



Certificato n° 1379

Comune di Monterosso Grana

Lavori di MANUTENZIONE STRAORDINARIA IMPIANTO DI DEPURAZIONE IN COMUNE DI MONTEROSSO GRANA Codice progetto: UM00020

Livello di progettazione:

PROGETTO DEFINITIVO

Oggetto elaborato:

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

Progetto:



Sede Legale: Corso Nizza 88 - 12100 Cuneo
Tel. 800.194.065 - fax 0171.326710
Partita IVA: 02468770041
Capitale sociale € 5.000.000
e-mail: acda@acda.it

Progettazione:

FERRARI, GIRAUDDO E ASSOCIATI s.r.l. STP
Corso Nizza, 67/A - 12100 - Cuneo
P. IVA: 02126240049

Responsabile Unico del Procedimento
(Ordine Ingegneri di Cuneo n° A01886)

Ing. Fabio Monaco

COMMESSA	Livello di progetto	Categoria di progetto	Tipo di elaborato	N. elaborato	REV.	DATA	SCALA / E
UM00020	PD	GE	TX	01.C		10/03/2023	

REV.	Descrizione:	DATA:	Redatto da:	Verificato da:	Approvato da:
	Emissione per consegna P.D.	10/03/23	Ing. S. Ferrari	Geom. F. Ghio	Ing. F. Monaco
	Emissione per integrazioni C.d.S.	24/09/24	Ing. S. Ferrari	Geom. F. Ghio	Ing. F. Monaco

Premessa	2
Stima delle portate di piena del Torrente Grana	3
La morfologia del bacino.....	3
Pioggia di progetto	4
Ricostruzione afflussi-deflussi.....	4
Gli afflussi	5
Le perdite.....	5
Trasformazione afflussi-deflussi: idrogramma unitario S.C.S.	7
Risultati del modello S.C.S.	9
Il metodo razionale.....	10
Definizione delle portate di progetto.....	11
Modellazione idraulica in moto permanente	14
Condizioni al contorno.....	14
Coefficienti di scabrezza	15
Scenari di riferimento.....	15
Risultati	16
Conclusioni	17
Allegati	24

Premessa

La presente relazione analizza le condizioni di deflusso del Torrente Grana in corrispondenza dell'area in cui sorge l'impianto di depurazione a servizio del concentrico di Monterosso Grana di cui si prevede, nell'ambito del presente progetto, una manutenzione straordinaria con la sostituzione ed il potenziamento delle fosse per il trattamento primario dei reflui.

Nell'ambito delle opere in progetto è inoltre previsto il consolidamento e la difesa della sponda destra dell'alveo inciso del Torrente Grana, in modo da fissare lungo il limite demaniale la sponda del corso d'acqua ed evitare che si possano manifestare dei fenomeni erosivi con l'arretramento del ciglio.

Per quanto attiene le verifiche idrauliche sono state quindi stimate, a seguito di un'analisi idrologica, le portate con tempi di ritorno di 20, 100 e 200 anni (Q20, Q100 e Q200), prese come riferimento per definire le condizioni di pericolosità. Si sono quindi stimate le condizioni di deflusso di dette portate adottando un modello idraulico monodimensionale, valevole per la situazione attuale, ed uno per la geometria di progetto in cui sono state inserite le opere di difesa spondale.

Stima delle portate di piena del Torrente Grana

Ai fini di un corretto dimensionamento idraulico delle opere di difesa spondale si è cautelativamente effettuata una stima idrologica delle portate di piena nella sezione posta in corrispondenza del ponte sul Torrente Grana della Strada Provinciale n. 23, che è situato circa un chilometro più a valle dell'area di intervento.

La stima idrologica è stata quindi redatta facendo ricorso alla modellazione afflussi-deflussi ed al metodo razionale. Vengono ora illustrati i parametri morfologici e meteorologici comuni ad entrambe le elaborazioni.

La morfologia del bacino

Dalla Carta Tecnica Regionale si è ricavato lo schema della rete idrografica del Torrente Grana e dei suoi affluenti. Le caratteristiche principali della morfologia del bacino, chiuso alla quota di 700 m s.l.m., presso il ponte sul Torrente Grana della Strada Provinciale n. 23, sono illustrate nella seguente Tabella 1.

Bacino	T. Grana
Superficie (km ²)	116
L versante (m)	470
q max (m s.l.m.)	2515
q min (m.s.l.m.)	2300
Pendenza versante	46%
L asta (m)	23600
q max (m s.l.m.)	2300
q min (m s.l.m.)	700
Pendenza asta	6,8%
Altezza media del bacino (m s.l.m.)	1481,75

Tabella 1 –Dati morfologici del Torrente Grana alla sezione di chiusura presso il ponte della Strada Provinciale n. 23.

Pioggia di progetto

Il bacino è posizionato, rispetto alla modellazione adottata dalla Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, in corrispondenza della cella AC141. Da questa si derivano le curve di possibilità pluviometrica, legate ai tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, e rispettivamente:

$$h = 32,01 t^{0,41}$$

$$h = 40,81 t^{0,41}$$

$$h = 44,58 t^{0,41}$$

$$h = 49,53 t^{0,40}$$

Se ne derivano le seguenti precipitazioni, per assegnata durata:

AC 141	TR 20	TR 100	TR 200	TR 500
a	32,01	40,81	44,58	49,53
n	0,41	0,41	0,41	0,4
5 minuti	11,47	14,84	16,3	18,2
15 minuti	18,06	23,21	25,43	28,33
30 minuti	24,04	30,78	33,67	37,46
1 ora	32,01	40,81	44,58	49,53
2 ore	42,62	54,11	59,03	65,49
3 ore	50,39	63,82	69,56	77,12
6 ore	67,09	84,62	92,11	101,97
12 ore	89,33	112,2	121,96	134,83
24 ore	118,94	148,77	161,48	178,28
48 ore	158,36	197,26	213,82	235,73

Tabella 2 - Altezze di pioggia (in mm) per assegnati tempi di durata.

Ricostruzione afflussi-deflussi

Il modello applicato stima la formazione del deflusso diretto nel bacino sottraendo all'apporto meteorico la perdita iniziale per intercettazione più la perdita per piccoli invasi, e la successiva perdita per infiltrazione.

Il deflusso efficace viene quindi trasformato in idrogramma di portate mediante l'operazione di

circonvoluzione con un idrogramma unitario. Si è disposto di un idrogramma sintetico derivato dallo schema S.C.S. Di seguito si illustrano le componenti del modello.

Gli afflussi

L'afflusso meteorico di progetto è stato studiato facendo riferimento alle piogge di progetto sopra riportate, utilizzando modelli di ietogramma a precipitazione costante di durata variabile da 1 a 6 ore.

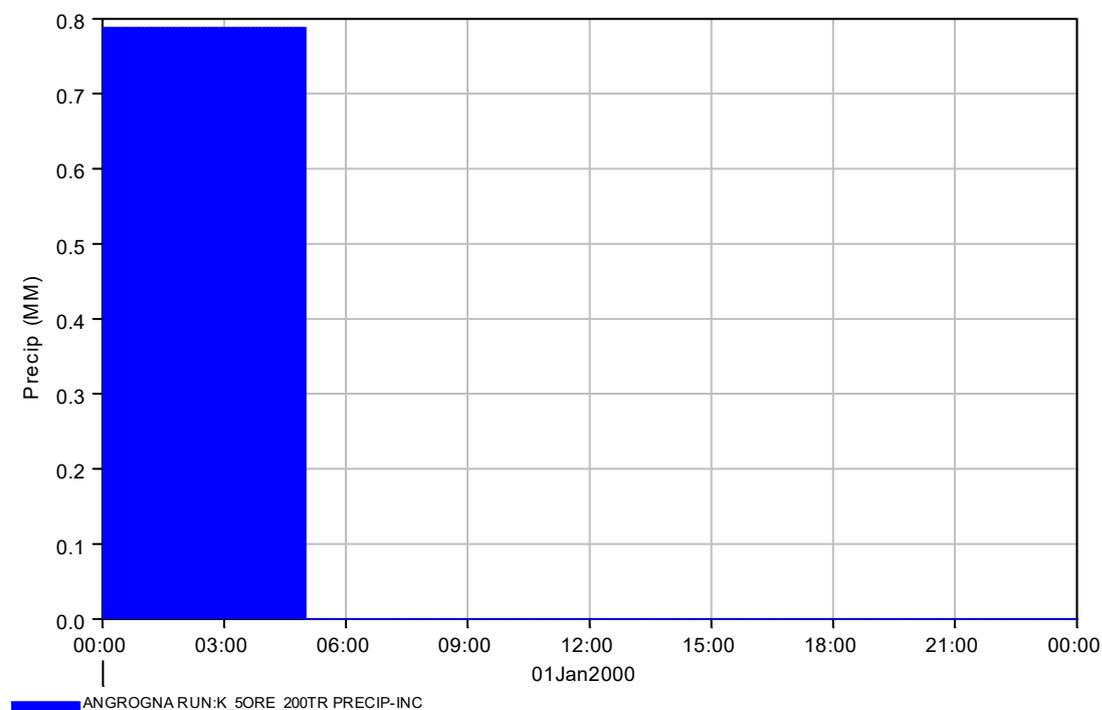


Figura 1 - Esempio di ietogramma a intensità di precipitazione costante.

Le perdite

Le perdite iniziali sono dovute all'intercettazione fogliare ed ai piccoli invasi. Nel modello tale volume si è stimato essere pari a circa 25 mm. Per modellare le successive perdite per infiltrazione sulla precipitazione totale nel caso in studio si è adottato il metodo noto come C.N., ovvero "Curve

Number”, elaborato dal Soil Conservation Center del Dipartimento U.S. dell’Agricoltura. Il metodo è particolarmente interessante per valutare l’impatto idrologico delle alterazioni di uso del suolo, in quanto è basato su di una parametrizzazione anche qualitativa e pedologica piuttosto adattabile alle diverse condizioni.

Il metodo richiede in primo luogo la definizione delle caratteristiche di assorbimento iniziale del suolo, fondamentali per la stima delle perdite per infiltrazione. Nel lavoro si è fatto riferimento alla classe II relativa a condizioni di suolo medie, esprimenti il parametro CN II. Queste comportano una precipitazione nei 5 giorni antecedenti compresa tra 13 e 28 mm nella stagione di riposo vegetativo. Si è adottato come coefficiente di assorbimento iniziale il valore di 0.2, suggerito dallo stesso S.C.S. e di consueto adottato in assenza di altre informazioni.

Il metodo richiede quindi la definizione del tipo idrologico di suolo, che si è individuato, note le caratteristiche geopedologiche dei versanti del bacino drenato, nell’ambito dei tipi tra A e B, caratterizzati da terricci di tipo marnoso e sabbioso, tra i bassi versanti molto permeabili ed i suoli a maggiore quota, caratterizzati da spessori modesti e dunque con minore capacità di ritenzione. Per questi tipi di suolo il valore del parametro CN II, in funzione dell’uso del suolo, varia da 30 a 79. Ai fini del presente calcolo si è scelto di usare un valore di 67, che rappresenta la media tra i valori di CN per le superfici boschive in mediocri condizioni e per le superfici a prato che si trovano all’interno del bacino.

Tale parametro consente di stimare la massima ritenzione potenziale del suolo, indicata come V :

$$V = V_0 \cdot \left(\frac{100}{CNI} - I \right)$$

dove: V_0 è una costante di scala pari a 254 mm, mentre I è il volume precipitato, ovvero l’afflusso.

Se P è il volume di deflusso superficiale, ovvero il ruscellamento cumulato, F il volume infiltrato, I_a la quota persa per assorbimento iniziale dal volume precipitato, l'equazione di stima delle perdite è la seguente:

$$\frac{P}{V} = \frac{P}{I + I_a}$$

che combinata con l'equazione di conservazione della massa $F = I + I_a - P$ conduce all'espressione:

$$P = \frac{(I - I_a)^2}{I - I_a + V}$$

che consente, nota la serie di precipitazioni totali, di derivare le precipitazioni efficaci.

Trasformazione afflussi-deflussi: idrogramma unitario S.C.S.

In ogni bacino la trasformazione afflussi-deflussi è simulata mediante una convoluzione delle piogge sull'idrogramma unitario istantaneo di tipo S.C.S.

La curva d'onda è caratterizzata da un valore del tempo di picco legato alla stima del tempo di ritardo del bacino (t_{lag}). Il modello di idrogramma unitario S.C.S. è costituito da un idrogramma unimodale, quale quello mostrato nella seguente figura.

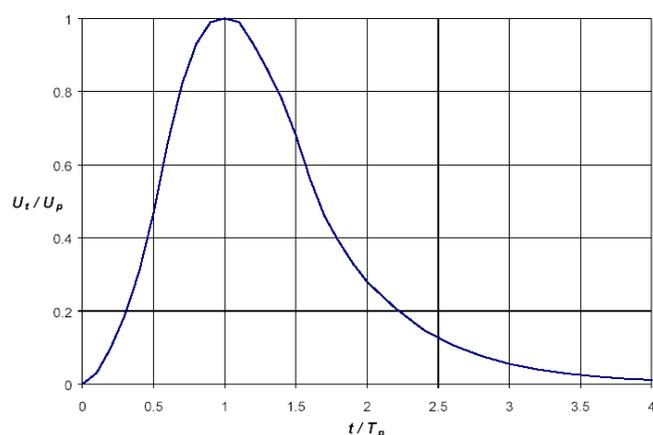


Figura 2 – Idrogramma unitario adimensionale S.C.S.

Secondo il metodo il valore di picco U_P ed il tempo in cui questo si verifica T_P , sono legati dalla relazione:

$$U_P = C \cdot \frac{A}{T_P}$$

dove A è la superficie drenata e C un fattore di conversione (2.08 nel S.I.).

Il tempo di picco è inoltre legato alla unità di tempo assunta come base di rappresentazione della precipitazione efficace dalla relazione:

$$T_P = \frac{Dt}{2} + t_{lag}$$

dove Dt è l'intervallo di tempo adottato come base di rappresentazione della precipitazione efficace e t_{lag} è invece il tempo di "ritardo" del bacino, espresso come differenza tra il centro di massa della rappresentazione geometrica della pioggia efficace ed il picco dell'idrogramma unitario.

La stima del tempo di "ritardo" t_{lag} può farsi, secondo lo stesso S.C.S., con riferimento al tempo di concentrazione del bacino, tramite la relazione:

$$t_{lag} = 0.6 \cdot t_c$$

Il tempo di concentrazione t_c va qui inteso come un parametro fisico computabile come il più lungo tra i tempi di trasporto della precipitazione caduta sino alla sezione di chiusura del bacino. Per i bacini in cui il deflusso si articola prevalentemente in alveo dopo un breve tratto di deflusso superficiale e ruscellato su versante, si può ricorrere alla nota formula di Tournon con i coefficienti

determinati da Merlo (1973) per i corsi d'acqua delle Alpi piemontesi, che fornisce il tempo di corrivazione in ore:

$$t_c = 0.396 \cdot L \cdot \frac{L}{\sqrt{i_a}} \cdot \left(\frac{A}{L^2} \cdot \frac{\sqrt{i_a}}{\sqrt{i_v}} \right)^{0.72}$$

dove i_a è la pendenza dell'asta principale e i_v la pendenza dei versanti, da cui si ricava il t_{lag} secondo la formula già citata.

Quando si è stimato il t_{lag} è possibile calcolare i valori di T_P e U_P , da cui deriva la forma dell'idrogramma unitario che sarà usato per stimare la risposta del bacino alla precipitazione efficace.

Il valore del tempo di concentrazione per il Torrente Grana chiuso a valle del concentrico di Monterosso Grana è quindi pari a 350 minuti, da cui si deriva un t_{lag} di 210 minuti.

Risultati del modello S.C.S.

Le portate al colmo ottenute con l'applicazione del metodo S.C.S. sono illustrate nella seguente tabella. In particolare, per quanto riguarda il tempo di ritorno di 200 anni, la portata al colmo si ottiene in corrispondenza dell'evento meteorico con durata di 12 ore e fornisce un deflusso al colmo pari a 191,5 m³/s.

<i>Durata evento</i>	<i>Tr 20</i>	<i>Tr 200</i>
8 ore	94,2	180,7
10 ore	104,1	189,3
12 ore	110,0	191,5
14 ore	97,3	191,3

Tabella 3 - Risultati modellazione afflussi-deflussi con il metodo S.C.S. per Tr 20 e Tr 200.

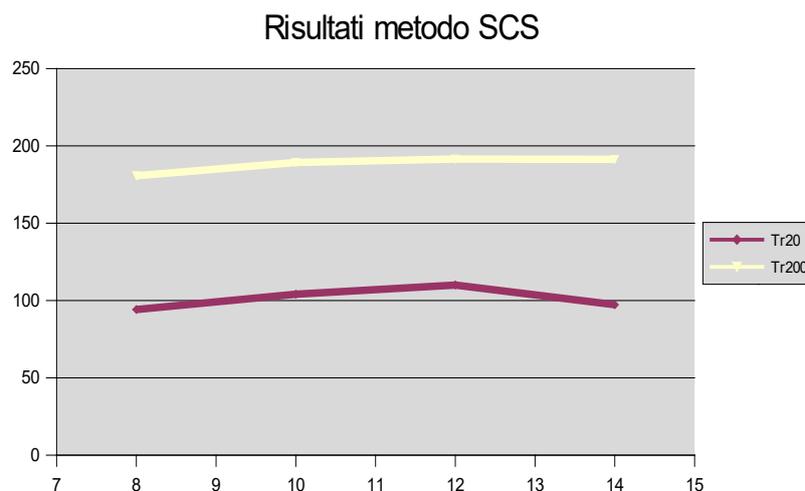


Figura 3 – Portate di piena Tr20 e Tr200 correlate alla durata dell'evento.

Il metodo razionale

La portata al colmo deriva dalla formula:

$$Q = k \cdot C \cdot i \cdot A$$

in cui A rappresenta l'area di bacino (in km^2), i l'intensità della precipitazione (in mm/ora), C un coefficiente adimensionale che sintetizza la funzione di trasferimento afflussi-deflussi e la quantificazione della portata al colmo e k un coefficiente adimensionale che tiene conto delle diverse unità di misura.

Il metodo razionale considera precipitazione ed intensità costanti su tutto il bacino, ed una trasformazione lineare della pioggia in deflusso, senza fenomeni di invaso lungo la rete idrografica.

Il coefficiente di deflusso C (pari a 0.54) è stato scelto facendo riferimento ai coefficienti proposti da Lotti per un suolo permeabile coperto da vegetazione arbustiva.

La durata di precipitazione da assumere è quella pari al tempo di concentrazione, cioè pari al maggiore dei tempi di trasporto nel bacino. Il tempo di concentrazione cui si fa riferimento è

quello già precedentemente calcolato con la formula di Tournon.

Metodo razionale	tr20		tr 100		tr 200		tr 500		
	a	n	a	n	a	n	a	n	
		32,01	0,41	40,81	0,41	44,58	0,41	49,53	0,40
Stima della portata di progetto									
Tempo di ritorno(anni)	Tr	20,00	Tr	100,00	Tr	200,00	Tr	500,00	
precipitazione (mm)	hp	66,30	hp	83,64	hp	91,04	hp	100,79	
riduzione per area	Ca	1,00	Ca	1,00	Ca	1,00	Ca	1,00	
precipitazione ragguagliata mm	hr	66,30	hr	83,64	hr	91,04	hr	100,79	
Durata di pioggia h	tp	5,83	tp	5,83	tp	5,83	tp	5,83	
intensità pioggia (mm/ora)	i	11,37	i	14,35	i	15,62	i	17,29	
Coefficiente di deflusso	Cd	0,54	Cd	0,54	Cd	0,54	Cd	0,54	
Area bacino (kmq)	A	116,00	A	116,00	A	116,00	A	116,00	
Portata liquida m ³ /s	Ql_20	197,87	Ql_100	249,62	Ql_200	271,72	Ql_500	300,82	
Contributo unitario m ³ /s/kmq	qp_20	1,71	qp_100	2,15	qp_200	2,34	qp_500	2,59	

Tabella 4 - Calcolo delle portate di piena con il metodo razionale.

Definizione delle portate di progetto

Nella tabella seguente sono riassunti i valori delle portate di piena con tempo di ritorno di 20 e 200 anni individuati nello studio idrologico con l'applicazione della metodologia S.C.S. e con il metodo razionale, oltre all'indicazione del valore medio ottenuto con i due metodi.

Torrente Grana chiuso al ponte S.P. n. 23	Q (Tr20 anni) [m ³ /s]	Q (Tr200 anni) [m ³ /s]
Metodo S.C.S.	110	192
Metodo razionale	198	272
Media	154	232

Tabella 5 – Valori delle portate di piena del Torrente Grana chiuso presso il ponte della S.P. n. 23.

Per la corretta definizione delle portate di piena da assumere nelle successive simulazioni idrauliche si è però anche fatto riferimento alle verifiche svolte nell'ambito della Variante strutturale 2010 al Piano Regolatore Generale del Comune di Monterosso Grana concernenti la Verifica di Compatibilità idraulica ed idrogeologica dello strumento urbanistico. In particolare, negli elaborati predisposti dal Comune di Monterosso Grana per l'adeguamento del P.R.G. al Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, sono stati individuati i valori di portata al colmo riferiti al

bacino del Torrente Grana chiuso presso il confine comunale tra Monterosso Grana ed il Comune di Valgrana (superficie del bacino drenato pari 109.7 km²), circa 500 metri a valle dell'area interessata dalle opere qui in progetto (a questo riguardo si veda la tabella seguente).

BACINO	Q (Tr20 anni) [m ³ /s]	Q (Tr100 anni) [m ³ /s]	Q (Tr200 anni) [m ³ /s]
Torrente Grana chiuso al confine con il Comune di Valgrana	120	210	260

Tabella 6 – Valori delle portate di piena del Torrente Grana chiuso presso il confine comunale con Valgrana adottati nello studio di adeguamento del P.R.G. al P.A.I.

I valori di portata al colmo stimati nello studio idrologico riportato sopra (modellazione S.C.S. e metodo razionale) risultano pertanto congruenti con le portate adottate nella verifica di compatibilità idraulica ed idrogeologica dello strumento urbanistico, e risultano anche paragonabili ai valori proposti dall'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po in relazione ai valori massimi delle portate al colmo osservate o valutate in Piemonte, Valle d'Aosta e Ticino svizzero (si veda la figura seguente).

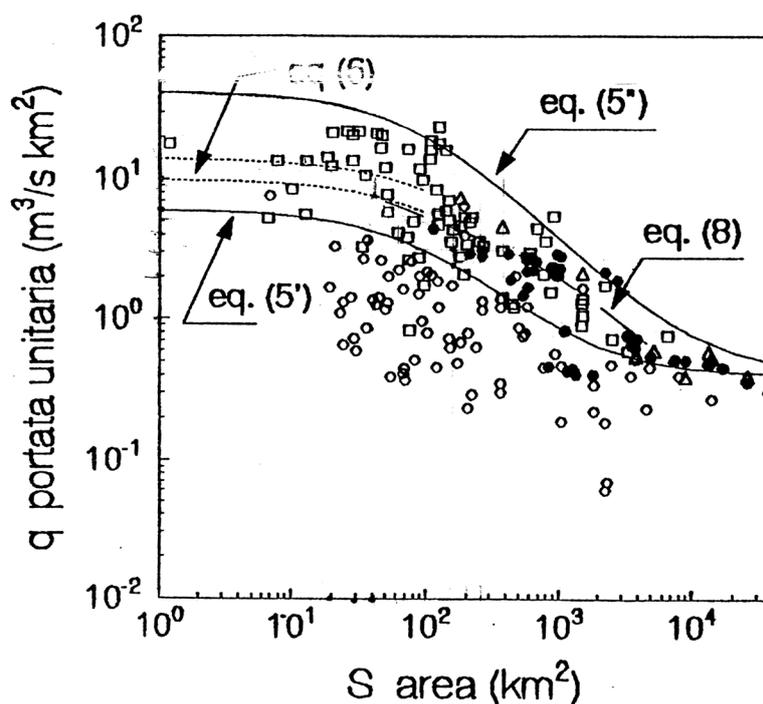


Figura 4 – Valori massimi delle portate al colmo osservate o indirettamente valutate in Piemonte, Valle d'Aosta e Ticino svizzero a fronte di alcune relazioni di involuppo dei valori con Tr200 proposti dall'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po (cerchi pieni).

Alla luce delle considerazioni sopra esposte, e per una maggiore confrontabilità, si è deciso che le seguenti portate, adottate nell'adeguamento del P.R.G. del Comune di Monterosso Grana al P.A.I., verranno assunte come riferimento per le verifiche idrauliche:

Torrente Grana presso l'area di intervento	Q (Tr20 anni)	Q (Tr100 anni)	Q (Tr200 anni)
Portata [m³/s]	120	210	260
Portata unitaria [m³/s/km²]	1.09	1.91	2.37

Tabella 7 – Valori delle portate di piena del Torrente Grana presso l'area di intervento a valle del concentrico di Monterosso Grana, assunte nella simulazione idraulica.

Modellazione idraulica in moto permanente

Con il presente studio idraulico si intendono verificare i profili idrici delle portate di riferimento adottate nel Torrente Grana (portate di piena Q20, Q100 e Q200) in relazione alle opere in progetto consistenti essenzialmente nel consolidamento di un tratto della sponda destra dell'alveo inciso del corso d'acqua mediante la costruzione di una scogliera in massi di cava a contrasto dell'azione erosiva della corrente.

Per la verifica idraulica il modello utilizzato è il software HEC-RAS (River Analysis System) dell'Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers di Davies nella versione 6.4.1.

Il modello risolve le equazioni del moto permanente monodimensionali.

Il software è in grado di modellare il profilo della corrente in regime di corrente lenta e/o veloce prendendo in esame anche situazioni miste in cui siano possibili alternanze di tronchi in corrente lenta e veloce. In particolare, nel caso specifico, si è deciso di verificare il deflusso in condizioni di corrente mista.

Le normali perdite di energia meccanica sono valutate dal modello tenendo conto dell'attrito (grazie all'equazione di Manning) e di coefficienti di espansione-contrazione (moltiplicati per la variazione di velocità media della corrente), questi sono rispettivamente assunti pari a 0.1 e 0.3 nelle sezioni senza brusche variazioni e pari a 0.3 e 0.5 nelle sezioni con brusche variazioni (ad es. in corrispondenza dei ponti). Il modello permette inoltre di simulare gli effetti di vari ostacoli al deflusso come possono essere edifici, ponti, tombini e può calcolare i profili di corrente in corrispondenza delle confluenze.

Condizioni al contorno

Si sono quindi studiate le condizioni di deflusso per le portate di piena riferibili ai tempi di ritorno

di 20, 100 e 200 anni individuate nello studio idrologico (si veda la tabella 7).

Per quanto riguarda le condizioni idrauliche, ai due contorni, di monte e di valle, è stato assegnato il valore di altezza di moto uniforme, assegnando la pendenza caratteristica nel tratto considerato pari rispettivamente a 1.72 %, a monte, ed a 1.05 %, a valle.

Coefficienti di scabrezza

Il modello richiede che la scabrezza sia espressa secondo la formula di Manning. Pertanto, si sono adottati numeri di Manning pari a $0.04 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per l'alveo principale, che si presenta piuttosto regolare e privo di grossi trovanti rocciosi, mentre per le aree golenali è stato assunto il valore di $0.05 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Tali valori sono congruenti con quelli indicati nella letteratura di settore e nelle normative della Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po.

Infine, il corso d'acqua è stato modellato secondo le misure effettuate in campo, riconducendole, nel caso di depositi alluvionali localizzati, a forme trapezoidali o simili, quali sono quelle che si producono durante il deflusso di piene rilevanti.

Scenari di riferimento

Per un'esauriente valutazione delle condizioni di deflusso si sono allestite, previo rilievo topografico, 12 sezioni idrauliche per la verifica del tratto di alveo interessato dalla realizzazione della difesa spondale in destra idrografica.

In considerazione del tipo di intervento, che prevede essenzialmente il consolidamento di un tratto della sponda destra del Torrente Grana mediante la realizzazione di una scogliera in massi di cava non intasati (aventi dimensione minima superiore a $1,00 \text{ m}^3$), oltre alla protezione con massi intasati con calcestruzzo del punto di scarico delle acque a valle del depuratore, si sono

approntate due simulazioni di deflusso con diversi scenari per la geometria di riferimento, validi per lo stato esistente e per la situazione in progetto.

In particolare, si sono definiti i seguenti scenari:

- **SCENARIO ATTUALE:** geometria attuale dell'alveo del Torrente Grana;
- **SCENARIO DI PROGETTO:** geometria d'alveo secondo le sezioni previste e con l'inserimento delle opere di consolidamento spondale in progetto ed illustrate nelle tavole grafiche.

Risultati

I risultati di calcolo sono qui riportati rispettivamente in **Allegato A**, per la situazione esistente, ed in **Allegato B**, per la situazione di progetto, dove sono illustrate le sezioni idrauliche, i profili e tutti i dati idraulici elaborati dal software e relativi ai livelli idrici di piena simulati.

La rappresentazione grafica dei profili idrici di progetto è riportata negli elaborati grafici allegati al progetto definitivo (si veda, in particolare, la *Tav. 5 – Sezioni trasversali idrauliche in progetto*).

Le seguenti variabili sono indicate nelle tabelle in lingua inglese:

W.S. Elev.:	quota del pelo libero (m)
Vel head:	termine cinetico (m)
E.G. Elev.:	quota della linea dell'energia (m)
Crit. W.S.:	quota della profondità critica (m)
E.G. slope:	pendenza della linea dell'energia (m/m)
Q totale:	portata totale (m ³ /s)
Top Width:	larghezza del pelo libero (m)
Vel Total:	velocità media nella sezione (m/s)

Max Chl. Dpth:	profondità massima della corrente nell'alveo principale (m)
Min Ch El:	quota minima del fondo (m)
Left OB:	golena sinistra
Channel:	alveo principale
Right OB:	golena destra
Wt n-Val.:	valori della scabrezza secondo Manning
Reach Len.:	lunghezza del tronco d'alveo (distinta a seconda che si tratti dello sviluppo della golena e dell'alveo principale)
Flow area:	area bagnata (m ²)
Flow:	portata (m ³ /s)
Avg. vel.:	velocità media (in golena e nell'alveo principale; m/s)
Wetted Per.:	contorno bagnato (m)
Shear:	forza trattiva (N/m ²)

Conclusioni

Le simulazioni idrauliche svolte hanno permesso di individuare che:

- le opere previste sono state concepite come un intervento finalizzato a migliorare le attuali condizioni di deflusso con la protezione della sponda destra del Torrente Grana nel tratto posto in corrispondenza dell'attuale depuratore a servizio di Monterosso Grana;
- le opere in progetto lungo il Torrente Grana abbiano come principale finalità la protezione della scarpata dell'alveo inciso del corso d'acqua in un tratto non ancora difeso e posto a breve distanza dall'attuale sito dell'impianto di depurazione oggetto di manutenzione. A tal fine verrà realizzata una scogliera in massi di cava non intasati aventi dimensione minima

pari a 1,00 m³ e dado di fondazione posto ad almeno 0,50 m al di sotto della quota di fondo alveo. La difesa sarà costruita lungo la sponda destra a contrasto dell'azione erosiva della corrente e per fissarne l'andamento lungo il limite demaniale;

- le opere previste di minima risagomatura e consolidamento della sponda destra consentono tendenzialmente di ottenere un modesto abbassamento dei livelli idrici in corrispondenza delle sezioni idrauliche comprese tra la sez. 80 e la sez. 50, permettendo così un miglioramento delle attuali condizioni di deflusso delle portate di piena simulate (a questo proposito si vedano le tabelle e la figura seguenti);

Sezioni idrauliche	Livello Q20 - stato esistente [m s.l.m.]	Livello Q20 - stato in progetto [m s.l.m.]	Differenza [m]
80	706.53	706.46	- 0.04
75	706.44	706.39	- 0.05
70	706.43	706.30	- 0.13
65	706.30	706.23	- 0.07
60	706.09	706.16	+ 0.07
55	706.14	706.14	0.00
50	705.84	705.84	0.00

Tabella 8 – Valori dei livelli idrici della portata Q20 simulata presso l'area di intervento nella situazione attuale e nello scenario di progetto con la realizzazione delle opere di difesa spondale.

Sezioni idrauliche	Livello Q100 - stato esistente [m s.l.m.]	Livello Q100 - stato in progetto [m s.l.m.]	Differenza [m]
80	707.20	707.20	0.00
75	707.11	706.78	- 0.33
70	707.14	706.93	- 0.21
65	706.97	706.86	- 0.11
60	706.72	706.80	+ 0.08
55	706.78	706.82	+ 0.04
50	706.45	706.45	0.00

Tabella 9 – Valori dei livelli idrici della portata Q100 simulata presso l'area di intervento nella situazione attuale e nello scenario di progetto con la realizzazione delle opere di difesa spondale.

Sezioni idrauliche	Livello Q200 - stato esistente [m s.l.m.]	Livello Q200 - stato in progetto [m s.l.m.]	Differenza [m]
80	707.46	707.46	0.00
75	707.16	707.14	- 0.02
70	707.40	706.94	- 0.46
65	707.19	707.10	- 0.09
60	706.98	706.83	- 0.15
55	706.96	706.99	+ 0.03
50	706.77	706.77	0.00

Tabella 10 – Valori dei livelli idrici della portata Q200 simulata presso l’area di intervento nella situazione attuale e nello scenario di progetto con la realizzazione delle opere di difesa spondale.

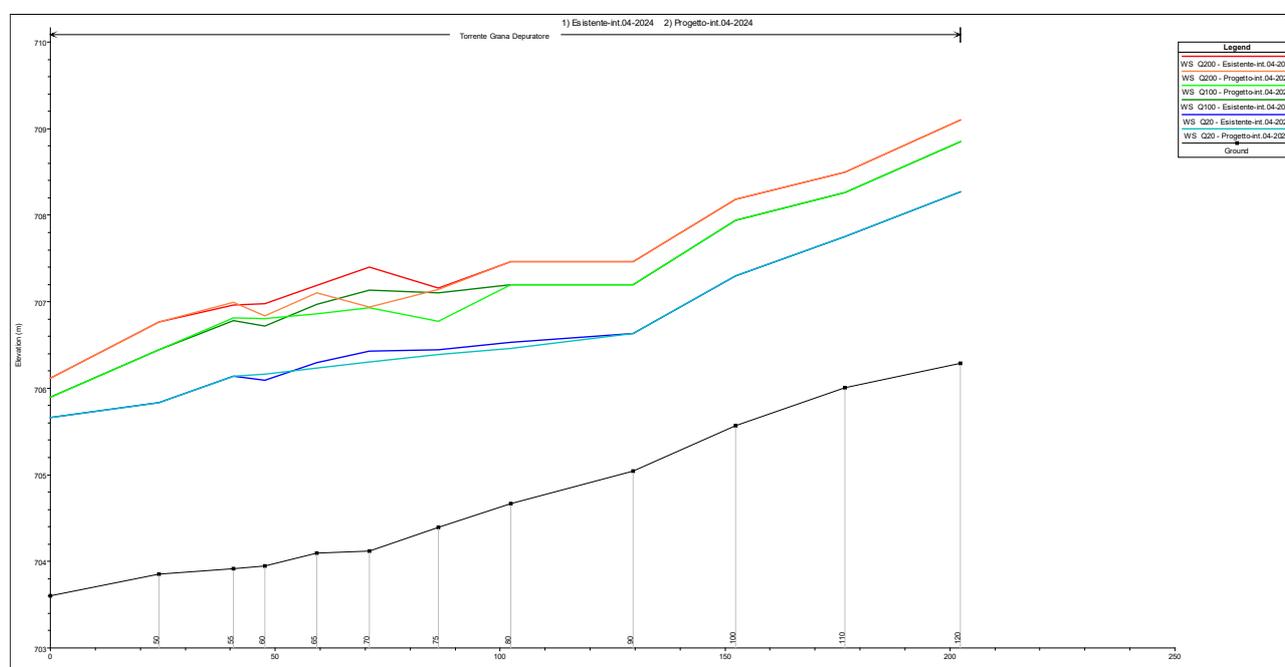
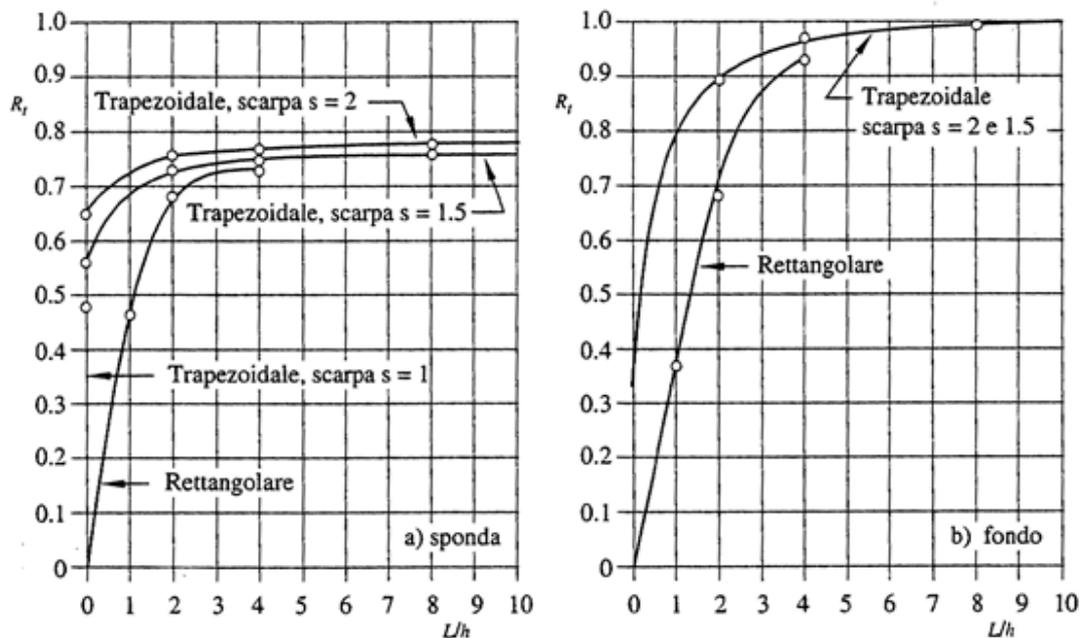


Figura 5 – Livelli idrici delle portate di piena del Torrente Grana simulate presso l’area di intervento nella situazione attuale e nello scenario di progetto con la realizzazione delle opere di difesa spondale.

- come riportato negli elaborati grafici di progetto (si veda, in particolare, la Tav. 5 – Sezioni trasversali idrauliche in progetto) la nuova scogliera verrà addossata all’attuale scarpata spondale destra dell’alveo del Torrente Grana, senza quindi creare ostruzioni e/o restringimenti delle attuali sezioni utili per il deflusso, le cui condizioni verranno invece migliorate e fissate lungo il limite catastale del corso d’acqua;

- per il corretto dimensionamento dei massi della scogliera si è fatto riferimento alla teoria del moto incipiente di Shields, che si basa sull'equilibrio tra le forze di trascinamento e quelle che si oppongono al movimento. Nel caso di moto turbolento, caratteristico dei corsi d'acqua naturali, il valore del parametro di Shields assume un valore caratteristico da cui si può determinare il diametro minimo stabile in determinate condizioni di deflusso. Nel caso in studio si è stimata la condizione di deflusso della portata di piena con tempo di ritorno di 200 anni che, nel tratto di alveo oggetto di intervento, ha un'altezza idrica massima di circa 3,00 m. La definizione del diametro minimo stabile viene valutata con il calcolo dello sforzo tangenziale massimo in condizioni idrauliche di portata Q200 e con l'applicazione del parametro critico di Shields.



Calcolo dello sforzo tangenziale massimo in una sezione d'alveo sulla SPONDA

TR 200

$\tau = R_t (y h i)$	
R_t	0.75 Coefficiente dipendente dalla forma della sezione, variabile da 0 a 1
Y	1100 Peso specifico dell'acqua in Kg/m^3
H	3.00 Profondità della corrente (m)
i	0.0103 Pendenza dell'alveo
$\tau =$	25.4925 Kg/m^2

Diametro minimo stabile assumendo $\tau_{max} = 2.0 \tau_0$

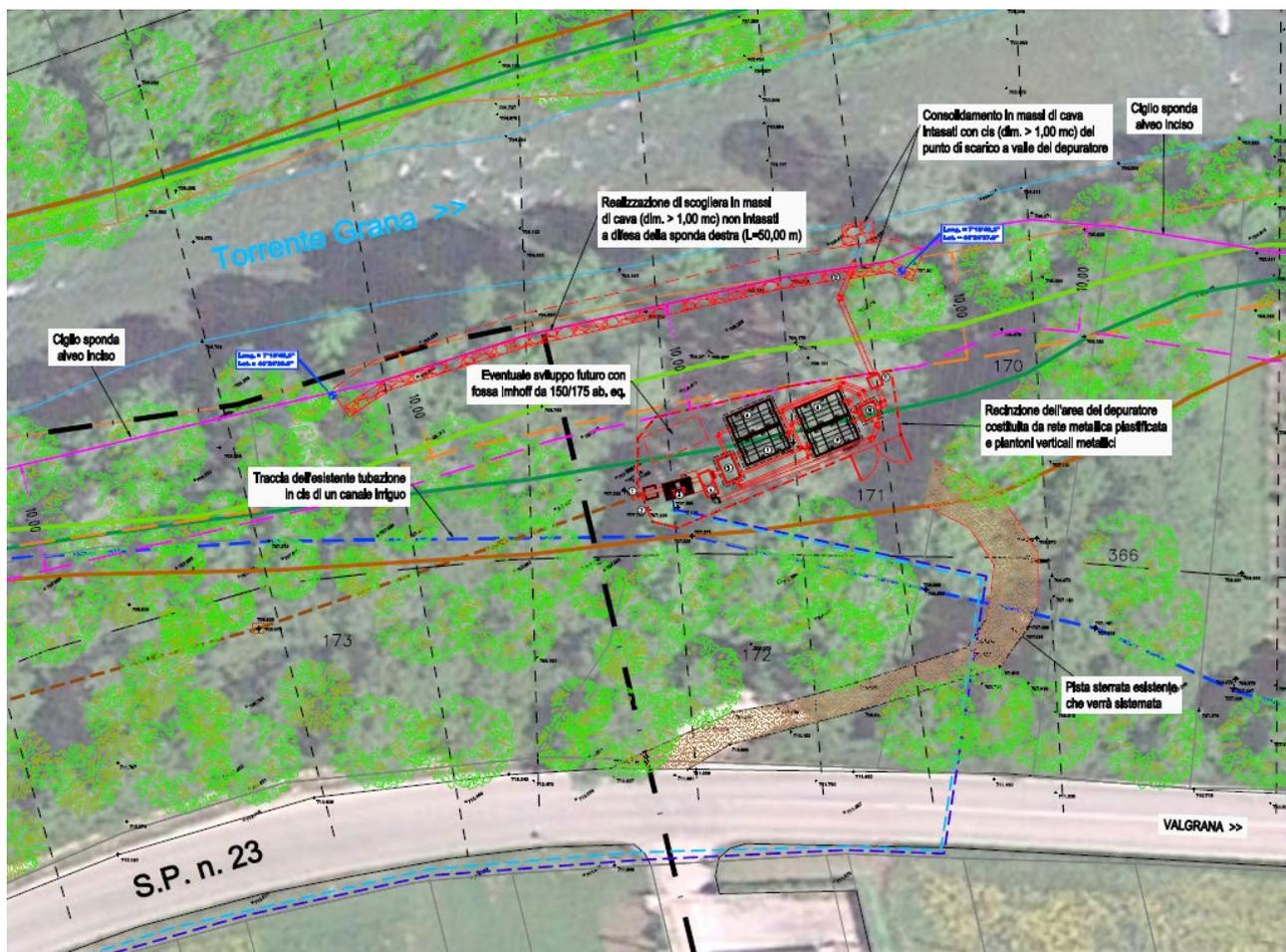
D = $2.0 \tau / (y_s - y) Y_c$	
Ys	2650 Peso specifico del masso da scogliera in Kg/m ³
Y	1100 Peso specifico dell'acqua in Kg/m ³
Yc	0.056 Valore critico del parametro di Shields
D =	0.59 m

Pari ad un masso di volume 0.106 m³

Nelle condizioni esistenti il diametro minimo stabile è stato cautelativamente calcolato verificando uno sforzo pari a 2,0 volte il valore di calcolo. Secondo i calcoli sopra riportati il diametro ed il peso dei massi di cava impiegati nella realizzazione delle difese spondali e/o nel consolidamento del fondo alveo presso lo scarico a valle del depuratore (aventi un volume minimo superiore a 1,00 m³) risultano quindi sufficientemente ancorati. Va infine segnalato che la stima del diametro minimo stabile cautelativamente non considera il vincolo reciproco tra i massi ed è calcolata sulla profondità massima della corrente;

- occorre infine ricordare come le opere qui previste costituiscano una difesa spondale di un tratto di alveo tesa al contrasto dell'azione erosiva della corrente durante gli eventi più gravosi. Non si andrà infatti ad incidere in modo significativo sulle attuali condizioni di rischio idraulico della zona, in quanto le simulazioni condotte hanno comunque evidenziato come i deflussi idrici delle portate di piena (Q100 e Q200) tendano ad interessare anche le aree golenali presenti in destra idrografica poste altro in ciglio di sponda, anche se con tiranti idrici che si mantengono piuttosto contenuti (circa 40 cm per la Q100 e 50 cm per Q200);
- per quanto riguarda la **compatibilità con le condizioni di dissesto del PAI**, si evidenzia che le opere in progetto ricadono essenzialmente all'interno dell'area di pertinenza dell'esistente impianto di depurazione e sono costituite da manufatti quasi interamente

interrati, i quali, quindi, non creeranno ostacoli al deflusso delle acque di esondazione durante gli eventi di piena più gravosi. In particolare, come si evince dall'estratto degli elaborati del P.R.I.C.M. riportato in Figura 3 della *Relazione generale* e negli elaborati grafici allegati al presente Progetto definitivo, l'impianto di depurazione in oggetto ricade parzialmente all'interno di aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità elevata (aree Eb) ed in parte in aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità media o moderata (Em). Come meglio rappresentato nella seguente Figura 6 estratta dalla tavola di progetto 02.03 – *Planimetria dei luoghi in progetto*, l'area di intervento ricade in aree normate dall'art. 39-bis delle Norme di Attuazione dello strumento urbanistico, il quale, a sua volta, richiama le disposizioni dell'art. 9, comma 6 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico. Tali norme, in particolare, consentono la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue oltre all'ampliamento o la ristrutturazione di quelli esistenti.



- SEDIME DEMANIALE ALVEO CATASTALE
- ANDAMENTO CIMA SPONDA DELL'ALVEO INCISO IN PROGETTO
- CONDOTTA FOGNARIA DIRETTA AL DEPURATORE ESISTENTE
- OPERE E CONDOTTE DELL'ATTUALE DEPURATORE CHE VERRANNO DEMOLITE
- NUOVE OPERE E CONDOTTE PREVISTE NEI LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL DEPURATORE ESISTENTE
- LIMITE FASCIA DI 10 m OLTRE IL SEDIME DEMANIALE DEL TORRENTE GRANA
- LIMITE FASCIA DI 10 m OLTRE IL CIGLIO DI SPONDA DELL'ALVEO INCISO
- FASCIA Ee DI RISCHIO IDRAULICO (P.R.I.C.M.)
- FASCIA Eb DI RISCHIO IDRAULICO (P.R.I.C.M.)
- FASCIA Em DI RISCHIO IDRAULICO (P.R.I.C.M.)
- ... LIMITE FASCIA DI RISPETTO DELLA STRADA PROVINCIALE (20 m)
- | — | — LIMITE FASCIA DI RISPETTO CIMITERIALE
- | | | — LIMITE FASCIA DI RISPETTO DEL DEPURATORE
- . — . — ASSI DELLE SEZIONI IDRAULICHE

Figura 6 – Estratto della Tavola di progetto 02.03 – Planimetria dei luoghi in progetto, in cui si può notare come l'area di intervento ricada essenzialmente in aree a pericolosità elevata (aree Eb) o media (aree Em). Si noti anche la prevista costruzione della scogliera in sponda destra del Torrente Grana a contrasto dell'azione erosiva della corrente durante gli eventi più gravosi.

Allegati

- **Allegato A** – Situazione esistente: tabelle, profilo e sezioni idrauliche;
- **Allegato B** – Situazione di progetto: tabelle, profilo e sezioni idrauliche.

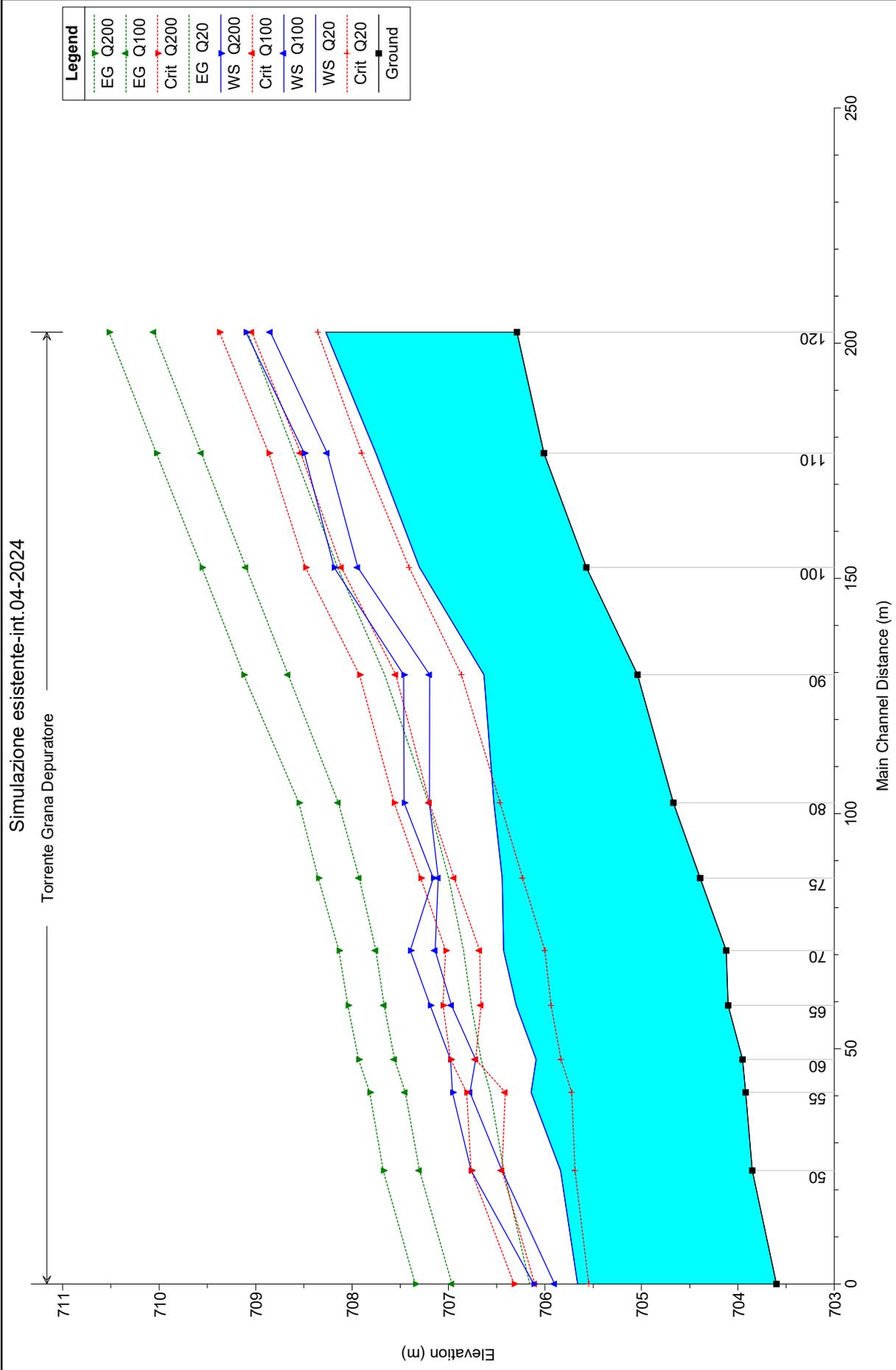
Il relatore

Ing. Stefano Ferrari

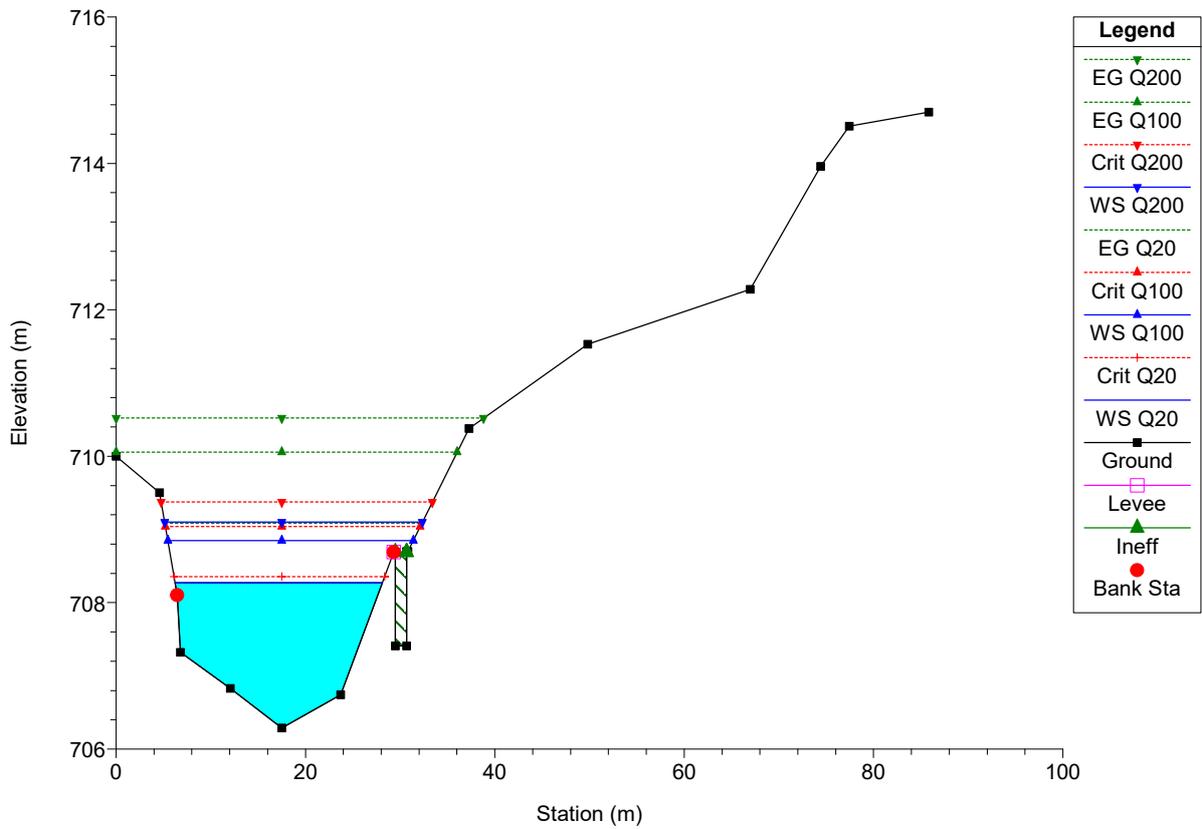
**Allegato A – Situazione esistente:
tabelle, profilo e sezioni idrauliche**

HEC-RAS Plan: Esistente-int.04-2024 River: Torrente Grana Reach: Depuratore

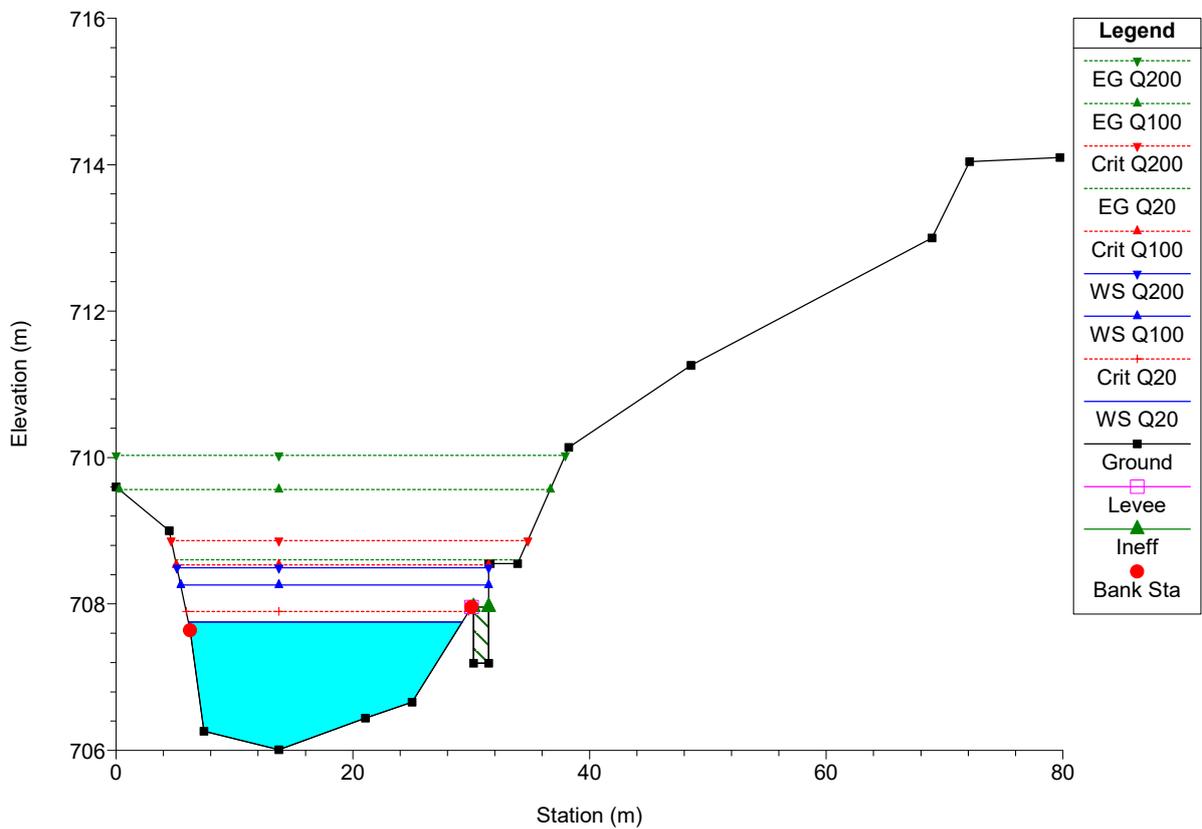
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W. S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Depuratore	120	Q20	120.00	706.29	708.27	708.35	709.08	0.017208	3.98	30.14	21.90	1.08
Depuratore	120	Q100	210.00	706.29	708.85	709.04	710.05	0.017234	4.87	43.64	25.92	1.13
Depuratore	120	Q200	260.00	706.29	709.10	709.38	710.52	0.017203	5.29	50.37	27.23	1.16
Depuratore	110	Q20	120.00	706.01	707.75	707.90	708.60	0.020092	4.08	29.41	23.13	1.15
Depuratore	110	Q100	210.00	706.01	708.26	708.53	709.56	0.020568	5.07	42.01	26.02	1.23
Depuratore	110	Q200	260.00	706.01	708.50	708.86	710.03	0.020416	5.50	48.26	26.33	1.25
Depuratore	100	Q20	120.00	705.57	707.30	707.41	708.15	0.017126	4.10	29.99	23.45	1.09
Depuratore	100	Q100	210.00	705.57	707.94	708.11	709.10	0.014712	4.85	46.43	28.52	1.07
Depuratore	100	Q200	260.00	705.57	708.19	708.48	709.56	0.015191	5.30	53.76	31.42	1.11
Depuratore	90	Q20	120.00	705.04	706.63	706.87	707.66	0.024749	4.50	26.74	21.80	1.28
Depuratore	90	Q100	210.00	705.04	707.19	707.55	708.66	0.022071	5.39	40.00	25.50	1.28
Depuratore	90	Q200	260.00	705.04	707.47	707.92	709.13	0.020880	5.75	47.18	27.31	1.27
Depuratore	80	Q20	120.00	704.67	706.53	706.46	707.21	0.012405	3.65	33.16	23.56	0.93
Depuratore	80	Q100	210.00	704.67	707.20	707.20	708.14	0.010983	4.36	51.84	32.54	0.93
Depuratore	80	Q200	260.00	704.67	707.46	707.56	708.55	0.011138	4.73	60.87	35.34	0.96
Depuratore	75	Q20	120.00	704.39	706.44	706.23	707.00	0.009308	3.31	36.71	24.68	0.82
Depuratore	75	Q100	210.00	704.39	707.11	706.94	707.92	0.008958	4.06	55.12	30.98	0.85
Depuratore	75	Q200	260.00	704.39	707.16	707.29	708.35	0.012687	4.90	56.76	31.49	1.01
Depuratore	70	Q20	120.00	704.12	706.43	706.00	706.84	0.005989	2.86	42.85	26.85	0.67
Depuratore	70	Q100	210.00	704.12	707.14	706.68	707.75	0.005907	3.53	64.66	36.14	0.70
Depuratore	70	Q200	260.00	704.12	707.40	707.03	708.14	0.006355	3.90	74.58	40.53	0.74
Depuratore	65	Q20	120.00	704.10	706.30	705.94	706.76	0.006930	3.03	40.33	25.48	0.71
Depuratore	65	Q100	210.00	704.10	706.97	706.66	707.67	0.007054	3.76	61.43	39.26	0.76
Depuratore	65	Q200	260.00	704.10	707.19	707.06	708.04	0.007830	4.20	70.70	44.31	0.81
Depuratore	60	Q20	120.00	703.95	706.09	705.83	706.66	0.009132	3.34	36.05	21.25	0.80
Depuratore	60	Q100	210.00	703.95	706.72	706.72	707.56	0.009548	4.14	56.32	39.58	0.86
Depuratore	60	Q200	260.00	703.95	706.98	706.98	707.93	0.009633	4.46	66.88	41.05	0.88
Depuratore	55	Q20	120.00	703.92	706.14	705.72	706.57	0.005871	2.91	43.30	26.84	0.67
Depuratore	55	Q100	210.00	703.92	706.78	706.41	707.45	0.006574	3.72	63.62	37.97	0.74
Depuratore	55	Q200	260.00	703.92	706.96	706.81	707.82	0.007795	4.24	70.79	41.41	0.82
Depuratore	50	Q20	120.00	703.85	705.84	705.69	706.43	0.009577	3.43	36.67	27.34	0.84
Depuratore	50	Q100	210.00	703.85	706.45	706.45	707.30	0.009616	4.21	56.70	39.01	0.89
Depuratore	50	Q200	260.00	703.85	706.77	706.77	707.68	0.008885	4.42	70.07	44.71	0.87
Depuratore	40	Q20	120.00	703.60	705.66	705.55	706.16	0.010520	3.21	40.15	32.15	0.86
Depuratore	40	Q100	210.00	703.60	705.90	706.11	706.96	0.019179	4.73	48.13	34.56	1.19
Depuratore	40	Q200	260.00	703.60	706.12	706.32	707.35	0.018935	5.10	55.83	37.04	1.20



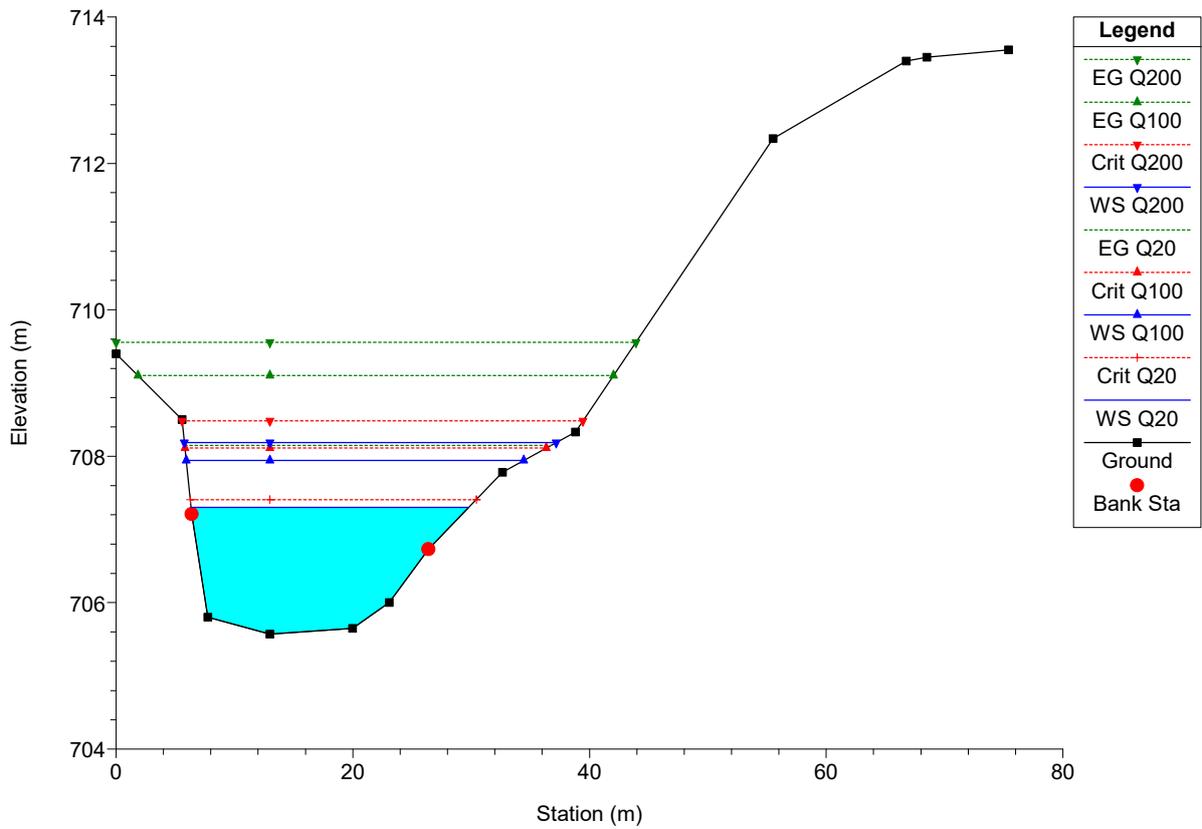
Simulazione esistente-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 120



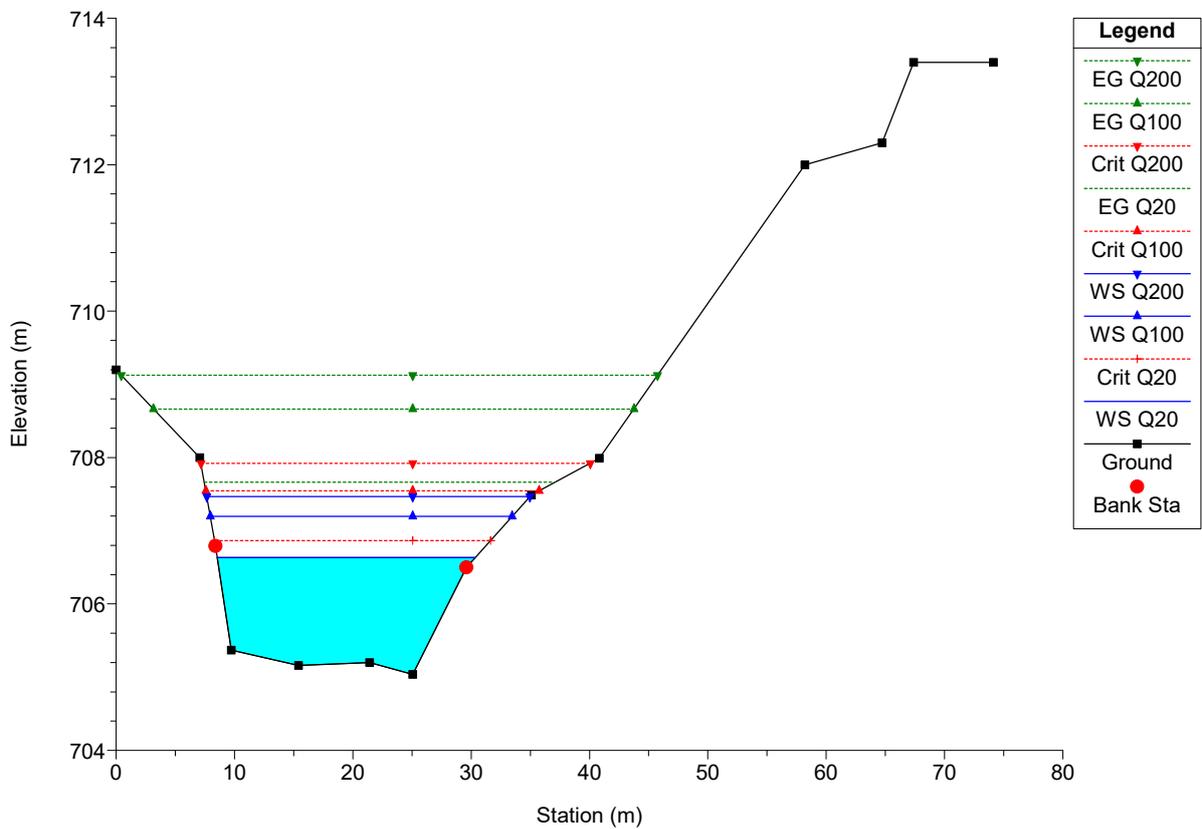
Simulazione esistente-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 110



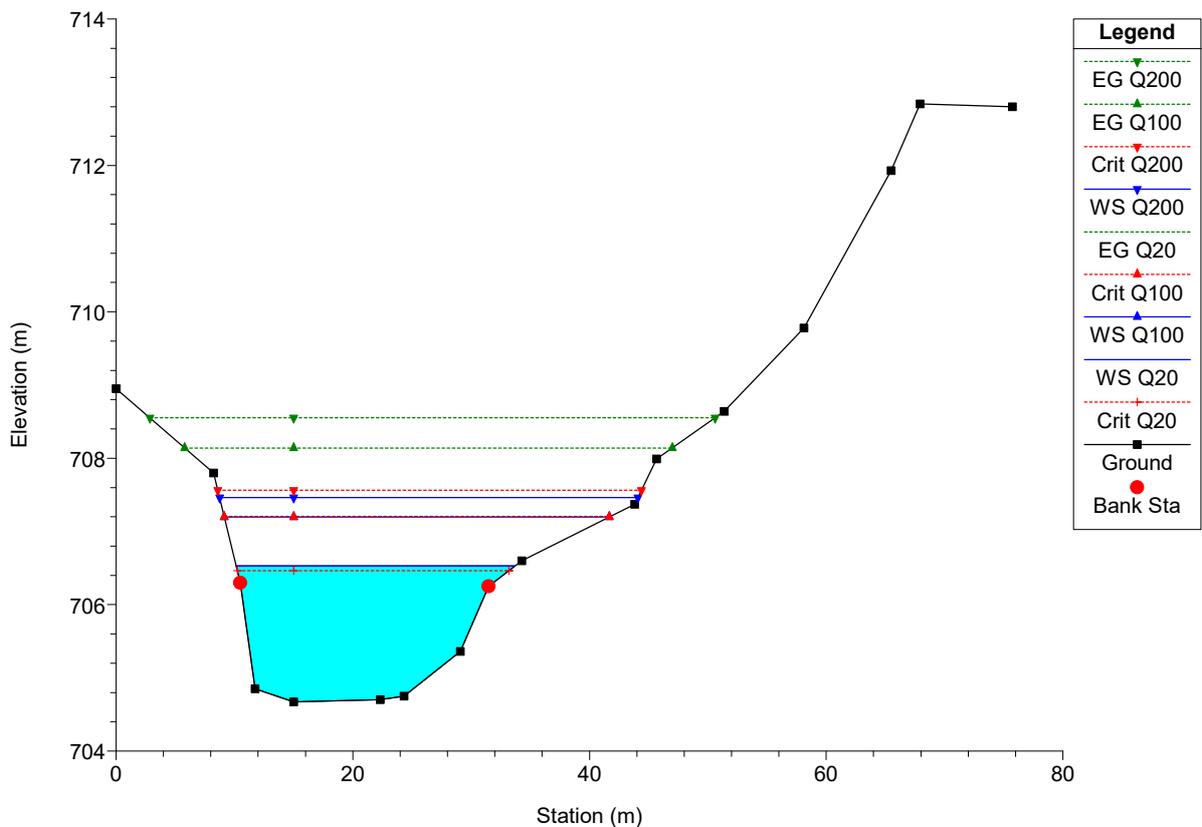
Simulazione esistente-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 100



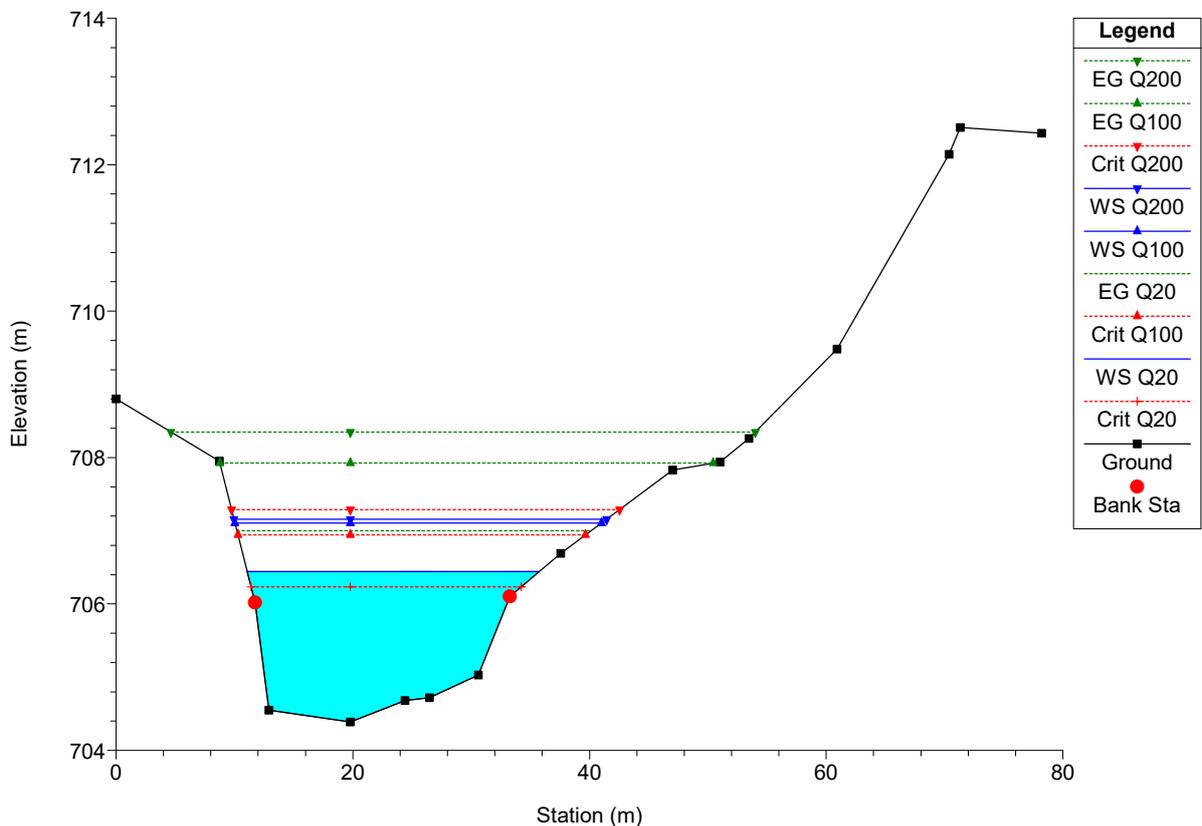
Simulazione esistente-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 90



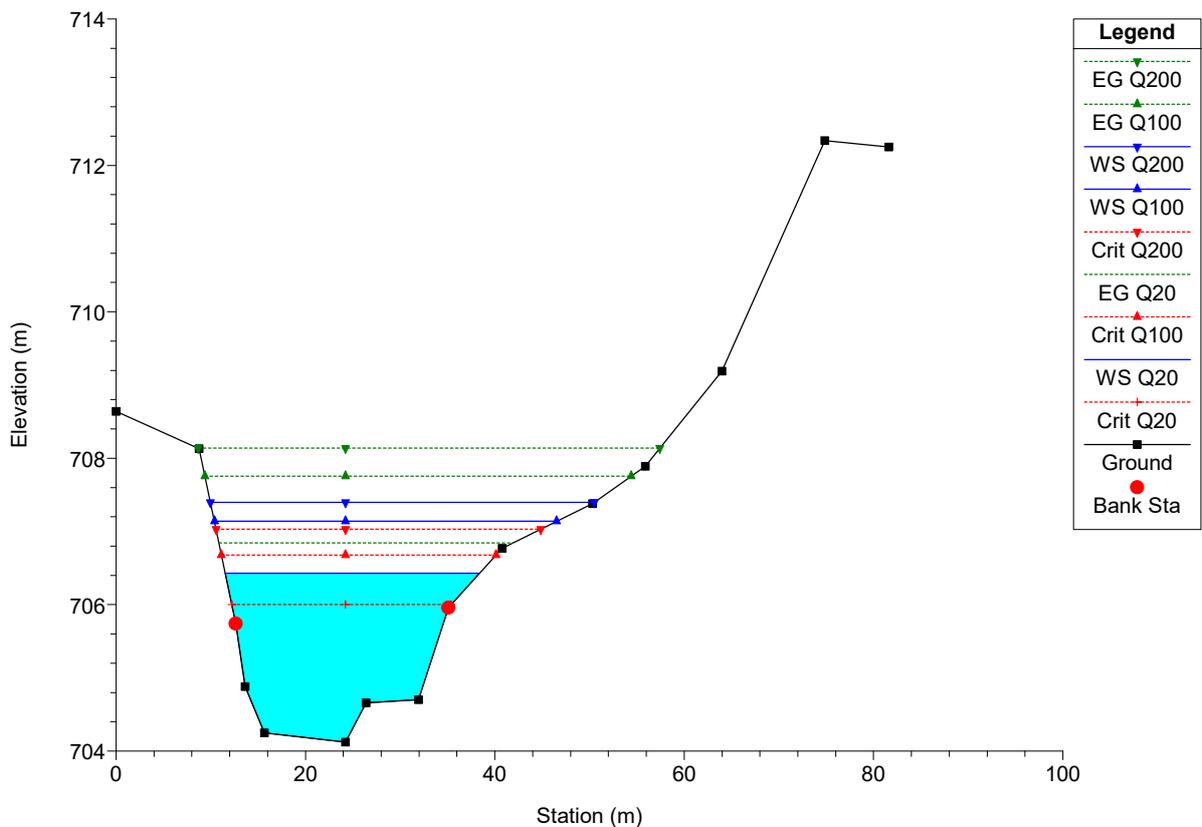
Simulazione esistente-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 80



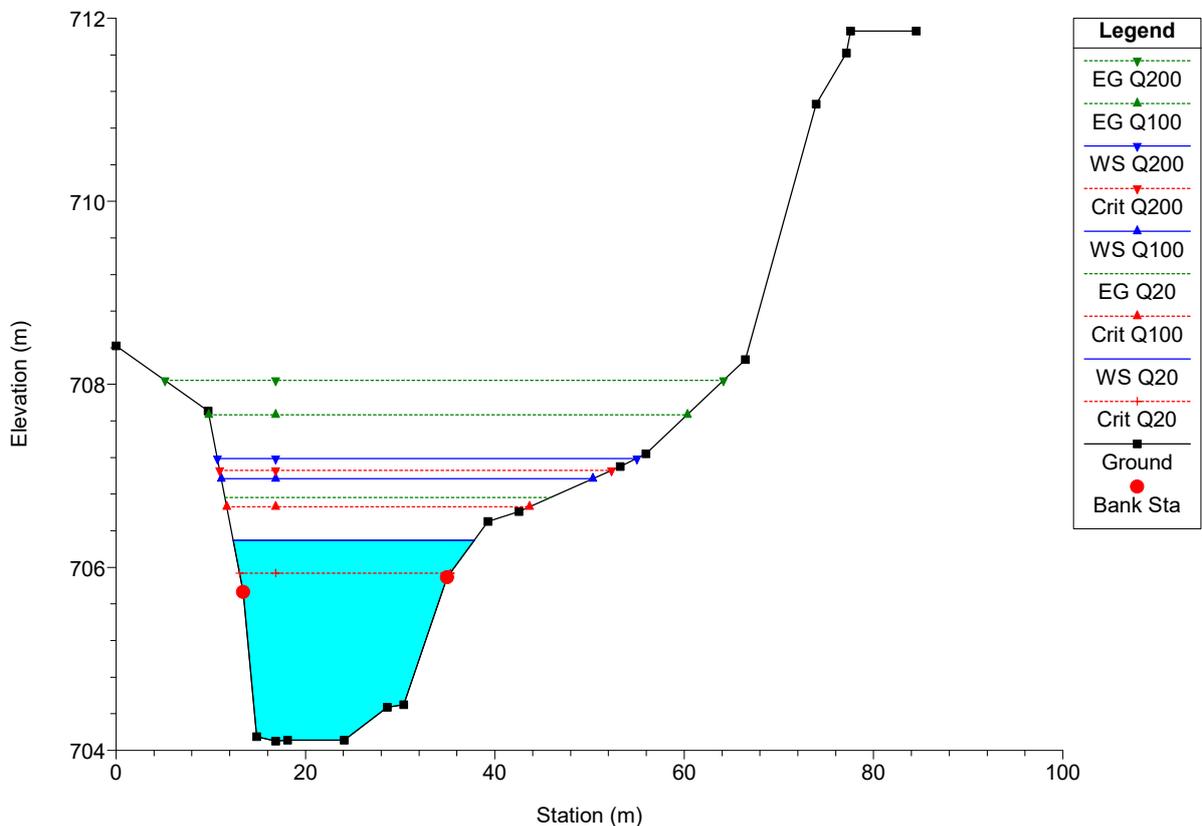
Simulazione esistente-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 75



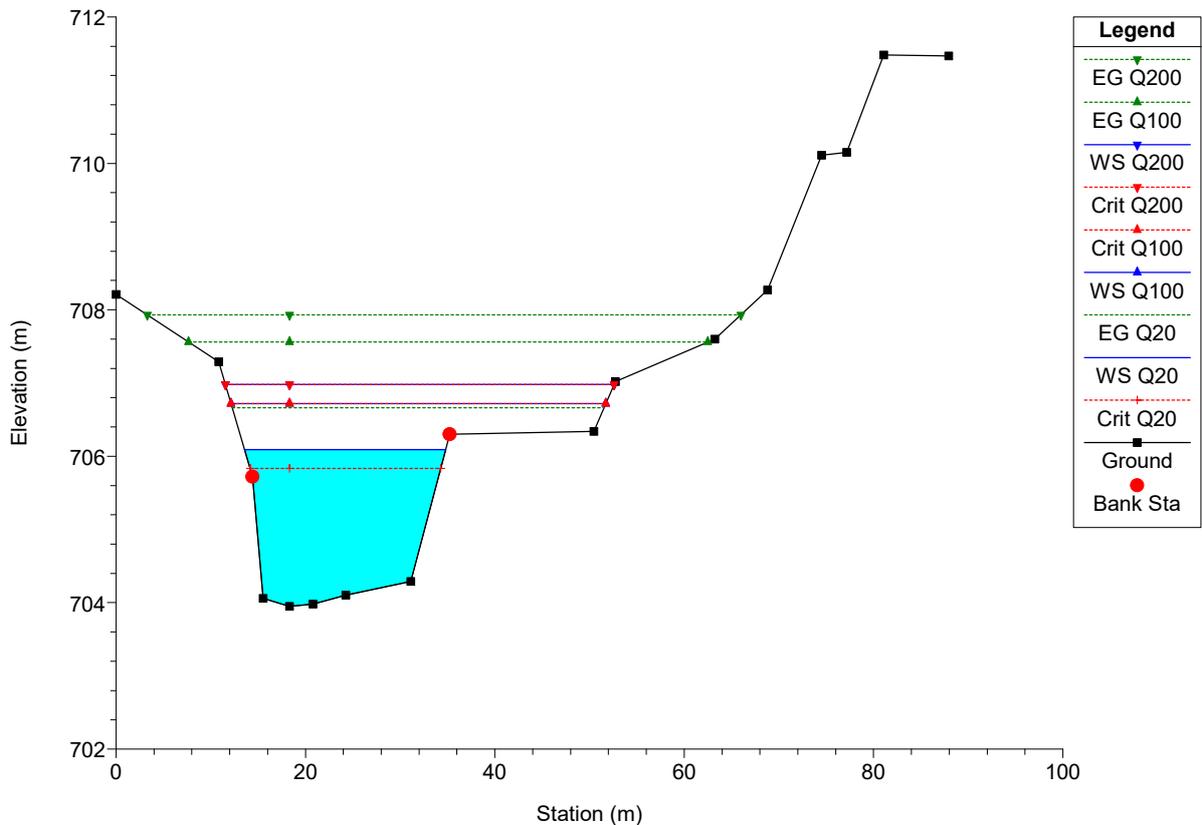
Simulazione esistente-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 70



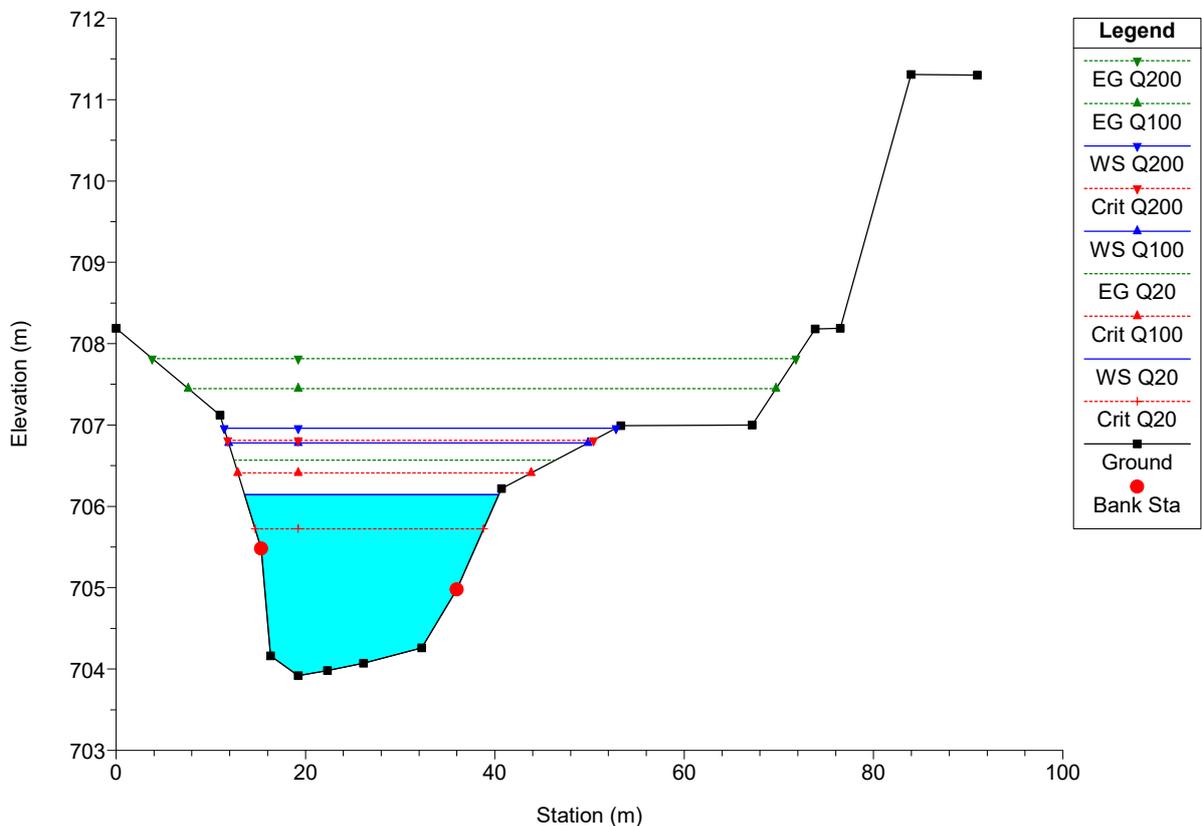
Simulazione esistente-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 65



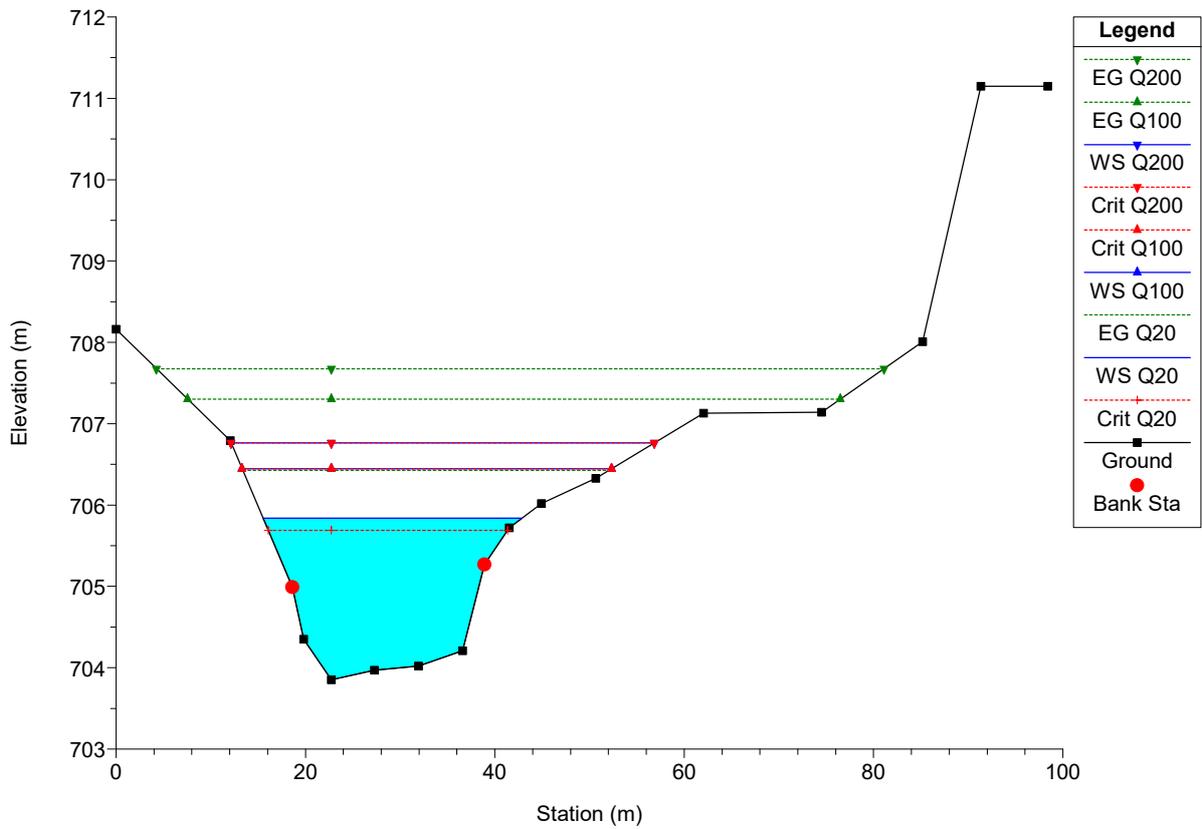
Simulazione esistente-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 60



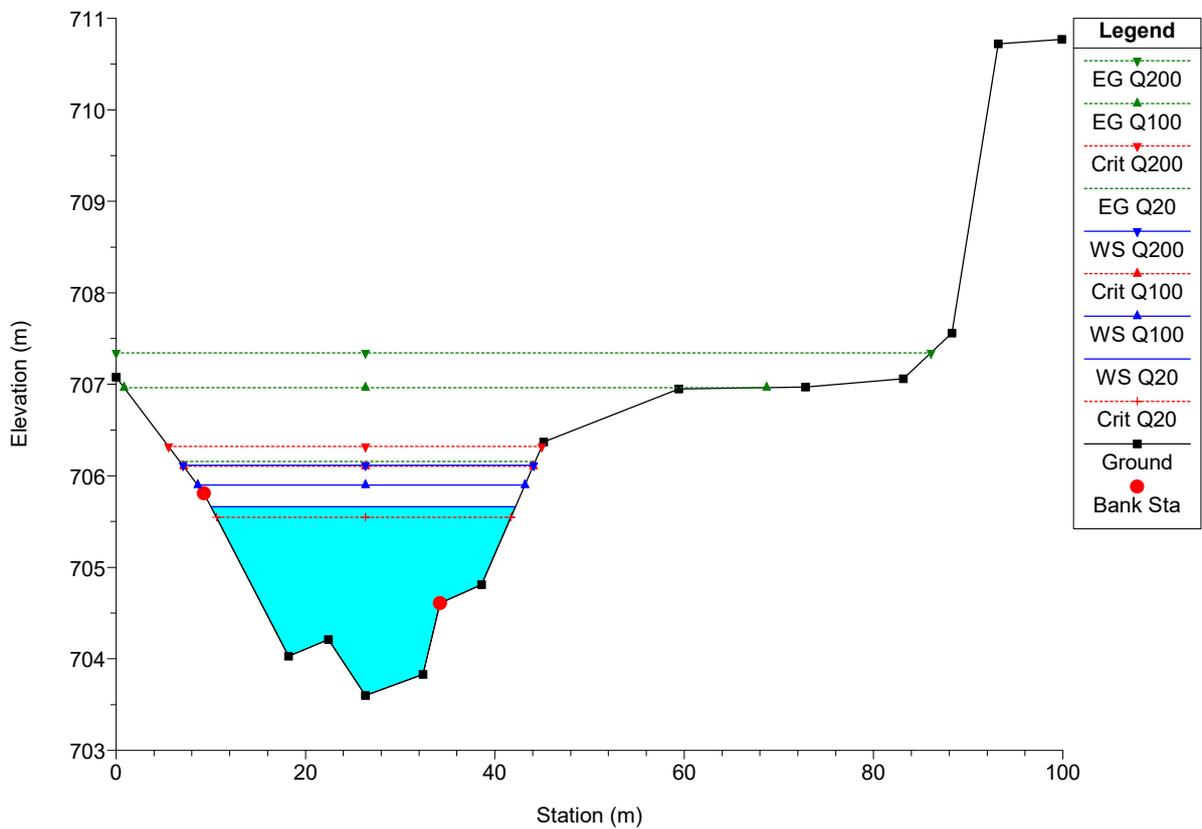
Simulazione esistente-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 55



Simulazione esistente-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 50



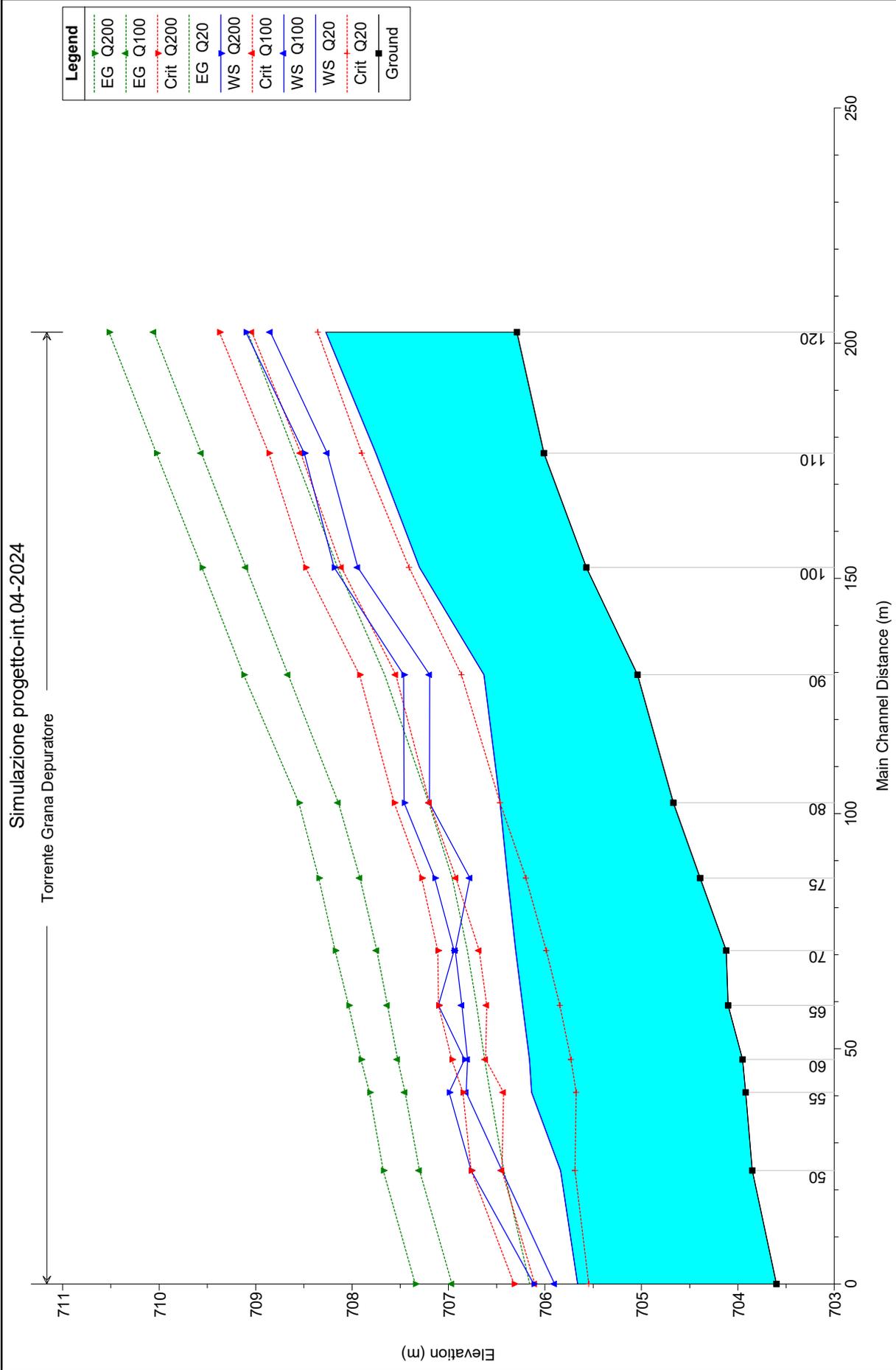
Simulazione esistente-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 40



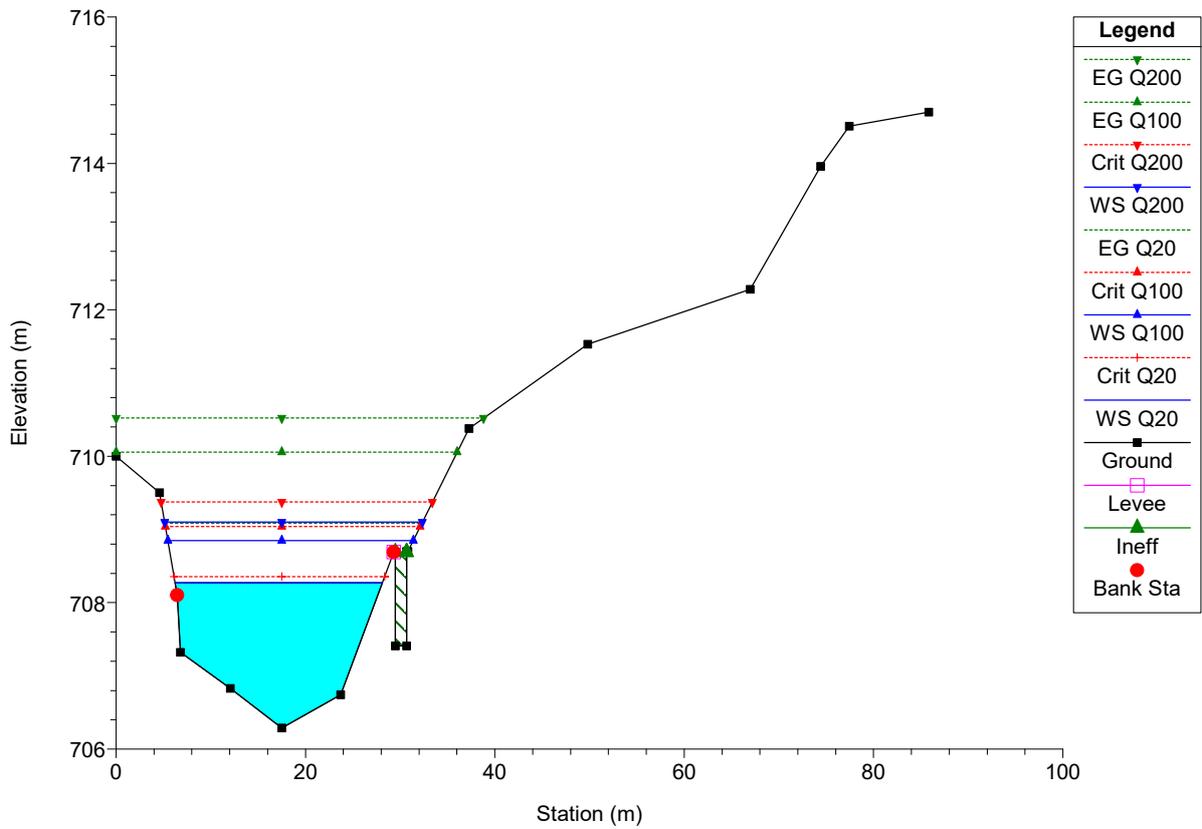
**Allegato B – Situazione di progetto:
tabelle, profilo e sezioni idrauliche**

HEC-RAS Plan: Progetto-int.04-2024 River: Torrente Grana Reach: Depuratore

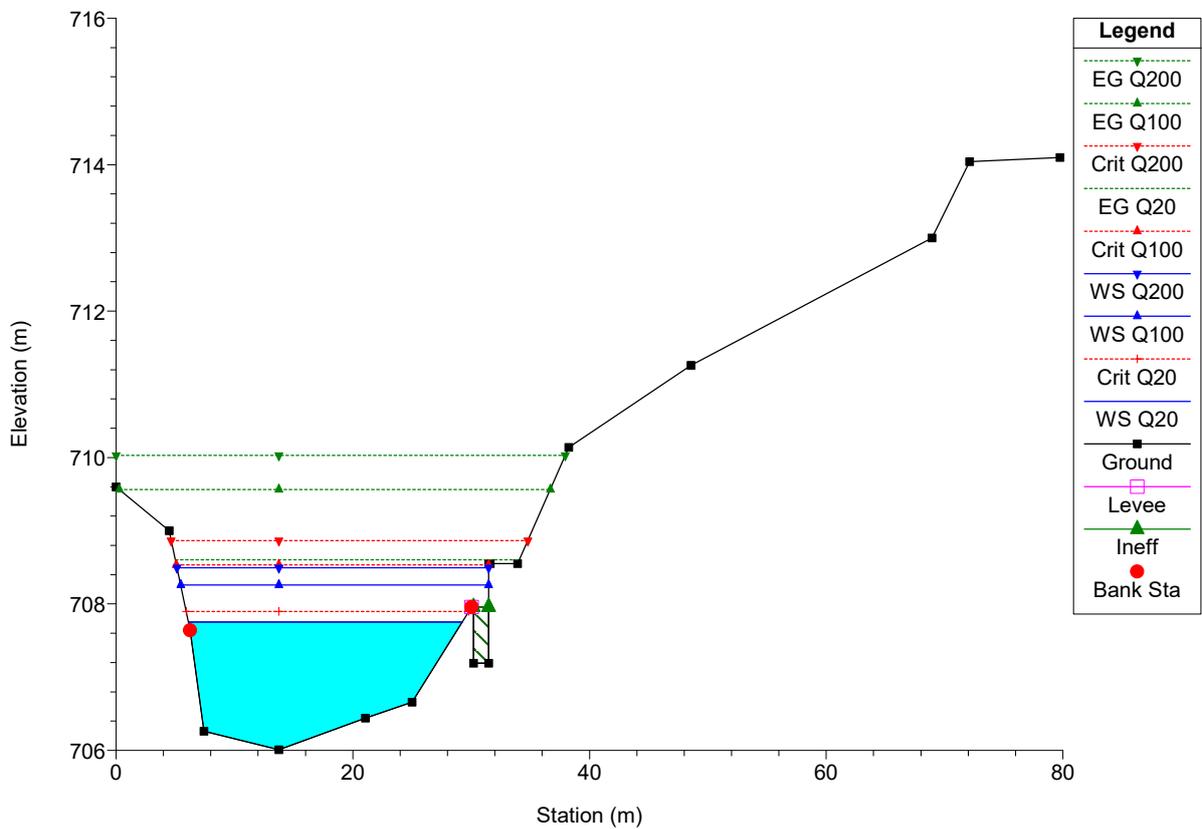
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W. S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Depuratore	120	Q20	120.00	706.29	708.27	708.35	709.08	0.017208	3.98	30.14	21.90	1.08
Depuratore	120	Q100	210.00	706.29	708.85	709.04	710.05	0.017234	4.87	43.64	25.92	1.13
Depuratore	120	Q200	260.00	706.29	709.10	709.38	710.52	0.017203	5.29	50.37	27.23	1.16
Depuratore	110	Q20	120.00	706.01	707.75	707.90	708.60	0.020092	4.08	29.41	23.13	1.15
Depuratore	110	Q100	210.00	706.01	708.26	708.53	709.56	0.020568	5.07	42.01	26.02	1.23
Depuratore	110	Q200	260.00	706.01	708.50	708.86	710.03	0.020416	5.50	48.26	26.33	1.25
Depuratore	100	Q20	120.00	705.57	707.30	707.41	708.15	0.017126	4.10	29.99	23.45	1.09
Depuratore	100	Q100	210.00	705.57	707.94	708.11	709.10	0.014712	4.85	46.43	28.52	1.07
Depuratore	100	Q200	260.00	705.57	708.19	708.48	709.56	0.015191	5.30	53.76	31.42	1.11
Depuratore	90	Q20	120.00	705.04	706.63	706.87	707.66	0.024749	4.50	26.74	21.80	1.28
Depuratore	90	Q100	210.00	705.04	707.19	707.55	708.66	0.022071	5.39	40.00	25.50	1.28
Depuratore	90	Q200	260.00	705.04	707.47	707.92	709.13	0.020880	5.75	47.18	27.31	1.27
Depuratore	80	Q20	120.00	704.67	706.46	706.46	707.20	0.014290	3.81	31.67	22.95	0.99
Depuratore	80	Q100	210.00	704.67	707.20	707.20	708.14	0.010983	4.36	51.84	32.54	0.93
Depuratore	80	Q200	260.00	704.67	707.46	707.56	708.55	0.011138	4.73	60.87	35.34	0.96
Depuratore	75	Q20	120.00	704.39	706.39	706.20	706.96	0.010036	3.36	35.79	22.15	0.83
Depuratore	75	Q100	210.00	704.39	706.78	706.92	707.92	0.015273	4.74	45.15	27.72	1.06
Depuratore	75	Q200	260.00	704.39	707.14	707.28	708.35	0.013051	4.89	56.03	31.36	1.01
Depuratore	70	Q20	120.00	704.12	706.30	705.99	706.80	0.007872	3.14	38.41	22.22	0.75
Depuratore	70	Q100	210.00	704.12	706.93	706.68	707.74	0.008802	4.02	54.61	32.56	0.83
Depuratore	70	Q200	260.00	704.12	706.94	707.11	708.18	0.013263	4.95	54.99	32.76	1.02
Depuratore	65	Q20	120.00	704.10	706.23	705.85	706.71	0.007178	3.06	39.42	21.91	0.71
Depuratore	65	Q100	210.00	704.10	706.86	706.60	707.63	0.008156	3.93	56.84	33.13	0.80
Depuratore	65	Q200	260.00	704.10	707.10	707.10	708.03	0.008825	4.35	66.86	43.99	0.84
Depuratore	60	Q20	120.00	703.95	706.16	705.73	706.62	0.006821	3.02	39.92	21.59	0.69
Depuratore	60	Q100	210.00	703.95	706.80	706.62	707.53	0.007634	3.83	60.60	41.34	0.77
Depuratore	60	Q200	260.00	703.95	706.83	706.97	707.91	0.011118	4.67	61.98	41.47	0.93
Depuratore	55	Q20	120.00	703.92	706.14	705.68	706.57	0.006185	2.91	41.70	22.98	0.67
Depuratore	55	Q100	210.00	703.92	706.82	706.43	707.45	0.006419	3.61	65.20	40.92	0.71
Depuratore	55	Q200	260.00	703.92	706.99	706.85	707.82	0.007714	4.13	72.60	48.06	0.79
Depuratore	50	Q20	120.00	703.85	705.84	705.69	706.43	0.009577	3.43	36.67	27.34	0.84
Depuratore	50	Q100	210.00	703.85	706.45	706.45	707.30	0.009616	4.21	56.70	39.01	0.89
Depuratore	50	Q200	260.00	703.85	706.77	706.77	707.68	0.008885	4.42	70.07	44.71	0.87
Depuratore	40	Q20	120.00	703.60	705.66	705.55	706.16	0.010520	3.21	40.15	32.15	0.86
Depuratore	40	Q100	210.00	703.60	705.90	706.11	706.96	0.019179	4.73	48.13	34.56	1.19
Depuratore	40	Q200	260.00	703.60	706.12	706.32	707.35	0.018935	5.10	55.83	37.04	1.20



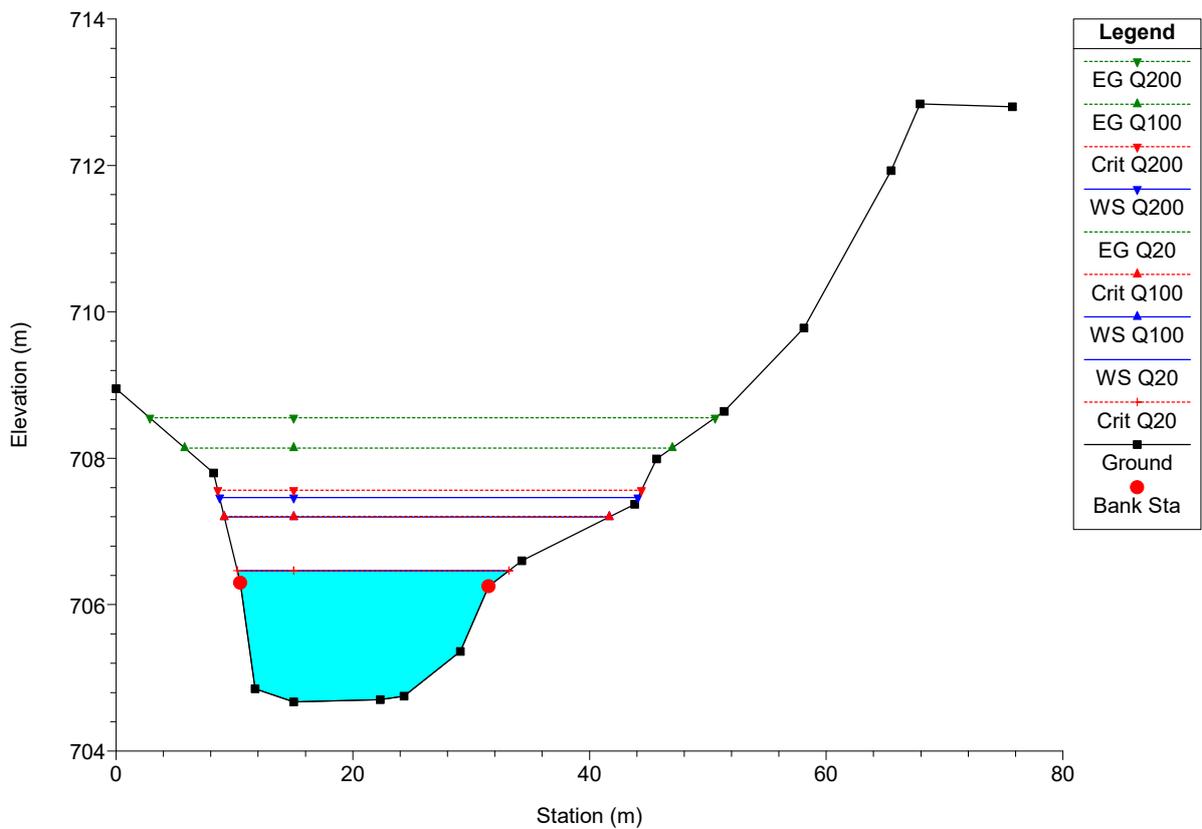
Simulazione progetto-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 120



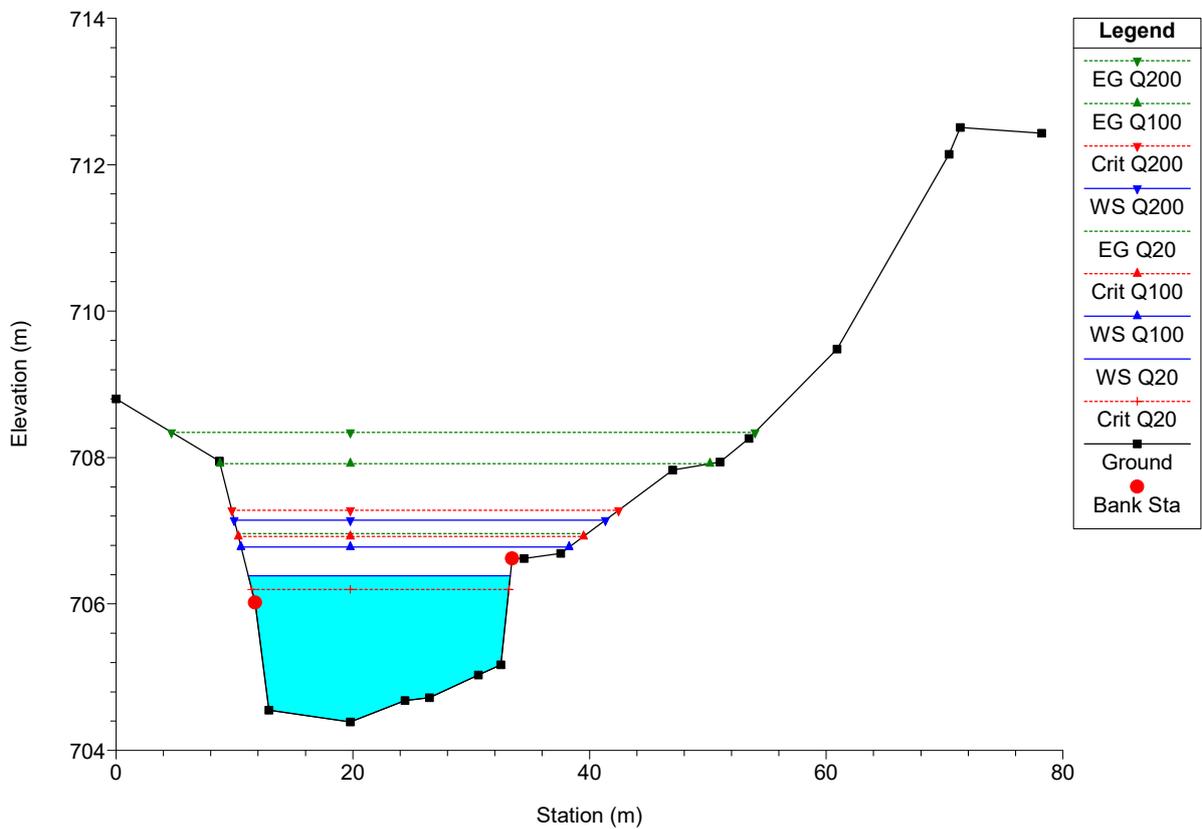
Simulazione progetto-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 110



Simulazione progetto-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 80

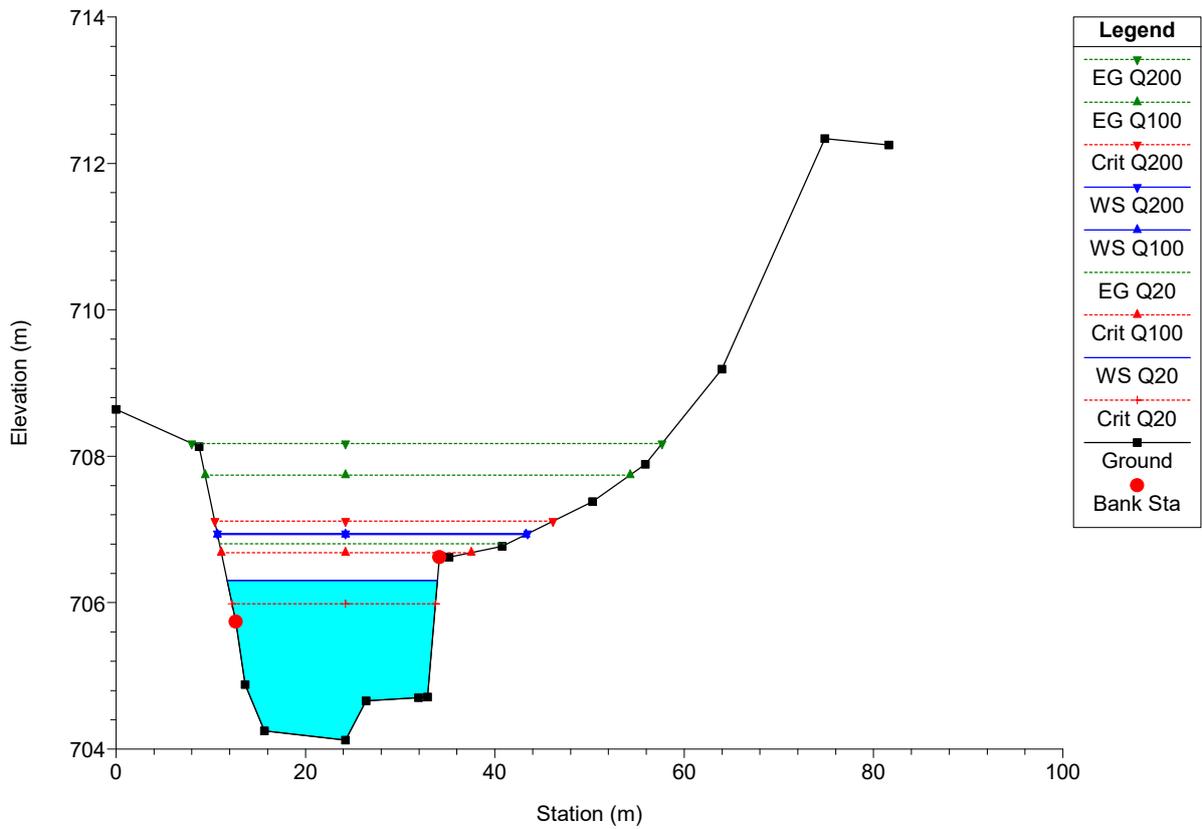


Simulazione progetto-int.04-2024
 River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 75



Simulazione progetto-int.04-2024

River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 70



Simulazione progetto-int.04-2024

River = Torrente Grana Reach = Depuratore RS = 65

