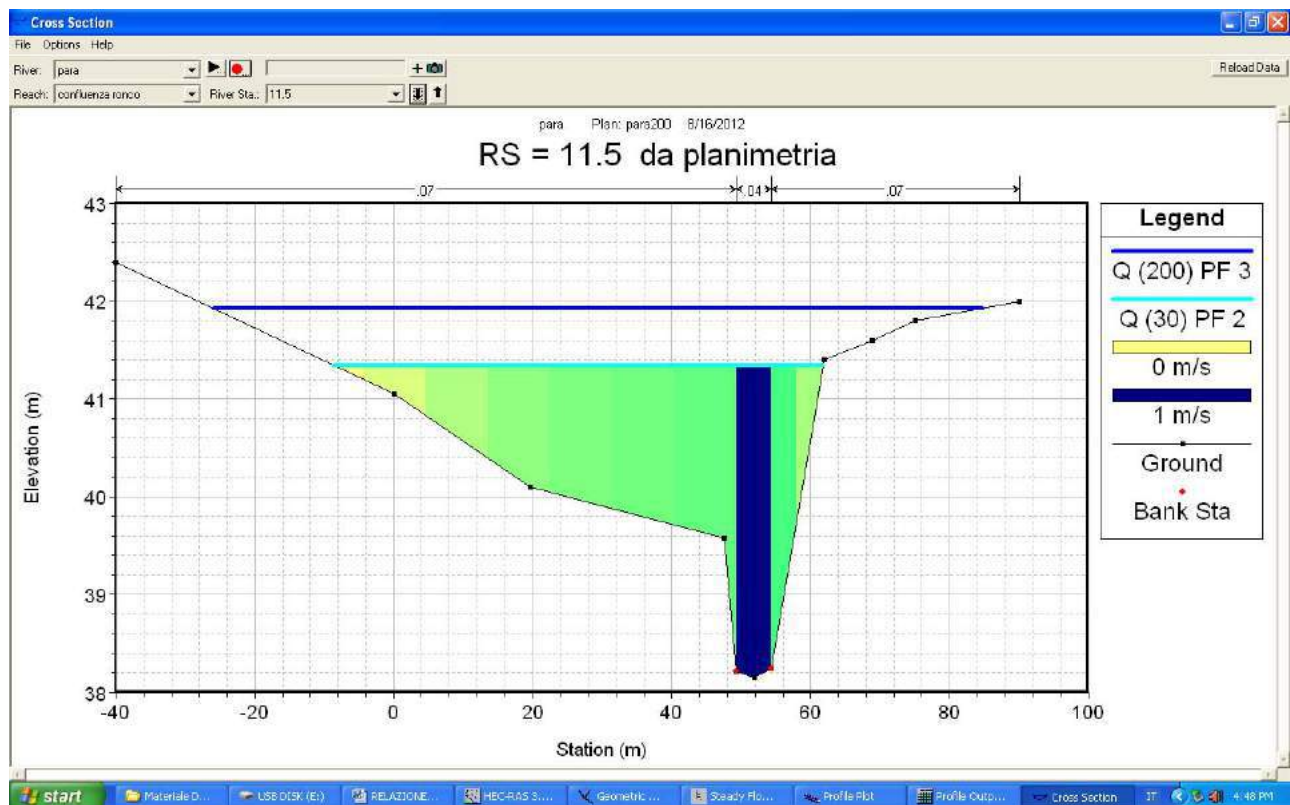
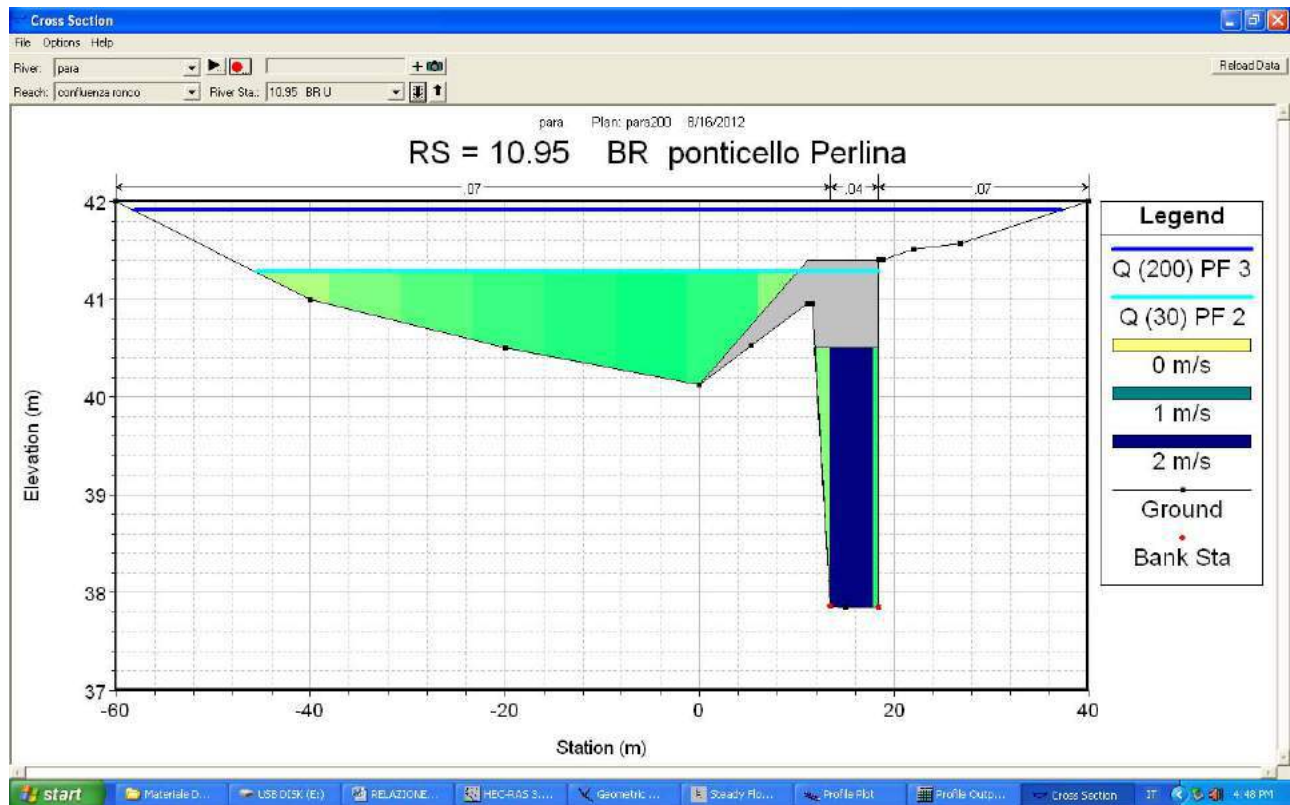
Tali situazioni paiono troppo cautelative al fine della determinazione della linea fisica del demanio idrico: si prenderà quindi a riferimento la situazione di moto uniforme a valle del rio Para che porta a dei tiranti - nel tratto interessato, fra la sez. 12 e la 18 - di 1,40-1,50 mt. (si veda la tabella sopra riportata).

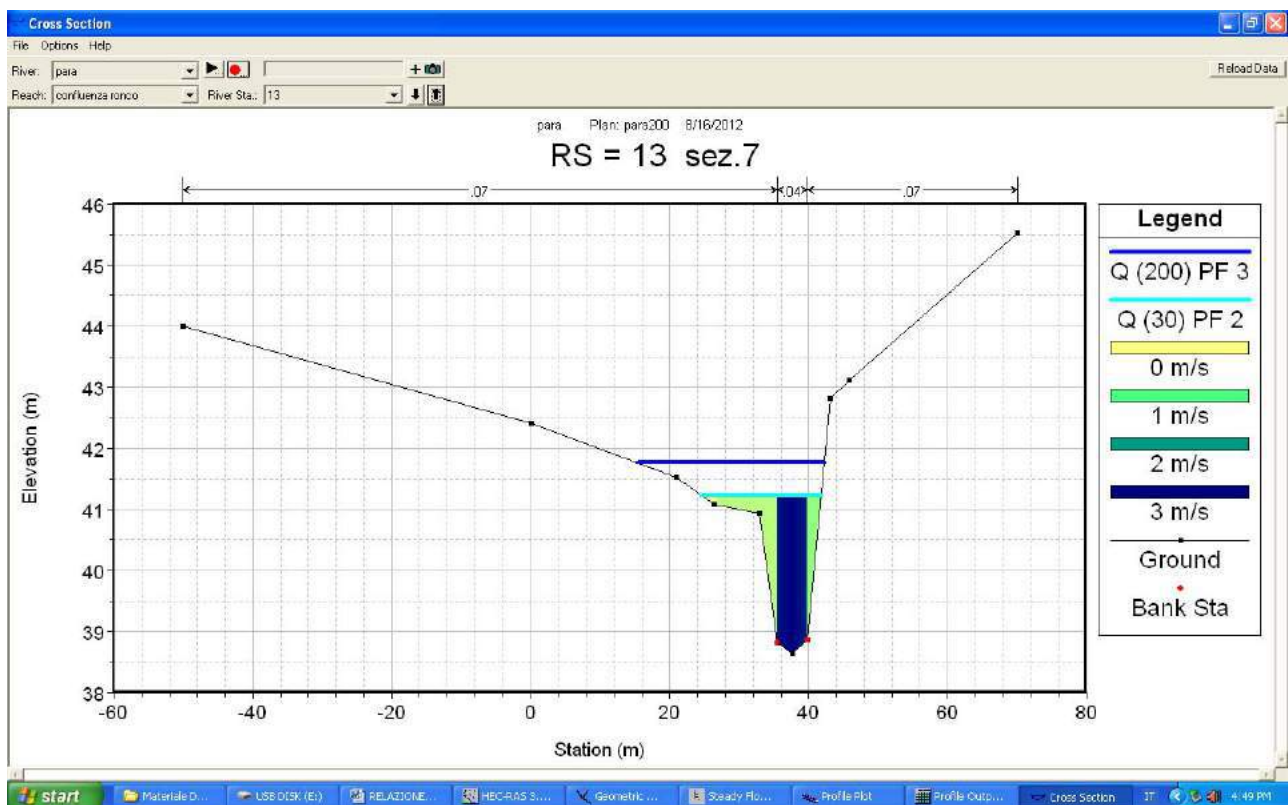
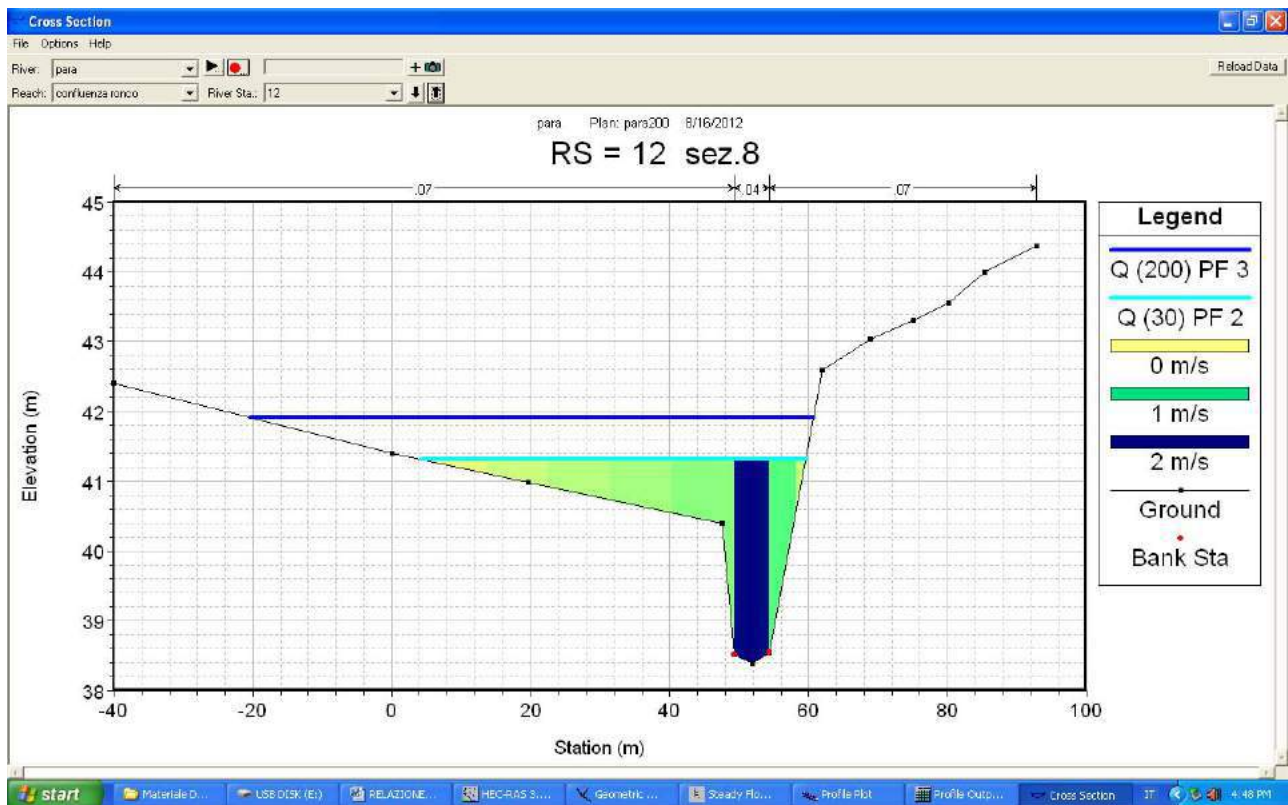
Riportando tali valori sulle sezioni di rilievo (vedasi tavola IDR 3), si osserva dove tali livelli di piena ordinaria intersecano la scarpata destra fluviale; tale intersezione risulta la linea limite per il calcolo delle distanze da RD 523/1904.

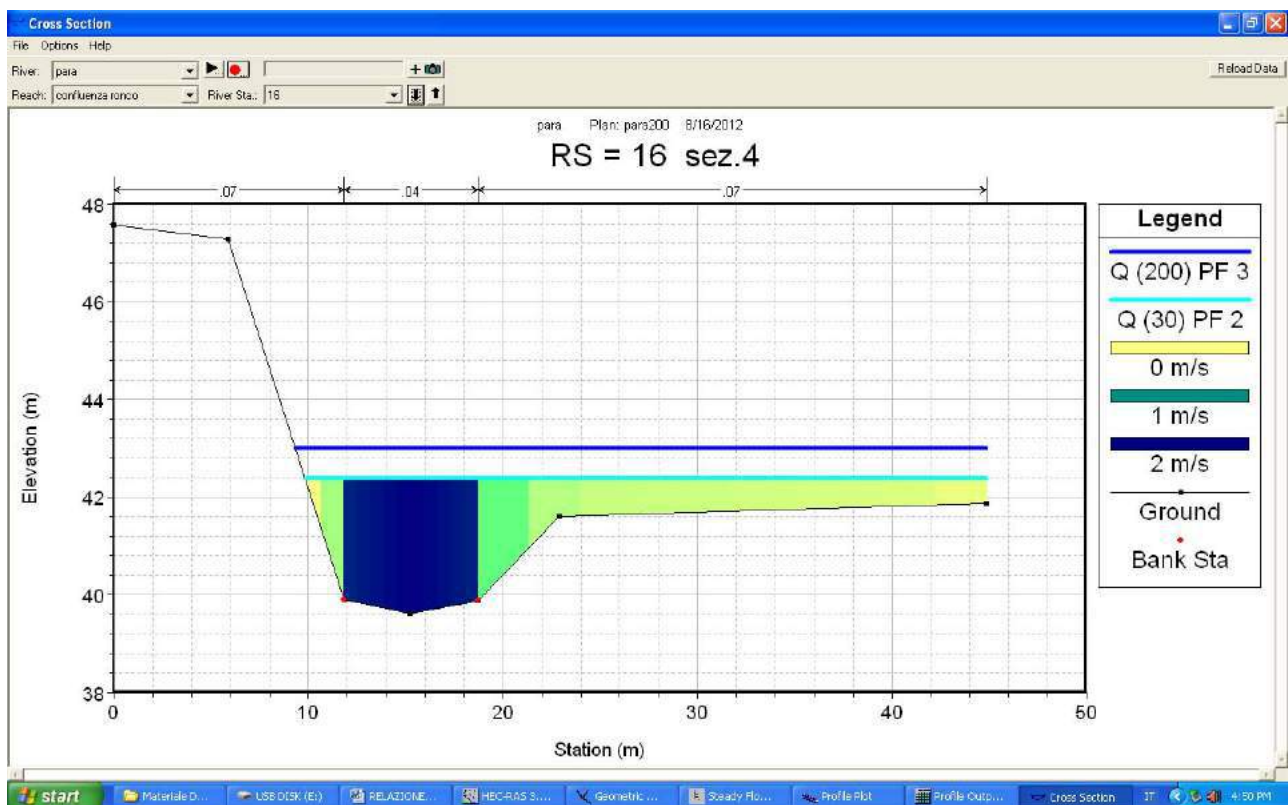
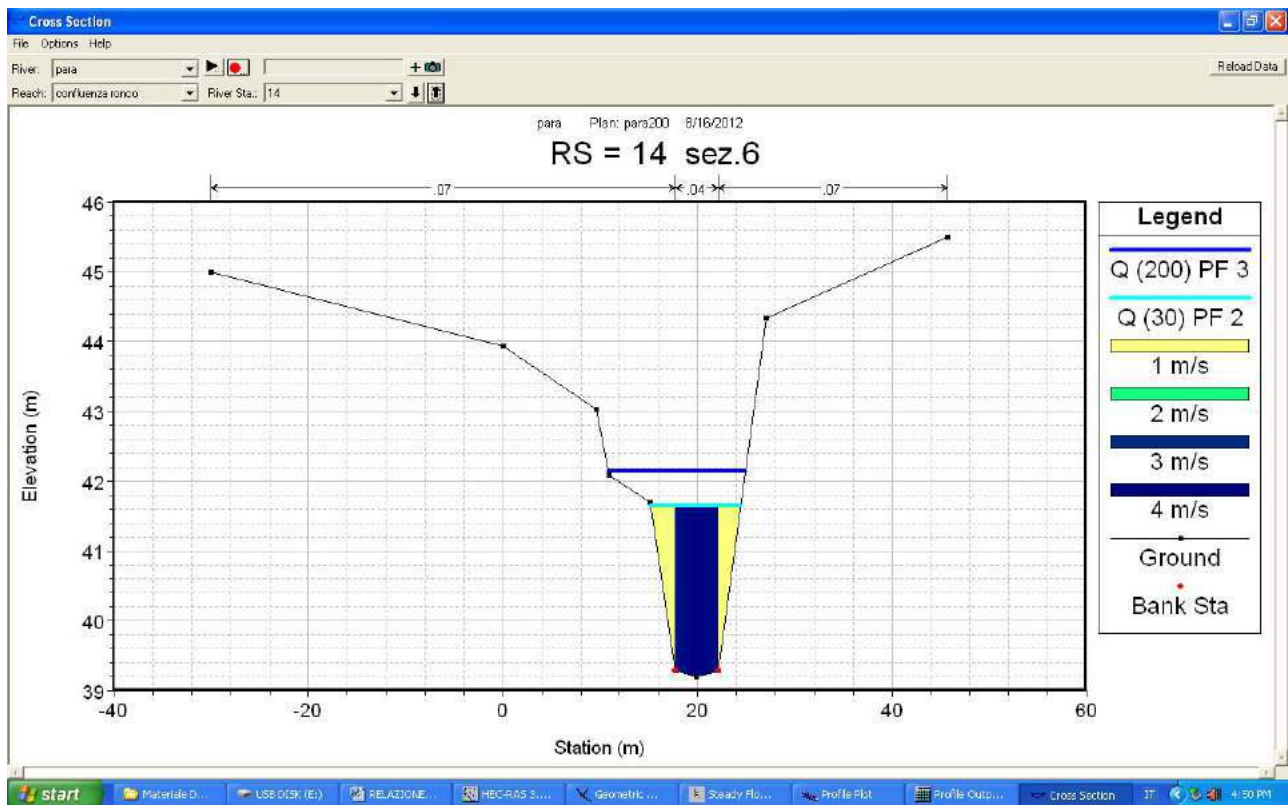
Infatti, tracciando (vedasi tavola IDR2) in planimetria di rilievo (con indicazione del limite del Comparto) tutti i punti di piena ordinaria delle sezioni simulate ed unendoli appropriatamente in base alla morfologia rilevata del rio Para, si è ottenuta la linea di riferimento della piena ordinaria, dalla quale misurare le distanze di rispetto da normativa.

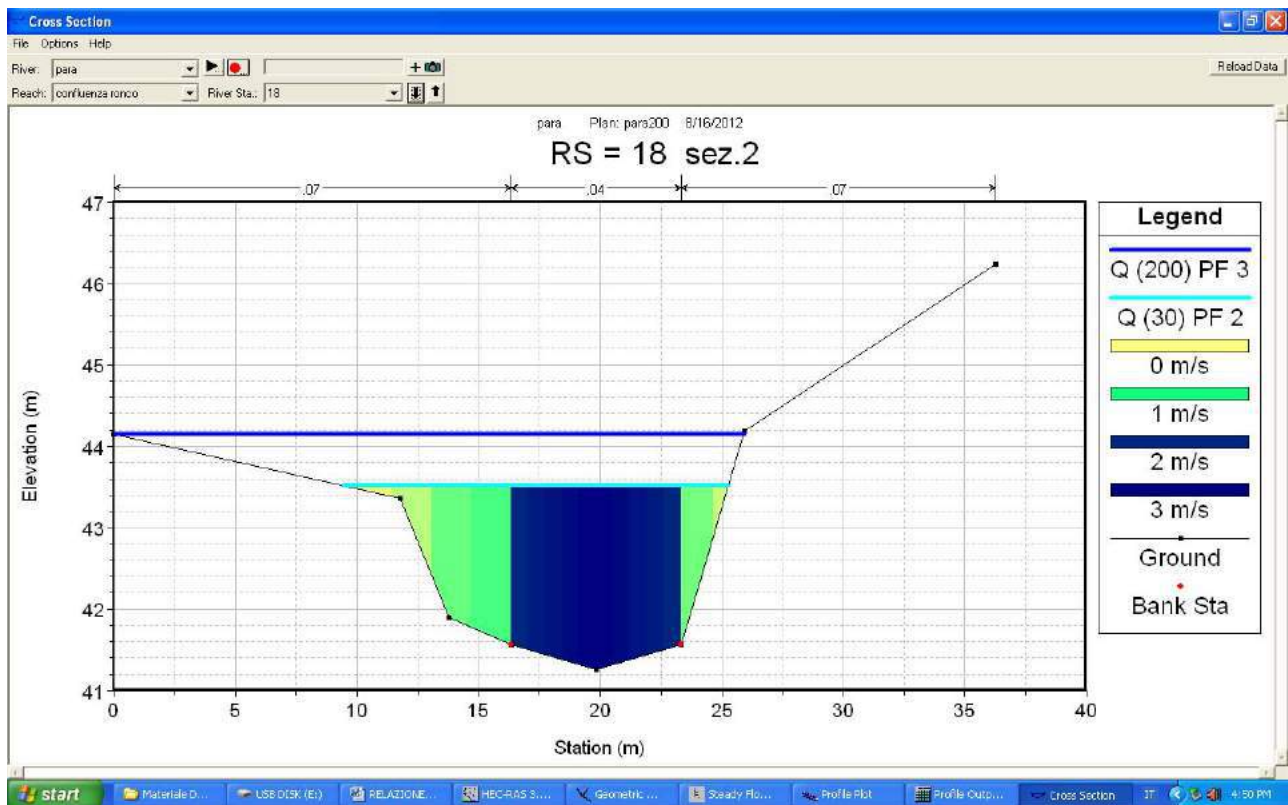
Si vedano di seguito le sezioni più significative - riportate una dopo l'altra – ottenute con Hec-ras, con indicati prima i livelli di piena $Tr = 30$ e 200 anni e poi il livello della piena ordinaria.

Sezioni più significative con livelli di piena trentennale e duecentennale

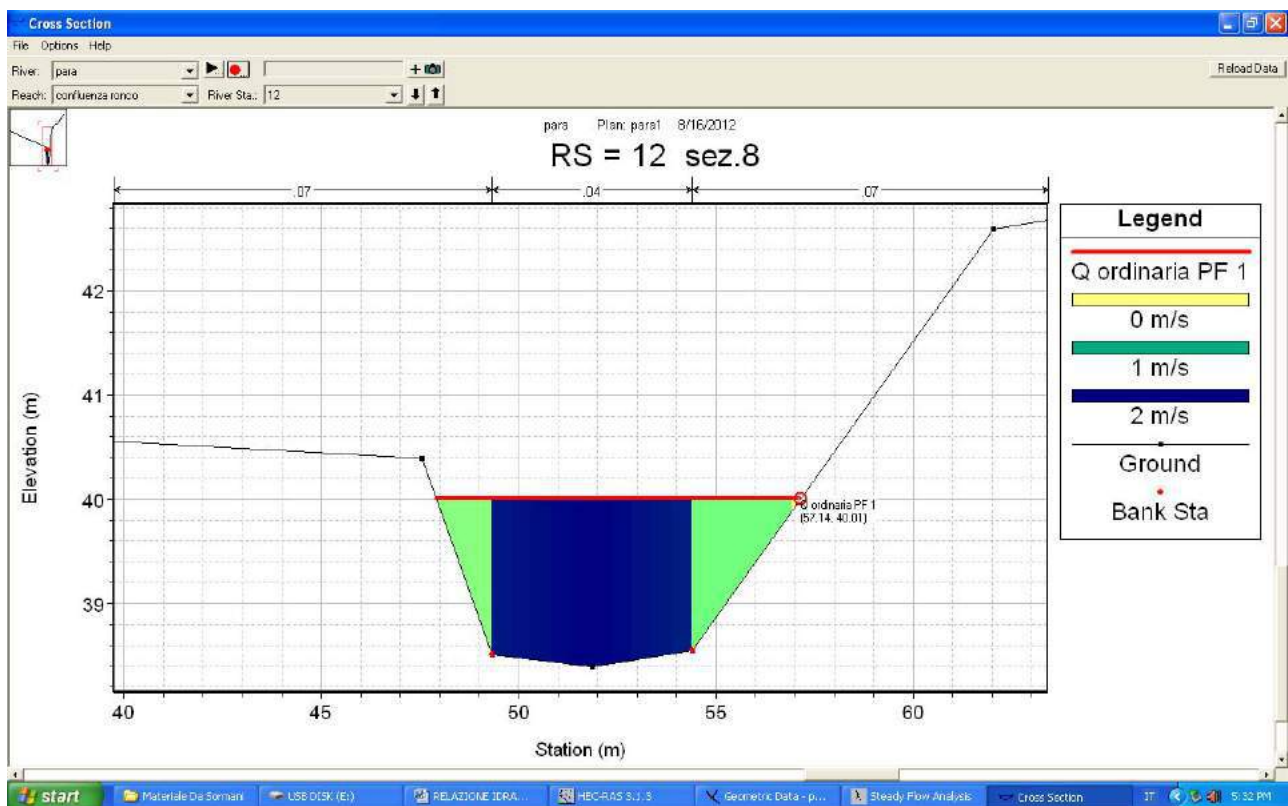


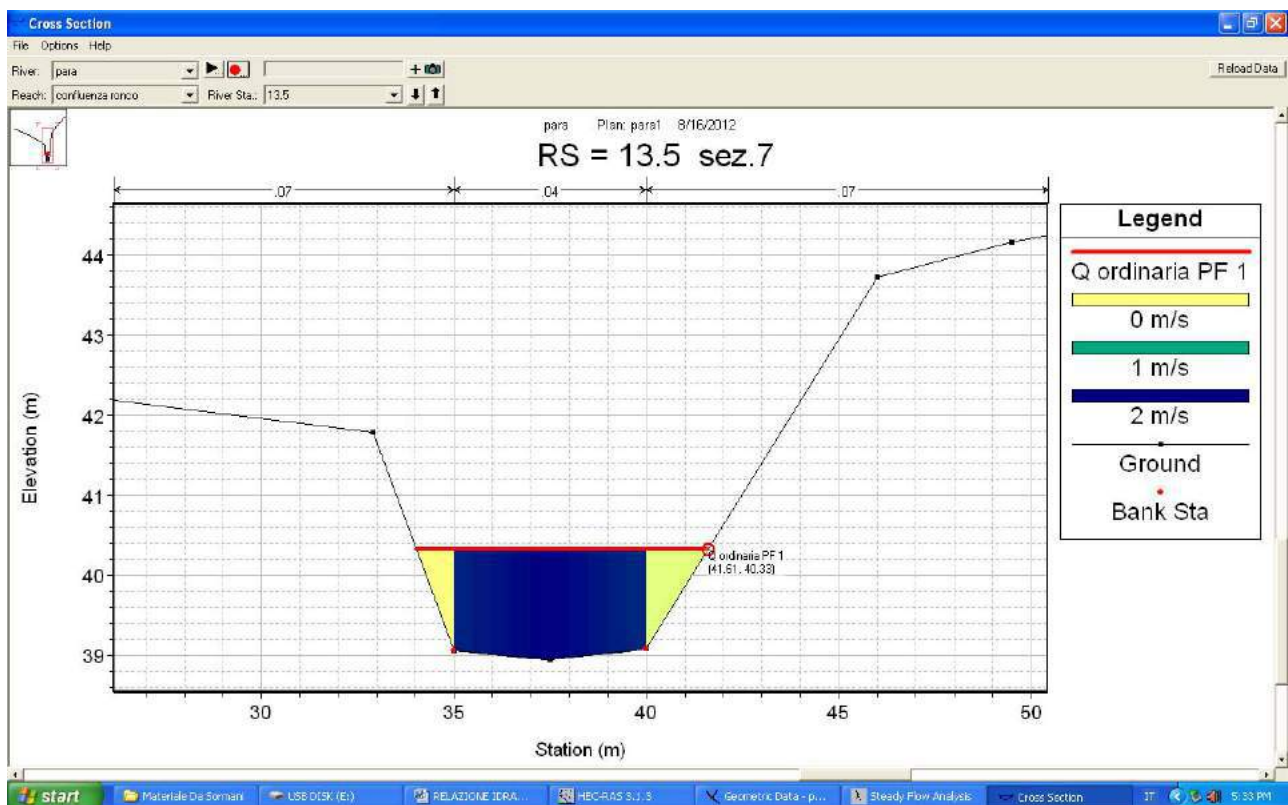
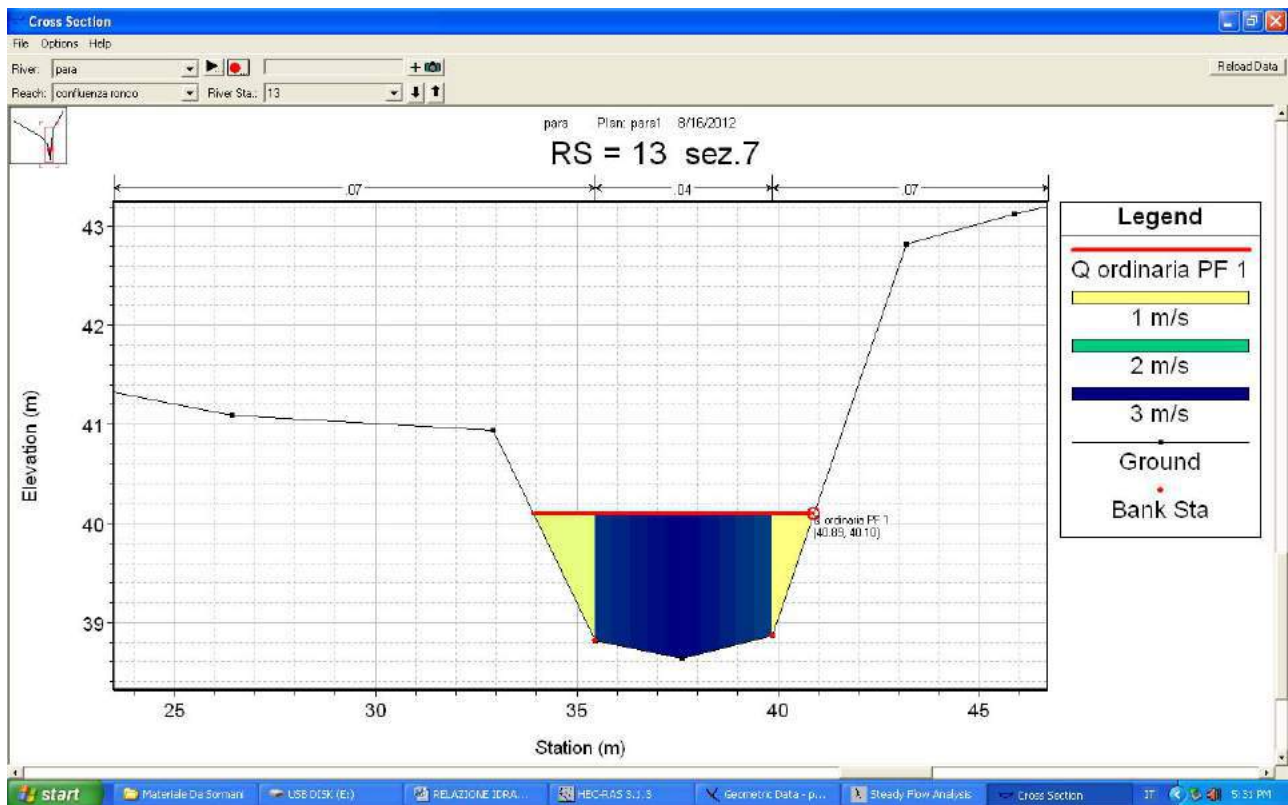


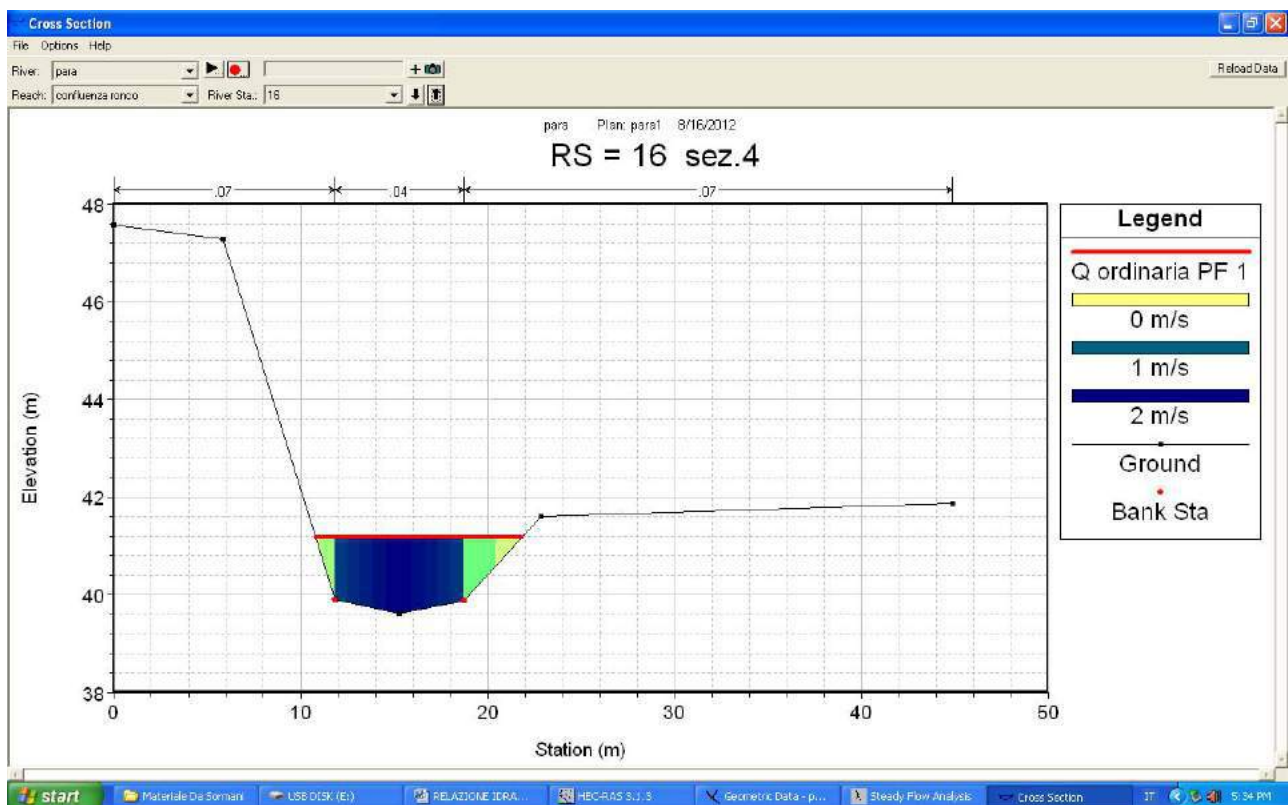
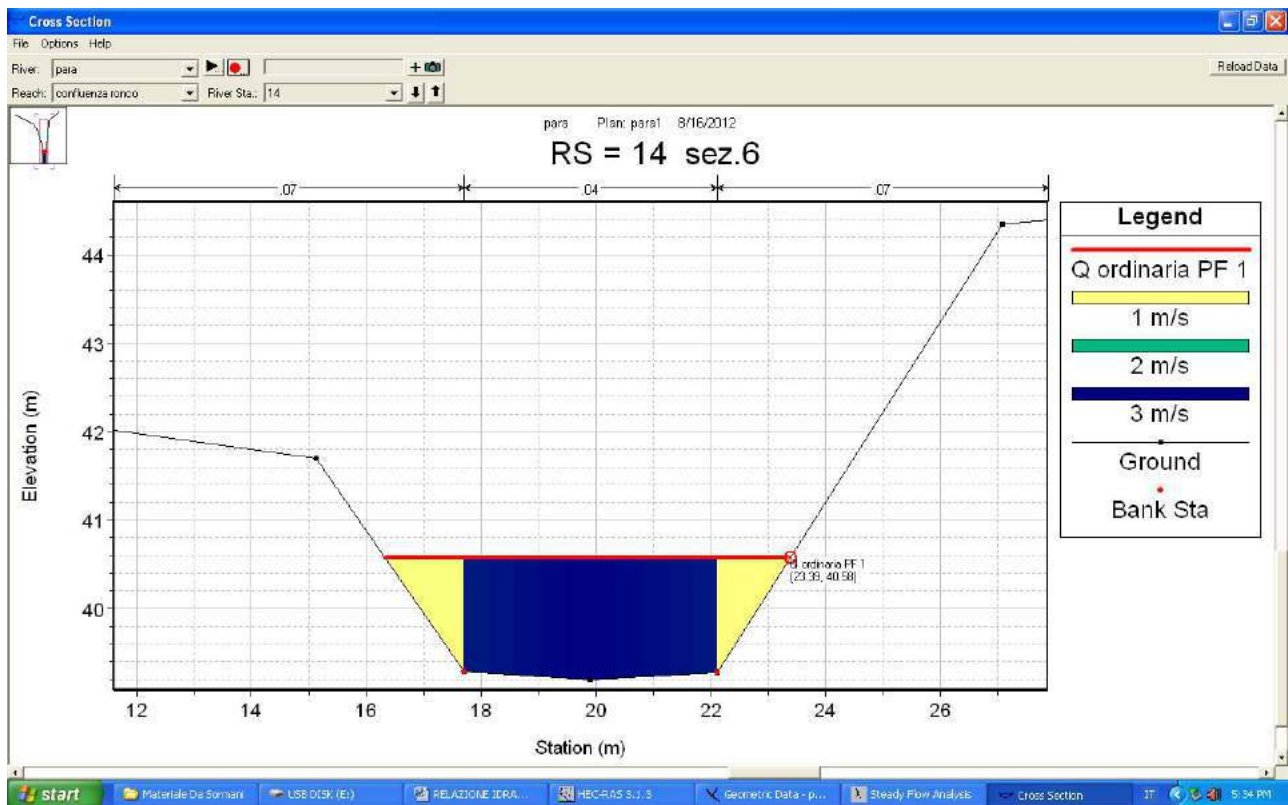


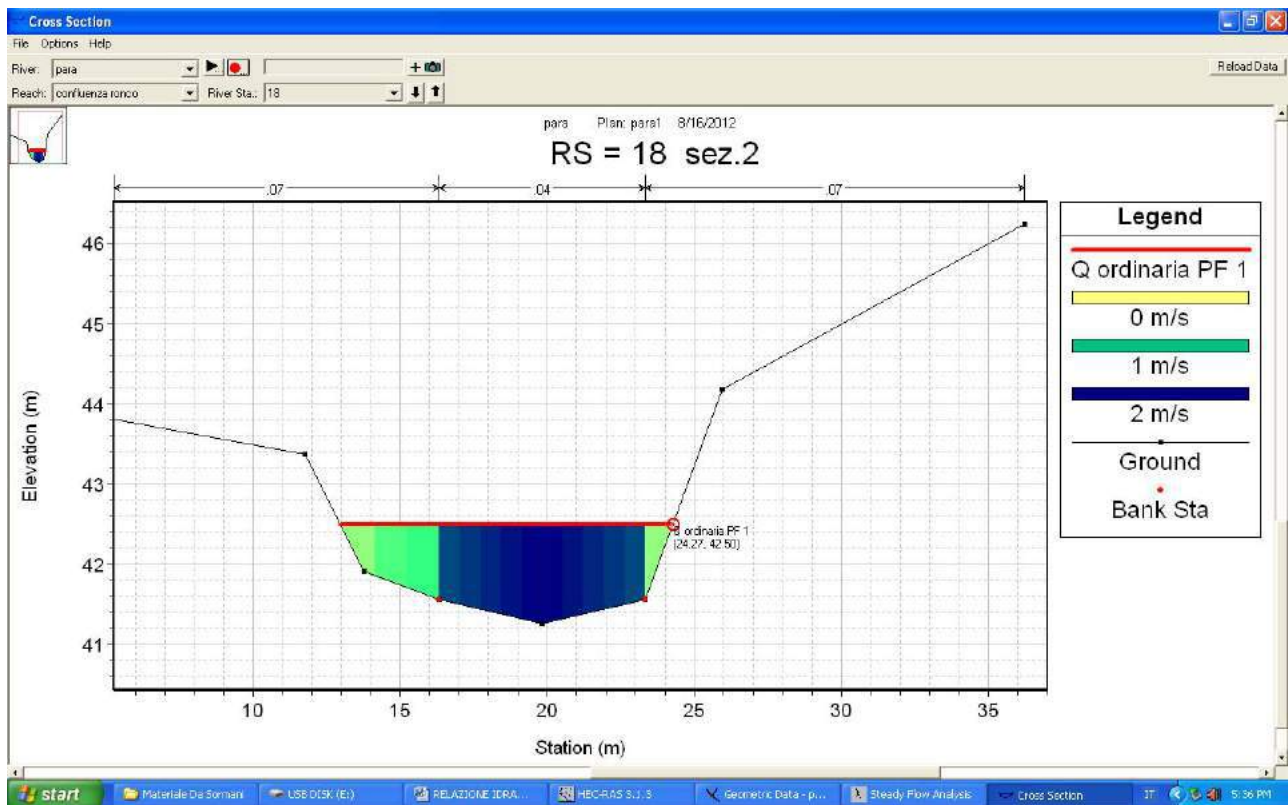


Sezioni più significative con i livelli di piena ordinaria









CONCLUSIONI

Le simulazioni numeriche hanno permesso di definire il "demanio idrico fisico", vale a dire la porzione di alveo interessata dal transito della piena ordinaria (piena con tempo di ritorno pari a 2 anni); la piena ordinaria definisce il limite dal quale considerare le distanze di 4 e 10 m imposte dal RD 523/1904 per la realizzazione rispettivamente di siepi e/o piantagioni e/o recinzioni amovibili e fabbriche e/o scavi.

La tavola in allegato (IDR2) riporta il demanio idrico fisico e le fasce di rispetto ai sensi del RD 523/1904, che saranno prese come riferimento per il posizionamento degli edifici di progetto (10 metri) e delle recinzioni a rete (4 metri).

Al termine delle risultanze numeriche di tale studio, ci si impone – in fase di progetto di PUA e di vincoli comunque assegnati ai vari lotti individuati - il rispetto totale delle distanze prescritte dall'art. 96 comma f) del R.D. 523/1904: tale adempimento sarà positivamente soddisfatto riferendosi alle linee planimetricamente definite nella Tavola IDR2.

Nella medesima Tavola si riporta inoltre la distanza minima di rispetto dalla proprietà demaniale "catastale" (coincidente con il confine nord di PUA, come da scheda di RUE), pari a 5 metri. Si nota come essa sia ovunque meno vincolante rispetto alla distanza di rispetto di 10 metri dalla piena ordinaria.

Il presente studio e le tavola ad esso allegate rispondono, quindi, a quanto richiesto dalla lettera trasmessa dal Servizio Tecnico di Bacino Romagna, sede di Forlì, in data 05/07/2012 (PG. 2012. 0165351) e da quanto legiferato dal Regio Decreto sopra citato.

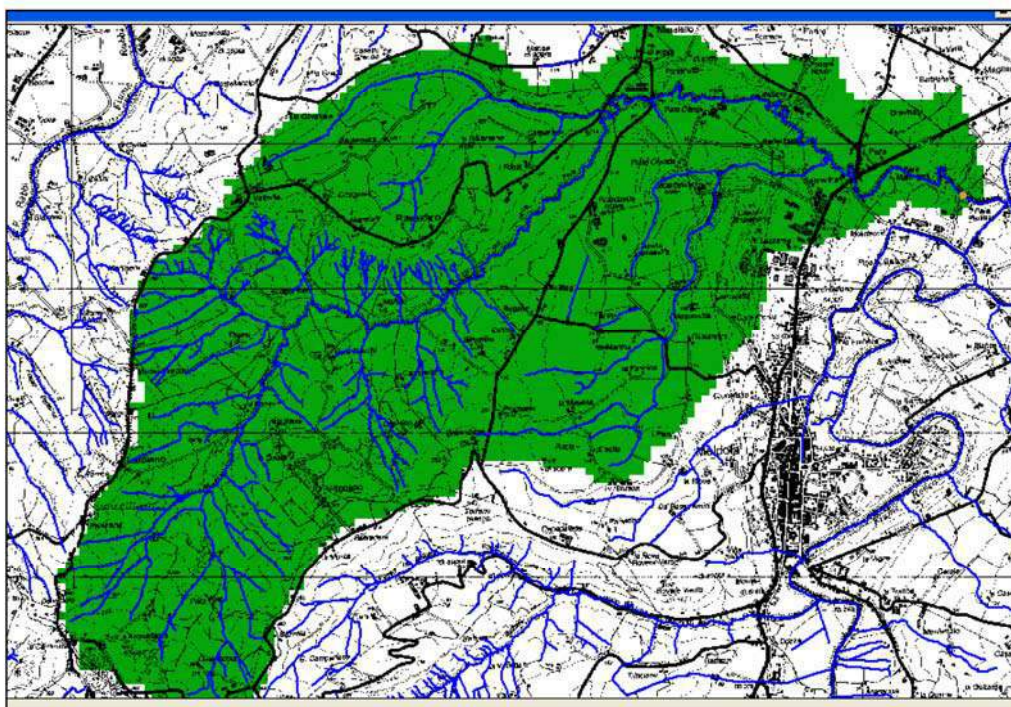
ALLEGATO 1: CALCOLO IDROLOGICO PIENE DI RIFERIMENTO (DA ELABORAZIONI STB ROMAGNA)



SERVIZIO TECNICO DI BACINO ROMAGNA
(CESENA, FORLÌ, RAVENNA, RIMINI)

CALCOLO PORTATE

TORRENTE : PARA
LOCALITA': PERLINA (COMUNE DI MELDOLA)



Area bacino: 14,98 kmq.
Lunghezza asta princ.: 9,47 Km.
Quota media: 107,62 m.s.l.m.
Tc Giandotti: 3,58 ore

Q30 = 36,8 mc/sec
Q200 = 54,2 mc/sec

Si rammenta che il metodo utilizzato, da ulteriori tarature effettuate dal presente Servizio, effettua una sottostima delle portate variabile fra il 5-10% per le ipotesi semplificate del modello idrologico; non risulta stimabile il surplus dovuto agli effetti del trasporto solido (debris-flow) che può raggiungere notevoli incrementi di difficile valutazione %.

Si tenga conto nelle verifiche idrauliche di tale tolleranze così da avere un giusto grado di cautela.

ALLEGATO 2: DETERMINAZIONE DELLA PIENA ORDINARIA
ESTRATTO DEL CAPITOLO 3 DELLO STUDIO APPRONTATO DA GEOMED
E COMMISSIONATO DA ADB REGIONALI ROMAGNOLI

**Studio dell'evoluzione geomorfologica e l'analisi della pericolosità
idraulica con criteri morfologici dei corsi d'acqua secondari naturali,
nonché valutazioni idrauliche sulle fasce inondabili dell'alveo (art. 2 ter del
P.A.I.) per il territorio di competenza
dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli**

ELAB.	REV.		DATA.
1	1		10-03-11

RELAZIONE TECNICA

Consulenza	GEOMED	Committente
Geologica	Carlo dott. Del Grande Valerio dott. Brunelli	Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli Segreteria Tecnico Operativa Via Biondini, 1 - 47100 Forlì
Idraulica	Ing. Francesco Pescarolo Ing. Martino Boni	
Responsabile tecnico	Bertoni dott. Alessandro	

GeoMed

Via Pietro Zangheri, 16
48124 Fornace Zarattini (RA)
Tel 0544-460123 Fax 0544-501984
E-Mail: info@geomed.it
P.I. 01451070393 e C.F.BRTLSN71R17D548U

CODICE DOCUMENTO

GM	10	C	312	R	001	REV	01
----	----	---	-----	---	-----	-----	----

3 RETE IDROGRAFICA PRINCIPALE

Nella prima parte del presente studio che è stata svolta sul reticolo idrografico secondario sono state realizzate le seguenti attività:

3.1 ZONIZZAZIONE DELL'ALVEO DI CUI ALL'ART. 2 TER

(...della Normativa del Piano Stralcio, di cui alla variante Idraulica, nei corsi d'acqua principali, di collina-montagna (come da definizione art.2 normativa PSAI, già implementati con modelli idraulici da studi precedenti (vedi allegato J)...))

La zonizzazione dell'alveo è stata cartografata attraverso una procedura di calcolo e di verifica sul campo concordata con i tecnici dell'Autorità dei Bacini Romagnoli e del Servizio Tecnico di Bacino dei Fiumi Romagnoli. In primo luogo è stata definita la piena ordinaria e poi calcolata sulla scorta dei dati di portata per eventi eccezionali (tempi di ritorno pari a 30, 200, 500 anni) forniti dagli enti regionali alla scrivente; a partire da questi dati sono state effettuate simulazioni idrauliche sfruttando i modelli matematici forniti dagli enti summenzionati, a sua volta implementati dalla Med Ingegneria srl nel 2003, aggiornati delle sezioni laddove sono stati condotti interventi di sistemazione o progettazione nel corso degli ultimi anni. I risultati sono stati sviluppati su supporto digitale, CTR della Regione Emilia Romagna e sovrapposti alla fascia del Demanio Idrico, alla fascia dell'alveo art.2 ter (che deriva dalla digitalizzazione dell'alveo bagnato sulla scorta delle ortofoto del 2003), confrontati con le quote del DEM regionale 10x10 m e con le più recenti ortofoto del 2008.

Infine è stata effettuata una campagna di sopralluoghi mirati per ciascun corso d'acqua principale a verifica e controllo dei risultati ottenuti attraverso i modelli e la restituzione su carta; dalle indicazioni rilevate sul posto e i rapporti dei tecnici regionali è stato rifinito il lavoro di delimitazione della fascia fluviale ritenuta attiva durante un evento considerato di piena ordinaria.

3.1.1 Quantificazione della piena ordinaria in base a dati di letteratura adattati alle condizioni del territorio della Romagna ed alle indicazioni del STB Fiumi Romagnoli, alle varie sezioni di riferimento

La piena di un corso d'acqua è definita come la condizione di deflusso caratterizzata dal repentino e notevole innalzamento del livello idrico. Il livello o la portata a partire dal quale viene considerato l'inizio dello stato di piena è del tutto convenzionale.

La piena ordinaria è stata assunta in più “sedi ufficiali” come lo stato idraulico per cui il livello o la portata di piena in una sezione di un corso d'acqua, rispetto alla serie storica dei massimi livelli o delle massime portate annuali verificatisi nella stessa sezione, sono uguali o superati nel 75% dei casi (da "Memorie e studi idrografici", Ministero LL.PP., Consiglio Superiore LL.PP., Servizio Idrografico, 1928).

L'altezza di piena ordinaria è rappresentata quindi dalla quota media annua raggiunta dalle acque del corpo d'acqua considerato, statisticamente uguagliata o superata nel 75% dei casi osservati (questa definizione, universalmente accolta in ogni sede, risale alla terminologia assunta dal Servizio Idrografico Nazionale, presentata al XV Congresso Internazionale di Navigazione, tenutosi a Venezia nel settembre 1931).

Gli effetti di tale definizione sono importanti e spesso ignorati: poiché il regime dei corsi d'acqua naturali è statisticamente variabile (non solo per il mutare delle condizioni meteo-climatiche ma anche a causa di opere dell'uomo) altrettanto variabile è il valore dell'altezza di piena ordinaria. Di conseguenza anche l'estensione del Demanio attorno ai corpi idrici varia nel tempo, sempre a scapito della confinante proprietà, a prescindere che essa sia, a sua volta, pubblica oppure privata. Dal 1994, con la legge 37 (cosiddetta legge 'Cutrera') lo spostamento del limite di piena ordinaria produce l'automatico accorpamento delle aree di nuova sommersione al Demanio Pubblico, senza compenso, ma l'abbandono della piena ordinaria di aree prima in essa ricomprese non consente la sdemanializzazione (cosa invece quasi automatica sino a quell'anno).

Il demanio fluviale è costituito sostanzialmente da tutte le proprietà pubbliche che interessano i corsi d'acqua del territorio. Queste aree, in precedenza gestite direttamente dallo Stato, sono oggi “affidate” alle Regioni, che hanno ereditato le competenze che in passato erano affidate al Ministero delle Finanze, attraverso i propri uffici territoriali (Intendenze di Finanza). Le normative ora in vigore nel nostro Paese indicano inequivocabilmente che queste aree, come pure le risorse idriche strettamente collegate, devono essere gestite nell'interesse pubblico, a differenza di quanto avveniva in passato, quando era prevalente il concetto di sfruttamento intensivo del territorio. Questo approccio fu esplicitamente accolto per la prima volta dalla 37/94 (“legge Cutrera”): la salvaguardia ambientale vi assume rilievo centrale, tanto che gli enti pubblici hanno la precedenza rispetto ai privati nella concessione delle aree demaniali “dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche”, finalizzata alla realizzazione di riserve naturali o parchi fluviali e di interventi di recupero, valorizzazione e tutela ambientale. Successivi provvedimenti legislativi, statali e regionali, hanno ripreso tali indicazioni, precisando i termini e le modalità della concessione, ma è da dire che nella legge Cutrera sono introdotte innovazioni concettuali di grande valore: l'affermazione della priorità della salvaguardia ambientale, considerata equivalente alla protezione

dell'interesse generale, era stata raramente esplicitata in modo così netto. Gestire il Demanio fluviale in quest'ottica può consentire agli enti locali di pianificare le varie attività sul territorio nel rispetto dell'ambiente e di riorganizzare in modo razionale i diversi usi del suolo, anche per favorire la corretta applicazione dei piani territoriali e dei piani di settore. Le aree demaniali dei corsi d'acqua assumono così un ruolo decisivo nella gestione territoriale: corpi d'acqua e ambienti collegati possono essere percepiti non più come luoghi soggetti ad uno sfruttamento intensivo e indiscriminato o destinati all'abbandono, ma come luoghi da tutelare nell'interesse di tutta la società e da utilizzare consapevolmente in modo sostenibile.

Da un punto di vista prettamente pratico e non statistico la portata ordinaria può essere considerata quella che transita occupando interamente l'alveo del corso d'acqua con livelli prossimi al piano campagna o agli argini; cominciano a diventare significativi i fenomeni di erosione delle sponde più vulnerabili ed iniziano ad essere inondate le aree prospicienti al corso d'acqua.

Il primo approccio per la definizione dell'alveo in concomitanza della piena ordinaria è stato quello di determinare i valori di portata associati a tale circostanza.

A partire dalle analisi ed elaborazioni statistiche degli eventi meteoroclimatici la relazione che lega la probabilità di accadimento di un evento con il tempo di ritorno è la seguente:

$$P = 1 - 1/Tr \text{ e } Tr = 1/(1-P)$$

Nel caso in esame $P = 75\%$ (definizione di piena ordinaria), quindi $Tr = 1.4$ anni circa.

Dai valori di portata di piena con tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni, forniti dalla Autorità dei Bacini Romagnoli, è stata calcolata la curva interpolatrice logaritmica come l'elaborazione statistica degli eventi estremi impone. Dall'equazione di questa curva si entra con il tempo di ritorno in esame e si ricava il corrispondente valore di portata. Le figure sotto riportate rappresentano l'interpolazione acquisita.

I valori di portata che si ottengono nella maggior parte dei casi ponendo $Tr = 1.4$ anni sono apparsi piuttosto bassi e non si sposano pertanto con gli obiettivi prefissati, ossia la definizione dell'alveo bagnato e delle prospicienti aree riattivabili; consideriamo piena ordinaria quella per la quale si verifichi il riempimento della sezione d'alveo o di zone golenali regolarmente attive.

A questo punto, in accordo con i tecnici dell'Autorità dei Bacini Romagnoli e del Servizio Tecnico di Bacino dei Fiumi Romagnoli, è stata condotta una serie di analisi per valori di portata caratterizzati da tempi di ritorno pari a 2 e 4 anni; sono state effettuate varie simulazioni con codice di calcolo HEC-Ras dei tratti di interesse. I modelli sono stati forniti dall'Autorità dei Bacini Romagnoli (a suo

tempo prodotti da MED Ingegneria) aggiornati delle sezioni topografiche laddove sono stati effettuati interventi di rispristino o variazione dell'assetto fluviale.

Dalle analisi idrauliche condotte infine, si è stabilito di assumere per lo studio in esame la portata biennale che in ogni caso si avvicina alla definizione scientifica e si ricollega agli obbiettivi della Autorità di Bacino e alla definizione più pratica che considera la piena ordinaria quella per cui in alveo si instaurino livelli di completo o quasi riempimento della sezione.

Si riportano alcuni esempi grafici adottati per l'interpolazione dei valori di portata in talune sezioni dei corsi d'acqua principali indagati.

Come detto, per ogni grafico interpolato basta inserire il valore di $Tr = 2$ anni e si estrapola il corrispondente valore di portata. Tale procedura è stata condotta per tutti i valori di portata che poi sono stati inseriti nei modelli idraulici.

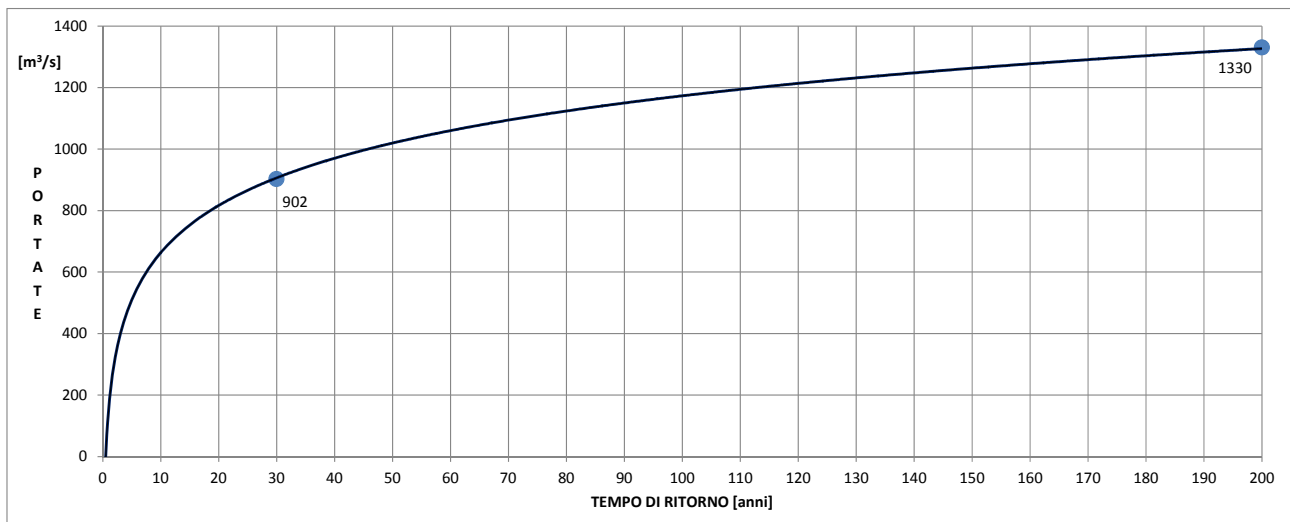
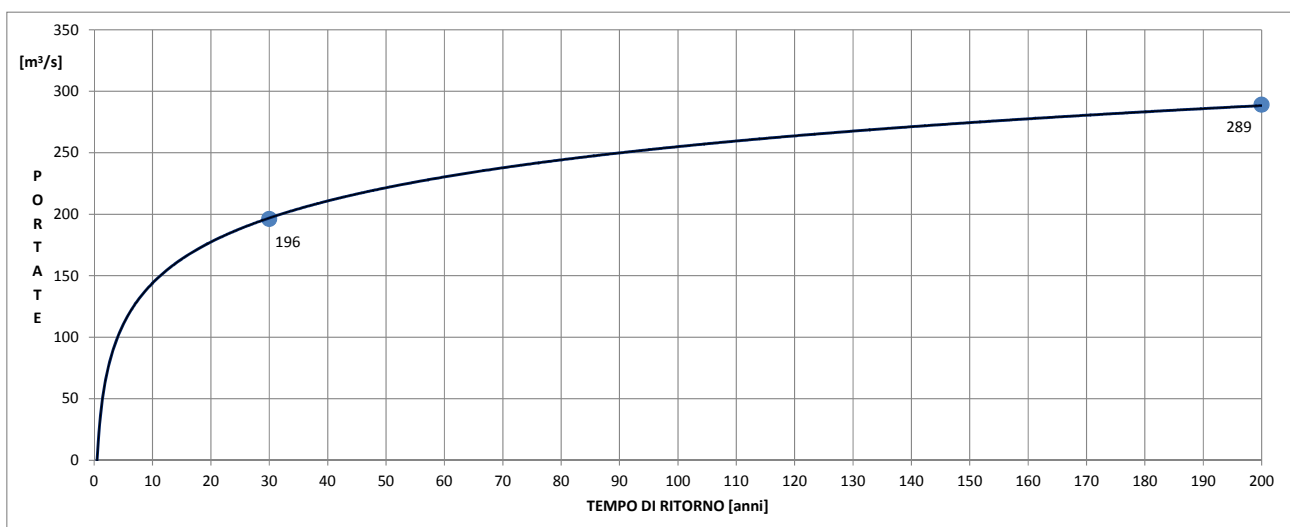


Figura 37 – curva interpolatrice dei dati di portata con $Tr = 30$ e $Tr = 200$ anni per il fiume Savio a S.Vittore.



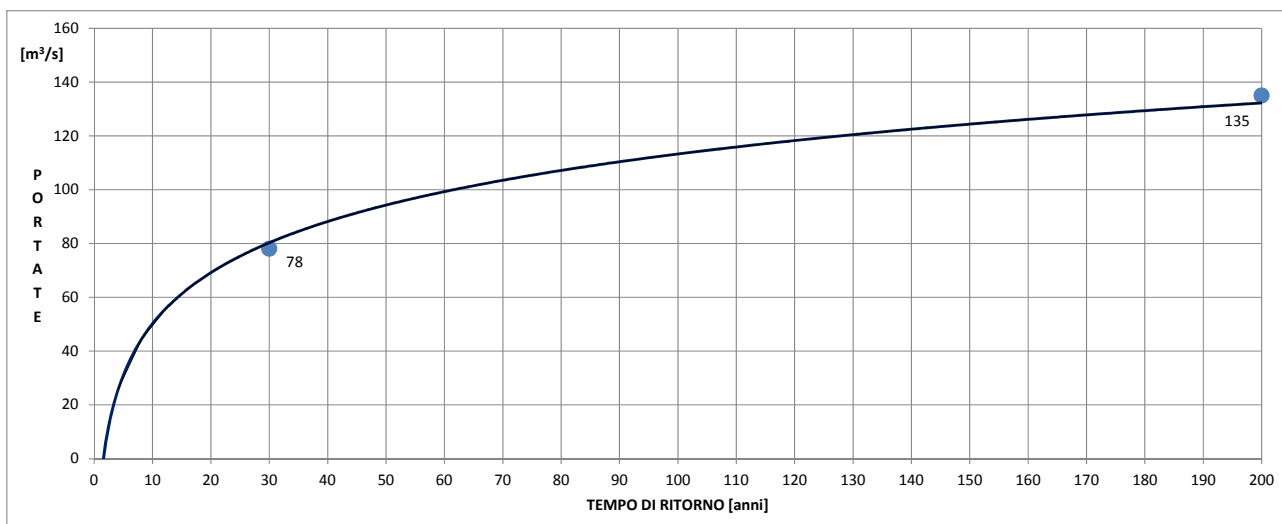


Figura 39 – curva interpolatrice dei dati di portata con $Tr = 30$ e $Tr = 200$ anni per il Rubicone a Montalbano.

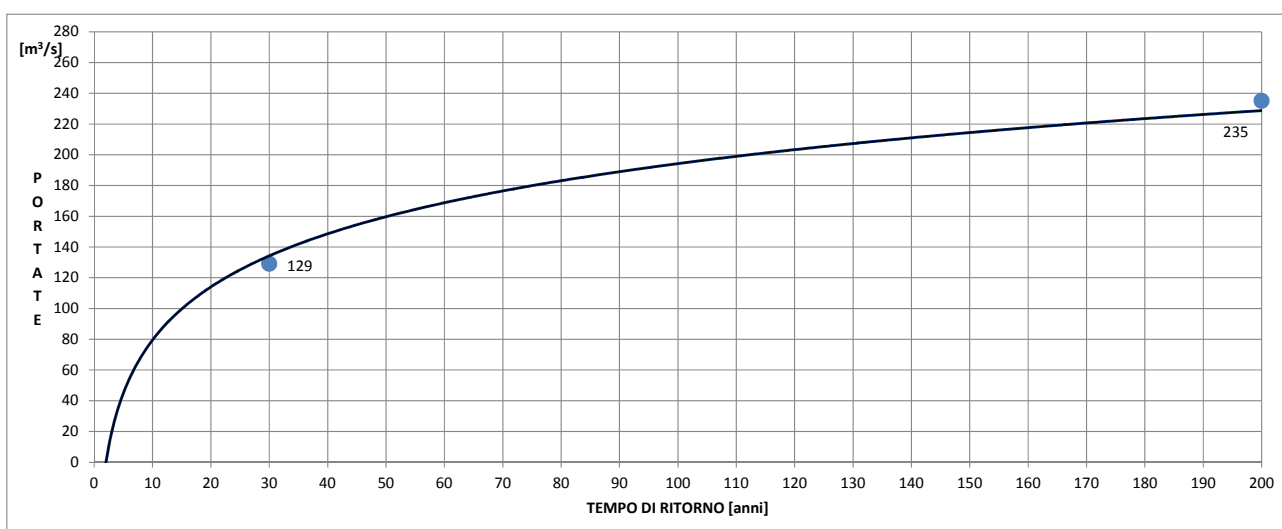


Figura 40 – curva interpolatrice dei dati di portata con $Tr = 30$ e $Tr = 200$ anni per il t. Bevano a valle della confluenza Dismano.

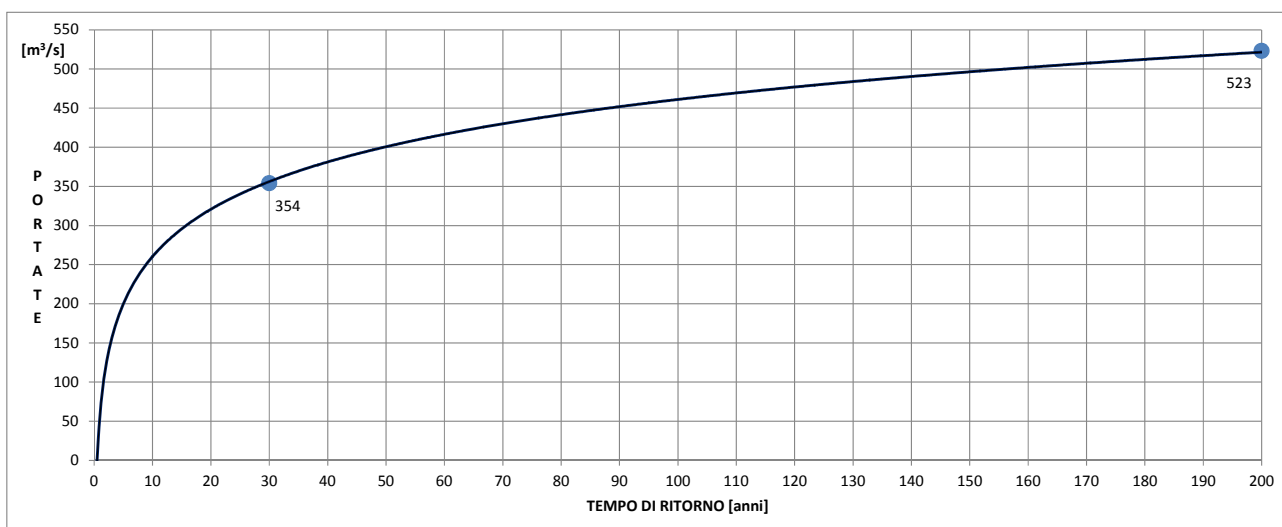


Figura 41 – curva interpolatrice dei dati di portata con $Tr = 30$ anni e $Tr = 200$ per il torrente Marzeno in confluenza col fiume Lamone.

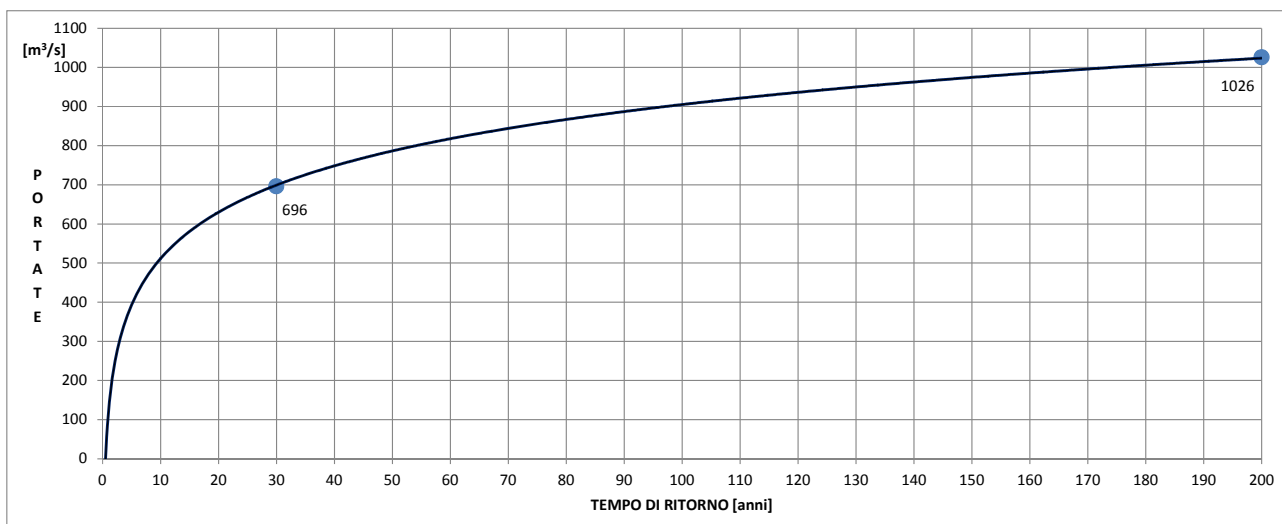


Figura 42 – curva interpolatrice dei dati di portata con $Tr = 30$ e $Tr = 200$ anni per il fiume Lamone a Faenza a valle della confluenza col torrente Marzeno.

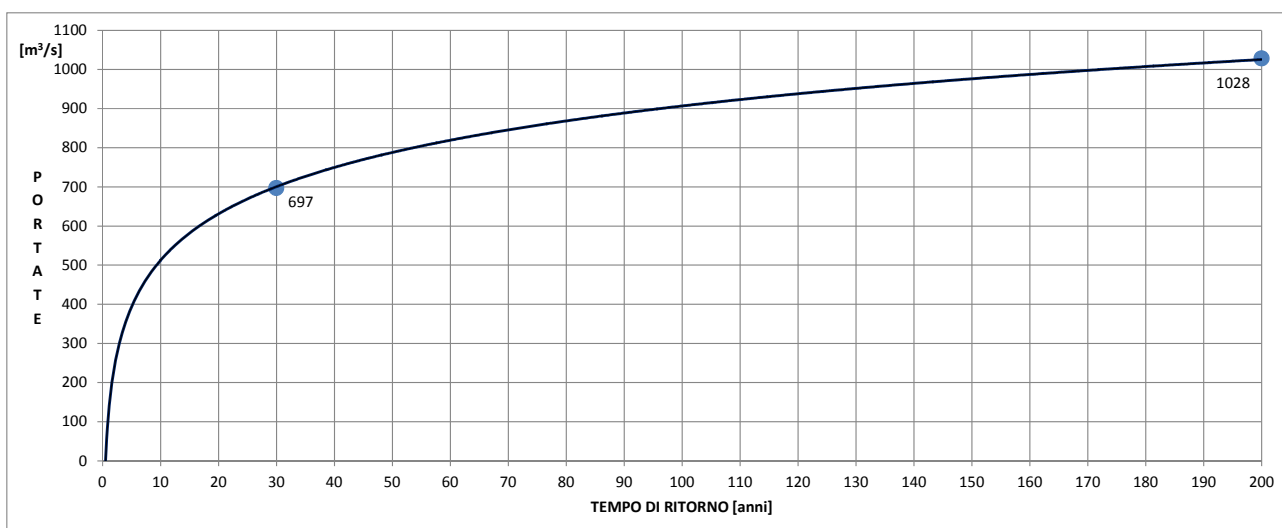


Figura 43 – curva interpolatrice dei dati di portata con $Tr = 30$ e $Tr = 200$ anni per il fiume Montone a valle della confluenza col fiume Rabbi.

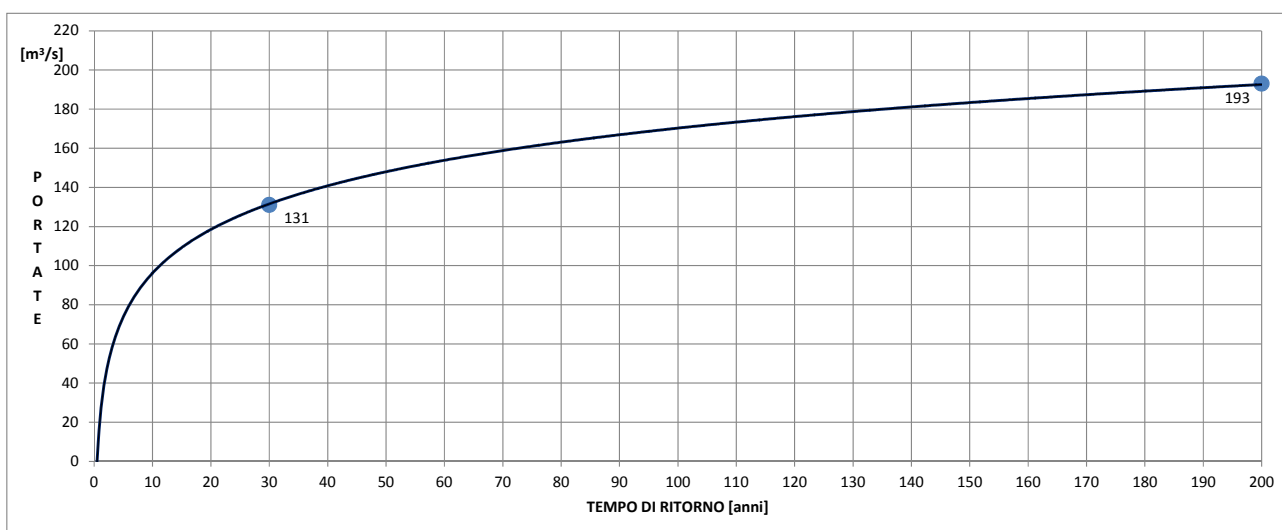


Figura 44 – curva interpolatrice dei dati di portata con $Tr = 30$ e $Tr = 200$ anni per il torrente Voltre.

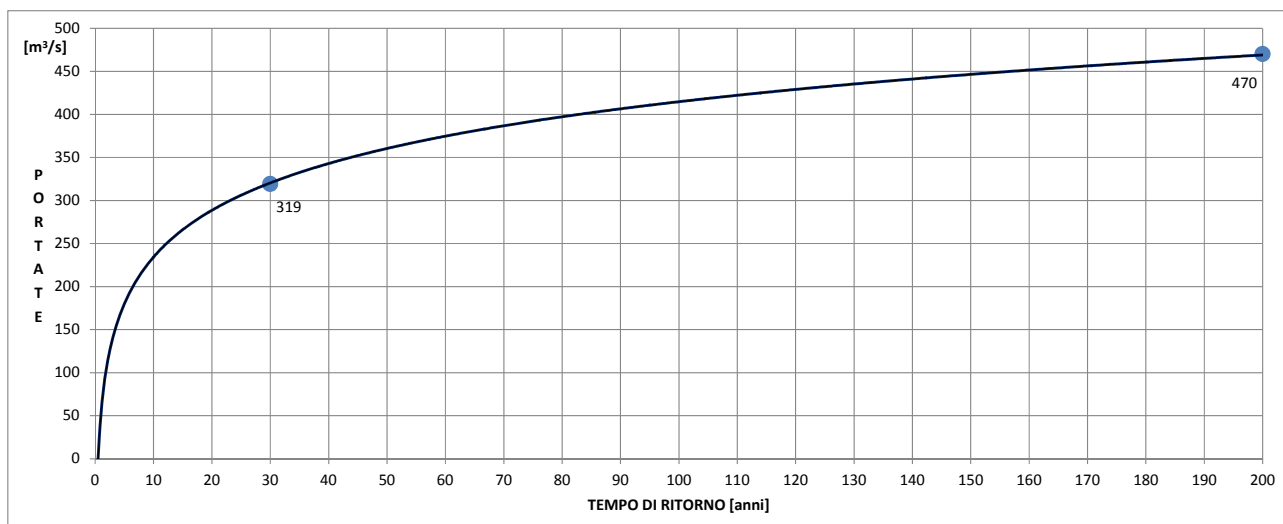


Figura 45 – curva interpolatrice dei dati di portata con $Tr = 30$ e $Tr = 200$ anni per il fiume Rabbi a San Martino in strada.

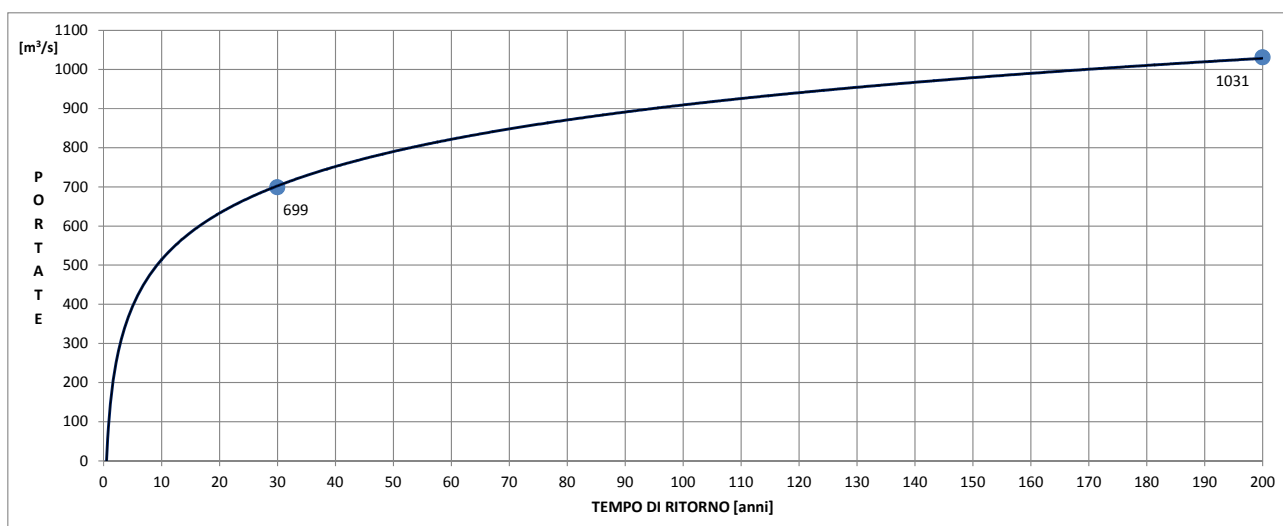


Figura 46 – curva interpolatrice dei dati di portata con $Tr = 30$ e $Tr = 200$ anni per il fiume Ronco a Selbagnone a valle della confluenza del Salso.

3.1.2 Applicazione di codici di calcolo per la previsione della propagazione della piena ordinaria con modello in utilizzo presso AdB e STB e tracciamento della relativa fascia

Al fine di definire l'estensione della fascia d'alveo attiva durante la piena ordinaria sono stati applicati i modelli idraulici in dotazione alla Autorità dei Bacini Romagnoli e al Servizio Tecnico di Bacino dei Fiumi Romagnoli, implementati dalla Med Ingegneria Srl nel 2003, aggiornati in talune sezioni dagli stessi enti laddove sono stati effettuati interventi di ripristino o progetti di sistemazione dal 2003 ad oggi. I modelli erano stati costruiti con codice di calcolo Hec-RAS che allo stato dell'arte è alla versione 4.1; in questa analisi sono stati ripresi e ricalcolati i profili idrici con i nuovi

valori di portata ordinaria calcolata come descritto in precedenza. È stato altresì necessario rivisitare ogni sezione per riposizionare i “levee” (diciamo semplicemente che si tratta di elementi geometrici che per ogni sezione individuano le zone di contenimento) in quanto a suo tempo erano stati definiti per le piene eccezionali e quindi non potevano essere geometricamente e morfologicamente rappresentativi della presente indagine.

Le portate di piena ordinaria, applicate ai modelli idraulici, sono riportate nelle tabelle sotto, dove sono indicate le progressive chilometriche dei modelli Hec-Ras e le località:

Savio				
Tr200 [m ³ /s]	Tr30 [m ³ /s]	Piena Ordinaria [m ³ /s]	Progressiva [km]	Località
270	183	62	15427	Bagno di Romagna
295	200	68	13593	
320	217	74	11734	San Piero in bagno
350	230	81	10245	
380	255	87	8723	
410	278	94	7192	
440	298	101	5697	Vessa
743	504	171	40970	Quarto valle diga
983	667	226	32906	Sorbano
1028	697	236	26322	Mercato Saraceno
1037	703	239	19499	Gualdo - ponte giorgi
1297	877	298	13675	
1330	902	306		S.Vittore

Borello				
Tr200 [m ³ /s]	Tr30 [m ³ /s]	Piena Ordinaria [m ³ /s]	Progressiva [km]	Località
289	196	67	16566	Ranchio
320	217	74	15466	
350	237	81	14403	
380	258	87	13298	
403	273	93	12202	Linaro
411	279	94	7693	Osteria di piavola
442	300	102	711	Borello

Marzeno				
Tr200 [m ³ /s]	Tr30 [m ³ /s]	Piena Ordinaria [m ³ /s]	Progressiva [km]	Località
517	350	119	32274	valle di Modigliana
478	324	110	15647	bivio S.Giorgio Ceparano
523	354	120	5760	monte confl. Lamone

Lamone				
Tr200 [m³/s]	Tr30 [m³/s]	Piena Ordinaria [m³/s]	Progressiva [km]	Località
480	330	110	49074	
527	357	121	48982	Popolano
598	405	138	44031	S.Cassiano
645	437	148	35245	Castellina
670	454	154	25908	monte Brisighella
658	446	151		S.ruffillo
537	364	124	58079	Sarna
644	436	148		Errano
610	414	140		Faenza
1026	696	236	52867	Faenza (valle confl Marzeno)

Montone				
Tr200 [m³/s]	Tr30 [m³/s]	Piena Ordinaria [m³/s]	Progressiva [km]	Località
399	271	92	72091	Portico di Romagna
450	305	103	51064	Rocca S. Casciano
495	336	114	48070	Limisano
536	363	123	40310	Dovadola
544	369	125	34361	Pieve Salutare
551	374	127	28087	Castrocaro
593	402	136	27225	Rovere (S.Varano SIMN)
584	396	134		monte confl. Rabbi
1028	697	236	2371	valle confl. Rabbi

Rabbi				
Tr200 [m³/s]	Tr30 [m³/s]	Piena Ordinaria [m³/s]	Progressiva [km]	Località
245	166	56	53311	Premilcuore
280	200	64	49831	
320	220	74	45846	
366	248	84	41247	strada San Zeno
386	262	89	35497	S.Marina
448	303	103	32397	valle di Tontola
439	298	101		Predappio
481	326	111	14666	Fiumana
483	327	111	10386	S.Lorenzo in Noceto
486	329	112		Calanca
470	319	108		San Martino in strada

Ronco				
Tr200 [m³/s]	Tr30 [m³/s]	Piena Ordinaria [m³/s]	Progressiva [km]	Località
539	365	124	76749	Isola (confluenza)
742	503	171	76555	valle confl. Bidente
746	506	171	73925	S.Sofia
810	549	186	68435	Pianetto

860	583	198	63091	Civitella
907	615	209	54697	Cusercoli
896	608	206		San Colombano
1020	692	235		Para
1052	713	242	41634	Meldola
1055	715	243		Meldola
1045	709	240		valle confl Salso
1031	699	237		Via Emilia

Voltre				
Tr200 [m ³ /s]	Tr30 [m ³ /s]	Piena Ordinaria [m ³ /s]	Progressiva [km]	Località
130	88	30	15351	
143	97	33	14455	
184	125	42	8837	
189	128	44	7904	
193	131	44	4916	

Rubicone				
Tr200 [m ³ /s]	Tr30 [m ³ /s]	Piena Ordinaria [m ³ /s]	Progressiva [km]	Località
116	67	24	13590	S.Paola
135	78	28	9238	Montalbano

I risultati della modellazione idraulica sono stati restituiti in ambito GIS attraverso il modulo Hec-GeoRas in termini di fasce di espansione fluviale (*.shp) onde definire planimetricamente l'alveo attivo in concomitanza delle piene ordinarie.

A questo punto le fasce sono state cartografate su base CTR 5.000 della Regione Emilia Romagna per poi procedere alle opportune verifiche in sito.

3.1.3 Verifica tramite foto interpretazione e sopralluoghi diretti (minimo una giornata per ogni corso d'acqua, in accordo con i tecnici dell'STB Fiumi Romagnoli) delle aree di espansione inondabili per piene ordinarie nonché delle porzioni di territorio morfologicamente appartenenti al corso d'acqua potenzialmente riattivabili o interessabili dalle sue naturali divagazioni

Come indicato, i risultati della modellazione idraulica sono stati cartografati sulla base della CTR 5.000 della Regione Emilia Romagna, poi sovrapposti all'alveo art.2 ter (che viene dalla

digitalizzazione dell'alveo bagnato sulla base delle ortofoto del 2003) e alle fasce del Demanio Idrico, al fine di avere un utile supporto per le indagini di campagna; sono stati condotti una serie di sopralluoghi a verifica di taluni tratti che per o mancanza di informazioni o variazioni morfologiche in atto, nondimeno accertamenti che l'alveo cartografato rispondesse alla effettiva conformazione geografica, hanno reso necessaria una analisi di approfondimento.

In effetti i modelli sono stati costruiti sulla base di sezioni d'alveo derivanti da una campagna di rilievo degli anni 2002-2003, sviluppati ed elaborati sul supporto digitale della CTR regionale che è piuttosto datato. In alcuni casi la morfologia locale ha subito modifiche che è stato necessario esplorare in loco al fine di aggiornare i risultati dei modelli compatibilmente con quella che è la situazione attuale.

Assieme ai tecnici del STB Fiumi Romagnoli e della Autorità dei Bacini Romagnoli sono stati effettuati i sopralluoghi presso i punti critici precedentemente individuati su carta.

Laddove è stata identificata una deviazione dell'asse fluviale è stata introdotta l'opportuna modifica alla fascia di espansione della piena ordinaria, in alcune circostanze spostando effettivamente la zona d'alveo, in altre ancora ampliando la stessa tenendo conto della nuova morfologia e del fatto che il vecchio corso potesse o meno riattivarsi durante eventi di piena ordinaria.

Infine, i risultati della modellazione idraulica con le modifiche e/o le osservazioni riscontrate durante i sopralluoghi, nonché l'accertamento delle sezioni dei modelli, sono stati tutti riportati su supporto digitale con cartografia di base le Ortofoto AGEA del 2008; in questo modo è stato possibile correggere eventuali errori nella zonizzazione dell'alveo per la piena ordinaria.



Figura 47 – esempio di un risultato per il torrente Borrello: in bianco l'alveo art.2 ter, in verde il demanio idrico, in blu la fascia di piena ordinaria. Sotto, l'ortofotocarta del 2008.

Per quanto concerne l'individuazione di aree e fasce tendenzialmente portate alla divagazione e/o espansione fluviale, con particolare inclinazione alla riattivazione di vecchi tratti d'alveo o meandri comunque riattivabili è stato possibile riassumere l'analisi per ciascun corso d'acqua nelle indicazioni seguenti:

il tratto di fiume Savio in analisi è lungo circa 70 km e appare sostanzialmente stabile. Sono state individuate comunque alcune fasce di espansione fluviale o riattivazione a seguito di deviazioni d'alveo. In particolare poco prima della diga di Quarto che, creando un effetto di smorzamento dell'onda di piena, provoca rallentamento della corrente di conseguenza il fiume tende ad assumere un comportamento più sinuoso. Un primo tratto è stato individuato in prossimità di Ca di Bibo, lungo circa 400 m, poi un altro presso Campogianni lungo poco più di 1 km poco a monte della diga di Quarto. Scendendo verso valle i tratti con tendenza alla divagazione sono pochi e limitati; uno in prossimità di Sorbano che si estende per 400 m poco più, poi proseguendo verso valle un altro più lungo a Gualdo, circa 1.5 km. Più oltre, dopo la confluenza col Borello si trovano altri tratti, uno presso località Bertozzi e un altro vicino all'abitato di Bertozzi, piuttosto localizzati. Proseguendo ancora se ne segnalano altri due, uno presso Taverna lungo circa 350 m e un altro vicino Borgo Paglia, laddove il fiume forma un doppio meandro. Più a valle il fiume scorre sinuoso con tendenza alle formazioni meandriche, tuttavia gli interventi di sistemazione regimazione e arginatura lo obbligano a rimanere stabile e in asse.

lungo il corso studiato del Borello sono stati individuati due tratti con sensibile tendenza alla divagazione dell'alveo, osservando la CTR l'alveo art.2 ter e le recenti ortoimmagini. La fascia è stata cartografata contenendo pure i vecchi tracciati d'alveo potendosi riattivare durante la piena ordinaria. Il primo tratto, lungo circa 2 km va dall'abitato di Convento e si estende fino poco oltre Mulino di Sotto, il secondo tratto parte da località Tavernaccia e termina a Castellaccio e si sviluppa per circa 1.5 km.

lungo il fiume Lamone non sono state individuate fasce riattivabili neppure deviazioni in atto, l'asse anche in relazione all'alveo art.2 ter è sembrato piuttosto stabile e ben definito.

il Marzeno, lungo il corso esaminato, è caratterizzato dalla presenza di laghi artificiali utilizzati per l'irrigazione; vuoi per interventi antropici vuoi per la sua naturale tendenza evolutiva, non si sono mostrati tratti critici che possano portare alla divagazione dell'alveo. Il corso d'acqua appare planimetricamente ben definito e stabile.

il Montone complessivamente è apparso abbastanza stabile, con tratti ben definiti e incassati. Tuttavia è stata messa in evidenza una lunga fascia di circa 3 km che presenta un alveo con tendenza alla divagazione, seppur all'interno di un solco vallivo alquanto delimitato. Si tratta di una caratteristica comune a molti fiumi che scendendo da monte con pendenze importanti, trovandosi in un tratto a pendenza inferiore riducono sensibilmente la velocità e mostrano fenomeni di sovralluvionamento e deposizione di materiale. Il tratto in questione si sviluppa dall'abitato di Veteggio di Sotto fino a Casanova circa.

il Rabbi, affluente del Montone, ne presenta caratteristiche simili; scorre entro un solco vallivo delimitato, tuttavia presenta tratti con sensibile divagazione. In particolare tutto il tratto montano fino all'abitato di Prato risulta stabile mentre scendendo a valle le pendenze si riducono, la corrente del corso d'acqua rallenta e si creano i caratteristici fenomeni di sovralluvionamento il fiume diventa sinuoso o a treccia fino all'abitato di Casinello; il tratto è molto lungo, si sviluppa per circa 4 km e presenta zone di divagazione e altre zone allagabili o comunque riattivabile durante una piena ordinaria. Sono poi state individuate altre due zone di espansione, piuttosto circoscritte, la prima presso Ca Sasso, la seconda più a valle presso la località Canovetta. Infine è stata evidenziata una fascia che rispetto alla CTR e quindi al modello idraulico del 2003 risulta planimetricamente modificata. Si parla di un corto tratto appena prima della confluenza nel Montone dal ponte sulla strada provinciale n.56 fino alla curva di 90° verso destra più a valle; qui il corso del fiume è stato modificato a seguito anche della realizzazione di opere di arginatura. Attualmente il tratto appare stabile e definito per cui non è stato cartografato come zona riattivabile e mobile.

il fiume Ronco è apparso stabile nel suo corso fino alla località Casamaggio, da dove iniziano isolate fasce con tendenze alla divagazione, non recenti, dato che dal confronto del art.2 ter con le ortofoto 2008 non si riscontrano modifiche; tale comportamento si sviluppa circa fino alla confluenza col Voltre. Le zone evidenziate si trovano: a monte di Cusercoli un tratto di 1 km circa; a Varolo un tratto di 1 km; a Gualdo, un tratto di 600 m; a Canova del Gesso, un tratto di circa 400 m; in località Tombetta, un tratto di poco più di 1 km; in località la Chiusa 400 m di tratto, poco prima della confluenza col Voltre. Tutte queste aree sono caratterizzate da fasce di espansione che interessano anche vecchi tratti d'alveo abbandonati.

il torrente Voltre risulta stabile e ben definito nel tratto montano fino a località Vigna, laddove entra in un solco vallivo con pendenza inferiore e iniziano a intravedersi alcune tendenze alla divagazione. Si tratta di brevi tratti e la tendenza alla modificazione appare di poca entità. Tali caratteristiche si ripetono fino alla confluenza col Ronco, tuttavia non è stata riscontrata la

necessità di cartografare i tratti dal momento che il Voltre scorre all'interno di un alveo ben definito e incassato; non ci sono evidenti zone riattivabili o espandibili a seguito di una piena ordinaria.

il fiume Rubicone, nel tratto d'indagine si è dimostrato molto stabile sia alla luce della carta art.2 ter sia nel confronto col la vecchia mappatura della CTR. È stato messo in evidenza un solo tratto che si sviluppa a monte di Castelvechio, laddove l'alveo ha generato un raddrizzamento rispetto al vecchio letto, tuttavia tale sviluppo sembra essere avvenuto molto tempo fa e comunque si presenta attualmente stabile; in effetti confrontando con la mappa art.2 ter non si intravedono modifiche rispetto alle ortoimmagini 2008.

In definitiva si può asserire che rispetto alla CTR della Regione Emilia Romagna e a vecchie cartografie d'alveo tutti i fiumi principali hanno subito un naturale processo di divagazione, diversamente sono stati oggetto di interventi antropici per regimarne le portate o per contenerne le piene. Rispetto alla cartografia dell'alveo art.2 ter invece, l'attuale conformazione morfologica, dedotta dalle ortofoto del 2008 appare quantomeno confermata.

La cartografia della fascia di piena ordinaria desunta dalla presente analisi va oltre la semplice individuazione dell'alveo bagnato che si può intravedere dalle ortoimmagini, perché tiene conto di calcoli idraulici fondati su determinate portate, di stime qualitative sulla base di rilievi topografici (anche se datati 2002-2003), nondimeno di verifiche sul posto con sopralluoghi mirati ad evidenziare potenziali aree di espansione e/o riattivabili durante gli eventi di piena ordinaria.

I risultati di questo studio sono tutti restituiti in ambito GIS in termini di fasce planimetriche che individuano la dimensione e lo sviluppo dell'alveo attivo durante un evento ordinario, sono altresì cartografate le strisce che sono state inserite nell'ambito delle zone riattivabili, o che hanno subito deviazioni o espansioni, che si attivano durante le piene ordinarie, o comunque in divagazione rispetto alle carte storiche (*.shp).

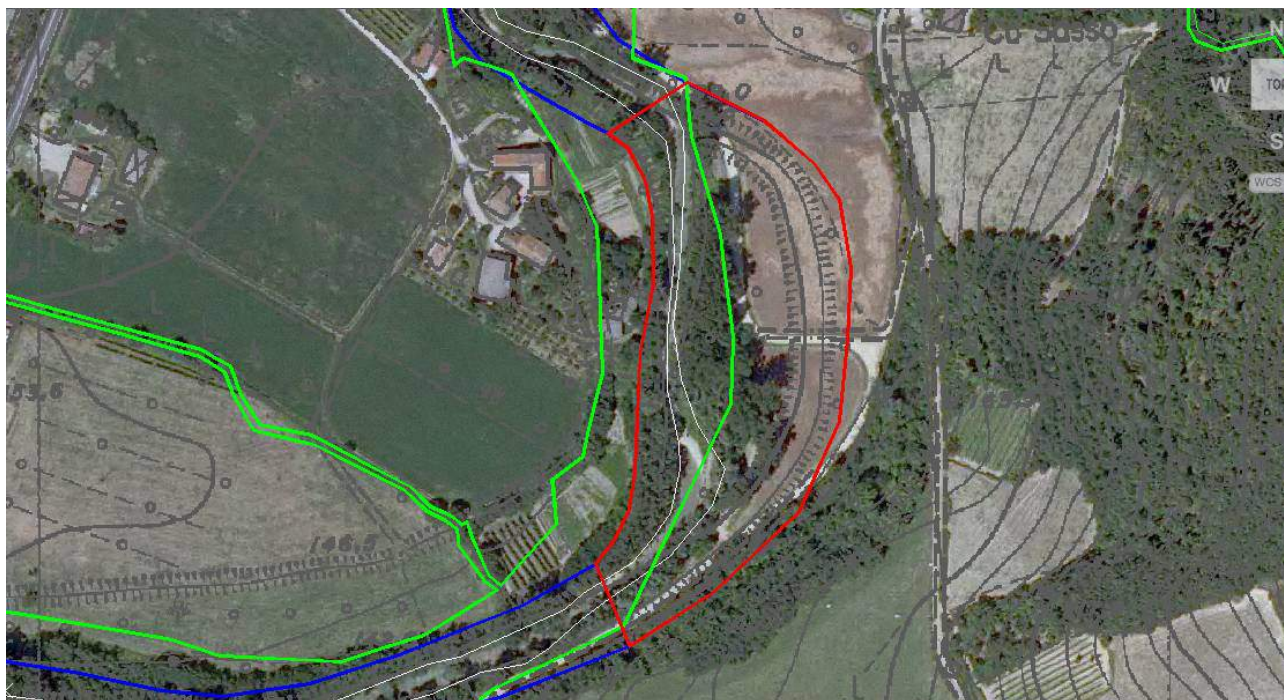


Figura 48 – esempio di un risultato per il torrente Rabbi: in bianco l'alveo art.2 ter, in verde il demanio idrico, in blu la fascia di piena ordinaria e in rosso la fascia riattivabile o di espansione durante una piena ordinaria. Sotto, l'ortofotocarta del 2008 e la CTR in sovrapposizione dove si osserva il vecchio alveo.

ALLEGATO 3: LINEAMENTI DEL MODELLO HEC-RAS

1. Descrizione del modello di simulazione idraulica

Il presente capitolo fornisce chiarimenti sul funzionamento del modello numerico adottato e sulla metodologia utilizzata nella scelta delle sezioni trasversali necessarie alle simulazioni.

Il modello calcola i profili di superficie libera in moto permanente gradualmente vario (in senso spaziale e non temporale) in alvei prismatici e non prismatici. Entrambi i tipi di corrente, lenta e veloce, possono essere calcolati così come le conseguenze di diverse tipologie di accidentalità e strutture di cui si conosca la relazione fra carico e portata defluente.

Il modello è comunque vincolato nel suo utilizzo da tre condizioni:

- il moto deve essere permanente poiché le equazioni non contengono termini dipendenti dal tempo;
- il moto deve essere gradualmente vario in senso spaziale poiché le equazioni ipotizzano la distribuzione idrostatica delle pressioni in seno alla corrente;
- il moto è mono-dimensionale.

È rilevante ed importante evidenziare la capacità del modello di dare attendibili risultati nella gestione delle aree inondabili circostanti gli alvei naturali.

In questo senso è quindi possibile:

- determinare le aree inondabili da parte di portate diverse allo scopo di predisporre l'opportuna protezione;
- studiare le conseguenze d'uso delle aree golenali e il loro danneggiamento;
- definire i miglioramenti dell'alveo atti a ridurre le conseguenze delle inondazioni.

Proprio nell'ottica di queste problematiche l'utilizzo del modello numerico in questione risulta essere estremamente efficace.

La possibilità di determinare il comportamento del profilo del corso d'acqua tenendo conto anche dell'influenza esercitata dai manufatti in alveo consente di tracciare con buona precisione la via di piena e le sue caratteristiche.

Il modello di calcolo effettua simulazioni di moto permanente, situazione di calcolo che in realtà non si presenta, in quanto è noto dalla teoria che la portata massima in ogni sezione si presenta per un tempo limitato, presentando la curva (tempo, portata) una forma a campana, essendo presenti nel fenomeno delle piene vari fenomeni tra i quali i più noti sono l'effetto di laminazione del corso d'acqua, l'invaso e la corrivazione.

Nonostante tutto, la simulazione assume rilevanza fondamentale perché, per i motivi sopra descritti, rappresenta una verifica in termini più gravosi del corso d'acqua (si presenta una portata elevata per tempi più lunghi di quelli che si hanno in realtà), permettendo quindi di fare raggiungere elevati gradi di sicurezza ai manufatti progettati secondo le indicazioni tratte da tale simulazione.

Tra le diverse opzioni di calcolo di cui il modello è dotato in relazione alla presenza di strutture che interagiscono direttamente con il corso d'acqua è da evidenziare la possibilità di calcolo del profilo in corrispondenza dei tombini (circolari, scatolari, con o senza muri d'ala....) secondo la normativa proposta da FHWA (Federal Highway Administration-USA).

Il software implementato consente di determinare con precisione l'effetto di rigurgito dovuto alle spalle dei ponti o all'ingombro delle pile. Particolare importanza riveste la possibilità di parametrizzare il coefficiente di scabrezza per alveo e golene.

Inoltre è possibile creare all'interno di ciascuna sezione trasversale del corso d'acqua più zone a scabrezza omogenea in modo da approssimare con precisione notevole il valore del suddetto parametro, troppo spesso legato all'imprecisione del coefficiente di scabrezza equivalente.

L'insieme dei dati di output è strutturato in modo da fornire la conoscenza globale dei fenomeni che interessano l'intera area occupata dalla portata di piena.

L'output risulta quindi suddiviso in dati relativi alle aree golenali e al canale principale di deflusso.

Le informazioni fornite riguardano diversi parametri fisici e di progettazione quali, per es.:

- quota in m s.l.m. del pelo libero;
- quota del gradiente energetico;
- velocità e portata, relativa a golene e canale principale;
- larghezza del pelo libero;
- area bagnata;
- principali parametri geometrici;
- sezioni trasversali;
- profilo di moto permanente.

Per meglio comprendere il funzionamento del modello idraulico utilizzato è opportuno fornire una sintesi delle potenzialità e dei fondamenti teorici che stanno alla base del calcolo dei profili di moto permanente e che sono implementati nel modello stesso.

2. Calcolo del profilo di moto permanente

Al fine di calcolare la quota del pelo libero incognita in una determinata sezione trasversale del corso d'acqua è stata adottata la procedura di calcolo nota come Standard Step Method, consistente nell'integrazione dell'equazione di bilancio energetico (fig. 1).

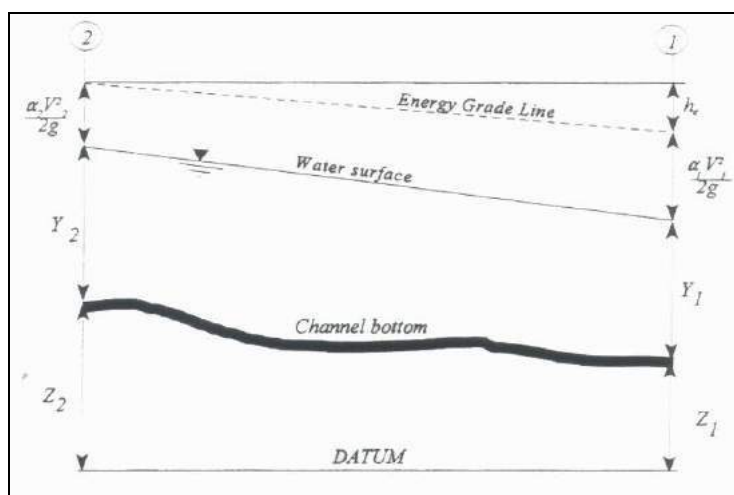


fig. 1 : Rappresentazione dei termini dell'equazione di bilancio energetico.

Le due equazioni che proponiamo rappresentano il metodo di cui sopra:

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

$$h_e = L \cdot \bar{S}f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove:

WS_1, WS_2 : quota del pelo libero fra due sezioni di calcolo, con la sezione 2 posta a monte della 1;

V_1, V_2 : velocità media;

α_1, α_2 : coefficienti energetici moltiplicativi della velocità;

g : accelerazione gravitazionale;

h_e : perdita di carico;
 L : distanza fra le sezioni trasversali;
 S_f : pendenza media;
 C : coefficiente di perdita per contrazione o espansione (vedi tab.1).

La distanza L viene calcolata utilizzando la seguente espressione:

$$L = \frac{L_{lob} \cdot \overline{Q_{lob}} + L_{ch} \cdot \overline{Q_{ch}} + L_{rob} \cdot \overline{Q_{rob}}}{\overline{Q_{lob}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rob}}}$$

dove:

L_{lob} , L_{ch} , L_{rob} : sono le distanze tra due sezioni trasversali consecutive, rispettivamente per la golena di sinistra, il canale di magra e la golena di destra;

$\overline{Q_{lob}}$, $\overline{Q_{ch}}$, $\overline{Q_{rob}}$: sono le medie aritmetiche delle portate delle tre parti suddette.

Mentre la pendenza motrice S_f viene calcolata con l'equazione di Manning:

$$S_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

Ulteriore punto fondamentale nella comprensione del funzionamento del modello idraulico è la suddivisione della massa liquida defluente in unità elementari per le quali la velocità è distribuita uniformemente.

tab. 1 : Tabella di riferimento dei coefficienti di contrazione ed espansione

TRANSITION CLASS	CONTRACTION	EXPANSION
No transition loss	0.0	0.0
Gradual transitions	0.1	0.3
Bridge sections	0.3	0.5
Abrupt transitions	0.6	0.8

Individuata la sezione trasversale del corso d'acqua attraverso la griglia dei punti x (distanze progressive dall'ascissa $x = 0$) e y (quote m s.l.m. relative ai punti definiti alle varie progressive), nelle aree golenali le unità elementari di deflusso coincidono con la suddivisione creata dalle progressive all'interno della sezione trasversale.

Nel canale principale di deflusso (o alveo di magra ordinaria) la massa liquida defluente non viene suddivisa tranne nel caso in cui si conferiscano più valori di scabrezza differenti in alveo.

In funzione del numero di differenziazioni del valore della scabrezza saranno individuate corrispondenti unità di deflusso (fig. 2).

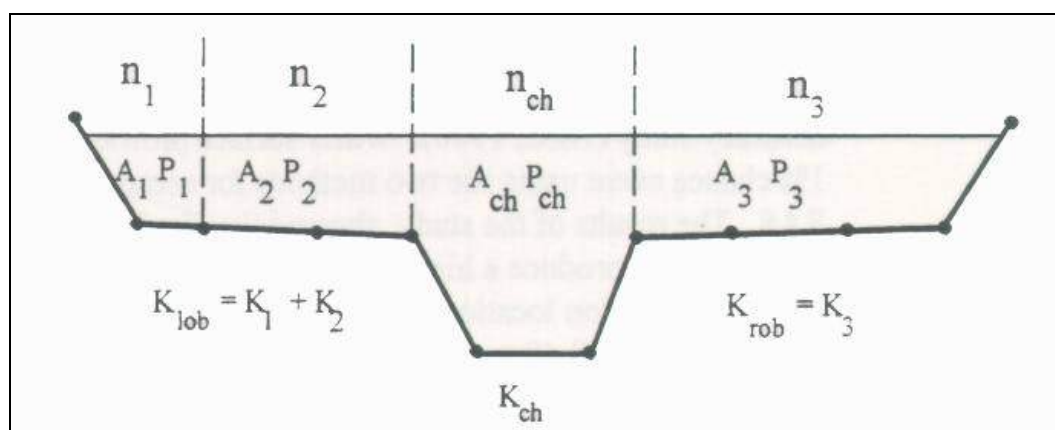


fig. 2 : Suddivisione dell'alveo in singole unità di deflusso.

La capacità di deflusso per ciascuna suddivisione è pertanto calcolata con le seguenti espressioni:

$$Q = K \cdot \sqrt{Sf}$$

$$K = \frac{1,486}{n} aR^{2/3}$$

dove

Q : portata per unità elementare;

K : capacità di deflusso per unità elementare;

n : coefficiente di Manning per la scabrezza dell'unità elementare;

a : area di deflusso dell'unità elementare;

R : raggio idraulico per l'unità di deflusso elementare.

Per la scelta dei coefficienti di scabrezza, non avendo a disposizione dati per la loro taratura, sono state eseguite valutazioni sul territorio, tramite rilievo visivo e si è fatto riferimento, con scelte cautelative, ai valori proposti dal “Hydraulic Reference Manual” di HEC-RAS, riassunti nelle seguenti tabelle.

Tab. 2 : Coefficienti di Manning

Tipo di canale e descrizione	Minimo	Normale	Massimo
A. Corsi d'acqua naturali			
1 - Canale principale			
a. Pulito, diritto, ampio, senza fessure o buche profonde	0.025	0.030	0.033
b. Come sopra ma con sassi ed erbacce	0.030	0.035	0.040
c. Pulito, andamento tortuoso, con alcuni avvallamenti e banchi (rialzi del fondo)	0.033	0.040	0.045
d. Come sopra ma con erbacce e ciottoli	0.035	0.045	0.050
e. Come sopra, banche in basso con rive e sezioni a flusso nullo dove l'acqua ristagna	0.040	0.048	0.055
f. Come d ma con più ciottoli	0.045	0.050	0.060
g. Tratti lenti, erbacce e ciottoli	0.050	0.070	0.080
h. Molte erbacce, buche profonde con restringimenti dovuti a rami, alberi e cespugli	0.070	0.100	0.150
2 – Golene, ripiani fluviali			
a. Terreni da pascolo senza cespugli			
1. erba bassa	0.025	0.030	0.035
2. erba alta	0.030	0.035	0.05
b. Aree coltivate			
1. campo senza vegetazione	0.020	0.030	0.040
2. campo con vegetazione in crescita	0.025	0.035	0.045
3. campo con vegetazione matura	0.030	0.040	0.050
c. Boscaglia, cespuglieti			
1. folte erbacce con cespugli sparsi	0.035	0.050	0.070
2. bassa densità di cespugli ed alberi in inverno	0.035	0.050	0.060
3. bassa densità di cespugli ed alberi in estate	0.040	0.060	0.080
4. medio-alta densità di cespugli ed alberi in inverno	0.045	0.070	0.110
5. medio-alta densità di cespugli ed alberi in estate	0.070	0.100	0.160
d. Alberi			
1. terreno pulito con ceppaie senza polloni	0.030	0.040	0.050
2. come sopra ma con polloni sviluppati	0.050	0.060	0.080
3. alberi con chiome sviluppate, pochi alberi bassi, pochi cespugli, flusso al di sotto dei rami	0.080	0.100	0.120
4. come sopra ma con flusso tra i rami	0.100	0.120	0.160
5. saliceto fitto, estate	0.110	0.150	0.200

3 – Corsi d’acqua montani senza vegetazione nel canale, rive molto ripide con alberi e cespugli sommersi			
a. Fondo: ghiaia, ciottoli e pochi massi	0.030	0.040	0.050
b. Fondo: ciottoli con grandi massi	0.040	0.050	0.070

Tipo di canale e descrizione	Minimo	Normale	Massimo
C. Canali escavati e dragati			
1 – In terra, rettilinei ed uniformi			
a. Pulito, completato recentemente	0.016	0.018	0.020
b. Pulito, dopo l’azione degli agenti atmosferici	0.018	0.022	0.025
c. Ghiaia, sezione uniforme, puliti	0.022	0.025	0.030
d. Con erba bassa, poche erbacce	0.022	0.027	0.033
2 – In terra, andamento tortuoso e flusso lento			
a. Senza vegetazione	0.023	0.025	0.030
b. Con erba, un po’ di erbacce	0.025	0.030	0.033
c. Erbacce e piante acquatiche in canali profondi	0.030	0.035	0.040
d. Fondo in terra, rive in pietrame	0.028	0.030	0.035
e. Fondo in pietrame, banche con erbacce	0.025	0.035	0.040
f. Fondo in ciottoli e rive pulite	0.030	0.040	0.050
3 – Escavati e dragati			
a. Senza vegetazione	0.025	0.028	0.033
b. Alcuni cespugli sulle banche	0.035	0.050	0.060
4 – In roccia			
a. Liscio ed uniforme	0.025	0.035	0.040
b. Frastagliato ed irregolare	0.035	0.040	0.050
5 – Canali senza manutenzione con erbacce e cespugli			
a. Fondo pulito, cespugli sulle rive	0.040	0.050	0.080
b. Come sopra con notevoli rallentamenti del flusso	0.045	0.070	0.110
c. Erbacce fitte alte sino al livello dell’acqua	0.050	0.080	0.120
d. Erbacce fitte con notevoli rallentamenti	0.080	0.100	0.140

La capacità totale di deflusso per la sezione trasversale è ottenuta per sommatoria delle singole capacità relative alle unità in cui la sezione è stata scomposta.

Sulla base di queste considerazioni il coefficiente α , relativo alla velocità, si ottiene dalla seguente espressione (fig.3):

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[\frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_t)^3}$$

dove:

A_t : area totale di deflusso per la sezione trasversale;

A_{lob} , A_{ch} , A_{rob} : area di deflusso per golena sinistra, canale principale, golena destra;

K_t : capacità totale di deflusso (conveyance) della sezione trasversale;

K_{lob} , K_{ch} , K_{rob} : capacità di deflusso di golena sinistra, canale principale e golena destra.

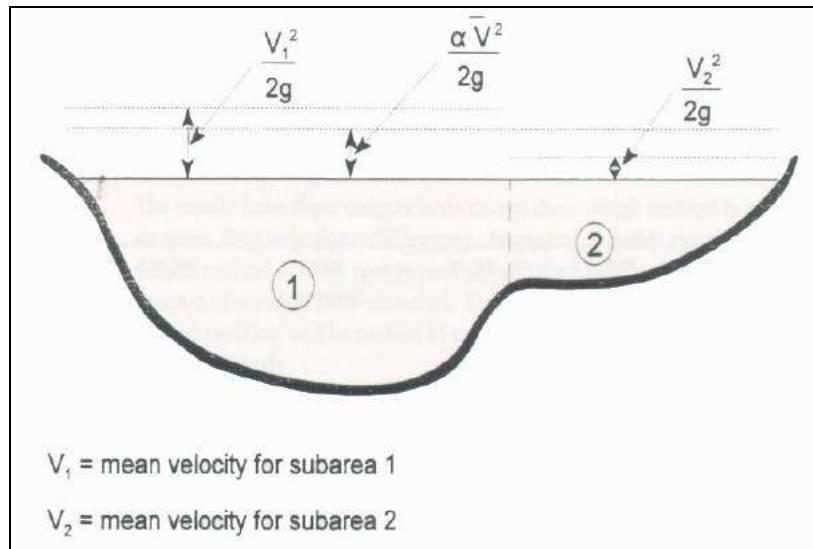


fig. 3 : Esempio di calcolo della energia media sulla sezione trasversale.

Il coefficiente α si ottiene allora come media pesata delle varie capacità di deflusso.

Le perdite di carico dovute ad attrito sono calcolate come prodotto della pendenza media motrice S_f e della distanza L fra due sezioni trasversali consecutive.

Le perdite di carico dovute a contrazione e/o espansione sono calcolate con la usuale espressione riportata nell'equazione seguente:

$$h_0 = C \left| \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right|$$

dove C rappresenta il già citato coefficiente di contrazione/espansione.

La determinazione della profondità critica, che corrisponde alla situazione di minima energia (vedi fig. 2.7.1.2.4) si ottiene in maniera iterativa ricercando appunto la condizione di minimo dell'energia, ossia ricercando il minimo della funzione

$$H = WS + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

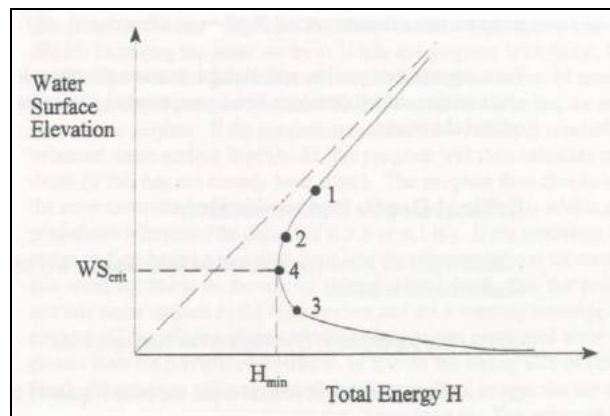


fig. 4 : Diagramma carico-altezza del pelo libero.

La ricerca della profondità critica viene eseguita secondo due metodi numerici: parabolici o delle secanti.

In particolare, in caso di regime misto, cioè in caso di corrente lenta e veloce con presenza quindi di risalto idraulico (situazione simulata nel nostro modello), non è più possibile utilizzare le equazioni menzionate in precedenza perché siamo in presenza di moto vario e non permanente in corrispondenza dei risalti. Occorre allora applicare l'equazione di momento $\sum F_x = m \cdot a$ ad un elemento di corrente fluida in movimento (fig. 5).

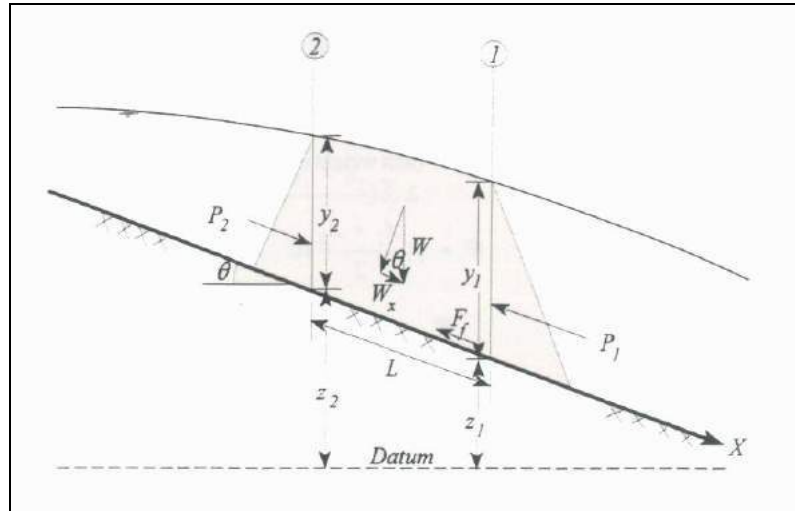


fig. 5 : Applicazione dell'equazione di momento.

Si ottiene l'equazione:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q \cdot \rho \cdot \Delta V_x$$

dove

P : forze risultanti della pressione idrostatica nelle sezioni 1 e 2;

W_x : componente nell'asse x della forza peso della massa d'acqua considerata;

F_f : forza di attrito esterno tra le sezioni 1 e 2;

Q : portata defluente;

ρ : densità dell'acqua;

ΔV_x : componente nella direzione dell'asse x della differenza di velocità tra la sez. 2 e la 1.

Sostituendo nella precedente le espressioni delle varie grandezze e trascurando la forza di attrito (si può considerarla piccola se l'elemento considerato è piccolo) si ottiene la formulazione risolutiva

$$\frac{Q_1^2 \beta_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1 = \frac{Q_2^2 \beta_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2$$

dove

Q : portata della sezione;

β : coefficiente di momento (simile ad α);

A : area totale di efflusso;

$\bar{Y}$: profondità del pelo libero dal baricentro dell'area;

g : accelerazione di gravità.

I due membri dell'equazione sono analoghi, potendosi quindi rappresentare come una funzione generale, del tipo:

$$SF = \frac{Q^2 \beta}{g A} + A \bar{Y}$$

Questa è la nota funzione G di risalto idraulico, chiamata anche forza specifica (*specific force*): il primo termine rappresenta il momento della corrente esercitato sulla sezione per unità di tempo, è cioè la componente dinamica della spinta, mentre il secondo termine rappresenta la componente statica, cioè l'azione esercitata dalla pressione idrostatica.

Entrambi i termini hanno le dimensioni di una forza per unità di peso di acqua considerata.

La procedura di calcolo in generale può essere pertanto riassunta nelle seguenti fasi:

- Definizione della altezza d'acqua alla sezione di partenza;
- Calcolo della velocità e della capacità totale di trasporto in funzione della quota definita del pelo libero;
- Risoluzione dell'equazione esprimente le perdite energetiche e definizione della pendenza media tramite i valori determinati al punto precedente;
- Calcolo della quota del pelo libero alla sezione incognita con i valori ottenuti dai 2 punti precedenti;
- Confronto tra il valore WS_2 calcolato e i valori adottati all'inizio.

Nel caso di regime misto, al fine di individuare i risalti idraulici, rientrano nel processo appena descritto anche i seguenti passi:

- Viene calcolato il profilo in condizioni subcritiche, in corrente lenta cioè, a partire dalla condizione al contorno di valle (che vanno preventivamente inserite); in questa fase vengono calcolate le altezze critiche che saranno poi verificate per localizzare il risalto;
- Viene calcolato il profilo in condizioni supercritiche, in corrente veloce, a partire dalla condizione al contorno di monte;
- Il calcolo del profilo in condizioni supercritiche prosegue da monte verso valle, fino a quando si trova una sezione nella quale è possibile sia una situazione supercritica che subcritica (calcolata in precedenza), cioè un possibile passaggio allo stato critico;
- A questo punto si valuta quale è la forza specifica SF maggiore: quella darà la giusta situazione in quella sezione. Ad esempio se la condizione supercritica ha forza specifica maggiore il programma assegna questa condizione alla sezione e prosegue alla sezione immediatamente a valle;
- Quando viene trovata una forza specifica maggiore per il profilo subcritico, a quella sezione viene assegnato tale profilo, e viene localizzato il risalto tra questa sezione e la precedente.
- Il calcolo riparte verso valle fino a trovare un passaggio allo stato critico.

3. Perdite di carico dovute alle pile dei ponti

Le perdite di carico causate da queste strutture sono calcolate in due tempi e modalità.

Inizialmente si determinano le perdite dovute ad espansione e restringimento della sezione trasversale nelle parti di valle e monte della struttura con il metodo implementato (Standard Step Method) per il calcolo della quota del pelo libero.

In un secondo tempo le perdite sono integrate dal calcolo delle perdite di carico che si verificano nell'attraversamento della struttura, queste ultime determinate con le relative opzioni di calcolo.

Il modello distingue quattro tipi di deflusso possibile in corrispondenza dei ponti (ai fini della simulazione la traversa si comporta come un ponte, con le sue pile, in quanto le paratoie in occasione delle piene sono totalmente alzate):

- Flusso regolare al disotto dell'intradosso;
- Moto in pressione;
- Vena liquida stramazzone sul piano rotabile;
- Deflusso combinato (combinazione dei tre precedenti).

4 Flusso regolare al disotto dell'intradosso

Viene ora posta l'attenzione sulla procedura di simulazione del flusso attraverso le pile della traversa. Il flusso viene considerato suddiviso in ulteriori sottoclassi a seconda che il ponte sia dotato o meno di pile e del livello raggiunto dal pelo libero (superiore o inferiore all'altezza critica).

L'equazione utilizzata è quella proposta da Koch-Carstanjen, basata sulla risoluzione della seguente equazione di momento:

$$m_1 - m_{p1} + Q^2/gA_1^2 (A_1 - C_D \cdot A_{p1}/2) = m_2 + Q^2/gA_2 = m_3 - m_{p3} + Q^2/gA_3$$

dove:

A_1, A_3 : aree liquide alle sezioni di monte e valle, rispettivamente (fig. 6)

A_2 : area liquida relativa ad una sezione ubicata entro il restringimento dovuto alla struttura (area totale - area occupata dalle pile);

A_{p1}, A_{p3} : area ostruita alle sezioni di monte e valle, rispettivamente;

Y_1, Y_2, Y_3 : distanza verticale dal pelo libero al baricentro delle aree A_1, A_2, A_3 ;

$m_1, m_2, m_3 = A_1 Y_1, A_2 Y_2, A_3 Y_3$ rispettivamente;

$m_{p1}, m_{p3} = A_{p1} Y_{p1}, A_{p3} Y_{p3}$, rispettivamente;

C_D : coefficiente di ingombro legato alla forma delle pile (vedi tab. 3);

Y_{p1}, Y_{p3} : distanza verticale dal pelo libero al baricentro delle aree A_{p1}, A_{p3} rispettivamente;

Q : portata;

g : accelerazione di gravità.

tab. 3 : Tabella di riferimento dei coefficienti di forma delle pile C_D .

PIER SHAPE	C_D
Circular pier	1,20
Elongated piers with semi-circular ends	1,33
Elliptical piers with 2:1 length to width	0,60
90° triangular nose and tail	1,60
Square nose and tail	1,72

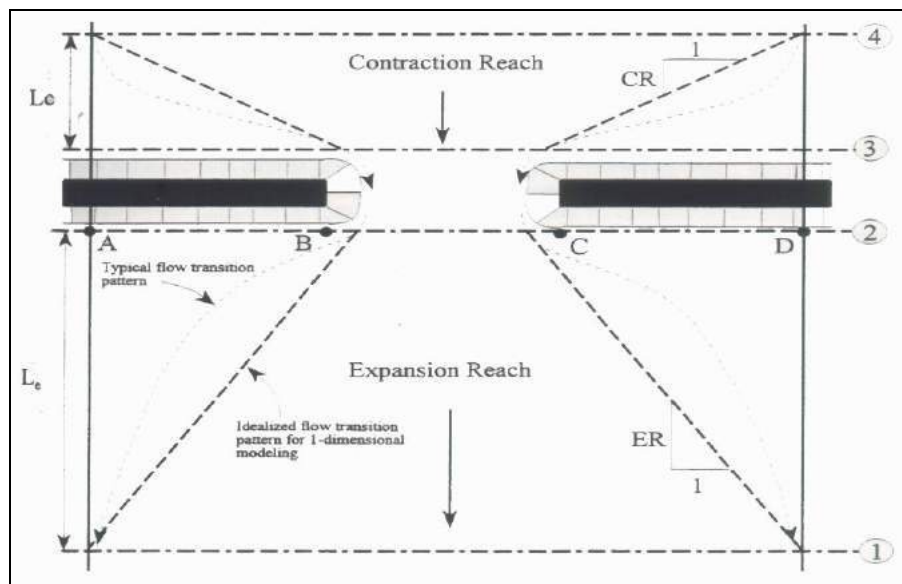


fig. 6: Localizzazione delle sezioni in corrispondenza della traversa.

I tre termini dell'equazione di momento rappresentano il momento totale nella strozzatura del tratto in esame, espresso in termini di morfologia del corso d'acqua e profondità della corrente a monte, sul restringimento e a valle del restringimento stesso.

Nel caso in cui la quota del pelo libero si mantenga superiore a quella dell'altezza critica, per determinare la differenza di quota risultante dall'attraversamento della struttura viene utilizzata l'equazione di Yarnell:

$$H_{3-2} = 2 \cdot K \cdot (K + 10\omega - 0,6) \cdot (\alpha + 15 \cdot \alpha^4) \cdot V_2^2 / 2g$$

dove:

H_{3-2} : differenza di carico fra le sezioni di monte e valle della struttura;

K : coefficiente relativo alla forma delle pile di Yarnell (vedi tab. 4);

ω : rapporto velocità/profondità a valle della struttura;

α : area ostruita/area libera;

V_3 : velocità a valle della struttura.

tab. 4: Tabella di riferimento dei coefficienti di forma delle pile K di Yarnell.

PIER SHAPE	K
Semicircular nose and tail	0,09
Twin-cylinder piers with connections diaphragm	0,95
Twin-cylinder piers without diaphragm	1,05
90° triangular nose and tail	1,05
Square nose and tail	1,25

L'equazione di calcolo delle perdite di carico si ottiene dall'applicazione dell'equazione dell'energia in punti situati immediatamente a valle del ponte e a monte.

5. Condizioni al contorno per le simulazioni

Tra le varie condizioni al contorno necessarie, fondamentale importanza assume la quota iniziale del pelo libero: essa può essere assunta seguendo diversi criteri.

Il più comune è tracciare la scala di deflusso relativamente alla sezione di partenza del profilo tenendo conto dell'interazione eventuale con altri corsi d'acqua e della situazione idraulica delle aree circostanti provvedendo alle maggiorazioni del caso sulla quota qualora intervengano fattori condizionanti di tale entità.

Qualora vi siano manufatti tali da condizionare la relazione portata defluente-carico, sarà l'esame delle quote che possano verificarsi in alveo a fornire le indicazioni sulla quota di partenza per il tracciamento del profilo.

Altre metodologie più raffinate sono basate sul metodo delle secanti per definire la quota di tolleranza nella differenza tra quota presunta e calcolata.

I dati necessari affinché il modello possa produrre l'output desiderato (cioè la quota del pelo libero alle sezioni trasversali desiderate e il profilo di moto permanente) comprendono:

- tipo di corrente (lenta, veloce, mista);
- quota iniziale del pelo libero;
- valore/i di portata;
- coefficienti rappresentativi delle perdite;
- geometria delle sezioni trasversali;
- distanze (golene e alveo principale) tra le sezioni trasversali.

Le opzioni di calcolo riguardano la determinazione del profilo in caso di presenza di strutture in alveo e simulazioni di interventi nelle aree golenali con deviazioni del corso d'acqua o costruzione di arginature.

Determinato il tipo di corrente, la quota iniziale del pelo libero, i valori di portata per cui occorre tracciare i profili di moto permanente, è necessario definire i valori di scabrezza.

Il modello utilizzato nelle elaborazioni consente molteplici soluzioni per definire la scabrezza delle singole sezioni trasversali, la qual cosa permette di ridurre moltissimo i margini di dubbio e incertezza legati all'individuazione di questo coefficiente particolarmente importante.

Oltre alle perdite di carico valutate attraverso il coefficiente "n" di Manning, e all'equazione di Manning descritta in precedenza, è possibile valutare le perdite di transizione per allargamento/restringimento attraverso i coefficienti di espansione/contrazione, le perdite che si originano nell'attraversamento di ponti e tombini in seguito alla forma del manufatto, alla configurazione delle pile, al tipo di moto e alle condizioni di imbocco/sbocco.

Come accennato in precedenza, il coefficiente di scabrezza può assumere diversi valori in una singola sezione trasversale, al fine di poter rappresentare realisticamente la morfologia della stessa.

Oltre a definire un valore di scabrezza per ciascuna suddivisione (golene, alveo principale) è possibile definire la scabrezza in funzione della progressiva della singola sezione trasversale oppure in funzione della quota raggiunta dal pelo libero.

Nella determinazione dei valori del parametro scabrezza si cerca di correlare quella che è la situazione appurata in situ del corso d'acqua con i risultati delle esperienze condotte dai ricercatori.

La geometria delle sezioni trasversali e la conoscenza del territorio circostante l'area inondabile, unite alla completa definizione dei manufatti che il corso d'acqua incontra lungo il suo percorso, sono sfruttate al meglio dal modello per riprodurre fedelmente le condizioni che in realtà si verificano al defluire della portata in esame.

La collocazione delle sezioni trasversali lungo il corso d'acqua è quindi volta ad individuare le aree effettive di deflusso per distinguerle da quelle ineffettive o che possono venire attivate sotto un determinato carico idraulico.

Tra le varie opzioni di calcolo di cui è dotato il modello numerico in questione è disponibile l'organizzazione dei dati in modo da specificare dette aree inefficaci al deflusso, sia che esse si trovino nelle aree golenali sia che si trovino nel canale principale sotto forma di sedimenti o ostruzioni di qualsivoglia forma.

Le sezioni trasversali sono quindi ubicate in modo da rappresentare non solo l'area immediatamente circostante il corso d'acqua, ma anche la probabile via di piena.

In generale la disposizione planimetrica delle sezioni è effettuata tenendo conto di:

- variazioni nella portata;
- modifiche sostanziali della pendenza di fondo;
- cambiamenti della morfologia del corso d'acqua;
- mutamenti rilevanti nella granulometria e nella copertura vegetale;
- presenza di ponti, traverse, tombini, ostruzioni artificiali.

La distanza fra le varie sezioni trasversali viene specificata come distanza fra le golene (destra e sinistra) e lungo il canale principale di deflusso.

La distanza viene stabilita in modo da poter individuare le variazioni delle dimensioni trasversali del corso d'acqua nel caso queste si verifichino.

A seconda della morfologia del corso d'acqua e dei manufatti in alveo la presenza delle sezioni può essere o meno infittita.

Il modello numerico è in grado di produrre una notevole quantità di dati di output, mirati a rendere efficace e completa sotto tutti i punti di vista l'analisi del corso d'acqua.

I dati di output di maggiore interesse sono quelli relativi alle sezioni trasversali, per le quali è previsto un elenco standard di quaranta variabili per singola sezione volte a definire completamente i parametri fisici.

Il notevole numero di dati permette di avere sotto controllo l'intera fenomenologia idraulica e strutturale che ne deriva.

Tra i valori riportati figurano:

Q : portata totale;

Q_{LOB} , Q_{CH} , Q_{ROB} : portata, così ripartita: golena sinistra, canale principale, golena destra;

DEPTH : profondità, misurata come differenza di quota fra pelo libero e punto più depresso nella sezione;

CWSEL : quota calcolata del pelo libero;

CRIWS : quota dell'altezza critica;

WSELK : quota dell'altezza d'acqua, quando costituisce dato di input;

EG : quota dei carichi totali (gradiente energetico);

V_{LOB} , V_{CH} , V_{ROB} : velocità media, così riferita: golena sinistra, canale principale, golena destra;

A_{LOB} , A_{CH} , A_{ROB} : area liquida, così riferita: golena sinistra, canale principale, golena destra;

X_{NL} , X_{NCH} , X_{NR} : coefficiente "n" di Manning riferito rispettivamente a: golena sinistra, canale principale, golena destra;

SLOPE : pendenza della linea dei carichi nella sezione di calcolo;

TOPWIDTH : ampiezza del pelo libero;

L-BANK ELEV : quota della sponda sinistra;

R-BANK ELEV : quota della sponda destra.

I dati raccolti mostrano la distribuzione della massa liquida nelle tre suddivisioni principali della singola sezione trasversale: golena sinistra, alveo (o canale) principale, golena destra.

Il modello è in grado inoltre di fornire:

- stampa delle sezioni, nelle quali viene evidenziato il profilo del terreno così come descritto nel file di input, la quota del pelo libero, la quota dell'altezza critica, la quota della linea dei carichi, la rappresentazione delle strutture in alveo;

- stampa del profilo di moto permanente, creato a partire dalla geometria delle sezioni trasversali, nel quale sono riportati la collocazione delle sezioni trasversali, le distanze progressive, quota del fondo misurata lungo l'alveo principale secondo la linea di thalweg, quota del pelo libero, quota dell'altezza critica, quota della linea dei carichi, quota delle sponde dell'alveo principale, quota del punto più basso tra i punti che individuano la geometria delle sezioni trasversali.

Un ulteriore contributo alla comprensione del fenomeno fisico studiato è fornito dalla creazione di tabelle riassuntive contenenti una notevole quantità di informazioni.

Oltre a tabelle predefinite per l'output di parametri idraulici e morfologici e alla possibilità di selezionare fra una vasta quantità di variabili relative a condizioni particolari di deflusso (manufatti presenti in alveo), sono disponibili tavole redatte dai maggiori enti statunitensi per il controllo del rischio idraulico (Flood Insurance Study, Guidelines and Specifications, U.S. Department of Housing and Urban Development, Federal Insurance Administration).

6. Dati inseriti

Per ottenere le informazioni che andranno a costituire i dati di input del modello numerico è necessario eseguire un accurato studio del corso d'acqua.

In particolare è necessario un esame approfondito delle aree non solo pertinenti ad alveo e golene, ma anche delle aree ad esse circostanti, al fine di poter individuare al meglio le zone maggiormente soggette a rischio idraulico e consentire una progettazione integrata al meglio con il territorio.

L'ubicazione delle sezioni trasversali nasce da considerazioni di carattere pratico, relative cioè alla situazione attuale di utilizzazione del corso d'acqua e interazione con l'ambiente circostante, e da considerazioni teoriche mirate a compiere un dettagliato studio idraulico del fenomeno di piena ai fini della progettazione delle strutture in alveo.

Per la loro individuazione si è proceduto con la seguente metodologia:

- disposizione planimetria dei manufatti in alveo e in golena;
- determinazione delle caratteristiche morfologiche del tratto di corso d'acqua in studio;
- individuazione di aree omogenee in relazione al parametro scabrezza, determinato in funzione del tipo di materiale lapideo in alveo e della copertura vegetale;
- individuazione di tratti caratterizzati dai valori omogenei di pendenza del fondo alveo e altri parametri idraulici.

Nella scelta dell'ubicazione planimetrica delle sezioni è stata valutata la distanza fra sezioni successive in modo da poter fornire una serie di dati significativi al modello anche nel senso dello sviluppo longitudinale. Infatti è necessario tenere in conto anche la variazione della scabrezza non solo entro una singola sezione trasversale, ma fornire una valida descrizione della sua variazione fra sezione e sezione.

Per quanto riguarda la pendenza di fondo del corso d'acqua, il modello numerico è in grado di determinare questa grandezza secondo procedura di calcolo automatica in funzione della geometria delle sezioni trasversali e della distanza tra sezioni successive.

La pendenza di fondo calcolata e che viene riportata sul profilo di moto permanente è da intendersi riferita alla linea di thalweg.

I calcoli del profilo sono comunque svolti anche in funzione della pendenza di fondo delle aree golenali in quanto le elaborazioni numeriche prevedono la suddivisione del corso d'acqua in tre aree distinte, ma omogenee, al fine del calcolo del profilo e dei parametri idraulici relativi che sono la golena di destra, di sinistra e il canale principale.

La suddivisione delle sezioni trasversali mediante una griglia di punti (x, y) ripartita nelle tre zone fondamentali di calcolo consente l'individuazione dei principali parametri (portata, velocità, scabrezza) in queste aree di deflusso il che permette di definire completamente le caratteristiche salienti del moto entro l'intera via di piena consentendo di intervenire globalmente e puntualmente.

La determinazione delle aree soggette ad esondazione consente di porre particolare cura nell'individuazione di eventuali vie preferenziali di propagazione della portata defluente.

7. Opzioni di calcolo

Il modello è dotato di numerose opzioni che permettono di determinare la via di piena (zona maggiormente interessata dal deflusso idrico) nonché calcolare le perdite di energia dovute alla presenza di ostruzioni come soglie di sfioro, tombini e ponti e definire i miglioramenti apportabili con rimodellamenti in alveo.

Possono essere selezionate diverse equazioni al fine di calcolare le perdite di carico, determinare l'altezza critica, calcolare la scabrezza secondo formule dirette.

Il modello può inoltre generare automaticamente sezioni trasversali in un tronco di calcolo interpolando i dati tra le due sezioni di estremità, definire le aree ineffettive al deflusso, analizzare le zone di confluenza fra corsi d'acqua, calcolare l'influenza di un'eventuale copertura di ghiaccio sul pelo libero.

Con un'unica elaborazione si possono calcolare più profili variando la quota iniziale del pelo libero e/o la portata per ciascun profilo di calcolo. Così operando è possibile stabilire, note condizioni iniziali e al contorno, quando il profilo di corrente raggiunge la profondità che gli compete a prescindere dalle quote di tentativo imposte alla sezione iniziale del tracciamento.

7.1. Aree inefficaci e argini

Come opzione sono definibili le “aree inefficaci al deflusso”.

Questa opzione è indispensabile quando occorre rimodellare la sezione trasversale per confinare il deflusso entro vincoli (artificiali o naturali) presenti entro lo sviluppo della sezione trasversale.

In questo modo si possono specificare le ostruzioni dovute a sedimenti, gli innalzamenti causati dall'aumento della quota degli argini eventualmente presenti a protezione delle sponde, analizzare gli effetti di sbarramenti golenali e di tutto quanto ubicato nella sezione in studio tale da condizionare il deflusso verso aree preposte.

Un'altra opzione importante è la definizione delle linee di sommità degli argini che confinano il deflusso all'interno dell'alveo e non nelle zone esterne più depresse; una volta superata la quota di tali marker vi sarà esondazione ai lati.

STUDIO SERVICE EDIL B. s.r.l.

Corso Mazzini n.10 - Forlì - Tel.0543/370253 - Fax.0543/457266
P.IVA-C.F.-R.I.(FC) 03493340404

OGGETTO DI INTERVENTO :

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO (P.U.A.) DI INIZIATIVA PRIVATA
RIGUARDANTE UN' AREA PRODUTTIVA DI ESPANSIONE SITA NEL
COMUNE DI MELDOLA IN VIA LA GUALCHIERA - LOTTO "B"

ELABORATO :

RELAZIONE IDRAULICA

PLANIMETRIA AREA DI P.U.A. CON INDICAZIONE
DELLA POSIZIONE DELLE SEZIONI

COMMITTENTE :

CONSORZIO " LA GUALCHIERA"
sede in V.le Roma n°172 - Meldola (FC)
C.F.(P.I.) 03678070404

PROGETTISTA Dott. Ing. :

GABRIELE SALIMBENI

ELABORATO
GRAFICO:

ALLEGATO

1

DATA :

SCALA :

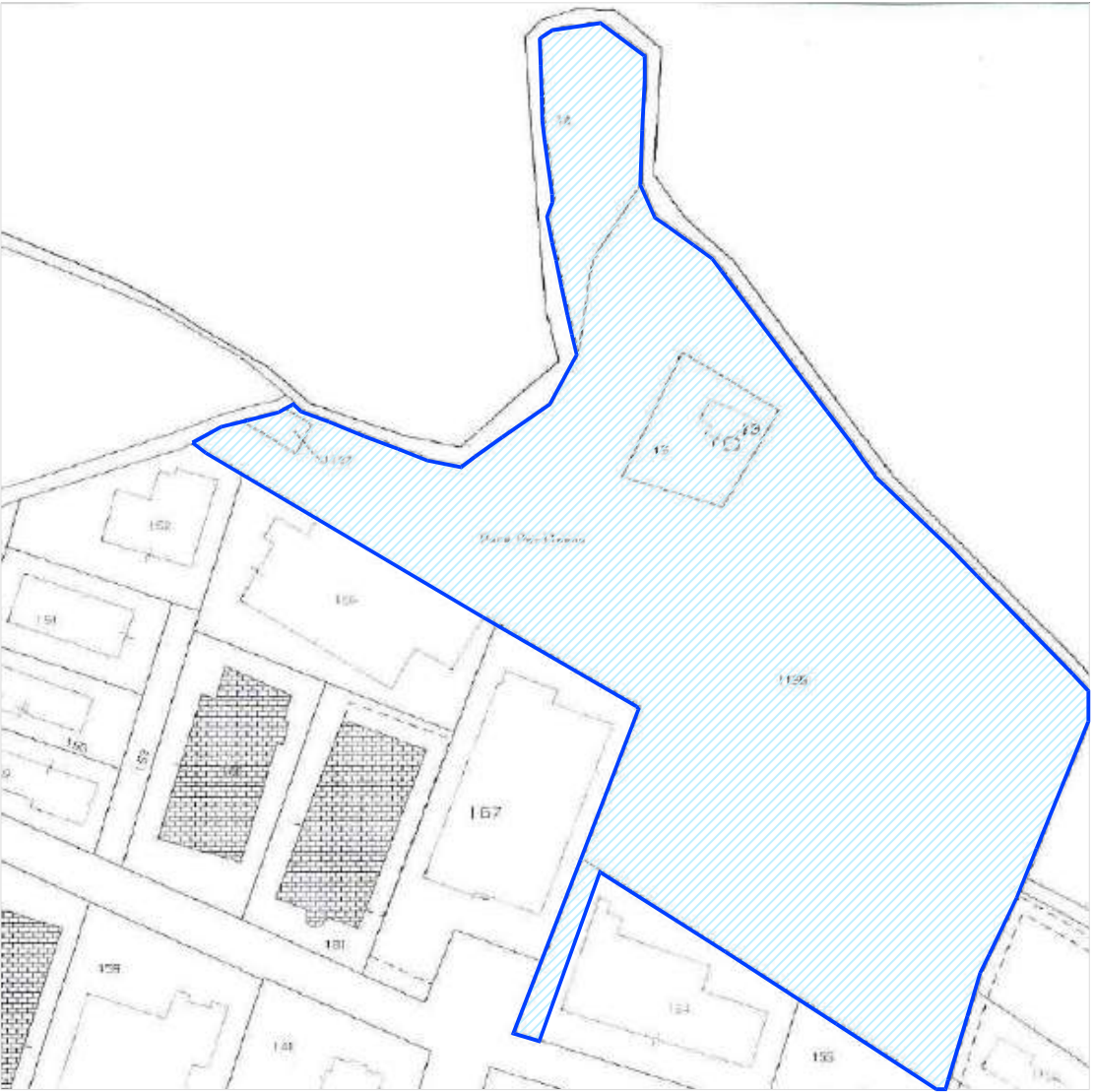
1:1000

Spazio riservato all'Amministrazione Comunale ed agli Enti Pubblici :

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO



ESTRATTO MAPPA CATASTALE
Comune di Meldola
Foglio n. 4
p.lle n.14,15,1156,1185,1187
Scala 1:2000



STUDIO SERVICE EDIL B. s.r.l.
 Corso Mazzini n.10 - Forlì - Tel.0543/370253 - Fax.0543/457266
 P.IVA-C.F.-R.I.(FC) 03493340404

OGGETTO DI INTERVENTO :

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO (P.U.A.) DI INIZIATIVA PRIVATA
RIGUARDANTE UN' AREA PRODUTTIVA DI ESPANSIONE SITA NEL
COMUNE DI MELDOLA IN VIA LA GUALCHIERA - LOTTO "B"**

ELABORATO : **RELAZIONE IDRAULICA**
SEZIONI TRASVERSALI SIMULATE DEL RIO PARA CON LIVELLI DI PIENA
ORDINARIA E DUECENTENNALE

COMMITTENTE :

CONSORZIO " LA GUALCHIERA"
sede in V.le Roma n°172 - Meldola (FC)
C.F.(P.I.) 03678070404

PROGETTISTA Dott. Ing. :
GABRIELE SALIMBENI

ELABORATO
GRAFICO:

ALLEGATO

2

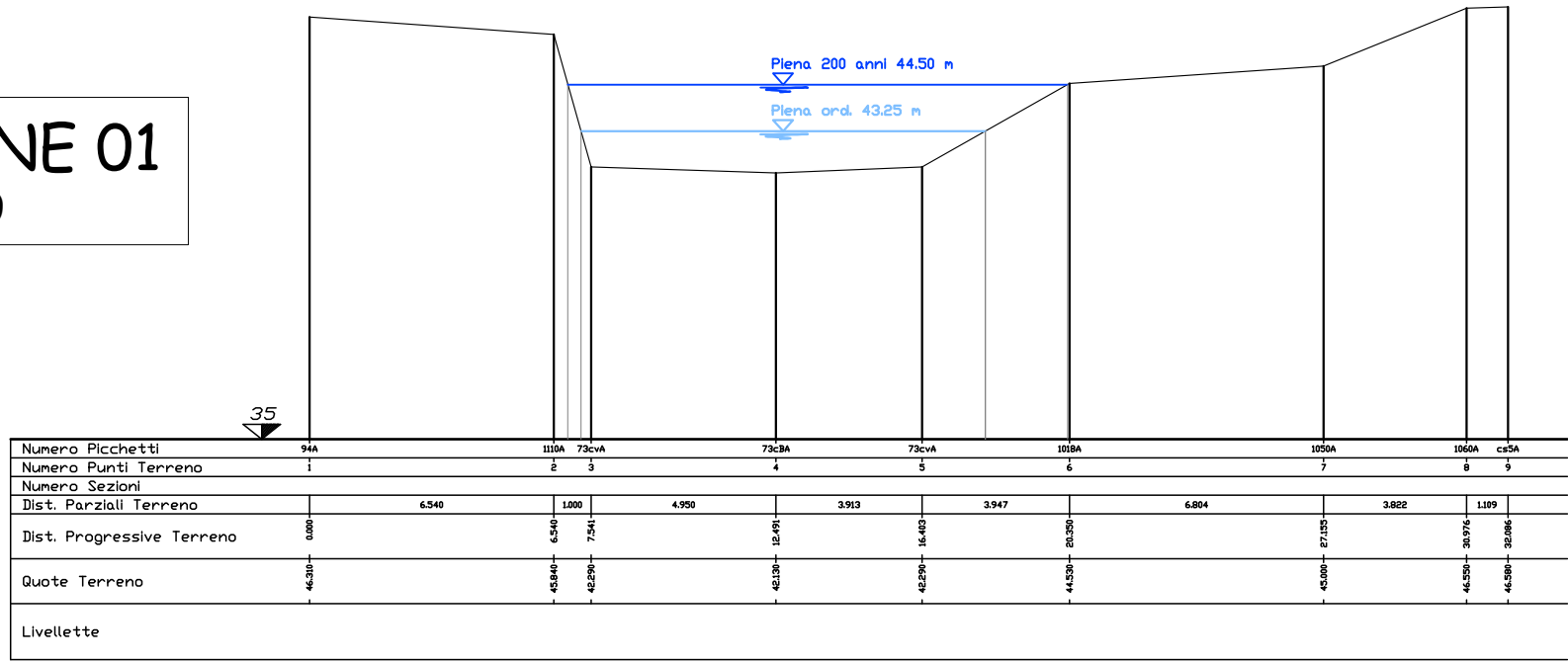
DATA :
LUGLIO 2014

SCALA :
1:200

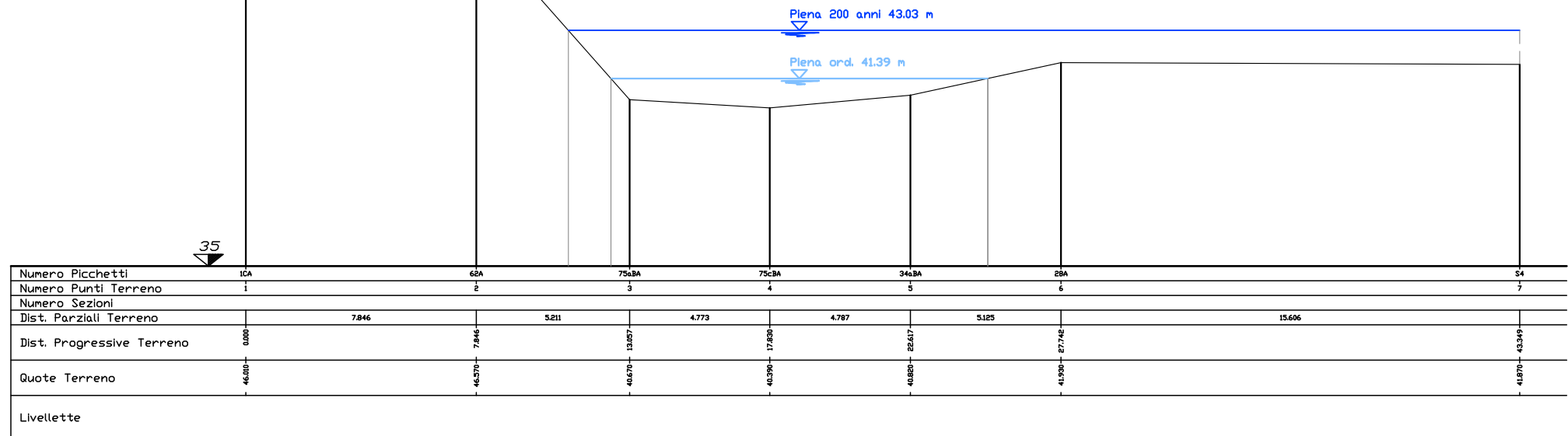
Spazio riservato all'Amministrazione Comunale ed agli Enti Pubblici :

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

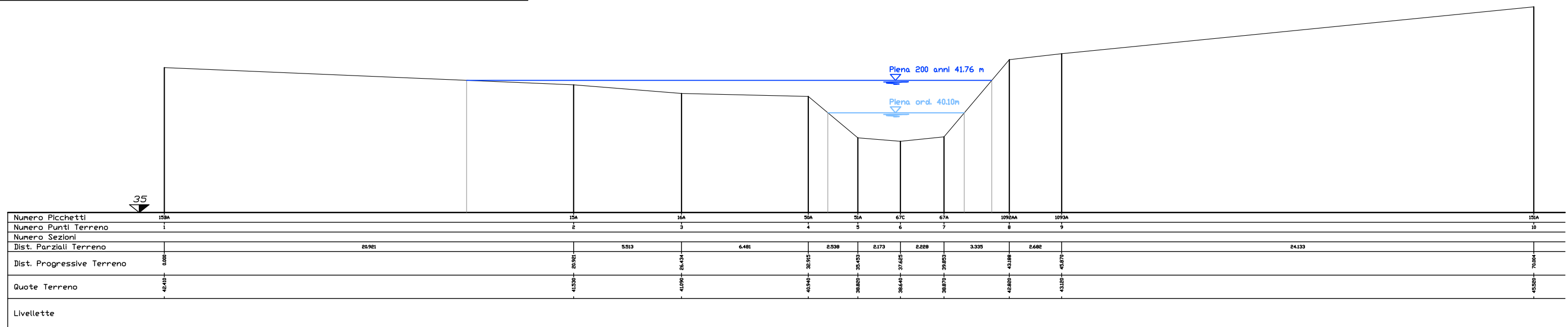
SEZIONE 01
Scala 1:200



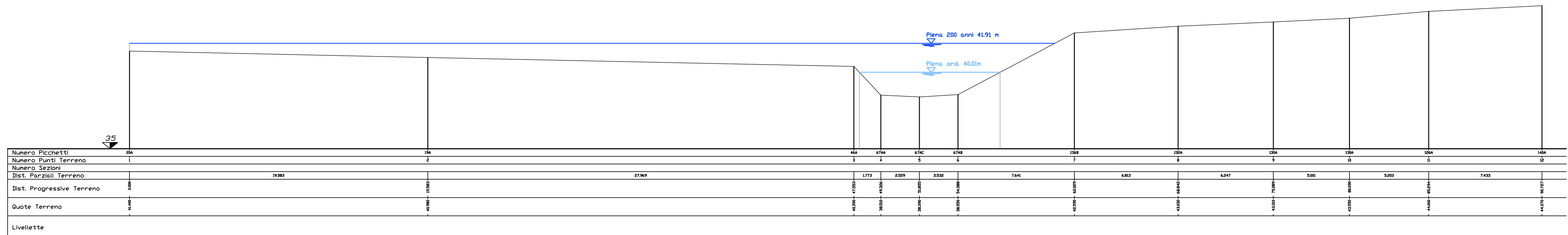
SEZIONE 03
Scala 1:200



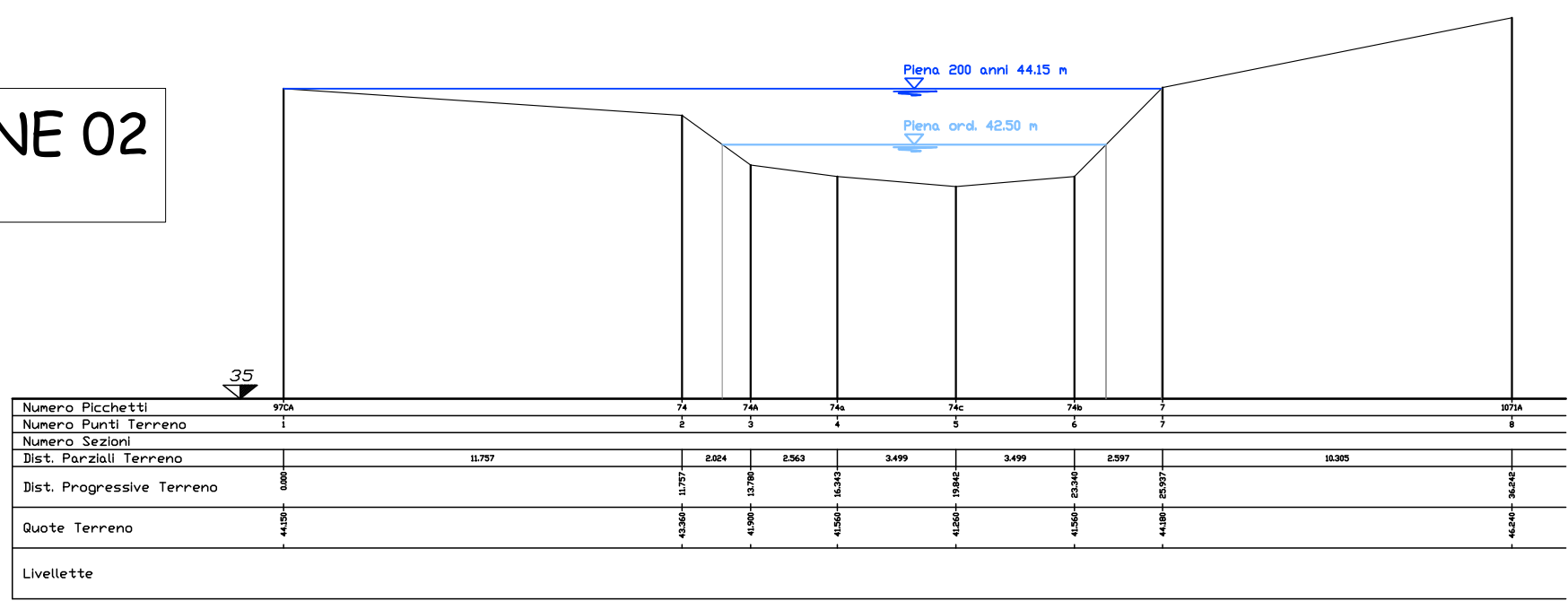
SEZIONE 07
Scala 1:200



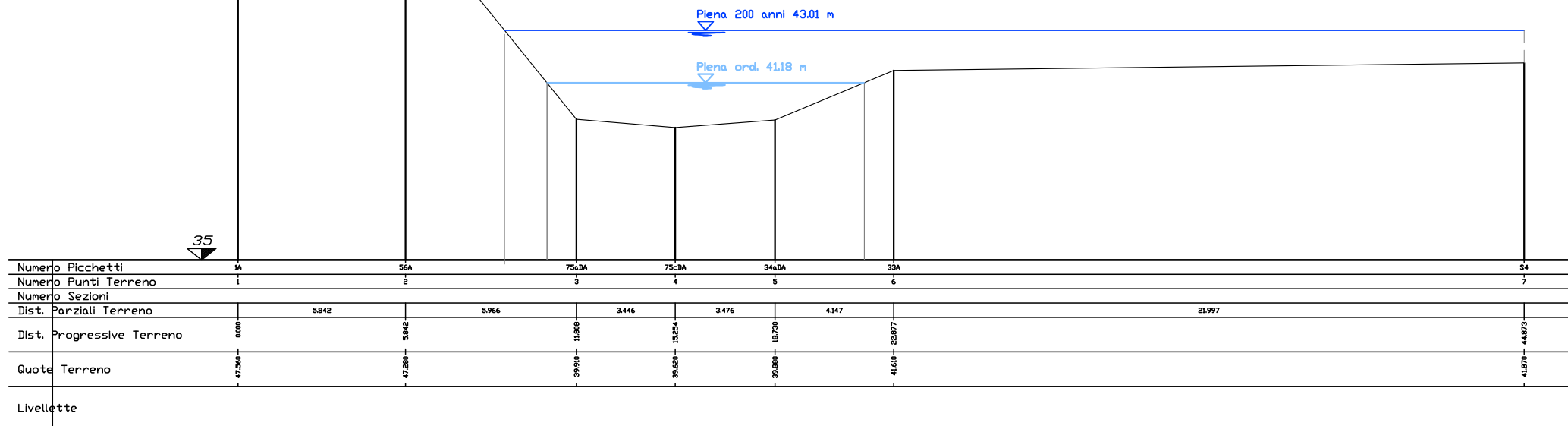
SEZIONE 08
Scala 1:200



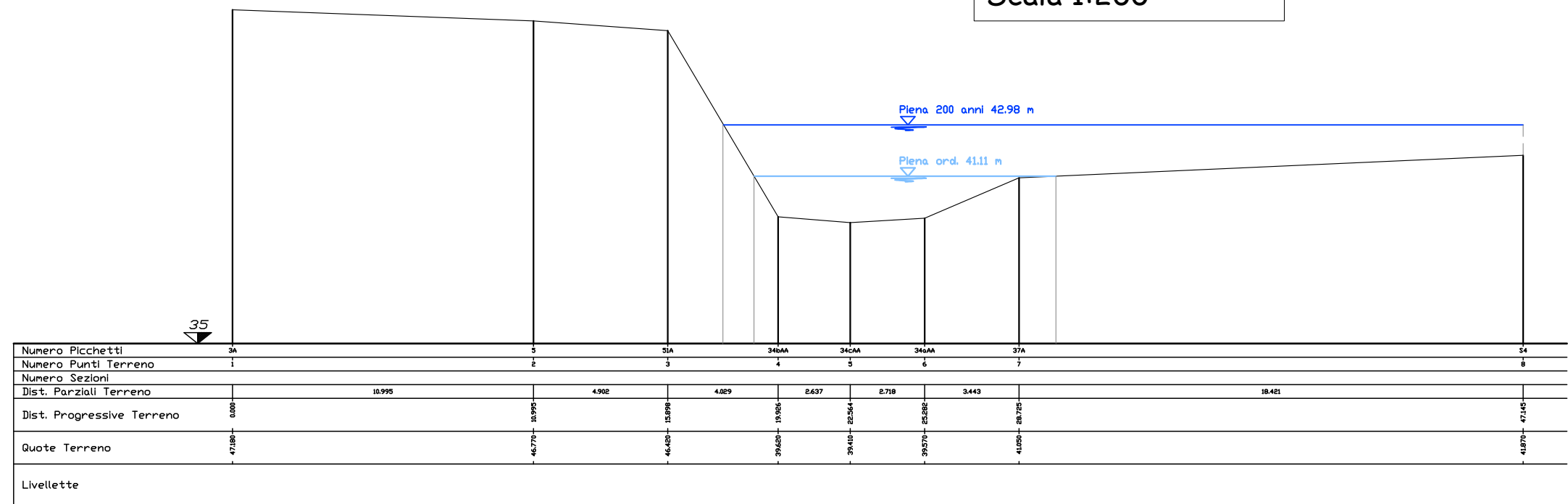
SEZIONE 02
Scala 1:200



SEZIONE 04
Scala 1:200



SEZIONE 05
Scala 1:200



SEZIONE 06
Scala 1:200

