

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC VERONA - PADOVA

SUB TRATTA VERONA – VICENZA

1° SUB LOTTO VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

VI PONTI E VIADOTTI

VI01 VIADOTTO "FIBBIO" DAL Km 9+932.97 AL Km 10+020.97 (IMPALCATO METALLICO)

SISTEMAZIONE ALVEO TORRENTE FIBBIO AL Km9+996.64: RELAZIONE TECNICA

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.	SCALA:
ATI bonifica Progettista integratore	Consorzio IRICAV DUE Il Direttore		-
<small>Franco Persio Bocchetto Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 8664 – Sez. A settore Civile ed Ambientale</small>			

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I	N	0	D	0	0	D	I	2	R	H	V	I	0	1	D	0	0	0	1	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ATI bonifica	VISTO ATI BONIFICA	
	Firma	
	Ing. F. P. Bocchetto	Maggio 2015

Programmazione

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	EMISSIONE	M. Dotto	Maggio 2015	A. Ianni'	Maggio 2015	U. Lugli	Maggio 2015	Ing. Everardo Altieri Maggio 2015

File:IN0D00DI2RHVI01D0001A_00A.DOCX	CUP: J41E91000000009	n. Elab.:
	CIG: 3320049F17	

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	ASSETTO GEOMETRICO FIBBIO	3
3	STUDIO IDRAULICO	5
3.1	CRITERI DI VERIFICA	5
3.2	MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO.....	6
3.2.1	COSTRUZIONE DEL MODELLO MEDIANTE HEC-GeoRAS	6
3.2.2	IL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO: HEC-RAS	7
3.2.2.1	CALCOLO DEL POFILO IN MOTO PERMANENTE	8
3.2.2.2	PROCEDURA DI CALCOLO	11
3.3	STATO ATTUALE.....	13
3.3.1	COSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA.....	13
3.3.2	CONDIZIONI DI VERIFICA E SIMULAZIONI EFFETUATE.....	14
3.3.2.1	SIMULAZIONE CON PORTATA DI 171,11 m ³ /s RELATIVA A TR 30 ANNI	15
3.3.2.2	SIMULAZIONE CON PORTATA DI 212,98 m ³ /s RELATIVA A TR 100 ANNI	16
3.3.2.3	ANNULLAMENTO DEL FRANCO RISPETTO ALLA SOMMITA' ARGINALE DI MONTE - PORTATA PARI A 20,5 m ³ /s	17
3.4	STATO DI PROGETTO	18
3.4.1	ASSETTO GEOMETRICO DI PROGETTO.....	18
3.4.2	COSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA.....	19
3.4.3	CONDIZIONI DI VERIFICA	20
3.4.3.1	SIMULAZIONE CON PORTATA DI 171,11 m ³ /s RELATIVA A TR 30 ANNI	22
3.4.3.2	SIMULAZIONE CON PORTATA DI 212,98 m ³ /s RELATIVA A TR 100 ANNI	23
3.4.3.3	ANNULLAMENTO DEL FRANCO RISPETTO ALLA SOMMITA' ARGINALE DI MONTE - PORTATA PARI A 20,5 m ³ /s	24
4	CONCLUSIONI.....	25
	ALLEGATO - Risultati simulazioni modello HEC-RAS	27

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA	
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	IN0D00DI2RHVI01D0001A	.Pag 3 di 34

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione, dopo una breve descrizione del torrente Fibbio, si passerà alla descrizione della configurazione geometrica del tratto del coso d'acqua immediatamente a monte ed a valle dell'attraversamento della linea A.V./A.C..

Lo scopo della presente relazione è la verifica idraulica, effettuata secondo i criteri indicati da ITALFERR, del corso d'acqua per un tratto a cavallo dell'attraversamento, analizzando sia la situazione dello stato di fatto che dello stato di progetto.

2 ASSETTO GEOMETRICO FIBBIO

Il Fibbio fa parte del sistema del fiume Adige. Questo bacino convoglia le acque di un bacino imbrifero abbastanza esteso di superficie pari a 365 km².

Il Fibbio nasce dal Monte Tomba col nome di Vaio di Squaranto e scende in direzione nord-sud, con carattere torrentizio, sino a Montorio, raccogliendo numerosi rivi, alcuni dei quali alimentati da modestissime sorgenti che si esauriscono nelle stagioni siccitose. Perenni sono invece quelle che sgorgano a Montorio e che alimentano il corso d'acqua. In prossimità dell'immissione nel Canale Sava (e quindi nel Fiume Adige) il Fibbio riceve in sinistra orografica l'apporto del Torrente Illasi (al quale si unisce il Progno di Mezzane), il cui bacino idrografico ha una superficie territoriale pari a circa 245 km². Le piene del Fibbio sono impetuose e di breve durata, tali quindi da provocare esondazione e danni al territorio.



Il torrente Fibbio fa parte di un sistema più complesso che comprende anche l'Illasi; la sezione di chiusura del suo bacino idrografico coincide con l'immissione nell'Illasi. L'intersezione con la linea AV avviene poco a monte della sua confluenza nell'Illasi e quindi ai fini del calcolo delle portate si è considerato il contributo dell'intero bacino idrografico.

Di seguito si riporta la schematizzazione del bacino idrografico del torrente Fibbio.

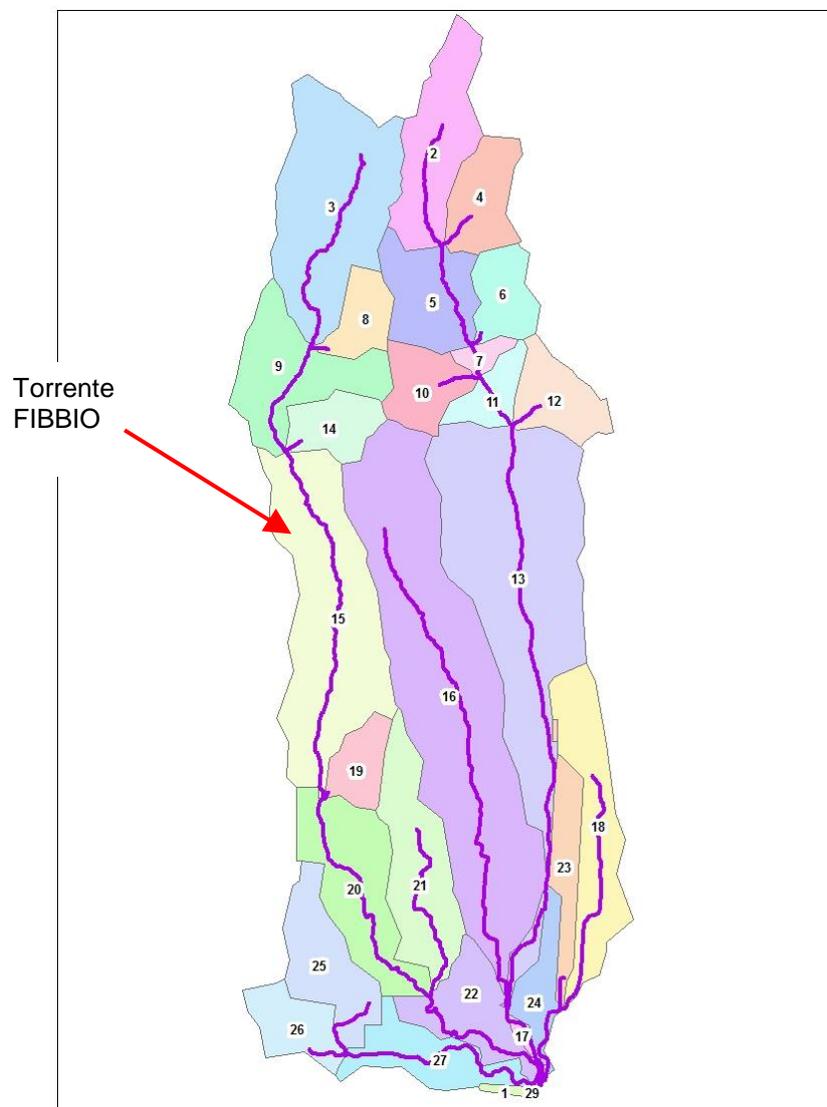


Figura 1 – Schematizzazione bacino idrografico del Fibbio

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHVI01D0001A	.Pag 5 di 34

3 STUDIO IDRAULICO

I calcoli idraulici per la definizione delle condizioni di deflusso vanno condotti con riferimento alle seguenti condizioni fisiche del corso d'acqua:

- Assenza dell'opera di progetto – **stato attuale**;
- Presenza dell'opera nella configurazione definitiva – **stato di progetto**:

Lo stato attuale dei corsi d'acqua descrive la situazione dei luoghi nella configurazione esistente.

Lo stato di progetto analizza l'ipotesi di futuro inserimento lungo l'asta fluviale del manufatto AC.

Nel tratto analizzato, avendo infrastrutture rilevanti in affiancamento, gli studi sono stati condotti rendendo compatibile la soluzione idraulica con quanto esistente o in progetto.

3.1 CRITERI DI VERIFICA

La verifica idraulica di tutti gli attraversamenti è stata effettuata in conformità a quanto definito dal Manuale di progettazione ITALFERR che è stato il documento di riferimento per la progettazione delle opere in oggetto.

In sintesi, in esso riporta una serie di direttive da seguirsi per il corretto dimensionamento delle tombature, sotto l'aspetto del tempo di ritorno da utilizzarsi per le valutazioni idrologico-idrauliche e dei franchi idraulici da rispettarsi.

In particolare, per corsi d'acqua aventi un bacino con superficie superiore a 10 km², il tempo di ritorno di riferimento è 500 anni ed occorre rispettare i seguenti franchi idraulici rispetto ai livelli relativi a tale tempo di ritorno:

- franco idraulico tra intradosso manufatto e livello della superficie libera superiore a 1 m;
- franco idraulico tra intradosso manufatto e quota di carico idraulico totale superiore a 50 cm.

Per corsi d'acqua aventi un bacino con superficie inferiore a 10 km², il tempo di ritorno di riferimento è 200 anni ed occorre rispettare la condizione di grado di riempimento del tombino inferiore al 70%.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHVI01D0001A	.Pag 6 di 34

3.2 MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO

Il codice di calcolo utilizzato per la valutazione dei profili idraulici implementa un modello in moto stazionario.

Il programma calcola profili di rigurgito in moto permanente sia in corrente lenta che veloce, inserisce eventuali risalti, prevede la presenza di attraversamenti e consente di ricavare tutti i parametri idraulici relativi al tratto analizzato

3.2.1 COSTRUZIONE DEL MODELLO MEDIANTE HEC-GeoRAS

HEC-GeoRAS è un applicativo del programma ArcView, sviluppato dall'U.S. ArmyCorps of Engineers – HydrologicEngineeringCenter. Con HEC-GeoRAS è possibile costruire la geometria di un modello in HEC-RAS completamente in ambiente GIS, una volta in possesso di un DEM in formato TIN della zona da modellizzare. In ambiente GIS si definiscono:

- l'asse del fiume;
- le "flow path", da cui si calcolano le distanze tra le sezioni sia lungo l'alveo che lungo le zone golenali;
- le "banks, che definiscono la separazione tra aree golenali e alveo inciso;
- le tracce delle sezioni, che possono essere rettilinee o formate da delle spezzate, il programma estrae i profili delle sezioni dal DEM;
- le "ineffective flow area", che permettono di definire le reali aree di deflusso nei tratti di espansione e contrazione.

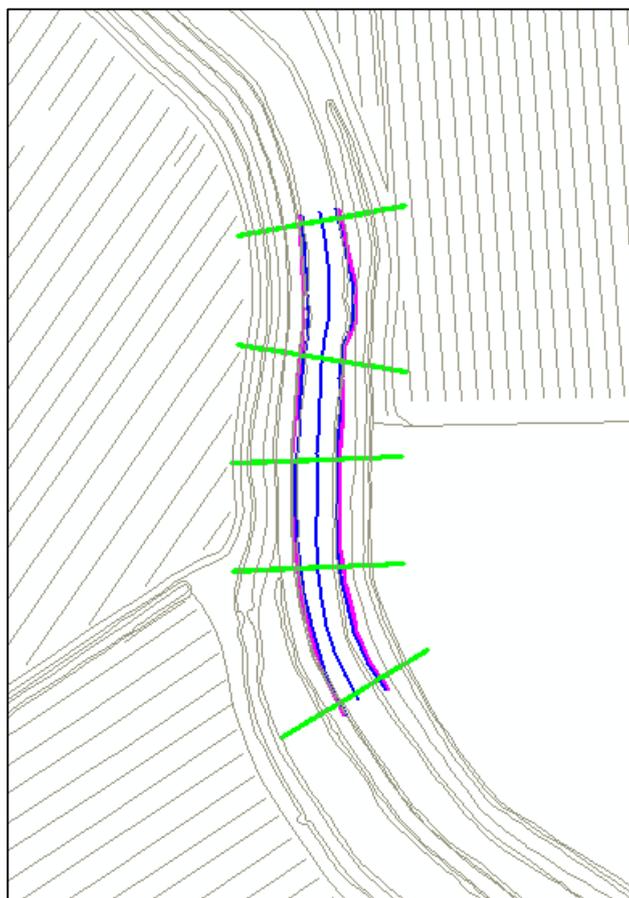


Figura 2 – Esempio di geometria in HEC-GeoRAS, in blu le flowpath, in magenta i “levees”, in verde le tracce delle sezioni.

Hec-GeoRAS esporta un file direttamente importabile in HEC-RAS. La geometria importata è georeferenziata.

3.2.2 IL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO: HEC-RAS

Il calcolo dei profili in moto permanente dei tratti di corsi d’acqua analizzati è stato fatto mediante la costruzione di modelli numerici basati sul codice di calcolo HEC-RAS (River Analysis System), sviluppato dall’U.S. ArmyCorps of Engineers – HydrologicEngineeringCenter. La versione del software utilizzata è la 4.1.0

HEC-RAS è un codice di calcolo monodimensionale che consente la determinazione di profili idrici di canali naturali e artificiali, sia in condizioni di moto permanente che di moto vario, tenendo conto dell’influenza sul moto di manufatti di vario tipo (ponti, tombini, briglie, sfioratori ecc.) eventualmente presenti nel sistema. Possono essere

modellati sia canali singoli che reti di canali naturali o artificiali, chiusi o aperti, con l'integrazione di profili di corrente lenta, veloce o di tipo "misto".

3.2.2.1 CALCOLO DEL POFILO IN MOTO PERMANENTE

Il calcolo del profilo di moto permanente è fatto risolvendo tra due sezioni consecutive l'equazione dell'energia utilizzando una procedura iterativa denominata "standard stepmethod". L'equazione dell'energia risulta è riportata nella seguente formula:

$$Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

dove:

- Y_1, Y_2 tirante d'acqua nelle sezioni 1 e 2;
- Z_1, Z_2 quota del fondo del canale alla sezione 1 e 2;
- α_1, α_2 coefficiente di Coriolis nella sezione 1 e 2;
- g accelerazione di gravità;
- h_e perdita di carico tra la sezione 1 e 2 definita da:

$$h_e = L \overline{S_f} + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

con:

- L distanza tra le due sezioni;
- $\overline{S_f}$ pendenza media della linea dell'energia tra le due sezioni;
- C coefficiente di espansione o contrazione.

Utilizzando la formula di Manning possiamo scrivere:

$$Q = \frac{AR_H^{2/3}}{n} \sqrt{S_f} = K \sqrt{S_f}$$

Dove K (conveyance) è un parametro geometrico, una volta prefissato un livello, da cui:

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

In ogni tratto esistono due valori di S_f , uno per ogni sezione che delimita il tratto, per cui viene calcolato un valore medio nel tratto, questo valore medio può essere calcolato utilizzando diverse formulazioni:

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad \text{Conduktività media (default per moto permanente e strutture)}$$

$$\bar{S}_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \quad \text{Media aritmetica (default per moto vario)}$$

$$\bar{S}_f = \sqrt{S_{f1} \cdot S_{f2}} \quad \text{Media geometrica}$$

$$\frac{1}{\bar{S}_f} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{S_{f1}} + \frac{1}{S_{f2}} \right) \quad \text{Media armonica}$$

Nel calcolo il codice suddivide ogni sezione, in base ai valori imposti dall'utente, in tre parti: golena sinistra, canale principale e golena destra. Ad ognuna di queste parti si possono assegnare scabrezze e distanze rispetto alla sezione successiva diverse. La possibilità di definire distanze diverse tra zone golenali e canale principale consente di meglio rappresentare situazioni in cui l'alveo di magra è particolarmente sinuoso o nei tratti in curva. In questi casi la distanza che l'acqua percorre tra una sezione e l'altra è diversa a seconda che si trovi in alveo in una golena oppure nell'altra. Il modello è in grado di calcolare in modo più corretto le perdite di carico dovute all'attrito utilizzando l'effettivo percorso effettuato, nel caso di moto vario è possibile calcolare con migliore precisione i volumi invasati tra le due sezioni.

Per ogni sottosezione il programma determina i parametri geometrici ed idraulici per cui si ha:

$$Q = (K_{LOB} + K_{Ch} + K_{ROB}) \cdot \sqrt{S_f} = Q_{LOB} + Q_{Ch} + Q_{ROB}$$

dove LOB indica la golena sinistra, Ch l'alveo inciso e ROB la golena destra.

La suddivisione in sottosezioni ha come ipotesi implicita che tra una sottosezione ed un'altra non vi sia scambio di quantità di moto, cioè che lungo il piano che le divide non ci sia attrito.

La definizione di una portata per ogni sottosezione permette il calcolo anche di una velocità distinta tra le tre diverse parti della sezione, non essendo più definita una velocità media per l'intera sezione è necessario valutare il coefficiente di Coriolis per la determinazione univoca del carico cinetico mediante la seguente formula:

$$\alpha \frac{\bar{V}}{2g} = \frac{Q_{LOB} \frac{V_{LOB}^2}{2g} + Q_{Ch} \frac{V_{Ch}^2}{2g} + Q_{ROB} \frac{V_{ROB}^2}{2g}}{Q_{LOB} + Q_{Ch} + Q_{ROB}}$$

da cui:

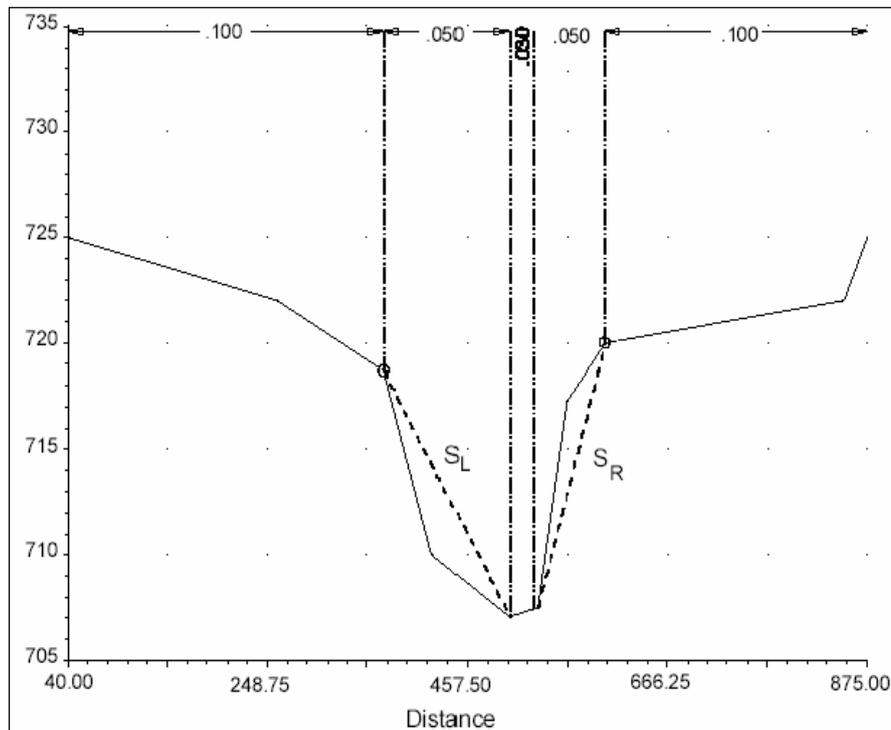
$$\alpha = \frac{A_{Tot}^2 \left[\frac{K_{LOB}^3}{A_{LOB}^2} + \frac{K_{Ch}^3}{A_{Ch}^2} + \frac{K_{ROB}^3}{A_{ROB}^2} \right]}{K_{Tot}^3}$$

La suddivisione delle portate tra le diverse sottosezioni è utilizzata anche come peso nella determinazione della distanza tra due sezioni a partire dalle tre definite:

$$L = \frac{L_{LOB} \overline{Q_{LOB}} + L_{Ch} \overline{Q_{Ch}} + L_{ROB} \overline{Q_{ROB}}}{Q_{LOB} + Q_{Ch} + Q_{ROB}}$$

La variazione di scabrezza all'interno di una sezione può essere imposta non solo tra golene e alveo inciso, ma anche in qualsiasi altro tratto. In questo caso il codice, per ognuna delle tre sottosezioni, calcola la convayance come somma delle convayancedei tratti con scabrezza diversa, sempre con l'ipotesi che tra essi non vi sia attrito. Questa ipotesi può portare però a grossi errori nel caso sia applicata al canale principale. Infatti se la variazione di scabrezza è applicata alle sponde il considerare senza attrito il piano che separa le sponde dal centro alveo fa sì che quest'ultimo non risenta dell'attrito delle sponde.

Per il canale principale il codice verifica che la pendenza del tratto in cui c'è la variazione di scabrezza (vedi figura successiva).



Nel caso S_L e/o S_R siano maggiori di 5H:1V all'interno dell'alveo principale è calcolata una scabrezza equivalente con la formula di Einstein:

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N P_i n_i^{3/2}}{P} \right]^{2/3}$$

dove P_i è il perimetro bagnato individuato da ogni tratto con scabrezza diversa.

3.2.2.2 PROCEDURA DI CALCOLO

Per la determinazione del profilo il programma parte con il calcolo in corrente lenta, cioè a partire dalla condizione al contorno della sezione di valle procede nella valutazione dei livelli nelle sezioni più a monte seguendo la seguente procedura:

1. ipotizza un livello nella sezione più a monte;
2. sulla base del livello ipotizzato calcola la convayance totale e il carico cinetico;
3. dai valori del passo 2 calcola $\overline{S_f}$ e risolve l'equazione 2 per il calcolo di h_e ;

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHVI01D0001A	.Pag 12 di 34

4. dai valori del passo 2 e 3 risolve l'equazione 1 e calcola il livello nella sezione di monte;
5. confronta il livello calcolato con quello ipotizzato, se la differenza è maggiore alla tolleranza imposta ripete la procedura, altrimenti passa alla sezione successiva.

Il livello determinato viene confrontato con il livello critico, se il livello determinato è superiore al livello critico la soluzione è di corrente lenta e quindi valida, se invece è inferiore la corrente non è più lenta, viene imposta sulla sezione il livello critico e il calcolo riprende dall'altezza critica.

Terminato il calcolo in corrente lenta il programma procede con il calcolo del profilo in corrente rapida partendo dalla condizione al contorno della sezione di monte. Innanzitutto viene calcolata la spinta totale con il livello calcolato per la corrente lenta e quello per la corrente rapida. Il calcolo della spinta è fatto con la seguente formula:

$$SF = \beta \frac{Q^2}{gA} + AY_G$$

Se $SF_{SUB} > SF_{SUP}$ è valida la soluzione di corrente lenta, altrimenti è valida la soluzione di corrente rapida e continua il calcolo del profilo in corrente veloce verso valle con la procedura descritta per la corrente lenta. Se è valida la soluzione di corrente lenta il programma ricerca la prima sezione verso valle in cui la soluzione del profilo in corrente lenta era stata posta $WS = WS_{CRIT}$. Da qui ha inizio il calcolo del profilo in corrente veloce verso valle, valido finché non si arriva ad una sezione con una soluzione di corrente lenta alla quale corrisponde $SF_{SUB} > SF_{SUP}$. Si assume quindi che tra questa sezione e la precedente si instauri un risalto.

3.3 STATO ATTUALE

3.3.1 COSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA

Per la simulazione dello stato di fatto si è costruito il modello del terreno a partire dal rilievo effettuato.

Attraverso il programma HecGeoRas si è ricostruita la geometria del modello individuando le sezioni principali; si è quindi importata la geometria in ambiente HEC e si sono inseriti i dati caratteristici del modello.

Di seguito si riporta la planimetria del tratto di torrente modellato:

STRALCIO PLANIMETRICO
STATO DI FATTO

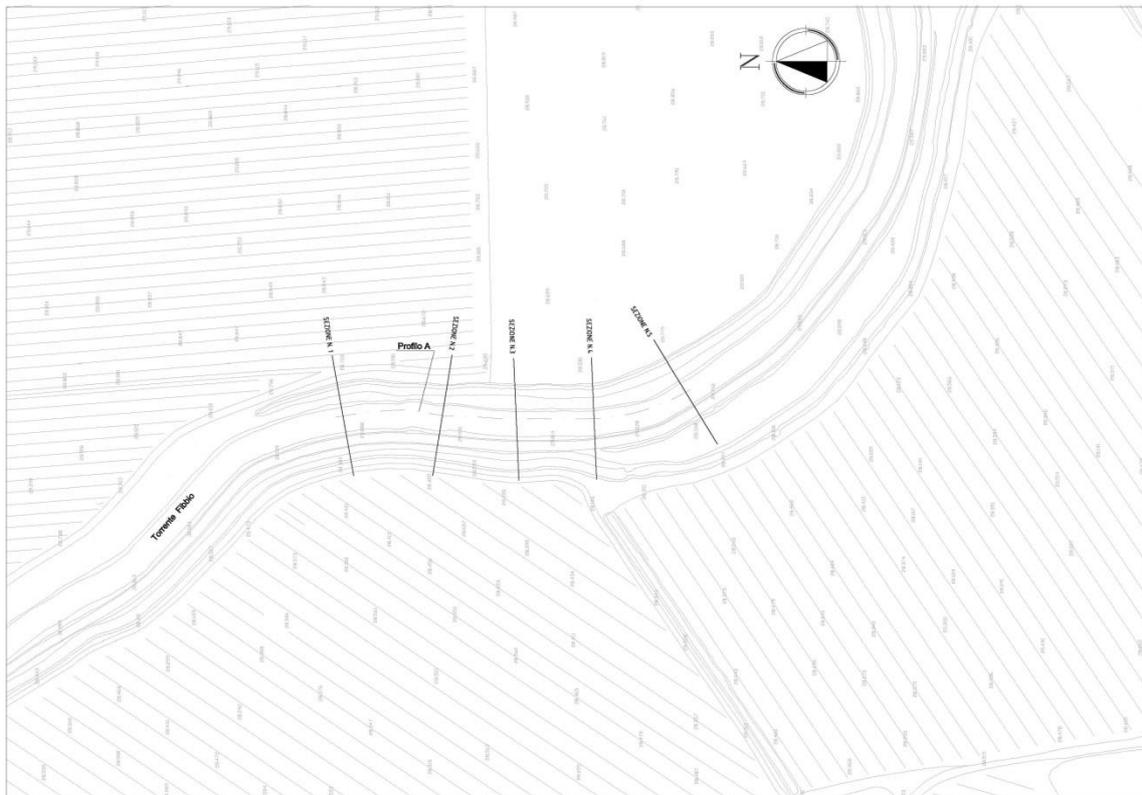


Figura 3 – Torrente Fibbio - Planimetria stato di fatto.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHVI01D0001A	.Pag 14 di 34

3.3.2 CONDIZIONI DI VERIFICA E SIMULAZIONI EFFETUATE

Le portate utilizzate nelle verifiche idrauliche sono le portate massime degli idrogrammi forniti dall'Autorità di Bacino del fiume Adige relativi alle elaborazioni eseguite per il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni. Gli idrogrammi considerati sono associati a tempi di ritorno pari a 30, 100 e 300 anni come indicato dalla Direttiva Quadro Alluvioni.

Le verifiche sono state effettuate considerando la portata pari a 171.114 m³/s relativa ad un tempo di ritorno Tr di 30 anni e la portata pari a 212.98 m³/s relativa ad un tempo di ritorno Tr di 100 anni. Come vedremo dai risultati sotto riportati, il torrente non è in grado di contenere queste portate. Per poter fare un confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto si è svolta la verifica con portata di 20.5 m³/s che azzerava il franco nella sezione di monte, tale sezione infatti presenta una quota dell'argine sinistro bassa rispetto alle quote dell'argine destro e delle sezioni più a valle, per questo la portata risulta avere un valore particolarmente modesto.

Come condizione al contorno di valle è stata considerata una pendenza della linea dell'energia pari a quella media del fondo.

Come scabrezze sono stati considerati valori, secondo la formulazione di Manning, pari a n=0.033 (alveo naturale con presenza di vegetazione). I coefficienti di contrazione ed espansione sono stati definiti rispettivamente pari a 0.1 e 0.3.

Si riporta di seguito lo schema planimetrico del modello HEC-RAS sviluppato con indicate le sezioni per le quali verranno presentati i risultati nel paragrafo successivo.

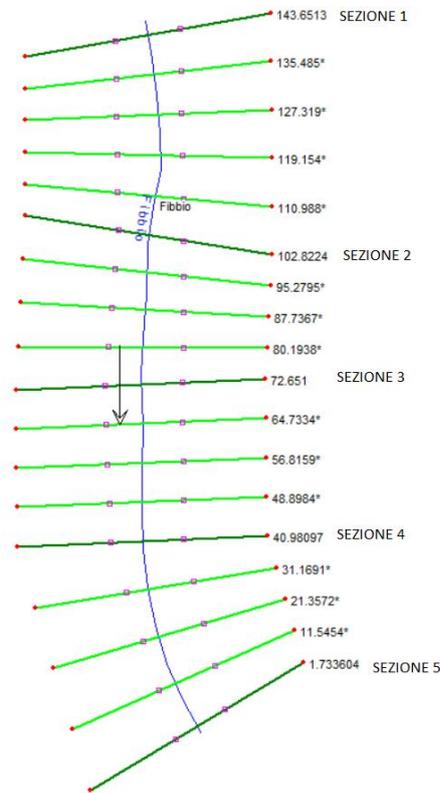


Figura 4 –Geometria in HEC-RAS dello stato di fatto, Torrente Fibbio.

Per determinare con accuratezza il gradiente di energia, necessaria per calcolare un valore attendibile delle perdite di attrito e di quelle di espansione e contrazione, è stato necessario incrementare in fase di calcolo le sezioni trasversali andando ad interpolare le sezioni importate.

3.3.2.1 SIMULAZIONE CON PORTATA DI 171,11 m³/s RELATIVA A TR 30 ANNI

La prima verifica è stata svolta a moto permanente considerando una portata pari a 171,11 m³/s relativa ad un tempo di ritorno di 30 anni.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

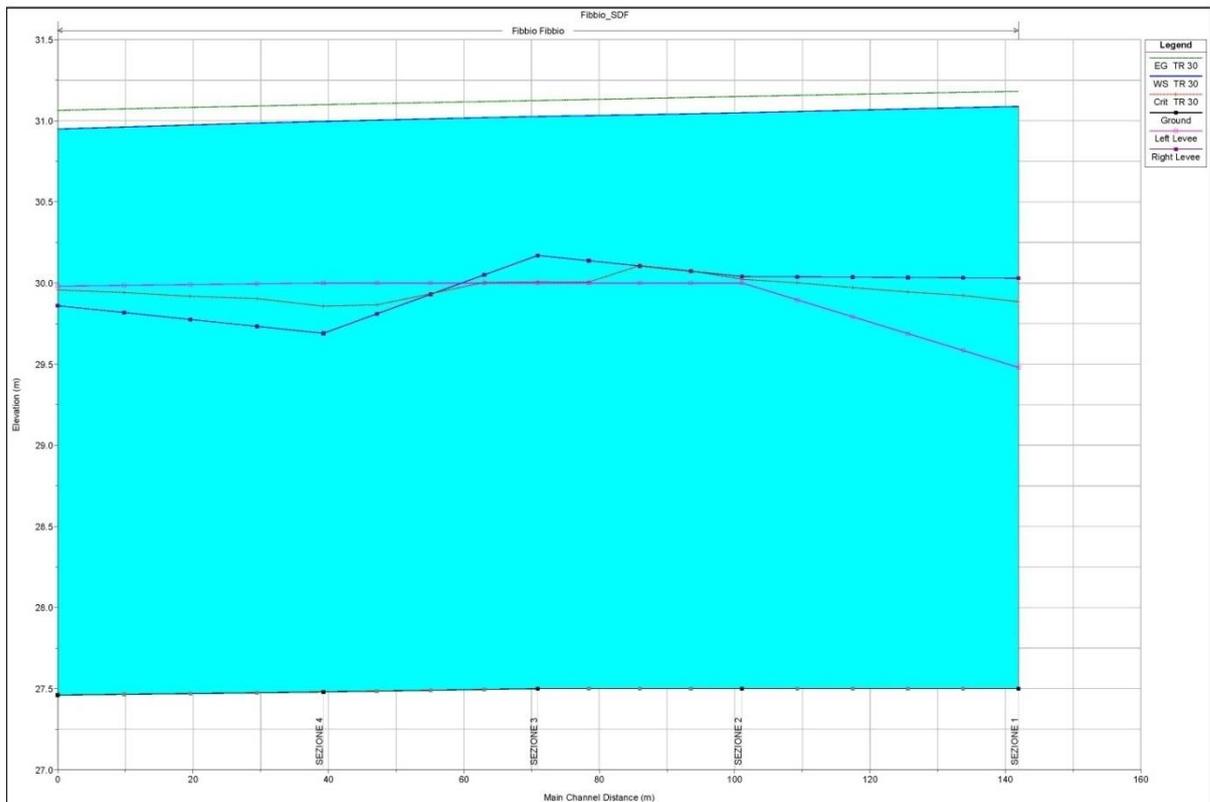


Figura 5 – Profilo dello stato di fatto, torrente Fabbio - $Q=171,11 \text{ m}^3/\text{s}$ TR30 anni.

I risultati di questa simulazione mostrano come nel tratto analizzato il torrente Fabbio risulta avere una sezione non adeguata per contenere tale valore di portata.

3.3.2.2 SIMULAZIONE CON PORTATA DI $212,98 \text{ m}^3/\text{s}$ RELATIVA A TR 100 ANNI

La verifica è stata svolta a moto permanente considerando una portata pari a $212,98 \text{ m}^3/\text{s}$ relativa ad un tempo di ritorno di 100 anni.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

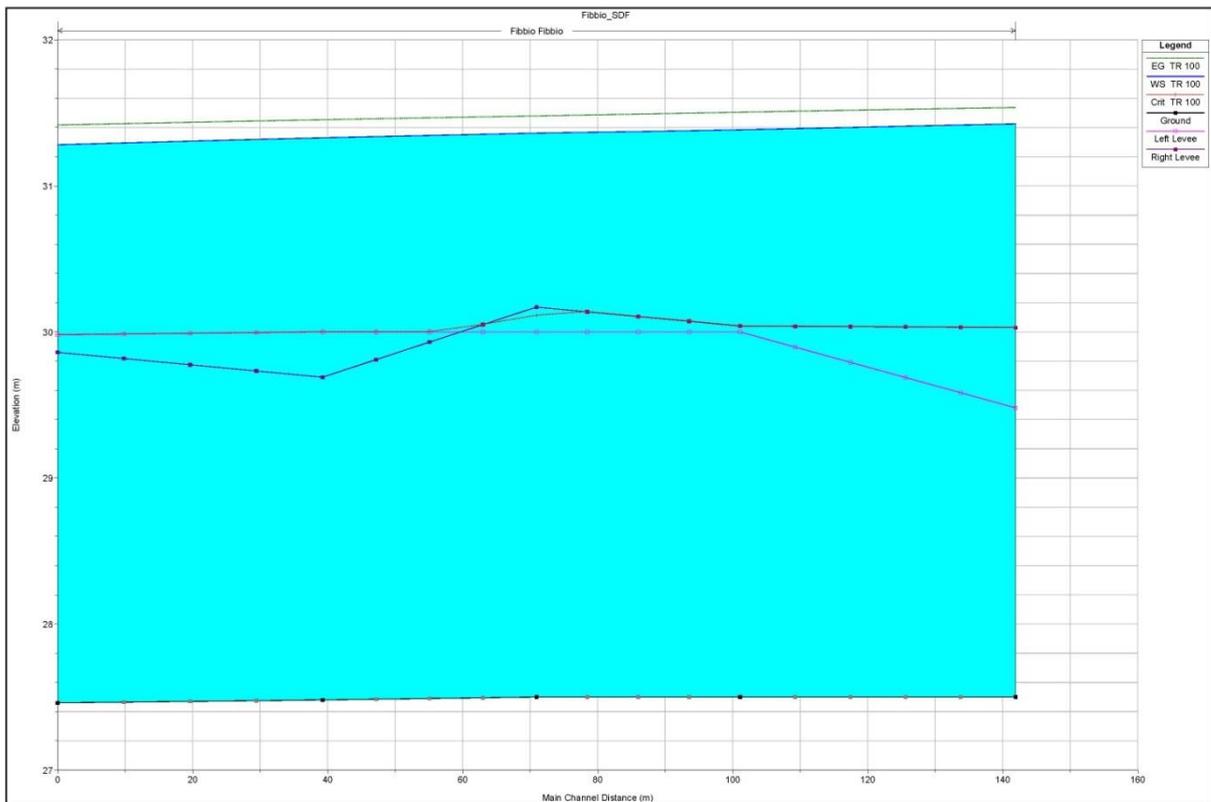


Figura 6 – Profilo dello stato di fatto, torrente Fabbio - $Q=212,98 \text{ m}^3/\text{s}$ TR100 anni.

I risultati di questa simulazione mostrano come nel tratto analizzato il torrente Fabbio risulta avere una sezione non adeguata per contenere tale valore di portata.

3.3.2.3 ANNULLAMENTO DEL FRANCO RISPETTO ALLA SOMMITA' ARGINALE DI MONTE - PORTATA PARI A $20,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Alla luce dei risultati ottenuti nelle verifiche riportate nei paragrafi precedenti, che sono state effettuate considerando le portate relative a tempi di ritorno di 30 e 100 anni; risulta necessario, per poter fare un confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto, considerare una portata tale da annullare il franco nella sezione di monte e non provocare esondazioni lungo il tratto analizzato. Tale portata è risultata essere pari a $20.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

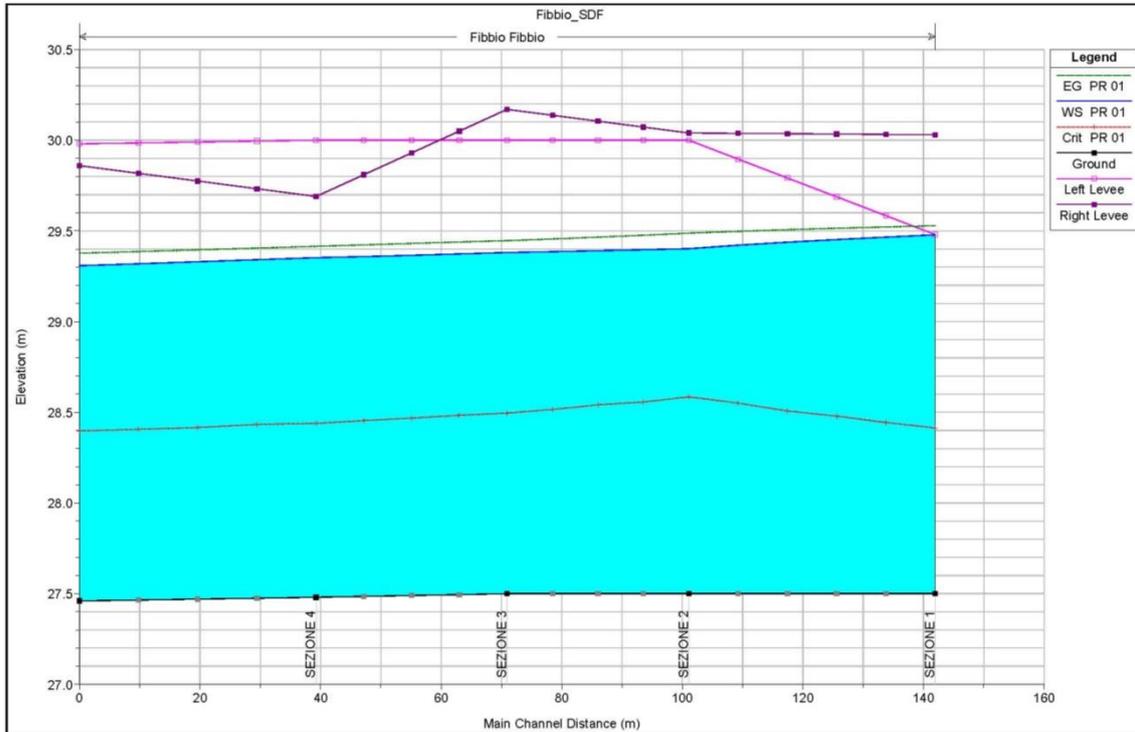


Figura 7 – Profilo dello stato di fatto, Torrente Fibbioa - $Q=20,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati ottenuti:

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m^3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m^2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Fibbio	143.6513	PR 01	20.50	27.50	29.48	28.41	29.53	0.000879	1.00	20.59	16.10	0.28
Fibbio	102.8224	PR 01	20.50	27.50	29.40	28.59	29.49	0.001328	1.30	15.83	11.38	0.35
Fibbio	72.651	PR 01	20.50	27.50	29.38	28.50	29.45	0.000978	1.14	18.05	12.73	0.30
Fibbio	40.98097	PR 01	20.50	27.48	29.35	28.44	29.41	0.000925	1.11	18.51	12.67	0.29
Fibbio	1.733604	PR 01	20.50	27.46	29.31	28.40	29.38	0.001001	1.16	17.63	11.44	0.30

Figura 8 – Tabella riassuntiva dei risultati dello stato di fatto, Torrente Fibbio - $Q=20,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

In allegato si riportano i risultati sulle sezioni principali.

3.4 STATO DI PROGETTO

3.4.1 ASSETTO GEOMETRICO DI PROGETTO

L'attraversamento del Torrente Fibbio, da parte della linea di progetto, avviene con un viadotto in affiancamento al corso d'acqua di sviluppo complessivo pari a 2394,00 m composto da 93 campate da 25,00m. Lo scavalco dell'alveo inciso avviene mediante un ponte a due campate di luce pari a 34,5m. Nessuna pila cade all'interno dell'alveo e quindi la verifica idraulica viene effettuata tralasciando la presenza del ponte.

In fase di progetto è previsto il rivestimento delle sezioni a cavallo dell'attraversamento per una lunghezza di 25m con calcestruzzo e pietrame. Di seguito si riporta la planimetria dello stato di progetto del tratto di torrente modellato e la sezione tipologica applicata nel tratto oggetto di rivestimento.

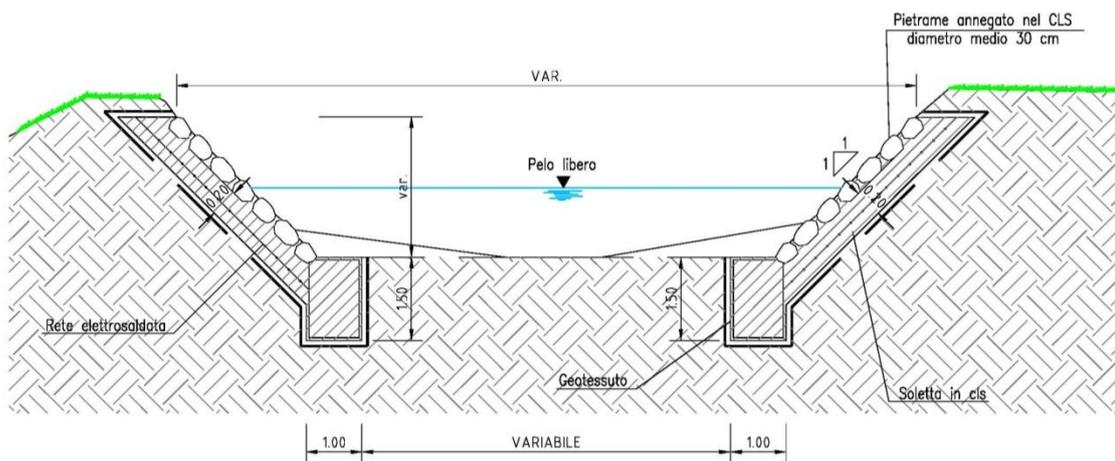


Figura 9 – Torrente Fibbio - Sezione tipologica rivestita in calcestruzzo e pietrame.

3.4.2 COSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA

Per la simulazione dello stato di progetto si è costruito il modello del terreno a partire dal rilievo effettuato e inserendo su questo le sezioni di progetto.

Attraverso il programma HecGeoRas si è ricostruita la geometria del modello individuando le sezioni principali; si è quindi importata la geometria in ambiente HEC e si sono inseriti i dati caratteristici del modello.

Di seguito si riporta la planimetria del tratto di torrente modellato:

STRALCIO PLANIMETRICO
STATO DI PROGETTO



Figura 10 – Torrente Fibbio - Planimetria stato di progetto.

3.4.3 CONDIZIONI DI VERIFICA

Le portate utilizzate nelle verifiche idrauliche sono le portate massime degli idrogrammi forniti dall'Autorità di Bacino del fiume Adige relativi alle elaborazioni eseguite per il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni. Gli idrogrammi considerati sono associati a tempi di ritorno pari a 30, 100 e 300 anni come indicato dalla Direttiva Quadro Alluvioni.

Le verifiche sono state effettuate considerando la portata pari a 171.114 m³/s relativa ad un tempo di ritorno Tr di 30 anni e la portata pari a 212.98 m³/s relativa ad un tempo di ritorno Tr di 100 anni già utilizzate per la verifica dello stato di fatto. Anche nello stato di progetto, che prevede il rivestimento del fondo e delle sponde per un tratto a cavallo dell'intersezione, il torrente non è in grado di contenere tali portate. Per

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHVI01D0001A	.Pag 21 di 34

poter fare un confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto si è svolta la verifica con portata di 20.5 m³/s che azzerava il franco nella sezione di monte..

Come condizione al contorno di valle è stata considerata una pendenza della linea dell'energia pari a quella media del fondo.

Come scabrezze sono stati considerati valori, secondo la formulazione di Manning, pari a n=0.033 (alveo naturale con presenza di vegetazione) e un valore pari a n=0.02 (sezione rivestita con calcestruzzo e pietrame). I coefficienti di contrazione ed espansione sono stati definiti rispettivamente pari a 0.1 e 0.3.

Si riporta di seguito lo schema planimetrico del modello HEC-RAS sviluppato con indicate le sezioni per le quali verranno presentati i risultati nel paragrafo successivo e la localizzazione del tratto che verrà rivestito.

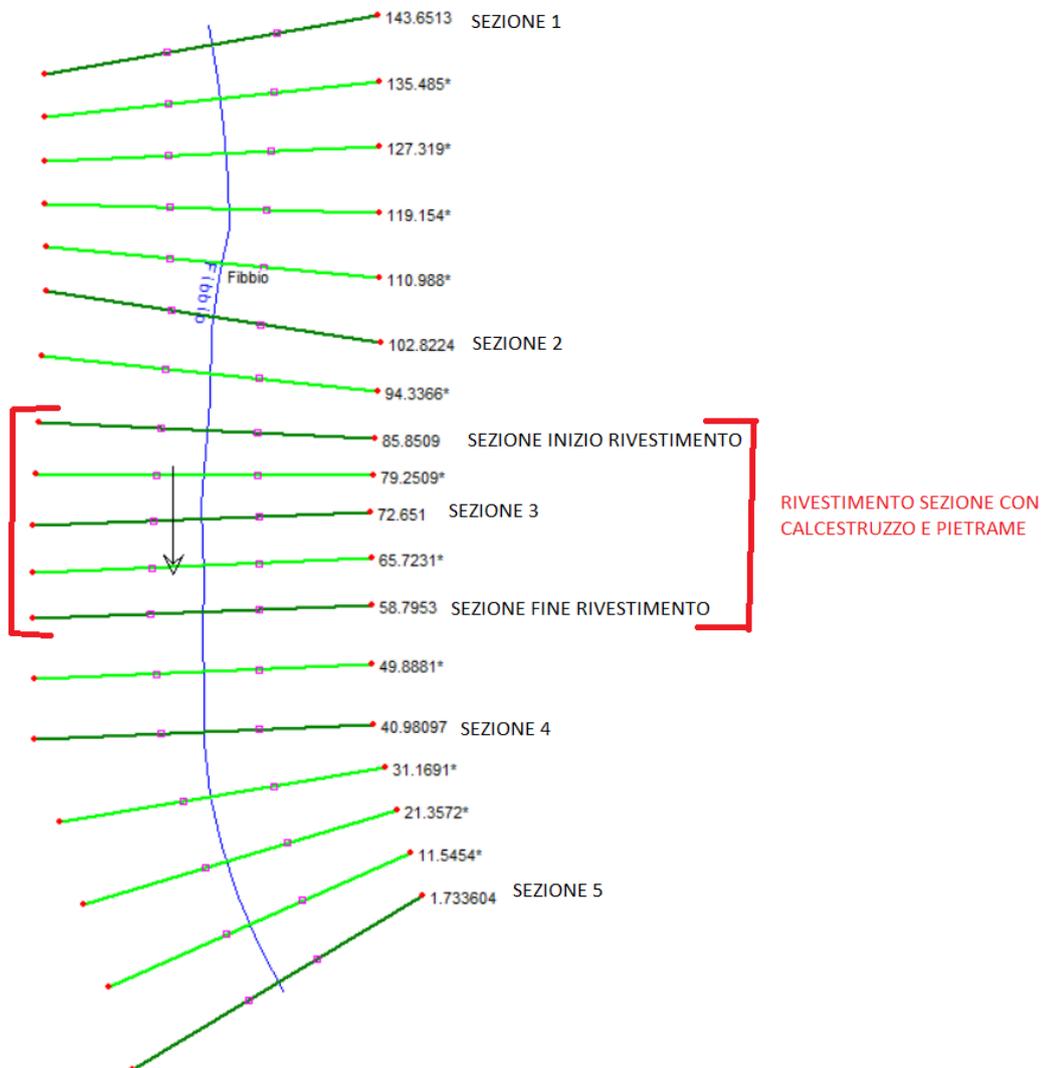


Figura 11 –Geometria in HEC-RAS dello stato di progetto, Torrente Fabbio

Per determinare con accuratezza il gradiente di energia, necessaria per calcolare un valore attendibile delle perdite di attrito e di quelle di espansione e contrazione, è stato necessario incrementare in fase di calcolo le sezioni trasversali andando ad interpolare le sezioni importate.

3.4.3.1 SIMULAZIONE CON PORTATA DI 171,11 m³/s RELATIVA A TR 30 ANNI

La prima verifica è stata svolta a moto permanente considerando una portata pari a 171,11 m³/s relativa ad un tempo di ritorno di 30 anni.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

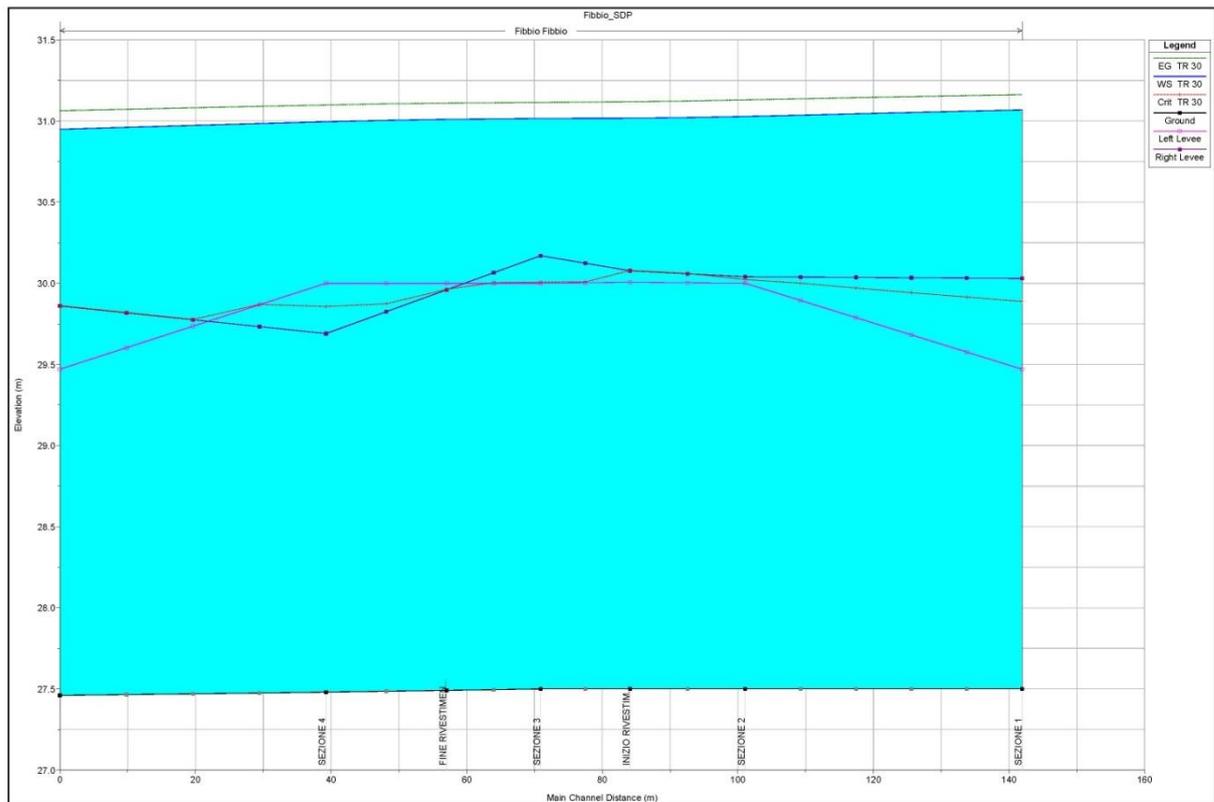


Figura 12 – Profilo dello stato di progetto, torrente Fibbio - $Q=171,11 \text{ m}^3/\text{s}$ TR30 anni.

I risultati di questa simulazione mostrano come nel tratto analizzato il torrente Fibbio risulta avere una sezione non adeguata per contenere tale valore di portata.

3.4.3.2 SIMULAZIONE CON PORTATA DI $212,98 \text{ m}^3/\text{s}$ RELATIVA A TR 100 ANNI

La verifica è stata svolta a moto permanente considerando una portata pari a $212,98 \text{ m}^3/\text{s}$ relativa ad un tempo di ritorno di 100 anni.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

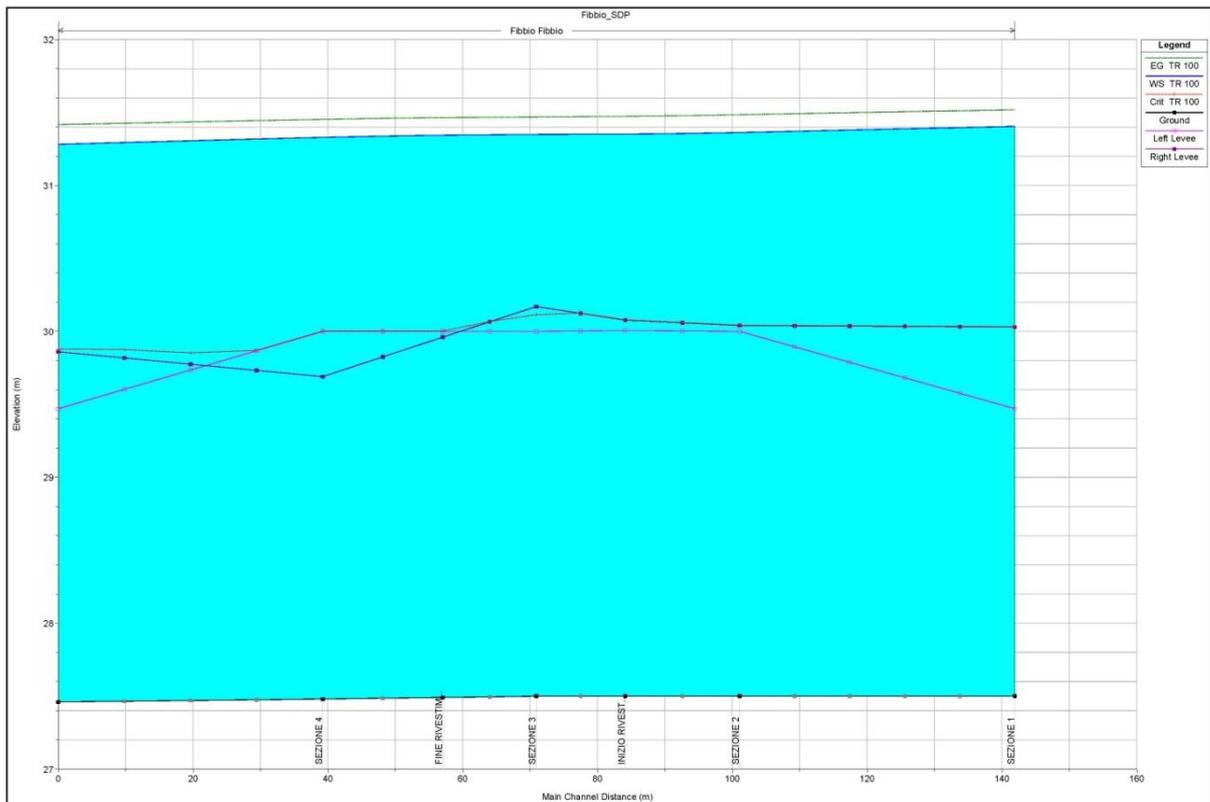


Figura 13 – Profilo dello stato di progetto, torrente Fibbio - $Q=212,98 \text{ m}^3/\text{s}$ TR100 anni.

I risultati di questa simulazione mostrano come nel tratto analizzato il torrente Fibbio risulta avere una sezione non adeguata per contenere tale valore di portata.

3.4.3.3 ANNULLAMENTO DEL FRANCO RISPETTO ALLA SOMMITA' ARGINALE DI MONTE - PORTATA PARI A $20,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Alla luce dei risultati ottenuti nelle verifiche riportate nei paragrafi precedenti, che sono state effettuate considerando le portate relative a tempi di ritorno di 30 e 100 anni, risulta necessario, per poter fare un confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto, considerare una portata tale da annullare il franco nella sezione di monte e non provocare esondazioni lungo il tratto analizzato. Tale portata è risultata essere pari a $20.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

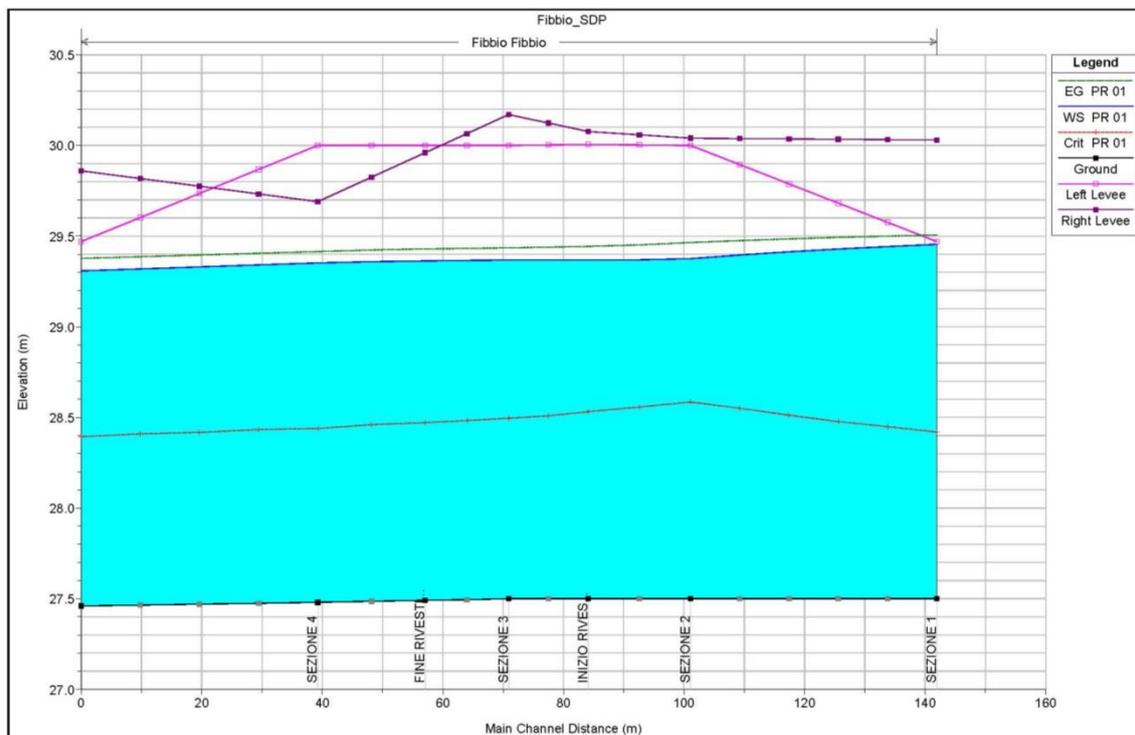


Figura 14 – Profilo dello stato di progetto, Torrente Fibbio - $Q=20,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati ottenuti:

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Fibbio	143.6513	PR 01	20.50	27.50	29.45	28.42	29.51	0.000814	1.01	20.22	14.40	0.27
Fibbio	102.8224	PR 01	20.50	27.50	29.38	28.59	29.46	0.001403	1.32	15.53	11.31	0.36
Fibbio	85.8509	PR 01	20.50	27.50	29.37	28.53	29.44	0.000427	1.22	16.80	12.08	0.33
Fibbio	72.651	PR 01	20.50	27.50	29.37	28.50	29.44	0.000369	1.15	17.89	12.71	0.31
Fibbio	58.7953	PR 01	20.50	27.49	29.36	28.47	29.43	0.000369	1.14	18.03	12.89	0.31
Fibbio	40.98097	PR 01	20.50	27.48	29.35	28.44	29.41	0.000925	1.11	18.51	12.67	0.29
Fibbio	1.733604	PR 01	20.50	27.46	29.31	28.39	29.38	0.001002	1.16	17.63	11.44	0.30

Figura 15 – Tabella riassuntiva dei risultati dello stato di progetto, Torrente Fibbio - $Q=20,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

In allegato si riportano i risultati sulle sezioni principali.

4 CONCLUSIONI

Lo stato di fatto si differenzia dallo stato di progetto solamente per la realizzazione del rivestimento delle sezioni con calcestruzzo e pietrame per un tratto di lunghezza pari a 25 m a cavallo dell'attraversamento della linea ferroviaria di progetto. Dal confronto delle simulazioni svolte dello stato di fatto e dello stato di progetto si può notare come

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHVI01D0001A	.Pag 26 di 34

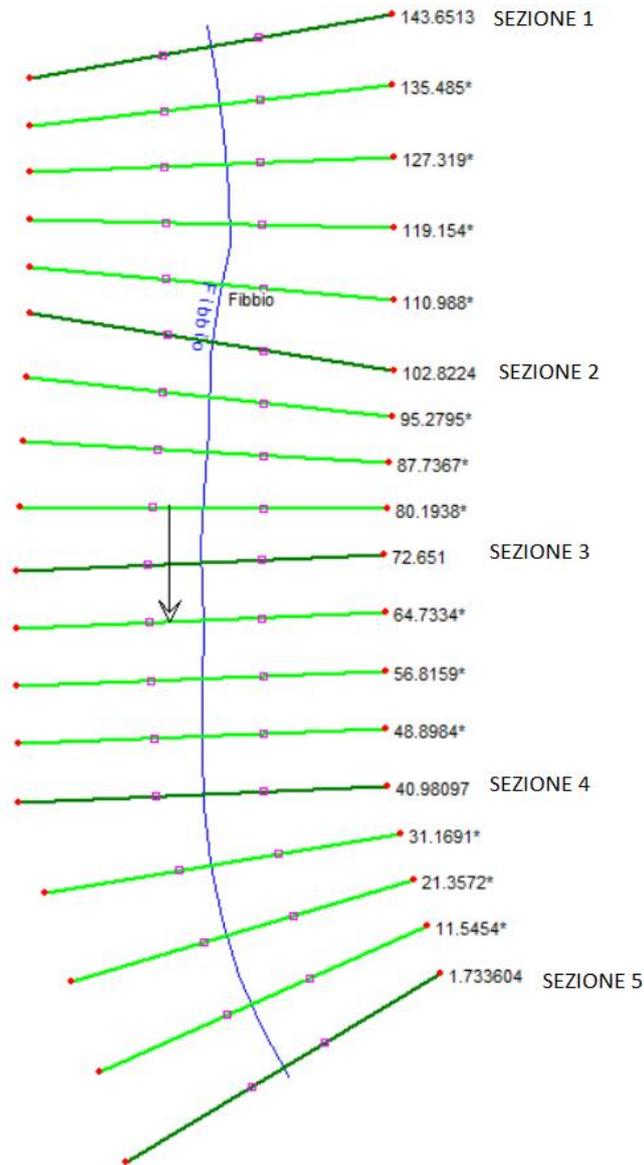
i risultati siano praticamente gli stessi, si può notare solamente un leggero miglioramento delle condizioni di deflusso nella condizione di progetto dovuta alla diminuzione di scabrezza nelle sezioni rivestite.

ALLEGATO - Risultati simulazioni modello HEC-RAS

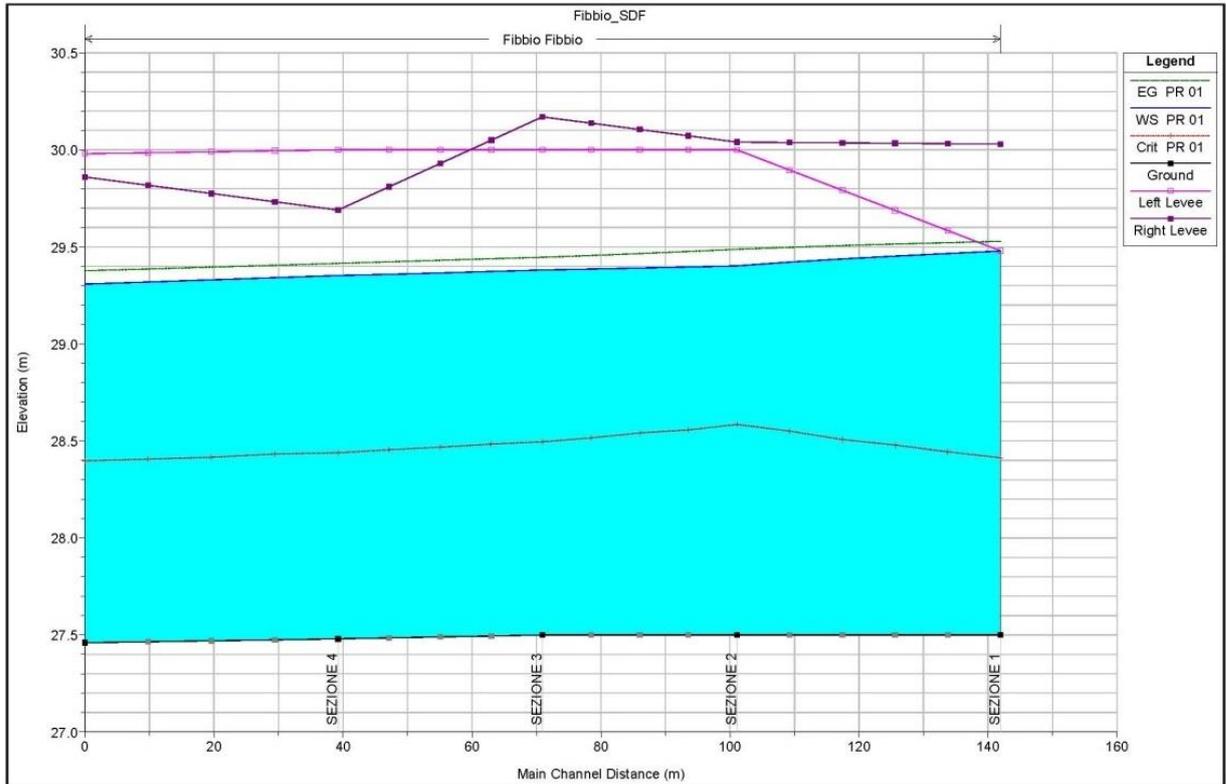
STATO DI FATTO

PORTATA Q=20,5 m³/s

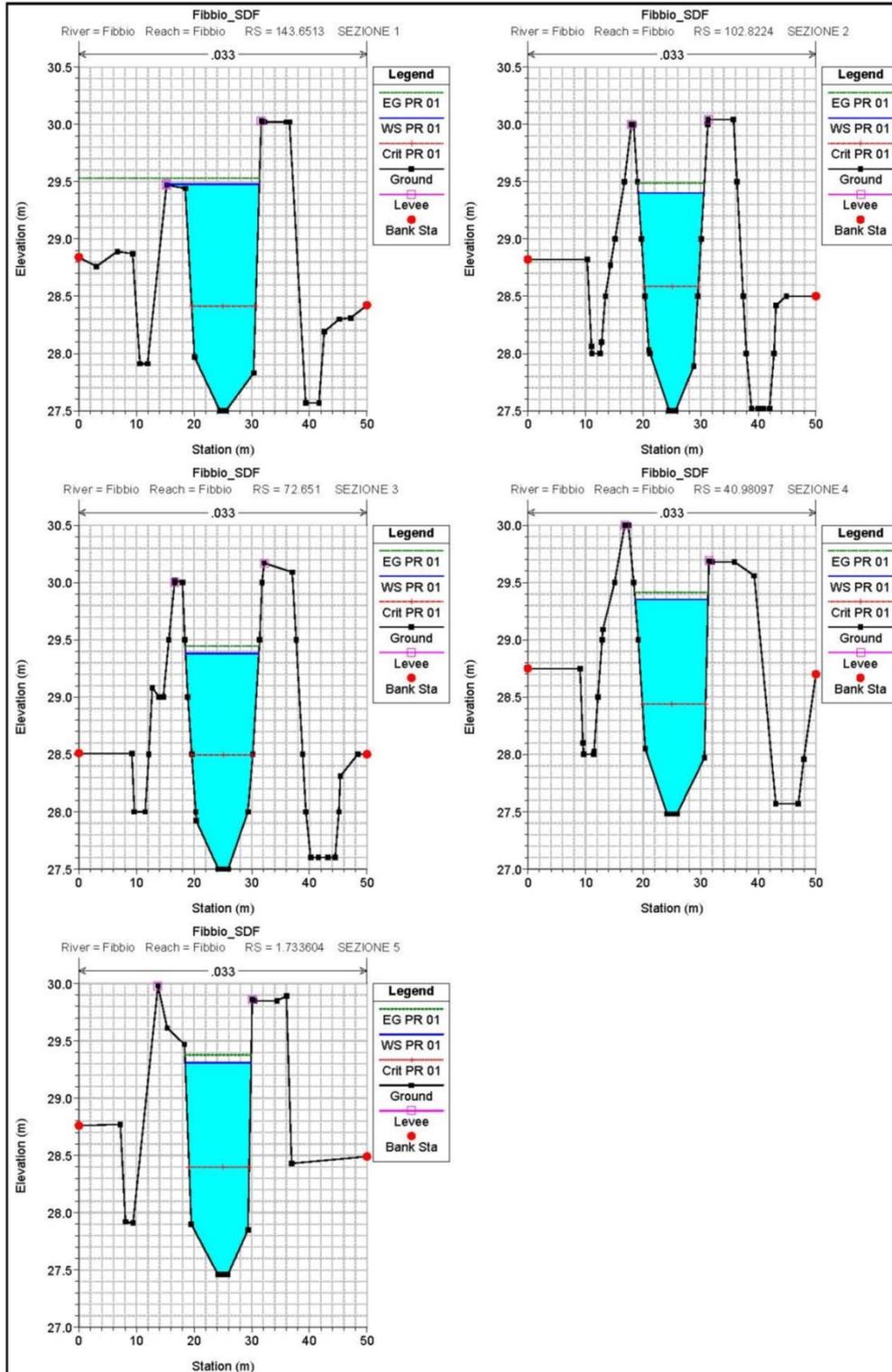
Planimetria modello HEC:



Profilo modello HEC:



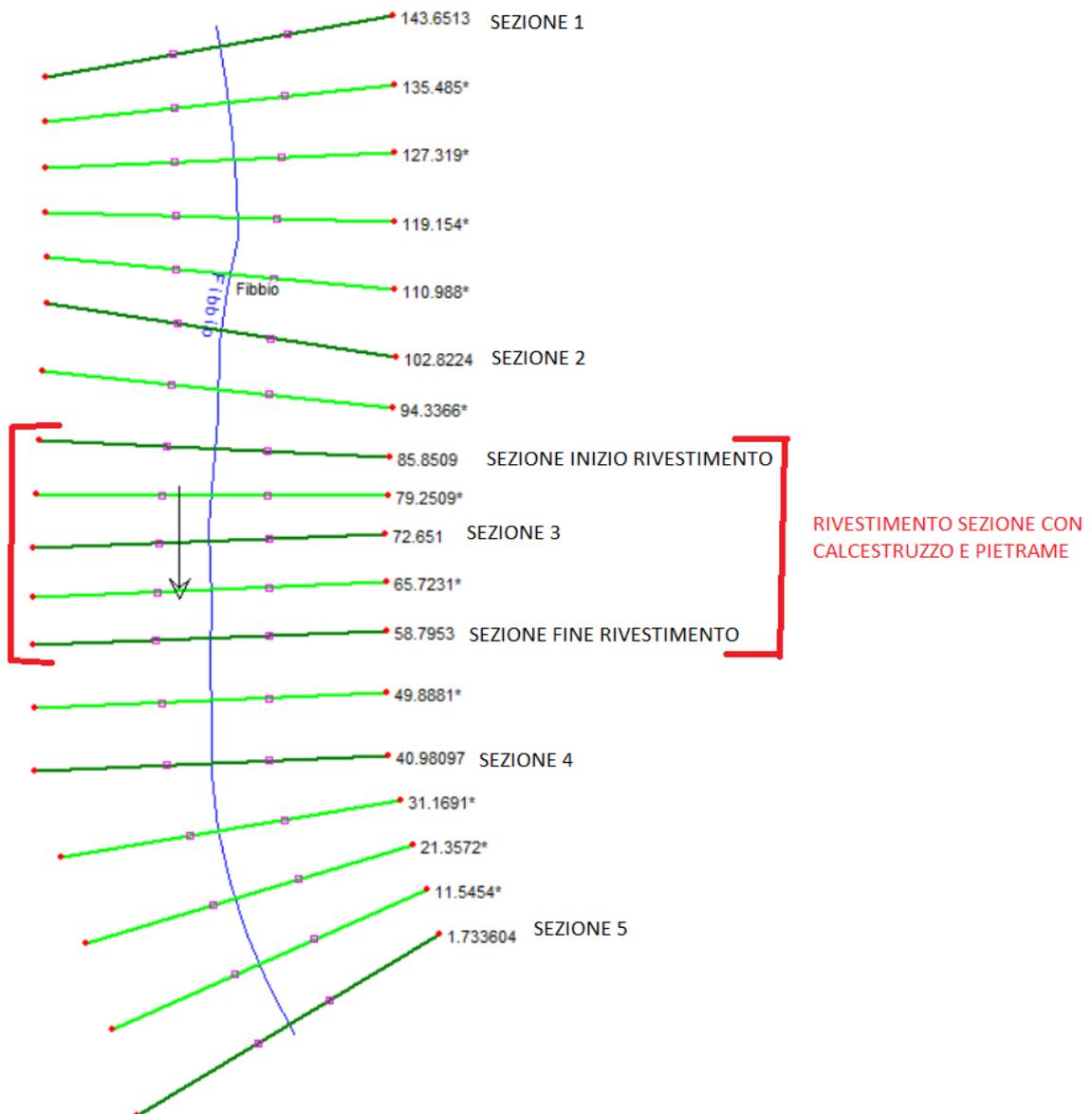
Sezioni modello HEC:



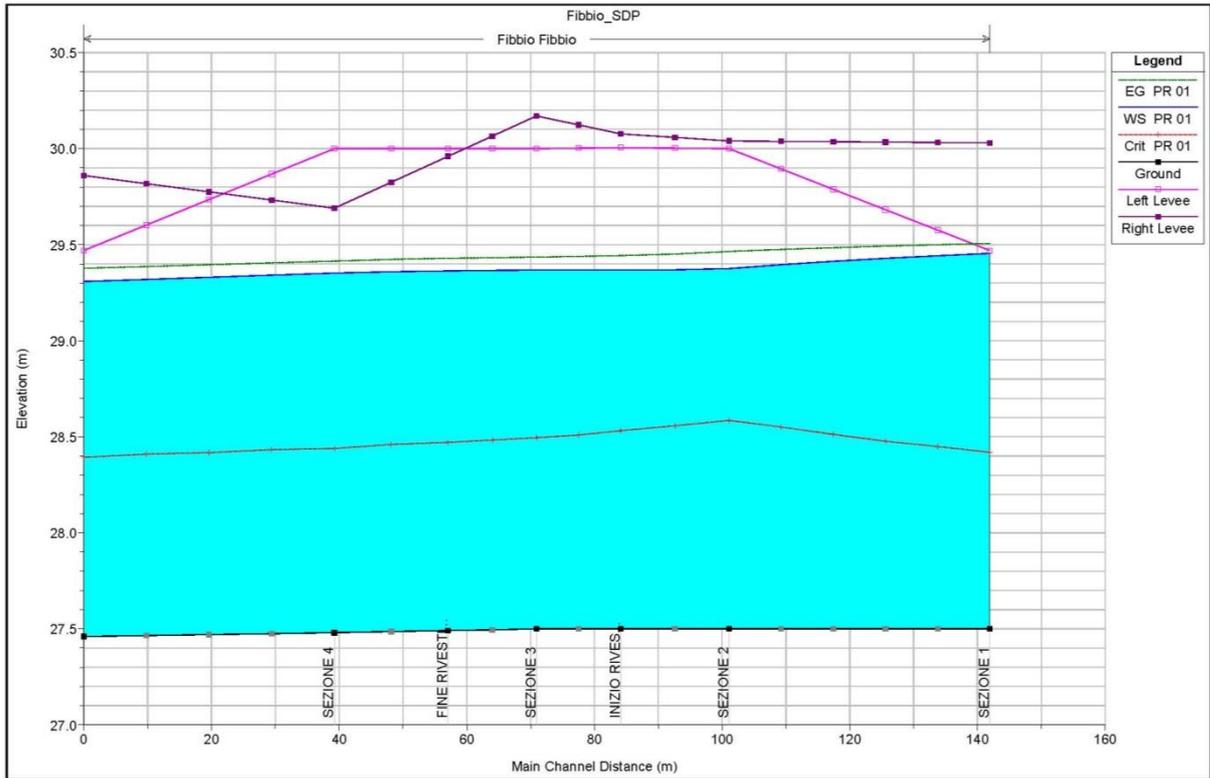
STATO DI PROGETTO

PORTATA Q=20,5 m³/s

Planimetria modello HEC:



Profilo modello HEC:



Sezioni modello HEC:

