



NUOVO IMPIANTO IDROELETTRICO DENOMINATO "MOLINO"

AMMINISTRAZIONE:

COMUNE DI MARLIANA - PROVINCIA DI PISTOIA

CORSO D'ACQUA:

TORRENTE VINCIO DI MONTAGNANA

LIVELLO PROGETTUALE:

PROGETTO DEFINITIVO

NUMERO:

2

SCALA:

DATA:

Gennaio 2015

TITOLO:

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

PROGETTAZIONE:

ING. ALICE SALOTTI

Loc. Belvedere, 51

55022 Bagni di Lucca (LU)

email: salotti@alice.it

pec: alice.salotti@ingpec.eu

COMMITTENTE:

CEMAL ENERGIE SRL

Via traversa seconda, i.2

55014 Capannori (LU)

REV.	DESCRIZIONE	DATA
4		
3		
2		
1	EMISSIONE PER ATTIVAZIONE PROCEDURA DI P.A.S.	29/12/2014
0	EMISSIONE PER RICHIESTA CONCESSIONE DERIVAZIONE	19/06/2013

INDICE:

1. PREMESSA	1
2. DESCRIZIONE DELLO STUDIO EFFETTUATO	2
3. ANALISI IDROLOGICA E STIMA PORTATE DI PIENA	3
3.1 Analisi statistica delle piogge estreme	3
3.2 Calcolo del tempo di concentrazione del bacino	4
3.3 Calcolo delle portate di piena.....	5
4. ANALISI IDRAULICA E VERIFICA SEZIONI DI DEFLUSSO.....	13
4.1 Modello matematico utilizzato	13
4.2 Coefficienti di scabrezza e condizioni al contorno.....	14
4.3 Rilievi topografici	15
4.4 Risultati della modellazione per lo stato attuale	17
4.5 Risultati della modellazione per lo stato di progetto	27
4.6 Confronto fra i livelli liquidi ante e post intervento per $T_r=200$ anni 37	
5. CONCLUSIONI	38

1. PREMESSA

Il progetto in esame consiste nell'utilizzo, a scopo idroelettrico, del salto idraulico esistente sul torrente Vincio di Montagnana a valle della località Molino nel Comune di Marliana, Provincia di Pistoia.

Per la descrizione dell'area oggetto dell'intervento si rimanda ai capitoli 2 e 3 della relazione tecnica generale.

Il progetto prevede la captazione dell'acqua a monte di una briglia esistente a monte del ponte carrabile che permette di raggiungere la loc. Molino e la restituzione completa dell'acqua derivata a valle di un'altra briglia, sottendendo un tratto di torrente di circa 350 m a partire dalla captazione. Per i dettagli relativi alle opere da realizzare si rimanda al capitolo 5 della suddetta relazione tecnica generale.

La presente relazione ha lo scopo di valutare la compatibilità idraulica delle opere in progetto, collocate interamente in sponda idraulica destra, identificando e quantificando gli effetti dell'intervento sul corso d'acqua rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche precedenti la realizzazione dello stesso.



Figura 1: localizzazione dell'area di progetto.

2. DESCRIZIONE DELLO STUDIO EFFETTUATO

La progettazione di tutte le opere è stata indirizzata verso il maggior utilizzo possibile di strutture interrato, andando quindi a sostituire volumetrie esistenti in modo da non modificare l'assetto idraulico esistente. In pratica, quindi, si sono andate ad indagare le capacità di deflusso attuali del tratto di torrente di interesse e si è cercato di progettare l'intero intervento eliminandone il più possibile l'impatto sui profili liquidi allo stato di progetto.

Inoltre è stato verificato che le opere di presa e di centrale si trovassero in condizioni di sicurezza rispetto al verificarsi di eventi di piena con $T_r=200$ anni.

Le verifiche di cui sopra sono state condotte mediante simulazioni idrauliche effettuate con il software HEC-RAS, come viene illustrato di seguito.

3. ANALISI IDROLOGICA E STIMA PORTATE DI PIENA

Per poter associare un preciso periodo di ritorno ad una portata al colmo di piena è necessario prendere in considerazione metodi statistici basati sull'analisi di serie storiche di portate al colmo di piena oppure di piogge estreme.

Nel primo caso, la scarsità di sezioni idrometriche e la lunghezza delle serie storiche spesso insufficiente, determina una frequente impossibilità di applicazione di tale metodo che risulta comunque incerto.

L'analisi statistica delle piogge estreme, per le quali si ha a disposizione una maggior quantità di dati, risulta quindi spesso l'unica in grado di fornire un'informazione probabilistica delle portate al colmo di piena con sufficiente accettabilità.

3.1 Analisi statistica delle piogge estreme

Il metodo utilizzato può essere schematizzato nei seguenti 4 punti:

- analisi delle serie storiche delle piogge massime annuali per assegnata durata registrate, per un sufficiente numero di anni, da pluviografi posti nel bacino o nelle sue vicinanze;
- elaborazione statistica di tali dati e determinazione delle curve di possibilità pluviometrica con assegnato periodo di ritorno;
- costruzione di un evento di progetto (pluviogramma di progetto);
- trasformazione afflussi-deflussi.

Tuttavia, oltre le notevoli approssimazioni insite nella modellazione afflussi-deflussi, anche quest'ultimo procedimento presenta alcune incertezze:

- la variabilità del campione osservato;
- la possibilità di non avere stazioni pluviometriche con serie storiche di sufficiente lunghezza all'interno del bacino.

Nel caso in esame sono presenti nel bacino del torrente Vincio, o nelle sue vicinanze, diverse stazioni storiche di misura di piogge. Inoltre sono state forniti dal Servizio Idrologico Regionale (www.sir.toscana.it) i grid contenenti i parametri delle curve di possibilità pluviometrica relativi ai vari tempi di ritorno con copertura regionale.

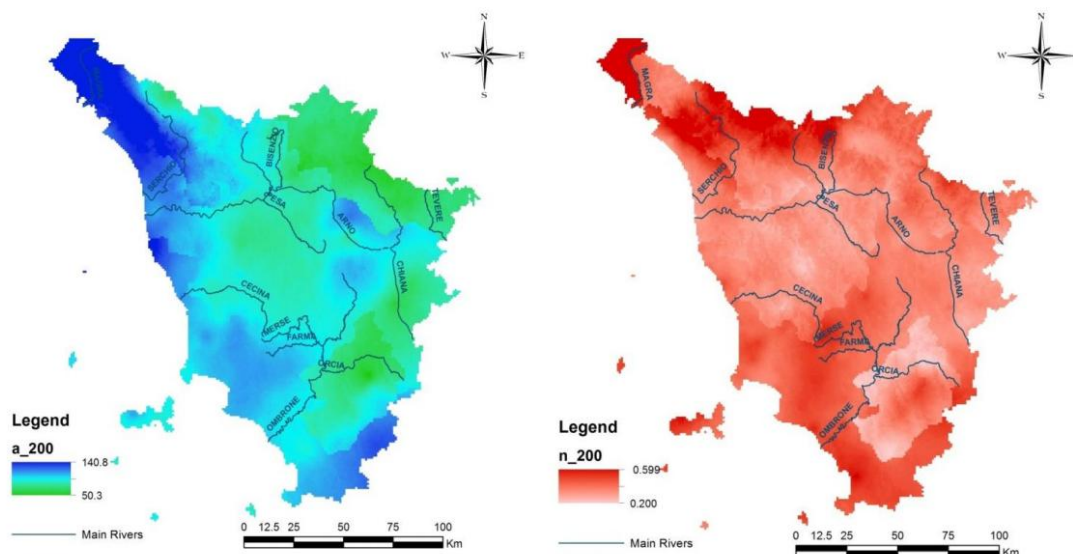


Figura 2: Spazializzazione sull'intera regione dei parametri "a" e "n" della LSPP per il $T_r=200$ anni (www.sir.toscana.it).

Le curve di possibilità pluviometrica esprimono la relazione tra l'altezza della precipitazione h e la durata dell'evento t per un prefissato T_r dell'evento. Viene utilizzata una curva di possibilità pluviometrica della forma:

$$h = a * t^n$$

dove:

h = altezza di pioggia [mm];

t = durata dell'evento [ore];

Si è quindi proceduto a ricavare i valori dei parametri a ed n per i bacini interessati. L'esperienza dimostra che, salvo bacini di forma del tutto particolare, la situazione più critica per la portata di colmo si verifica per piogge aventi durata pari al tempo di corrivazione. Quindi per valutare la pioggia di progetto, funzione di diverso tempo di ritorno, si è utilizzato la formula sopra riportata, in cui è stato posto t uguale al tempo di corrivazione del bacino calcolato con la formula di Giandotti (T_c).

3.2 Calcolo del tempo di concentrazione del bacino

Si definisce tempo di concentrazione del bacino (o tempo di corrivazione) il tempo impiegato da una particella liquida, posta nel punto idraulicamente più lontano dalla chiusura del bacino, per arrivare alla chiusura stessa.

Essendo molteplici i fattori che influenzano tale valore (forma, pendenza, densità del reticolo del bacino), è possibile soltanto esprimerne una stima empirica, tramite diversi metodi.

In Italia è frequentemente impiegata la formula empirica proposta dal Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

dove:

T_c = tempo di concentrazione [ore]

S = superficie del bacino chiuso al locale centrale [km²]

L = lunghezza dell'asta principale [km]

\bar{H} = altitudine media del bacino rispetto alla sezione di chiusura [m]

Tuttavia poiché la formula di Giandotti è valida per bacini idrografici con superficie >100km², in questo caso si è scelto di adottare la formula di Pezzoli, ricavata dall'autore sulla base di misure relative ad alcuni piccoli bacini piemontesi.

$$T_c = 0.055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_a}}$$

In cui i_a è la pendenza media (m/m) dell'asta principale, L la lunghezza dell'asta principale (km) e T_c è espresso in ore.

Per il torrente Vincio alla sezione di chiusura dell'opera di presa in progetto, essendo:

$S = 2.63 \text{ km}^2$

$L = 2 \text{ km}$

$i_a = (1000-553)/2000 \text{ m/m}$

si ottiene un tempo di concentrazione di circa 0.23 ore.

3.3 Calcolo delle portate di piena

Si è deciso di applicare il metodo CN per il calcolo della pioggia netta e ricavare quindi il valore del coefficiente di deflusso.

Il metodo Curve Number (CN) introdotto dal Soil Conservation Service (SCS) calcola istante per istante il quantitativo di pioggia che va a produrre deflusso superficiale, in funzione del tipo di suolo, del suo uso e del suo grado di imbibizione.

Sotto l'aspetto litologico i suoli sono distinti nei 4 gruppi indicati in Tabella 1.

GRUPPO	DESCRIZIONE
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla, ghiaie profonde molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Tabella 1: Classificazione litologica dei suoli secondo il Soil Conservation Service (SCS)

In funzione, quindi, del tipo di utilizzazione del suolo, si deducono, per i terreni dei suddetti 4 gruppi, i valori dei parametri CN riportati in Tabella 2.

La Tabella 3 distingue in tre classi le condizioni di umidità del terreno all'istante in cui ha inizio la pioggia.

Tipo di copertura (uso del suolo)	TIPO SUOLO			
	A	B	C	D
TERRENO COLTIVATO				
Senza trattamento di conservazione	72	81	88	91
Con interventi di conservazione	62	71	78	81
TERRENO DA PASCOLO				
Cattive condizioni	68	79	86	89
Buone condizioni	39	61	74	90
PRATERIE				
Buone condizioni	30	58	71	78
TERRENI BOSCOSE O FORESTATI				
Terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
SPAZI APERTI, PRATI RASATI, PARCHI				
Buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
Condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
AREE COMMERCIALI (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
DISTRETTI INDUSTRIALI (imper. 72%)	81	88	91	93
AREE RESIDENZIALI				
Impermeabilità media %	77	85	90	92
65	61	75	83	87
38	57	72	81	86
30	54	70	80	85
25	51	68	79	84
PARCHEGGI IMPERMEABILIZZATI	98	98	98	98
STRADE				
Pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Tabella 2: Parametri CN relativi alla classe II di umidità (AMC II) per le quattro classi litologiche e per i vari tipi di uso del suolo

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti [mm]	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
1	<13	<36
2	13-28	36-54
3	>28	>54

Tabella 3: Condizioni di umidità iniziali individuate in base all'altezza totale di pioggia (in mm) caduta nei 5 giorni precedenti

I valori del parametro CN della Tabella 2 si riferiscono a una condizione di umidità del suolo della II classe (condizione standard); se la condizione di umidità del suolo all'inizio della pioggia appartiene ad una classe diversa (I o III), il valore generico del parametro CN ricavato dalla Tabella 2 va modificato secondo le seguenti formule di equivalenza, introdotte da Giorgini:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

Per la determinazione dell'altezza di pioggia netta, si utilizza l'espressione:

$$h_n = \frac{(h - i_a)^2}{h - i_a + S}$$

dove:

h = altezza di pioggia lorda in mm;

$i_a = \beta S$ = perdita iniziale in mm, con β variabile tra 0.1 e 0.2;

$S = 25.4 \left[\left(\frac{1000}{CN} \right) - 10 \right]$ = capacità di ritenzione potenziale in mm.

Nel caso in esame, è stata ricavata una mappa delle classi litologiche sulla base delle carte della permeabilità fornite dalla Regione Toscana. Per quanto concerne l'uso del suolo, è stata utilizzata ed interpretata la carta della copertura del suolo Corine Land Cover.

La cartografia tematica idrogeologica e la relativa legenda proposta è stata redatta a partire da una riclassificazione della Carta Geologica Regionale 1:10.000. Le litologie affioranti e i depositi quaternari della carta geologica sono stati classificati in base al loro comportamento idrodinamico, secondo una classificazione in gradi di permeabilità relativa ragionata ed elaborata utilizzando dati da letteratura (IGG-CNR per Regione Toscana, letteratura disponibile) e un approccio statistico in alcune aree test (Alpi Apuane e bacino del Fiume Serchio; Centro di GeoTecnologie, 2007, 2008, 2010).

Le classi di permeabilità relativa utilizzate sono 5, suddivise secondo 4 tipologie di permeabilità (primaria, fratturazione, fratturazione e carsismo e mista, Tabella 4). Nella classificazione è stata evitata la definizione "complessi idrogeologici impermeabili" accorpando il grado "impermeabile" al grado "permeabilità da bassa a molto bassa" (come proposto, ad esempio, da Ghezzi et al., 1995).

PERMEABILITA' PRIMARIA (Per porosità)	
5	Permeabilità alta
4	Permeabilità medio-alta
3	Permeabilità media
2	Permeabilità medio-bassa
1	Permeabilità da bassa a molto bassa
PERMEABILITA' SECONDARIA (Per fratturazione e/o carsismo)	
V	Permeabilità alta
IV	Permeabilità medio-alta
III	Permeabilità media
II	Permeabilità medio-bassa
I	Permeabilità da bassa a molto bassa
PERMEABILITA' MISTA	
E	Permeabilità alta
D	Permeabilità medio-alta
C	Permeabilità media
B	Permeabilità medio-bassa
A	Permeabilità da bassa a molto bassa
IM	Impermeabile
NRC	Aree non rilevate o non classificate

Tabella 4: Classi di permeabilità per la carta idrogeologica della Regione Toscana.

La permeabilità relativa (indipendentemente dal tipo) è comunemente utilizzata per classificare le litologie su base idrogeologica e solitamente è espressa in modo qualitativo (es.: permeabilità alta, media, bassa). Tale parametro è definito in base ad un gran numero di fattori tra cui il tipo, la frequenza e le dimensioni dei meati (fessure e/o condotti), le portate fornite dalle sorgenti, il coefficiente d'infiltrazione efficace, la densità del reticolo di drenaggio, osservazioni di campagna e dei rapporti tra i fattori stessi.

Oltre al grado di permeabilità relativa, per una corretta caratterizzazione dei complessi idrogeologici, occorre definire a quale tipologia di permeabilità il litotipo appartiene, ossia se primaria o secondaria. Come anche riportato nella letteratura, la natura composizionale, la presenza di estesi e ben noti fenomeni carsici e le osservazioni compiute sulle rocce affioranti nei settori della Toscana

Si deve comunque ricordare che i complessi idrogeologici in roccia sono dotati di una permeabilità primaria di tipo interstiziale che, nonostante sia ordini di grandezza inferiori rispetto alla permeabilità per fratturazione e/o carsismo, può giocare un ruolo importante nel movimento di sostanze in soluzione attraverso processi diffusivi (Bear, 1993). Per tale motivo si ritiene che la terminologia "permeabilità mista" sia da applicarsi solamente a quei depositi sciolti o non consolidati nei quali l'ordine di grandezza della permeabilità primaria sia confrontabile con quello della secondaria.

The figure is a topographic map of a mountainous region, likely in the Italian Alps, showing the Molino catchment area. The map features contour lines indicating elevation, with peaks reaching over 3000 meters. Several towns and villages are labeled, including Rogg, Boffad, Macch, Sella, and Molino. The Molino catchment area is highlighted in red, and the permeability classes are overlaid on this area. The legend indicates three classes: Primaria medio-alta (light blue), Primaria medio-bassa (medium blue), and Secondaria media (dark blue). The map also shows a network of roads and a river system.

CEMAL energie srl
Via Paolinelli traversa seconda i.2
55014 Capannori-Marlia (LU)

Considerando l'elevato numero di classi di permeabilità, si è proceduto ad una semplificazione della legenda accorpendo le classi di permeabilità secondo la Tabella 5.

Classi di permeabilità	Classi di permeabilità della Carta Idrogeologica della Regione Toscana	Gruppi di Tabella 1
Alta-media alta	4-Permeabilità primaria alta 5-Permeabilità primaria medio-alta IV-Permeabilità secondaria alta V-Permeabilità secondaria medio-alta E-Permeabilità mista alta D-Permeabilità mista medio-alta	A
Media	3-Permeabilità primaria media III-Permeabilità secondaria media C-Permeabilità mista media	B
Bassa-medio bassa	1-Permeabilità primaria da bassa a molto bassa 2-Permeabilità primaria medio-bassa I-Permeabilità secondaria da bassa a molto bassa II-Permeabilità secondaria medio-bassa A-Permeabilità mista da bassa a molto bassa B-Permeabilità mista medio-bassa	C
Impermeabile	Impermeabile	D

Tabella 5: Gruppi litologici di Tabella 1 in riferimento alle classi di permeabilità.

Nella Figura 4 è visibile per il bacino di interesse la carta ottenuta applicando la classificazione di Tabella 5.

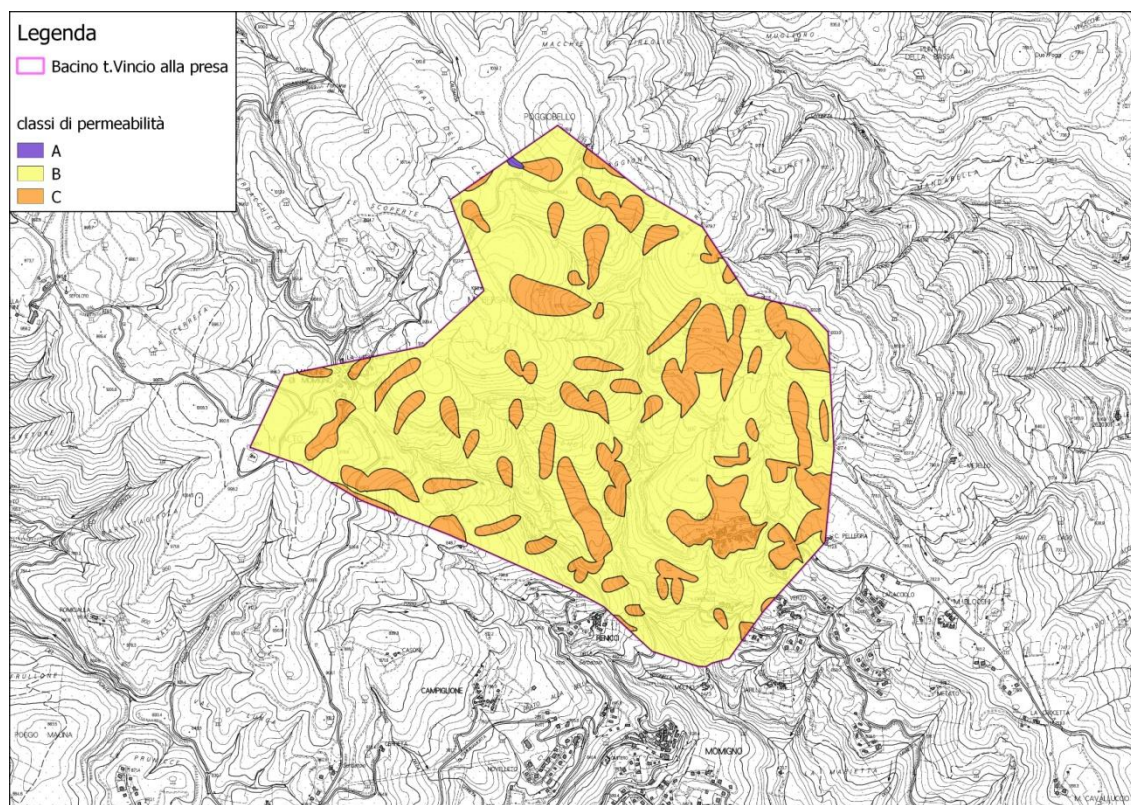


Figura 4: Mappa della litologia del bacino chiuso alla presa in progetto.

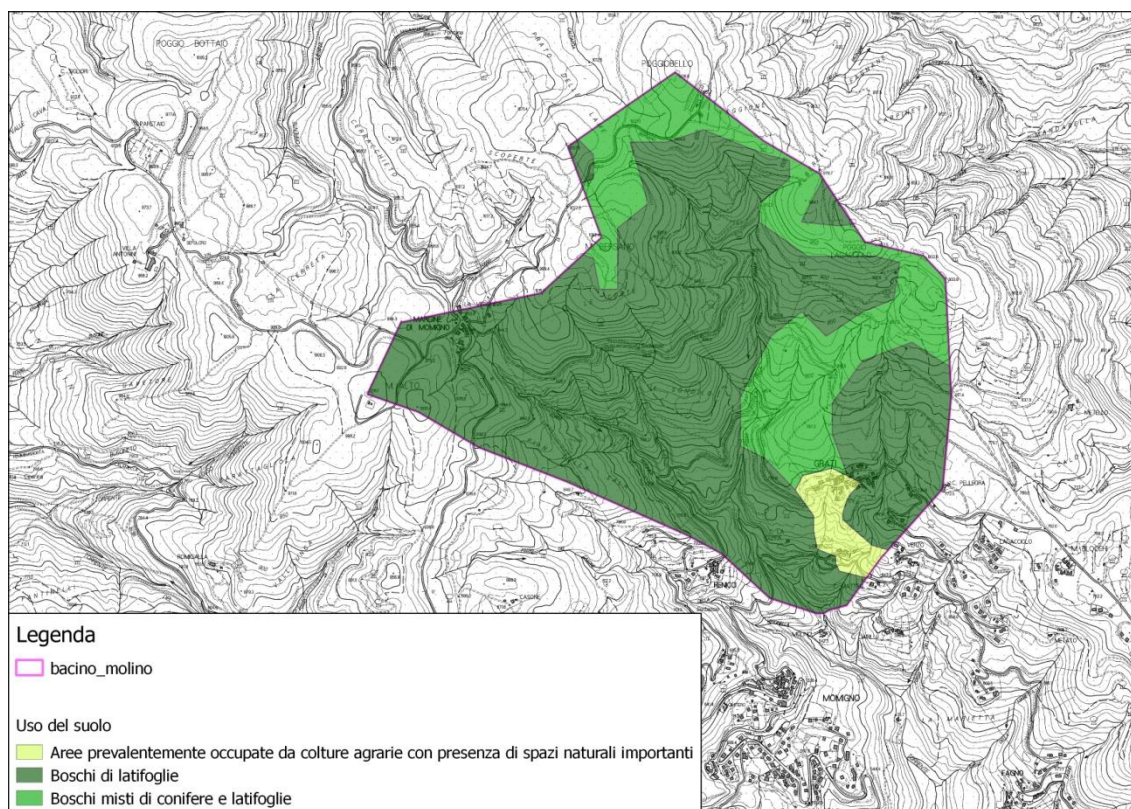


Figura 5: Mappa dell'uso del suolo del bacino chiuso alla presa in progetto.

Dalla combinazione tra la classe litologica e l'uso del suolo, utilizzando le tabelle del Soil Conservation Service, sono stati ottenuti i CN in condizione di umidità iniziale standard (AMC II) per ciascuna sottozona omogenea dei due sottobacini esaminati, come mostrato nella Tabella 6. Di ciascuna sottozona è stata calcolata la superficie, in modo da poter ricavare un CN medio pesato sulle aree per ciascuno dei due sottobacini.

Classe	Gruppo	CN	Area (km ²)
Boschi misti di conifere e latifoglie	C	77	0.106
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	B	81	0.049
Boschi di latifoglie	B	66	1.469
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	C	71	0.023
Boschi misti di conifere e latifoglie	B	66	0.471
Boschi misti di conifere e latifoglie	A	45	0.002
Boschi di latifoglie	C	77	0.507

Tabella 6: CN assegnati alle varie sottozone omogenee del bacino del torrente Vincio chiuso all'opera di presa.

12

I risultati ottenuti per il bacino in esame sono:

$$CN(II) \approx 69$$

$$CN(III) \approx 84$$

La percentuale di area impermeabile dei due sottobacini è stata considerata nulla, in accordo con l'assenza di significativi centri abitati, aree commerciali e aree industriali.

Nella modellazione si è scelto di adottare i valori più cautelativi di $CN(III)$. Si ricavano pertanto i valori dei coefficienti di deflusso da inserire nella formula del calcolo della portata di piena:

$$\psi = \frac{h_n}{h}$$

$$Q = 0.278 \cdot \frac{\psi \cdot A \cdot h}{T_c}$$

Torrente Vincio di Montagnana						
Tr	a	n	h_n [mm]	h [mm]	ψ	Q_{max} [m ³ /s]
5 anni	35.008	0.388	3.132	18.813	0.166	11.34
20 anni	48.996	0.397	6.420	25.962	0.247	23.25
200 anni	79.041	0.421	15.019	40.330	0.372	54.40

Tabella 7: Valori di piena per prefissati tempi di ritorno.

4. ANALISI IDRAULICA E VERIFICA SEZIONI DI DEFLUSSO

4.1 Modello matematico utilizzato

Il calcolo dei profili liquidi è stato effettuato attraverso il software HEC-RAS, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers. Questo software è in grado di modellare l'andamento dei profili liquidi di un torrente sia in moto permanente che vario, in regime di corrente lenta, veloce, o in regime misto.

La procedura alla base del calcolo si basa sulla soluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia. Le perdite valutate sono quelle di attrito (equazione di Manning) e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni (tramite un coefficiente che moltiplica la variazione dell'altezza cinetica). L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni. Questo si verifica, in condizioni di regime misto, nei punti di passaggio da corrente veloce a corrente lenta (risalti idraulici), oppure in corrispondenza di ponti o delle confluenze di più rami di una rete.

Il fenomeno idraulico fuori e dentro l'alveo è stato simulato considerando l'alveo stesso trasversalmente come un'unica sezione (piano golenale più alveo inciso), in considerazione del fatto che tale ipotesi è l'unica valida nel contesto della modellistica fluviale, qualora si ricorra alla simulazione degli alvei composti tramite i modelli monodimensionali (pelo libero orizzontale e linea dell'energia parallela al pelo libero).

L'equazione di base è quella dell'energia, espressa nella forma:

$$WS_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = WS_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + \Delta h_{1-2}$$

Dove WS_1 e WS_2 sono le quote piezometriche, pari alla somma della quota assoluta del fondo dell'alveo più il tirante idrico, alle sezioni 2 e 1, mentre Δh_{1-2} rappresenta le perdite di carico, dovute sia all'attrito che alla contrazione e all'espansione che si verifica tra le due sezioni considerate. Quest'ultimo contributo può essere suddiviso nella somma tra perdite d'attrito h_f e perdite per espansione o contrazione h_o .

La pendenza d'attrito, per la sezione in esame, è calcolata con l'equazione di Manning:

$$Q = \frac{1}{n} AR_m^{2/3} \sqrt{J} \rightarrow J = \left(\frac{nQ}{AR_m^{2/3}} \right)^2$$

Dove R_m è il raggio idraulico, Q la portata, A l'area della sezione bagnata e n il coefficiente di Manning.

Successivamente, moltiplicando il valore della pendenza d'attrito (J) per la distanza media L tra le due sezioni considerate, si ottiene il valore delle perdite d'attrito h_f .

Il termine h_o viene calcolato moltiplicando per un opportuno coefficiente di contrazione (C_c) o di espansione (C_e) il valore assoluto della differenza tra l'energia cinetica ragguagliata nelle due sezioni, ovvero:

$$h_0 = C_{c,e} \left| \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \right|$$

In caso di corrente lenta, i valori dei coefficienti di contrazione ed espansione vengono spesso assunti pari, rispettivamente, a 0.1 e 0.3. In caso di corrente veloce, invece, tali valori risultano essere sensibilmente inferiori, non superando di norma i valori di 0.05 per C_c e 0.1 per C_e .

Il calcolo dei tiranti idrici è ottenuto dall'integrazione alle differenze finite col metodo standard step. La risoluzione del sistema richiede la conoscenza di opportune condizioni al contorno. Sono richiesti il valore di portata Q e il valore del tirante h nella sezione di monte o di valle del tratto in esame, se la corrente è veloce o lenta rispettivamente. In caso di corrente mista, è necessario conoscere le condizioni al contorno sia di valle che di monte.

Il codice è in grado di tracciare i profili di corrente tra le sezioni rilevate e le sezioni fittizie o intermedie. Tali sezioni sono distribuite lungo l'alveo tra le sezioni rilevate, ad una distanza parziale definita dall'utente. Le grandezze geometriche ed idrauliche delle sezioni intermedie vengono calcolate interpolando, lungo l'ascissa, i valori di tali grandezze nelle sezioni rilevate o topograficamente note localizzate negli estremi del tronco in esame.

Per quanto riguarda l'effetto che i ponti ed i restringimenti esercitano sul deflusso della corrente, questi vengono trattati come singolarità all'interno del codice.

4.2 Coefficienti di scabrezza e condizioni al contorno

Nel tratto di interesse, il torrente Vincio ha un fondo alveo in cui sono presenti ciottoli di piccole e medie dimensioni, intervallati da blocchi squadrati anche di dimensioni rilevanti.

Il letto di magra non presenta al suo interno vegetazione di sorta e la sezione è piuttosto regolare e priva di brusche variazioni. Le sponde sono costituita dalla parte inferiore del versante boscato.

La scelta del coefficiente di scabrezza di Manning è avvenuta seguendo le indicazioni presenti in letteratura e facendo riferimento alle indicazioni dell'USGS, che forniscono il valore di n (o di $k=1/n$) da attribuire ai corsi d'acqua a seconda delle loro caratteristiche.

Nella modellazione in esame sono stati assunti diversi valori del coefficiente di scabrezza, in funzione della superficie presente:

- Per il fondo alveo è stato utilizzato un coefficiente di scabrezza di Manning, n , pari a $0.033 [s \cdot m^{-1/3}]$;
- Per le sponde, caratterizzate dalla presenza più o meno sviluppata di vegetazione, è stato scelto un valore del coefficiente di Manning di $0.05 [s \cdot m^{-1/3}]$.

Le condizioni al contorno impostate per la modellazione matematica sono state di corrente mista. Per questo motivo, è stato necessario imporre due condizioni al contorno: quella di monte e quella di valle rispetto al tratto di fiume interessato.

In questo caso, è stata impostata la quota del pelo libero della corrente pari a quella di moto uniforme, fissando all'interno del programma la pendenza della linea dell'energia sia downstream che upstream.

Le condizioni al contorno impostate per la modellazione matematica allo stato di progetto sono state le stesse già utilizzate per la simulazione allo stato attuale.

4.3 Rilievi topografici

I rilievi topografici che sono stati utilizzati per la simulazione idraulica interessano un tratto di circa 500 m del torrente che si estende per circa 50 metri a monte e a valle delle opere in progetto.

Complessivamente sono state ricostruite 23 sezioni trasversali d'alveo, numerate in ordine crescente andando da valle verso monte, sulla base di un rilievo di dettaglio geo-referenziato condotto nel periodo giugno-settembre 2014.

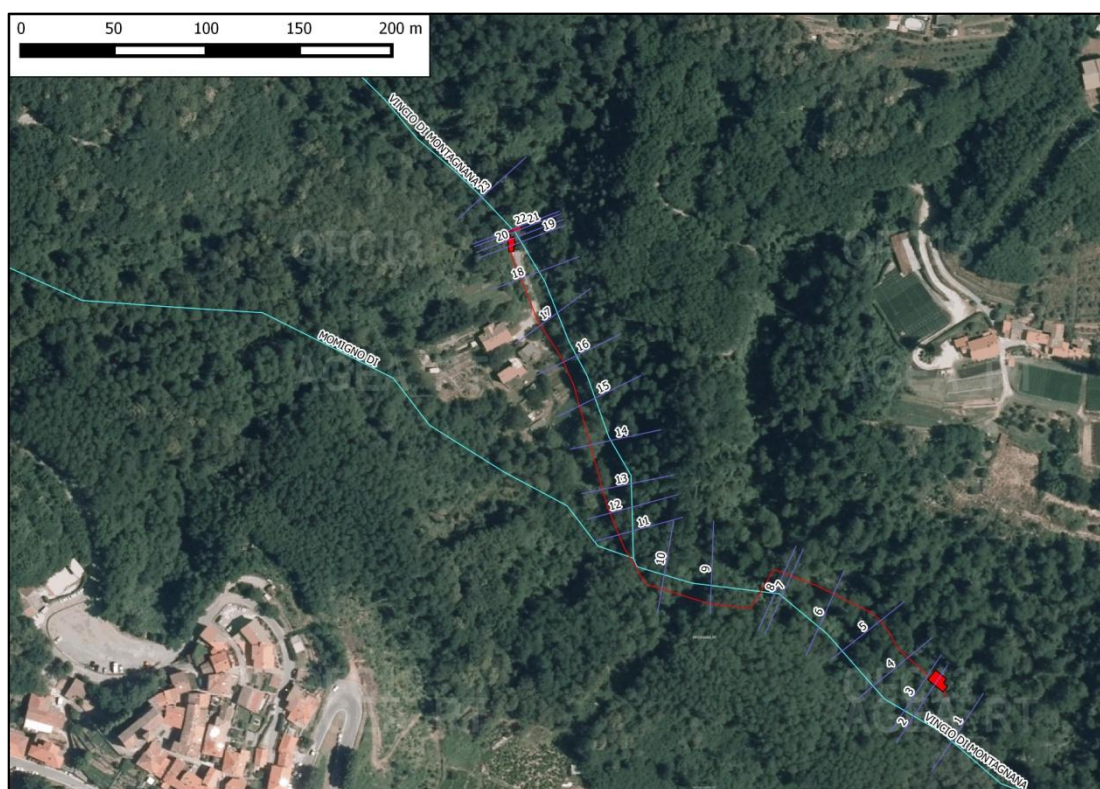


Figura 6: Ubicazione delle sezioni implementate nel modello HEC-RAS.

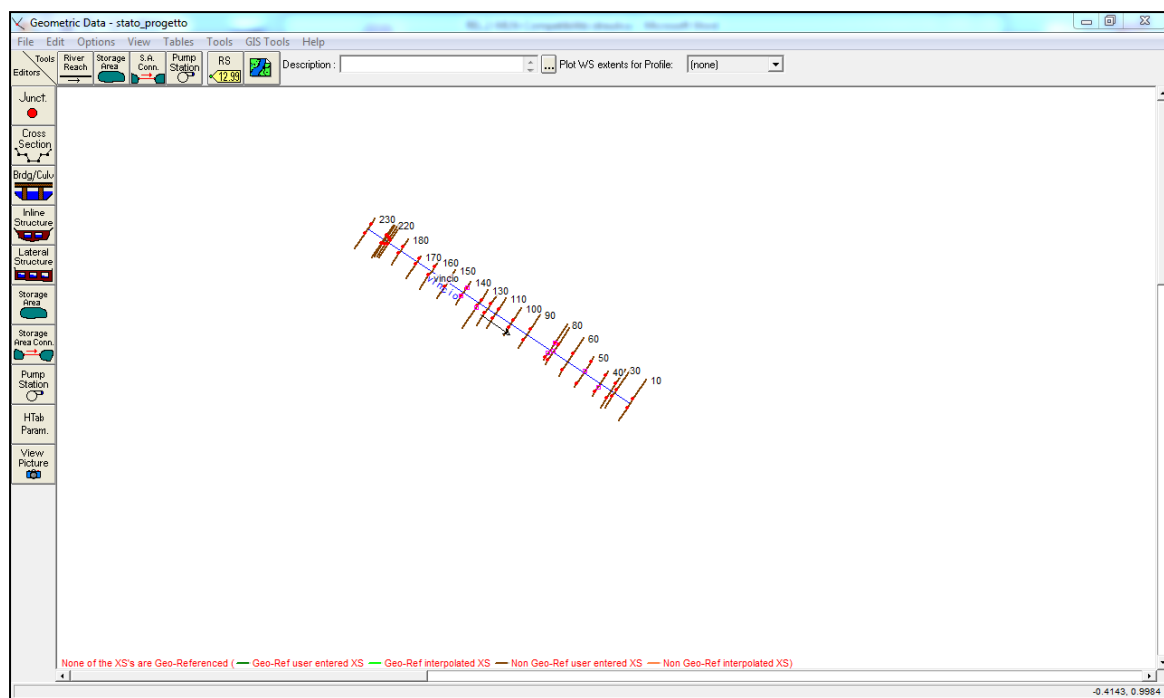


Figura 7: Dati geometrici inseriti all'interno del software di calcolo HEC-RAS.

4.4 Risultati della modellazione per lo stato attuale

La simulazione numerica del deflusso della corrente di piena relativa allo stato attuale fornisce i parametri idraulici rappresentativi del moto, quali la velocità della corrente ed i livelli idrici, al deflusso delle 3 portate di piena considerate (aventi tempi di ritorno di 5, 20 e 200 anni).

Il tracciamento dei profili di corrente liquida viene eseguito da parte del codice di calcolo tra le sezioni rilevate. Si riportano di seguito i risultati della modellazione idraulica monodimensionale, per la portata di progetto con tempo di ritorno 5, 20 e 200 anni.

Tutti i livelli di piena calcolati nella presente configurazione sono anche stati riportati nella tavola 9 in cui è rappresentato lo stato attuale del tratto di torrente esaminato.

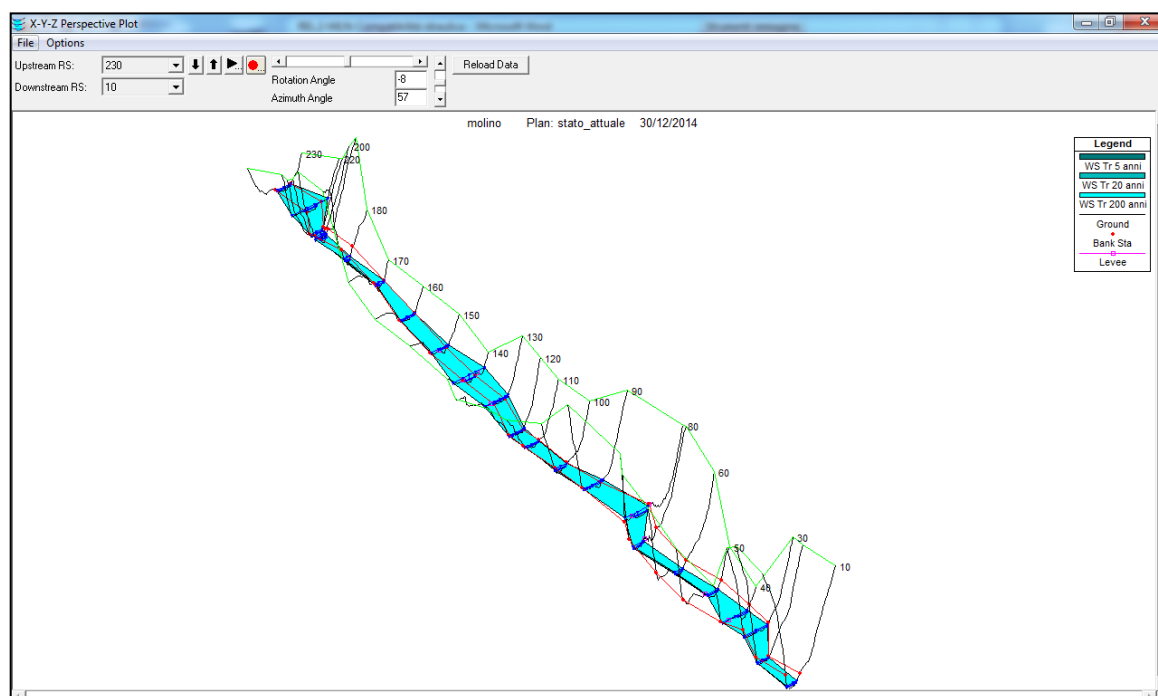


Figura 8: Modello implementato nel software di calcolo HEC-RAS.

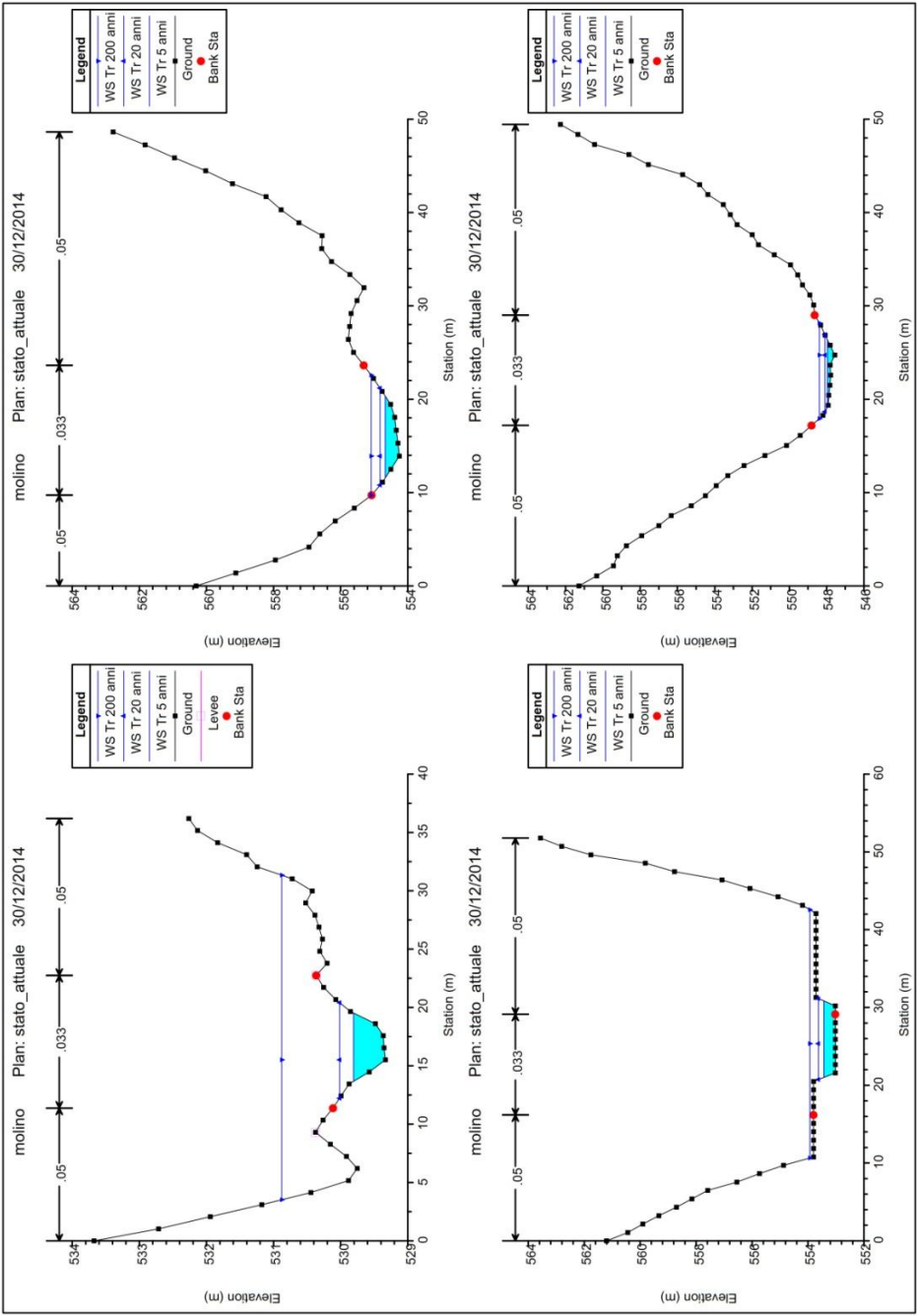
HEC-RAS Plan: 1 River: vincio Reach: vincio

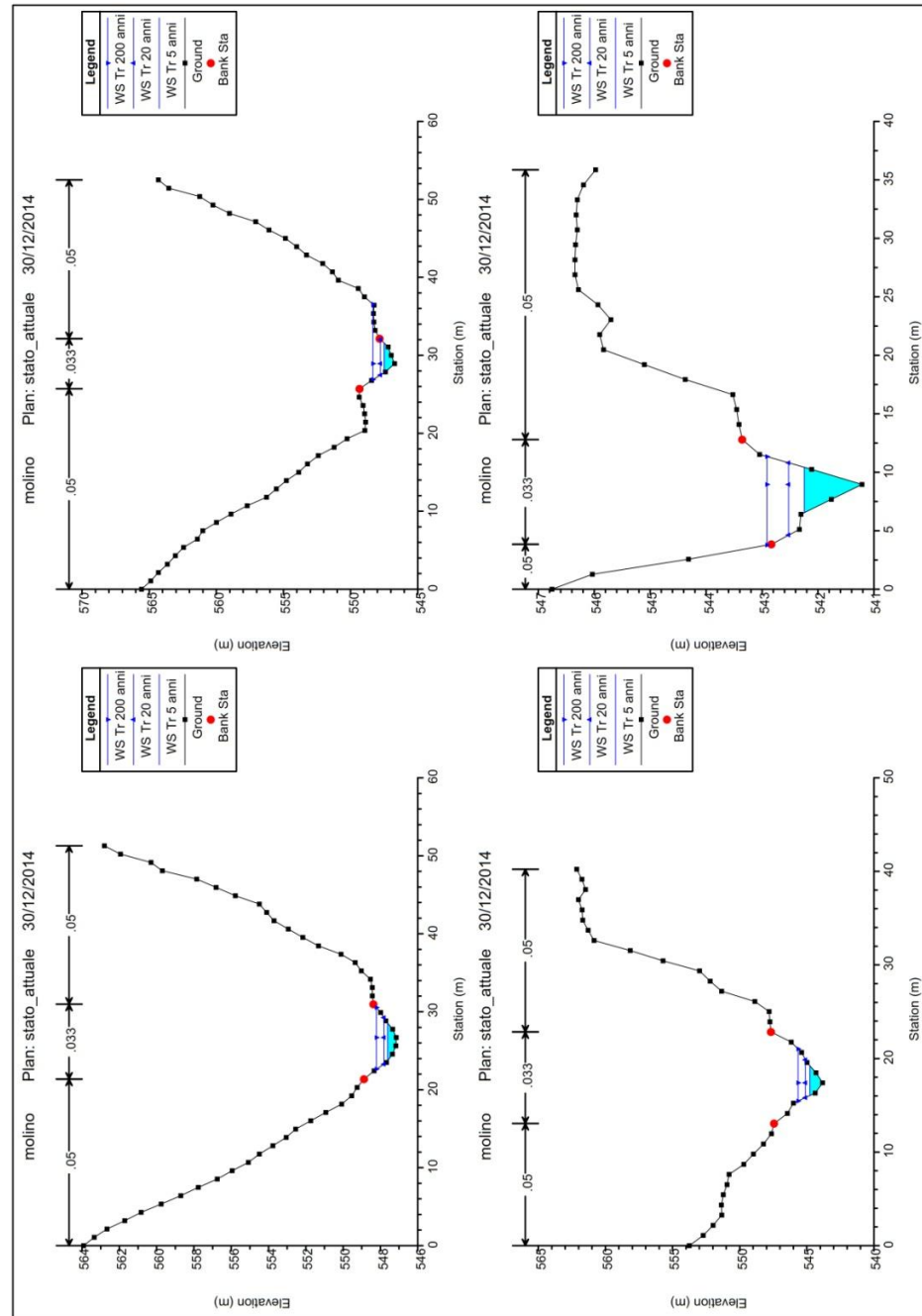
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
vincio	230	Tr 5 anni	11.34	554.26	554.67	554.96	555.90	0.155782	4.90	2.31	8.75	3.04
vincio	230	Tr 20 anni	23.25	554.26	554.83	555.26	556.72	0.155627	6.10	3.81	10.39	3.21
vincio	230	Tr 200 anni	54.40	554.26	555.09	555.82	558.24	0.155682	7.86	6.92	12.89	3.42
vincio	220	Tr 5 anni	11.34	553.03	553.43	553.58	553.93	0.039716	3.21	3.77	9.84	1.63
vincio	220	Tr 20 anni	23.25	553.03	553.63	553.96	554.53	0.044724	4.36	5.75	10.41	1.84
vincio	220	Tr 200 anni	54.40	553.03	553.93	554.29	555.27	0.066589	5.58	12.65	31.90	2.27
vincio	210	Tr 5 anni	11.34	547.56	547.96	548.40	553.25	1.376533	10.19	1.11	7.17	8.26
vincio	210	Tr 20 anni	23.25	547.56	548.09	548.73	553.85	0.737338	10.63	2.19	8.26	6.59
vincio	210	Tr 200 anni	54.40	547.56	548.39	549.29	554.57	0.358516	11.01	4.94	10.23	5.06
vincio	200	Tr 5 anni	11.34	547.15	547.61	548.11	550.71	0.341131	7.80	1.45	4.86	4.55
vincio	200	Tr 20 anni	23.25	547.15	547.81	548.54	552.03	0.292031	9.09	2.56	5.99	4.44
vincio	200	Tr 200 anni	54.40	547.15	548.21	549.17	553.48	0.201248	10.17	5.35	7.90	3.94
vincio	190	Tr 5 anni	11.34	546.72	547.50	548.02	549.77	0.161968	6.68	1.70	3.82	3.20
vincio	190	Tr 20 anni	23.25	546.72	547.78	548.58	551.14	0.156900	8.13	2.86	4.58	3.28
vincio	190	Tr 200 anni	54.40	546.72	548.34	549.33	552.81	0.107188	9.46	6.25	9.68	2.92
vincio	180	Tr 5 anni	11.34	543.82	544.77	545.35	547.01	0.136208	6.63	1.71	3.17	2.88
vincio	180	Tr 20 anni	23.25	543.82	545.11	545.88	548.36	0.139559	8.00	2.91	4.05	3.01
vincio	180	Tr 200 anni	54.40	543.82	545.65	546.79	550.53	0.137141	9.79	5.56	5.57	3.13
vincio	170	Tr 5 anni	11.34	541.21	542.25	542.67	543.87	0.099856	5.65	2.01	3.89	2.51
vincio	170	Tr 20 anni	23.25	541.21	542.53	543.09	544.79	0.119044	6.66	3.49	6.18	2.83
vincio	170	Tr 200 anni	54.40	541.21	542.91	543.87	546.88	0.127657	8.83	6.16	7.57	3.11
vincio	160	Tr 5 anni	11.34	537.16	537.57	537.96	539.96	0.365168	6.85	1.66	7.17	4.55
vincio	160	Tr 20 anni	23.25	537.16	537.74	538.24	540.81	0.281011	7.76	2.99	8.80	4.25
vincio	160	Tr 200 anni	54.40	537.16	537.98	538.75	542.68	0.291839	9.60	5.67	12.59	4.55
vincio	150	Tr 5 anni	11.34	532.41	533.29	533.64	534.86	0.116176	5.56	2.04	4.81	2.73
vincio	150	Tr 20 anni	23.25	532.41	533.52	533.89	536.02	0.125978	7.01	3.36	6.37	2.99
vincio	150	Tr 200 anni	54.40	532.41	533.74	534.36	536.63	0.166259	7.56	7.32	15.34	3.43
vincio	140	Tr 5 anni	11.34	529.33	529.81	530.20	531.52	0.162641	5.80	1.96	5.86	3.20
vincio	140	Tr 20 anni	23.25	529.33	530.02	530.48	532.43	0.172315	6.88	3.38	8.20	3.42
vincio	140	Tr 200 anni	54.40	529.33	530.88	530.88	531.28	0.009647	3.16	22.75	27.81	0.96
vincio	130	Tr 5 anni	11.34	527.63	527.99	528.19	528.67	0.071174	3.73	3.22	11.55	2.13
vincio	130	Tr 20 anni	23.25	527.63	528.14	528.48	529.36	0.076177	5.03	5.06	12.59	2.35
vincio	130	Tr 200 anni	54.40	527.63	528.38	528.91	530.57	0.084694	7.01	9.84	21.01	2.66
vincio	120	Tr 5 anni	11.34	522.01	522.32	522.70	526.09	0.908752	8.60	1.32	8.01	6.77
vincio	120	Tr 20 anni	23.25	522.01	522.45	522.95	526.82	0.657979	9.27	2.51	10.81	6.12
vincio	120	Tr 200 anni	54.40	522.01	522.67	523.46	528.16	0.404689	10.38	5.27	13.34	5.24
vincio	110	Tr 5 anni	11.34	520.52	521.03	521.35	522.21	0.118890	4.80	2.36	7.46	2.73
vincio	110	Tr 20 anni	23.25	520.52	521.23	521.64	522.96	0.133649	5.83	3.99	10.29	2.99
vincio	110	Tr 200 anni	54.40	520.52	521.48	522.16	524.59	0.154240	7.82	6.95	12.79	3.39
vincio	100	Tr 5 anni	11.34	518.22	518.67	518.94	519.65	0.093226	4.38	2.59	7.81	2.43
vincio	100	Tr 20 anni	23.25	518.22	518.88	519.29	520.37	0.085671	5.40	4.30	8.79	2.46
vincio	100	Tr 200 anni	54.40	518.22	519.24	519.94	521.77	0.083888	7.05	7.71	10.23	2.59
vincio	90	Tr 5 anni	11.34	516.68	517.47	517.66	518.01	0.042114	3.27	3.47	8.92	1.66
vincio	90	Tr 20 anni	23.25	516.68	517.68	517.92	518.47	0.054306	3.94	5.96	14.41	1.93
vincio	90	Tr 200 anni	54.40	516.68	517.92	518.37	519.53	0.073928	5.65	9.83	17.81	2.37
vincio	80	Tr 5 anni	11.34	514.66	515.05	515.28	515.85	0.088958	3.97	2.86	9.75	2.34
vincio	80	Tr 20 anni	23.25	514.66	515.27	515.53	516.31	0.064166	4.53	5.13	11.15	2.13
vincio	80	Tr 200 anni	54.40	514.66	515.91	515.91	516.35	0.011378	2.92	18.72	21.48	1.00
vincio	70	Tr 5 anni	11.34	509.33	509.60	510.12	514.44	0.994862	9.75	1.16	6.19	7.17
vincio	70	Tr 20 anni	23.25	509.33	509.77	510.47	515.20	0.525962	10.33	2.25	6.72	5.70
vincio	70	Tr 200 anni	54.40	509.33	510.16	510.83	515.69	0.268967	10.42	5.22	9.17	4.41
vincio	60	Tr 5 anni	11.34	504.44	505.11	505.55	506.88	0.136949	5.89	1.93	4.80	2.97
vincio	60	Tr 20 anni	23.25	504.44	505.32	506.04	508.35	0.163230	7.71	3.02	5.68	3.38
vincio	60	Tr 200 anni	54.40	504.44	505.70	506.63	510.70	0.171266	9.91	5.49	7.28	3.64
vincio	50	Tr 5 anni	11.34	502.29	502.88	503.16	503.86	0.094303	4.38	2.59	7.92	2.44
vincio	50	Tr 20 anni	23.25	502.29	503.05	503.51	504.76	0.104872	5.78	4.02	8.71	2.72
vincio	50	Tr 200 anni	54.40	502.29	503.35	504.03	506.62	0.123269	8.02	6.79	10.07	3.12
vincio	40	Tr 5 anni	11.34	500.62	501.40	501.66	502.18	0.043878	3.93	2.89	5.58	1.74
vincio	40	Tr 20 anni	23.25	500.62	501.72	502.02	502.84	0.046284	4.70	4.94	7.59	1.86
vincio	40	Tr 200 anni	54.40	500.62	502.00	502.39	503.40	0.085583	5.24	10.38	22.19	2.45
vincio	30	Tr 5 anni	11.34	499.98	500.43	500.58	500.97	0.117372	3.25	3.49	19.82	2.47
vincio	30	Tr 20 anni	23.25	499.98	500.52	500.77	501.56	0.141411	4.52	5.14	20.35	2.87

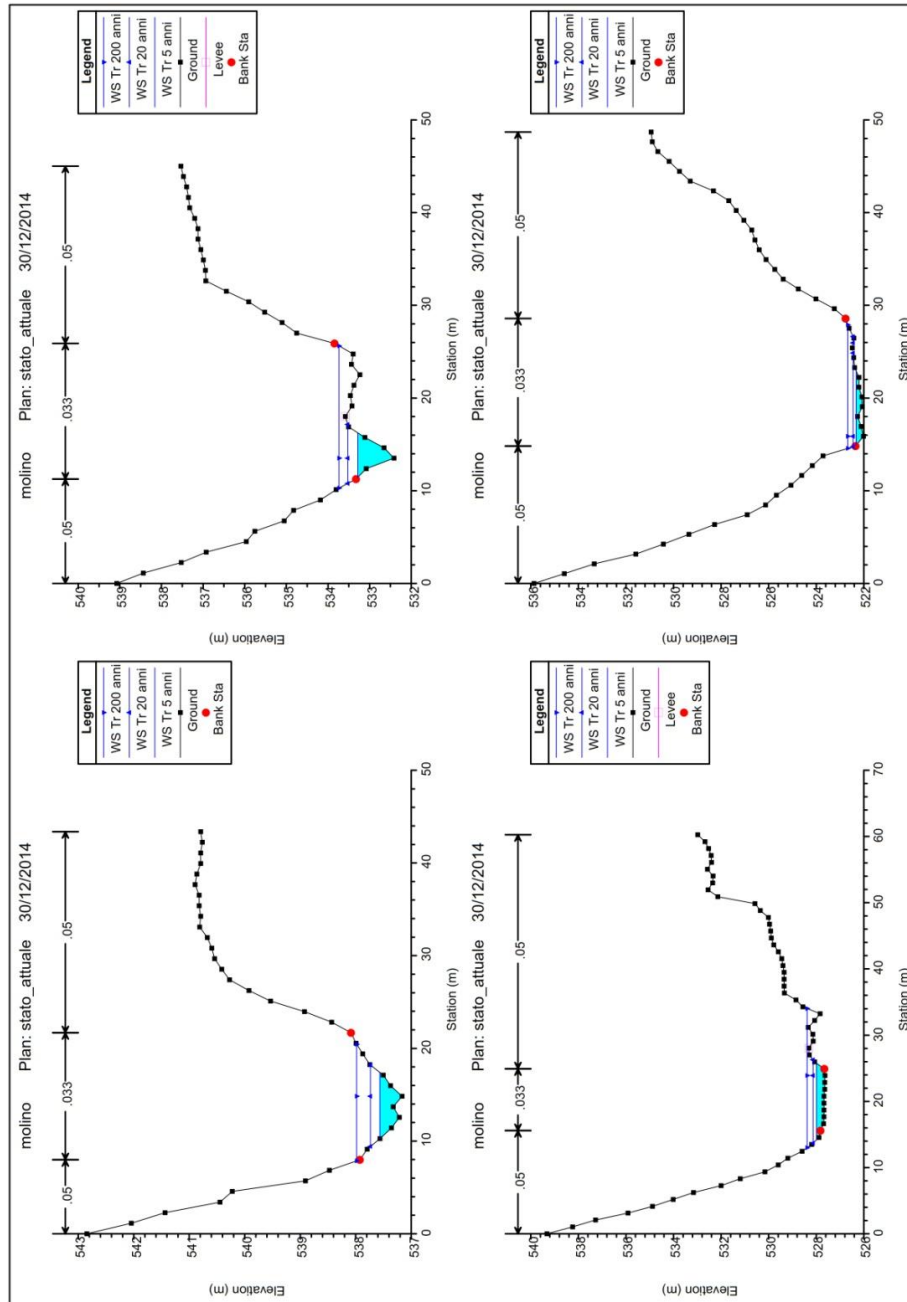
HEC-RAS Plan: 1 River: vincio Reach: vincio (Continued)

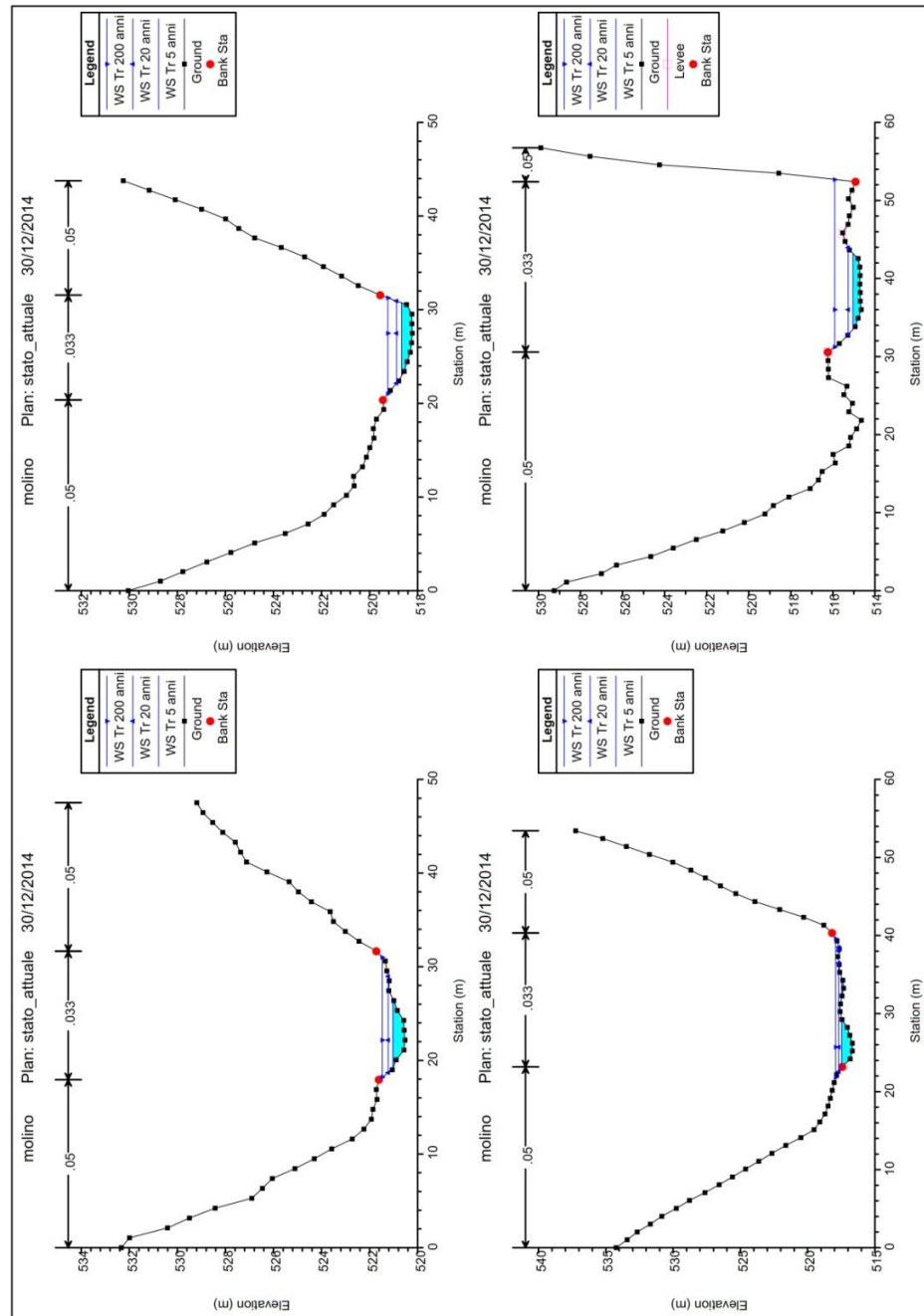
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
vincio	30	Tr 200 anni	54.40	499.98	500.79	501.15	502.07	0.069961	5.02	10.84	21.45	2.25
vincio	20	Tr 5 anni	11.34	494.43	494.68	495.11	499.23	1.031727	9.45	1.20	6.97	7.27
vincio	20	Tr 20 anni	23.25	494.43	494.83	495.43	499.80	0.680650	9.88	2.35	9.30	6.27
vincio	20	Tr 200 anni	54.40	494.43	495.11	496.02	500.95	0.324452	10.71	5.08	10.02	4.80
vincio	10	Tr 5 anni	11.34	491.81	492.31	492.56	493.20	0.082633	4.19	2.71	7.85	2.28
vincio	10	Tr 20 anni	23.25	491.81	492.49	492.92	494.04	0.089424	5.52	4.21	8.46	2.49
vincio	10	Tr 200 anni	54.40	491.81	492.80	493.58	495.87	0.107174	7.76	7.01	9.45	2.88

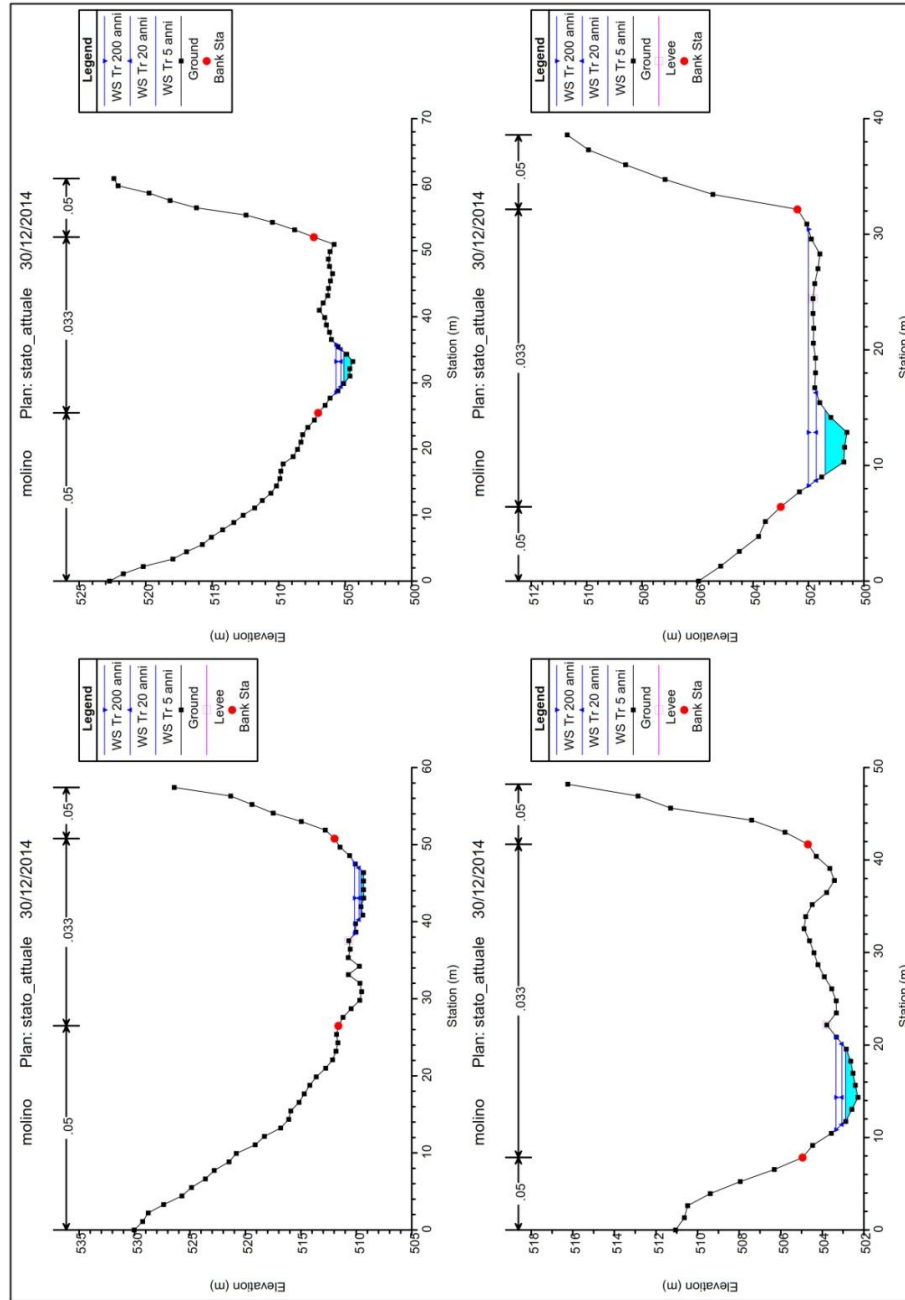
Tabella 8: Risultati della modellazione idraulica nelle sezioni interessate dall'inserimento delle opere allo stato attuale.











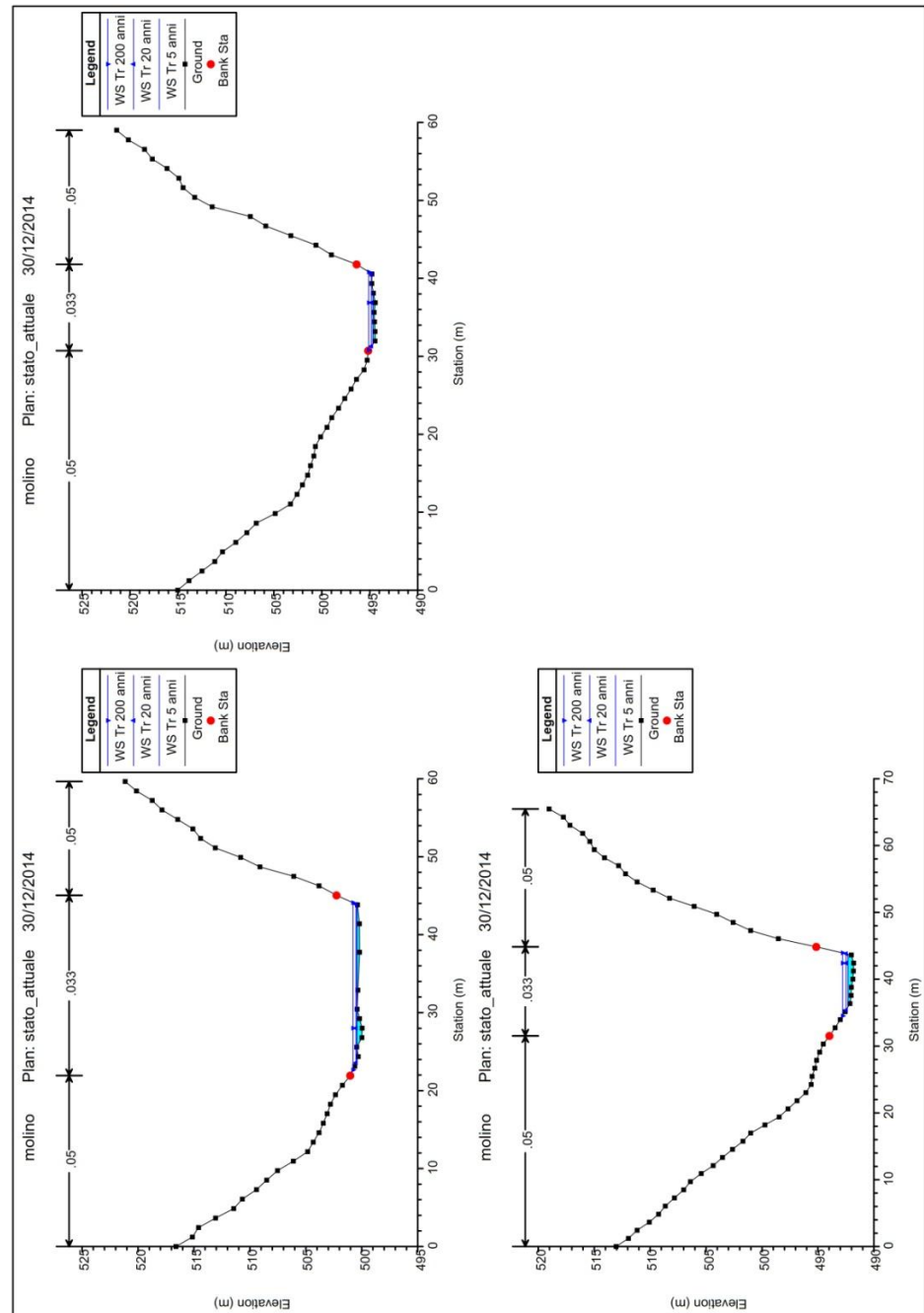


Figura 9: Livelli liquidi stimati per le portate aventi tempo di ritorno di 5, 20 e 200 anni nelle sezioni interessate dall'inserimento delle opere allo stato attuale

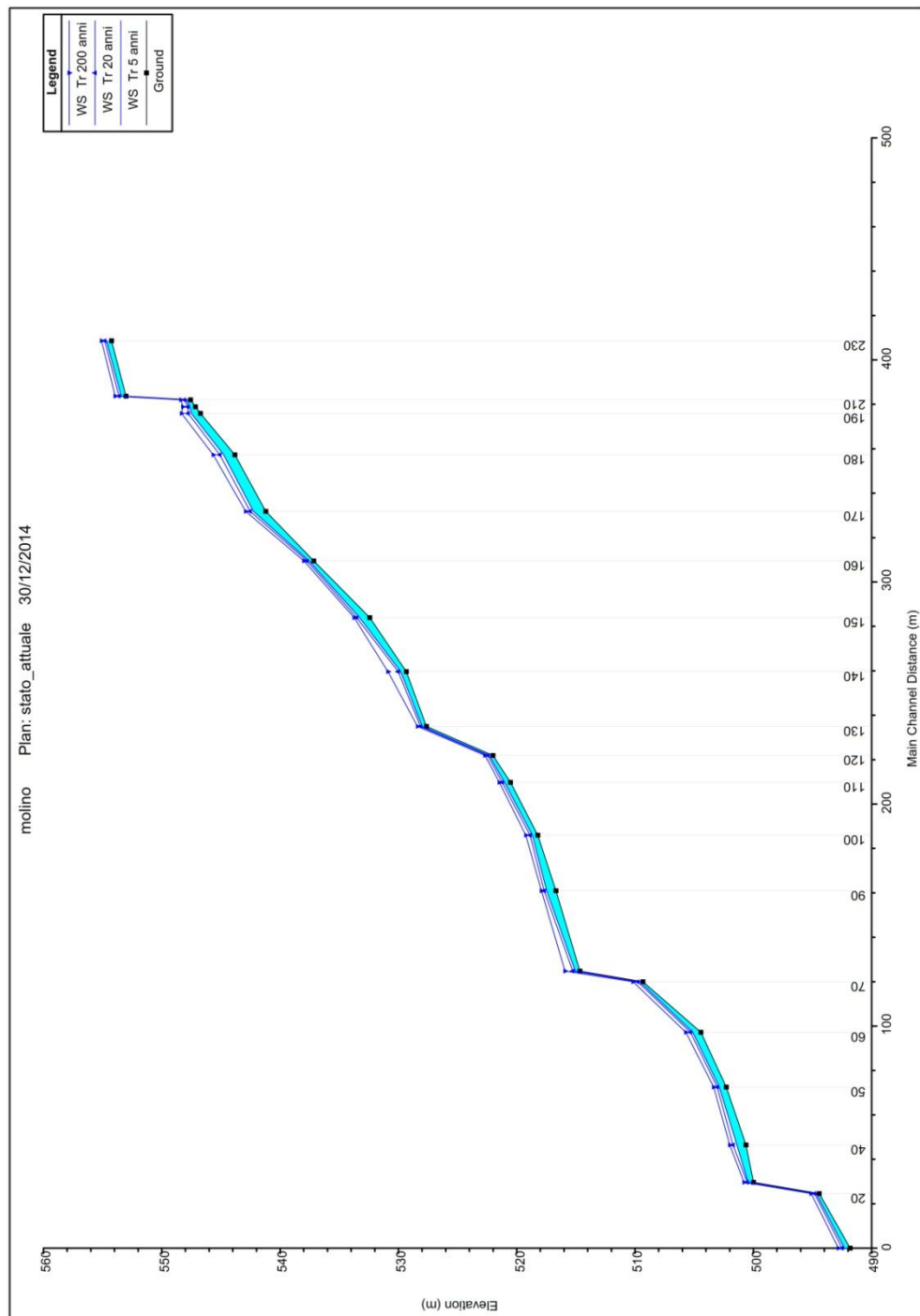


Figura 10: Profili liquidi longitudinali per portate aventi tempi di ritorno di 5, 20 e 200 anni nel tratto di inserimento delle opere allo stato attuale.

4.5 Risultati della modellazione per lo stato di progetto

Al fine di valutare l'influenza dei nuovi manufatti in progetto sul deflusso della portata di piena, è stata eseguita la simulazione numerica del moto della corrente di piena considerando la presenza delle opere in progetto. Come detto le strutture in progetto sono l'opera di presa collocata a valle della briglia esistente in prossimità della località Molino, la condotta forzata interrata a bordo alveo e la centrale di produzione ubicata a valle di una briglia esistente circa 350m a sud della loc. Molino.

Si riportano di seguito in tabella i risultati della modellazione idraulica monodimensionale, per la portata di progetto con tempo di ritorno 5, 20 e 200 anni.

Tutte i livelli di piena calcolati nella presente configurazione sono anche stati riportati nella tavola 10 in cui è rappresentato lo stato sovrapposto delle opere in progetto.

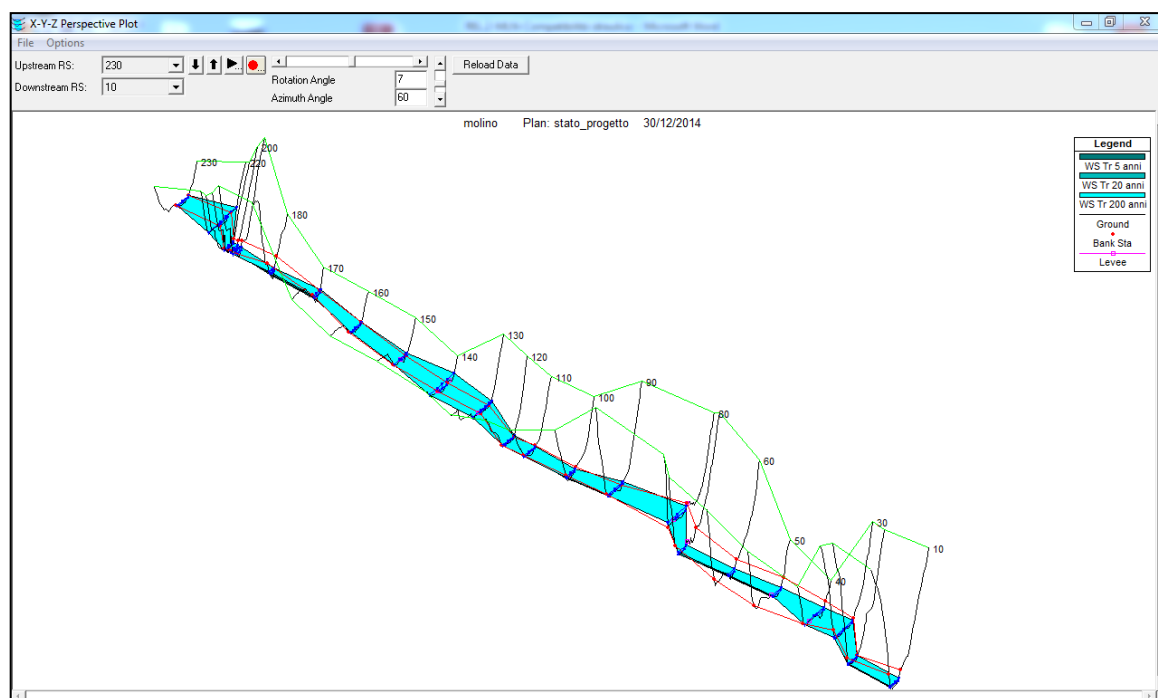


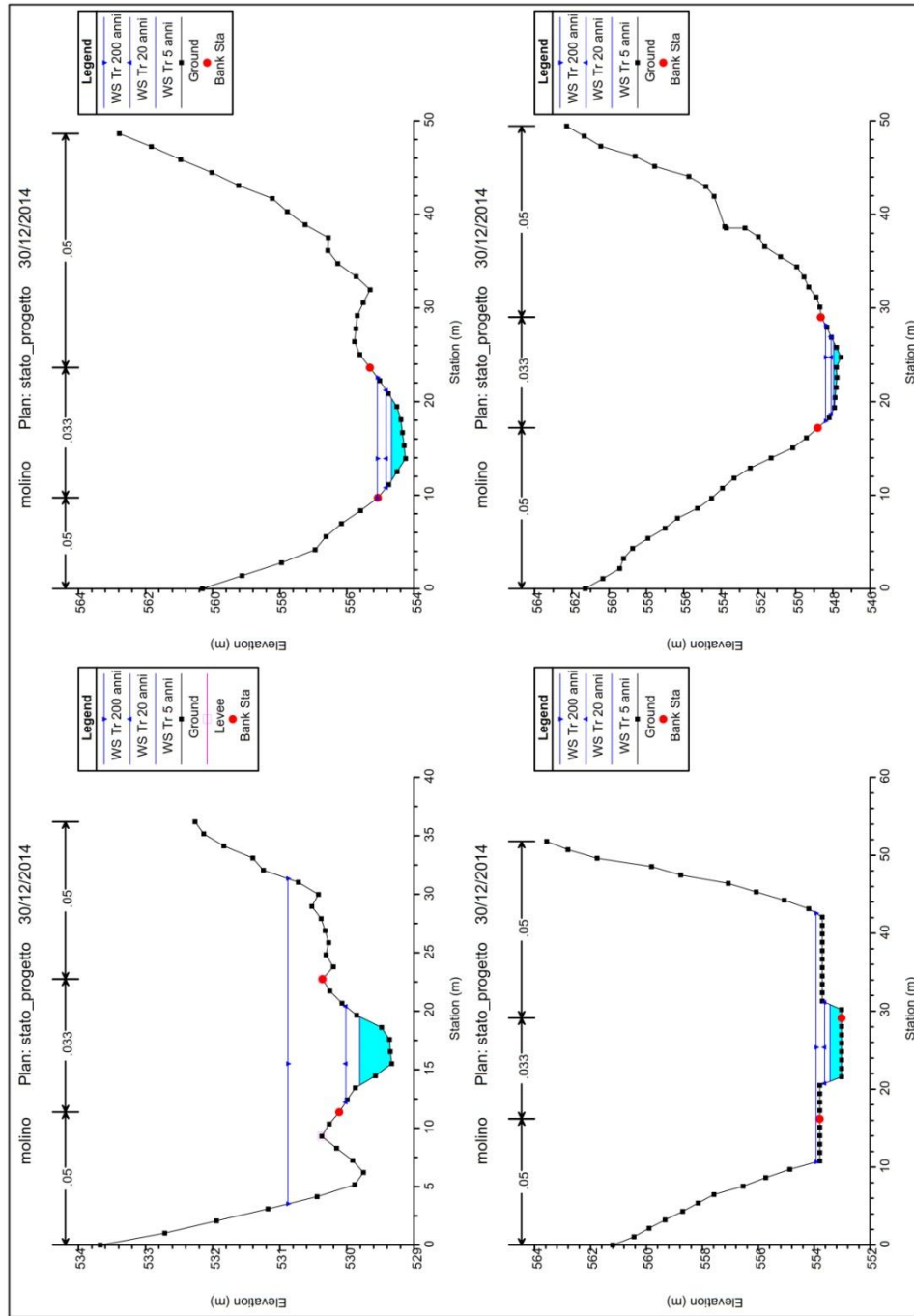
Figura 11: Modello implementato nel software di calcolo HEC-RAS.

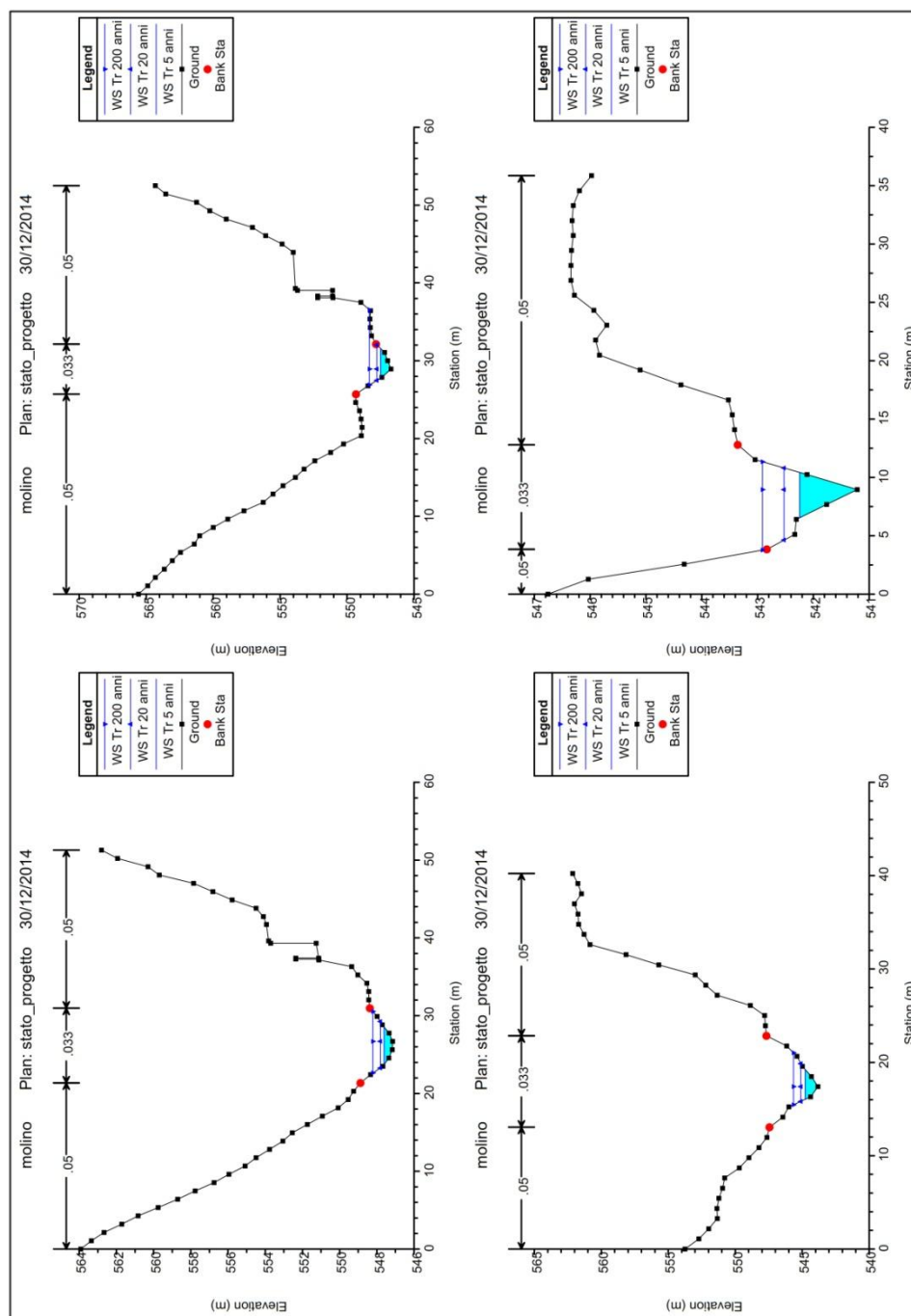
HEC-RAS Plan: 2 River: vincio Reach: vincio												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
vincio	230	Tr 5 anni	11.34	554.26	554.67	554.96	555.90	0.155782	4.90	2.31	8.75	3.04
vincio	230	Tr 20 anni	23.25	554.26	554.83	555.26	556.72	0.155627	6.10	3.81	10.39	3.21
vincio	230	Tr 200 anni	54.40	554.26	555.09	555.82	558.24	0.155682	7.86	6.92	12.89	3.42
vincio	220	Tr 5 anni	11.34	553.03	553.43	553.58	553.93	0.039716	3.21	3.77	9.84	1.63
vincio	220	Tr 20 anni	23.25	553.03	553.63	553.96	554.53	0.044724	4.36	5.75	10.41	1.84
vincio	220	Tr 200 anni	54.40	553.03	553.93	554.29	555.27	0.066589	5.58	12.65	31.90	2.27
vincio	210	Tr 5 anni	11.34	547.56	547.96	548.40	553.25	1.376533	10.19	1.11	7.17	8.26
vincio	210	Tr 20 anni	23.25	547.56	548.09	548.73	553.85	0.737338	10.63	2.19	8.26	6.59
vincio	210	Tr 200 anni	54.40	547.56	548.39	549.29	554.57	0.358516	11.01	4.94	10.23	5.06
vincio	200	Tr 5 anni	11.34	547.15	547.61	548.11	550.71	0.341131	7.80	1.45	4.86	4.55
vincio	200	Tr 20 anni	23.25	547.15	547.81	548.54	552.03	0.292031	9.09	2.56	5.99	4.44
vincio	200	Tr 200 anni	54.40	547.15	548.21	549.17	553.48	0.201248	10.17	5.35	7.90	3.94
vincio	190	Tr 5 anni	11.34	546.72	547.50	548.02	549.77	0.161968	6.68	1.70	3.82	3.20
vincio	190	Tr 20 anni	23.25	546.72	547.78	548.58	551.14	0.156900	8.13	2.86	4.58	3.28
vincio	190	Tr 200 anni	54.40	546.72	548.34	549.32	552.81	0.107188	9.46	6.25	9.68	2.92
vincio	180	Tr 5 anni	11.34	543.82	544.77	545.35	547.01	0.136208	6.63	1.71	3.17	2.88
vincio	180	Tr 20 anni	23.25	543.82	545.11	545.88	548.36	0.139559	8.00	2.91	4.05	3.01
vincio	180	Tr 200 anni	54.40	543.82	545.65	546.79	550.53	0.137141	9.79	5.56	5.57	3.13
vincio	170	Tr 5 anni	11.34	541.21	542.25	542.67	543.87	0.099856	5.65	2.01	3.89	2.51
vincio	170	Tr 20 anni	23.25	541.21	542.53	543.09	544.79	0.119044	6.66	3.49	6.18	2.83
vincio	170	Tr 200 anni	54.40	541.21	542.91	543.87	546.88	0.127657	8.83	6.16	7.57	3.11
vincio	160	Tr 5 anni	11.34	537.16	537.57	537.96	539.96	0.365168	6.85	1.66	7.17	4.55
vincio	160	Tr 20 anni	23.25	537.16	537.74	538.24	540.81	0.281011	7.76	2.99	8.80	4.25
vincio	160	Tr 200 anni	54.40	537.16	537.98	538.75	542.68	0.291839	9.60	5.67	12.59	4.55
vincio	150	Tr 5 anni	11.34	532.41	533.29	533.64	534.86	0.116176	5.56	2.04	4.81	2.73
vincio	150	Tr 20 anni	23.25	532.41	533.52	533.89	536.02	0.125978	7.01	3.36	6.37	2.99
vincio	150	Tr 200 anni	54.40	532.41	533.74	534.36	536.63	0.166259	7.56	7.32	15.34	3.43
vincio	140	Tr 5 anni	11.34	529.33	529.81	530.20	531.52	0.162641	5.80	1.96	5.86	3.20
vincio	140	Tr 20 anni	23.25	529.33	530.02	530.48	532.43	0.172315	6.88	3.38	8.20	3.42
vincio	140	Tr 200 anni	54.40	529.33	530.88	530.88	531.28	0.009647	3.16	22.75	27.81	0.96
vincio	130	Tr 5 anni	11.34	527.63	527.99	528.19	528.67	0.071174	3.73	3.22	11.55	2.13
vincio	130	Tr 20 anni	23.25	527.63	528.14	528.48	529.36	0.076177	5.03	5.06	12.59	2.35
vincio	130	Tr 200 anni	54.40	527.63	528.38	528.91	530.57	0.084694	7.01	9.84	21.01	2.66
vincio	120	Tr 5 anni	11.34	522.01	522.32	522.70	526.09	0.908752	8.60	1.32	8.01	6.77
vincio	120	Tr 20 anni	23.25	522.01	522.45	522.95	526.82	0.657979	9.27	2.51	10.81	6.12
vincio	120	Tr 200 anni	54.40	522.01	522.67	523.46	528.16	0.404689	10.38	5.27	13.34	5.24
vincio	110	Tr 5 anni	11.34	520.52	521.03	521.35	522.21	0.118890	4.80	2.36	7.46	2.73
vincio	110	Tr 20 anni	23.25	520.52	521.23	521.64	522.96	0.133649	5.83	3.99	10.29	2.99
vincio	110	Tr 200 anni	54.40	520.52	521.48	522.16	524.59	0.154240	7.82	6.95	12.79	3.39
vincio	100	Tr 5 anni	11.34	518.22	518.67	518.94	519.65	0.093226	4.38	2.59	7.81	2.43
vincio	100	Tr 20 anni	23.25	518.22	518.88	519.29	520.37	0.085671	5.40	4.30	8.79	2.46
vincio	100	Tr 200 anni	54.40	518.22	519.24	519.94	521.77	0.083888	7.05	7.71	10.23	2.59
vincio	90	Tr 5 anni	11.34	516.68	517.47	517.66	518.01	0.042114	3.27	3.47	8.92	1.66
vincio	90	Tr 20 anni	23.25	516.68	517.68	517.92	518.47	0.054306	3.94	5.96	14.41	1.93
vincio	90	Tr 200 anni	54.40	516.68	517.92	518.37	519.53	0.073928	5.65	9.83	17.81	2.37
vincio	80	Tr 5 anni	11.34	514.66	515.05	515.28	515.85	0.088958	3.97	2.86	9.75	2.34
vincio	80	Tr 20 anni	23.25	514.66	515.27	515.53	516.31	0.064166	4.53	5.13	11.15	2.13
vincio	80	Tr 200 anni	54.40	514.66	515.91	515.91	516.35	0.011378	2.92	18.72	21.48	1.00
vincio	70	Tr 5 anni	11.34	509.33	509.60	510.12	514.44	0.994862	9.75	1.16	6.19	7.17
vincio	70	Tr 20 anni	23.25	509.33	509.77	510.47	515.20	0.525962	10.33	2.25	6.72	5.70
vincio	70	Tr 200 anni	54.40	509.33	510.16	510.83	515.69	0.268967	10.42	5.22	9.17	4.41
vincio	60	Tr 5 anni	11.34	504.44	505.11	505.55	506.88	0.136949	5.89	1.93	4.80	2.97
vincio	60	Tr 20 anni	23.25	504.44	505.32	506.04	508.35	0.163230	7.71	3.02	5.68	3.38
vincio	60	Tr 200 anni	54.40	504.44	505.70	506.63	510.70	0.171266	9.91	5.49	7.28	3.64
vincio	50	Tr 5 anni	11.34	502.29	502.88	503.16	503.86	0.094303	4.38	2.59	7.92	2.44
vincio	50	Tr 20 anni	23.25	502.29	503.05	503.51	504.76	0.104872	5.78	4.02	8.71	2.72
vincio	50	Tr 200 anni	54.40	502.29	503.35	504.03	506.62	0.123269	8.02	6.79	10.07	3.12
vincio	40	Tr 5 anni	11.34	500.62	501.40	501.66	502.18	0.043878	3.93	2.89	5.58	1.74
vincio	40	Tr 20 anni	23.25	500.62	501.72	502.02	502.84	0.046284	4.70	4.94	7.59	1.86
vincio	40	Tr 200 anni	54.40	500.62	502.00	502.39	503.40	0.085583	5.24	10.38	22.19	2.45
vincio	30	Tr 5 anni	11.34	499.98	500.43	500.58	500.97	0.117372	3.25	3.49	19.82	2.47
vincio	30	Tr 20 anni	23.25	499.98	500.52	500.77	501.56	0.141411	4.52	5.14	20.35	2.87

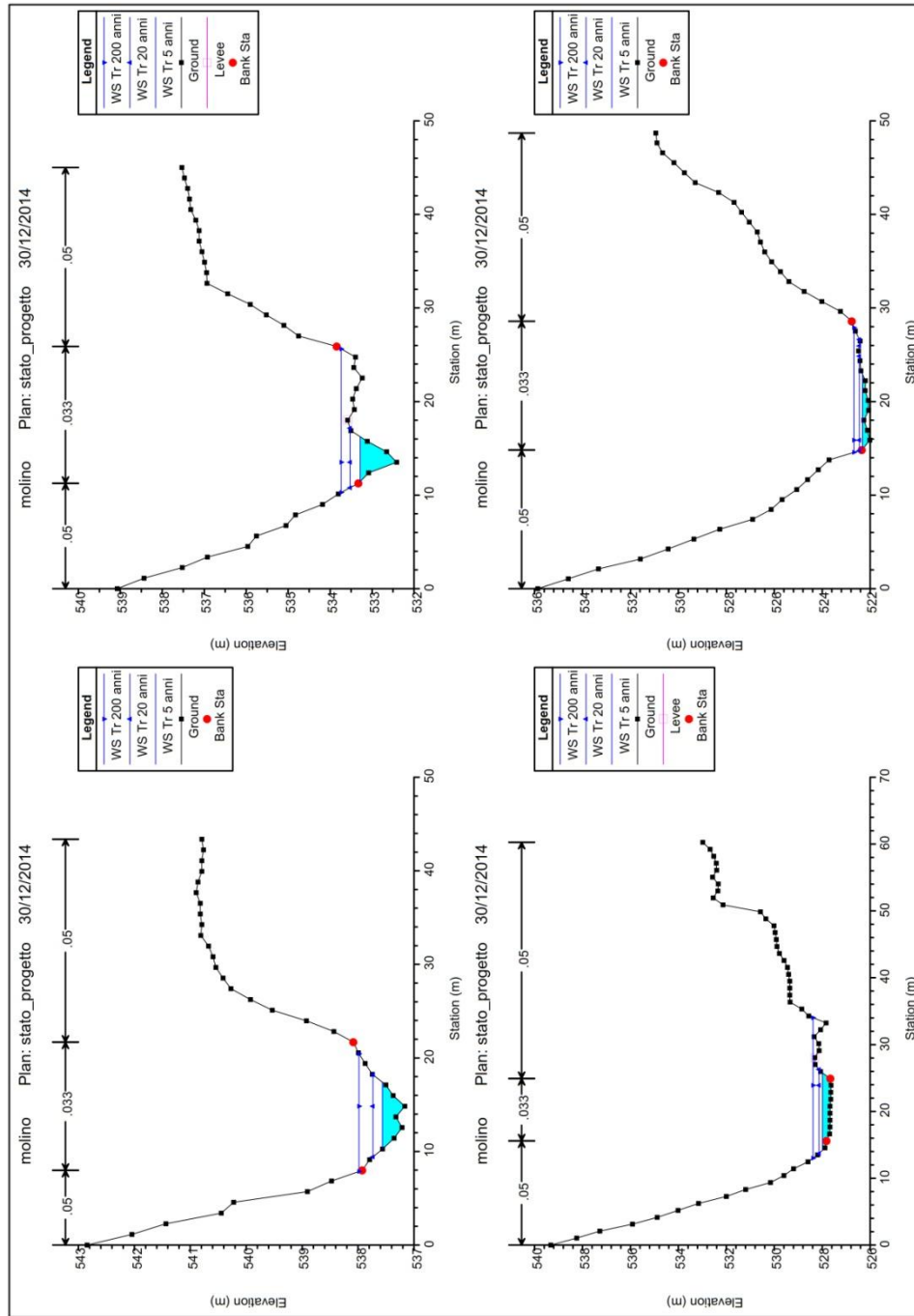
HEC-RAS Plan: 2 River: vincio Reach: vincio (Continued)

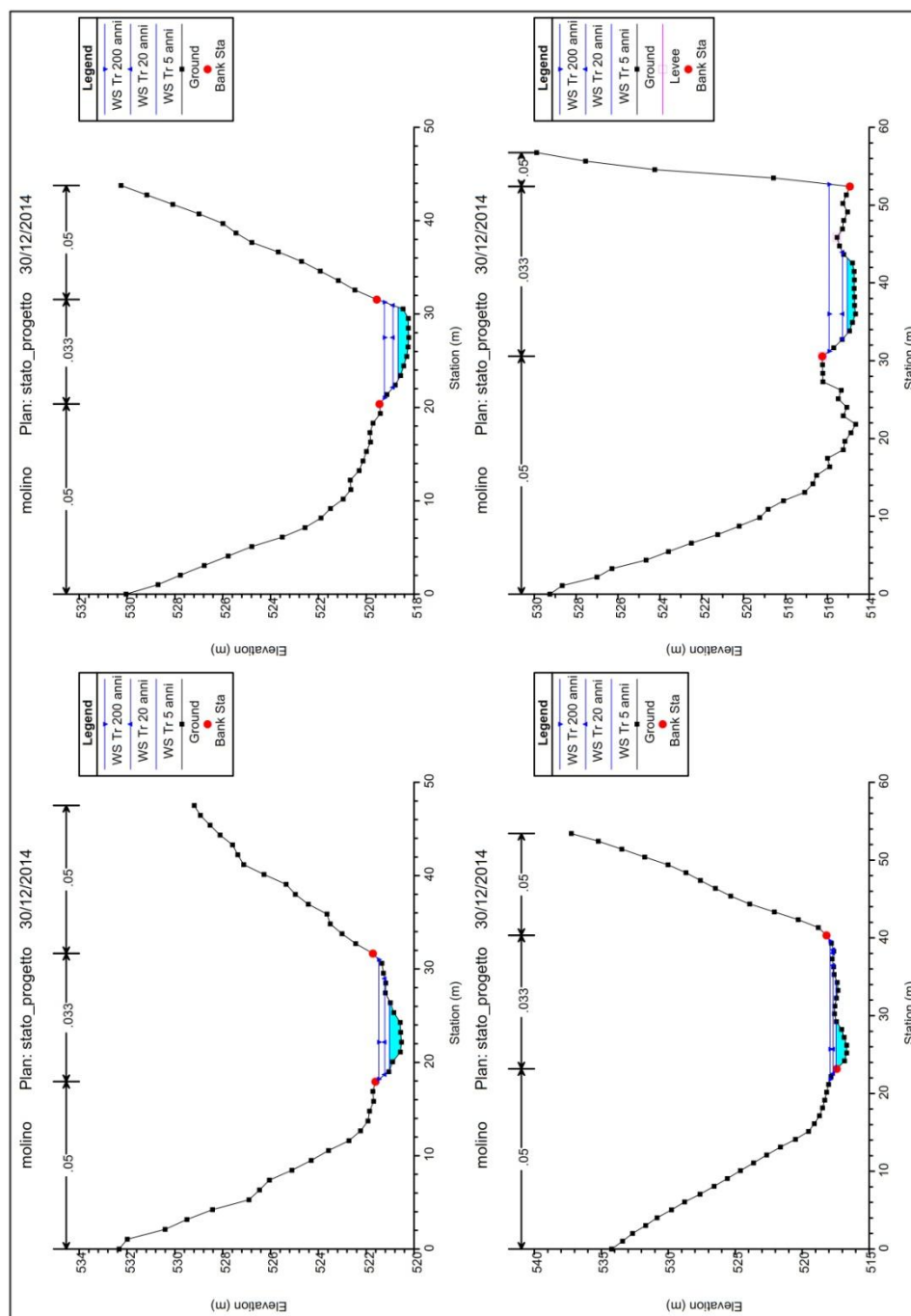
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
vincio	30	Tr 200 anni	54.40	499.98	500.79	501.15	502.07	0.069961	5.02	10.84	21.45	2.25
vincio	20	Tr 5 anni	11.34	494.43	494.68	495.11	499.23	1.031727	9.45	1.20	6.97	7.27
vincio	20	Tr 20 anni	23.25	494.43	494.83	495.43	499.80	0.680650	9.88	2.35	9.30	6.27
vincio	20	Tr 200 anni	54.40	494.43	495.11	496.02	500.95	0.324452	10.71	5.08	10.02	4.80
vincio	10	Tr 5 anni	11.34	491.81	492.31	492.56	493.20	0.082633	4.19	2.71	7.85	2.28
vincio	10	Tr 20 anni	23.25	491.81	492.49	492.92	494.04	0.089424	5.52	4.21	8.46	2.49
vincio	10	Tr 200 anni	54.40	491.81	492.80	493.58	495.87	0.107174	7.76	7.01	9.45	2.88

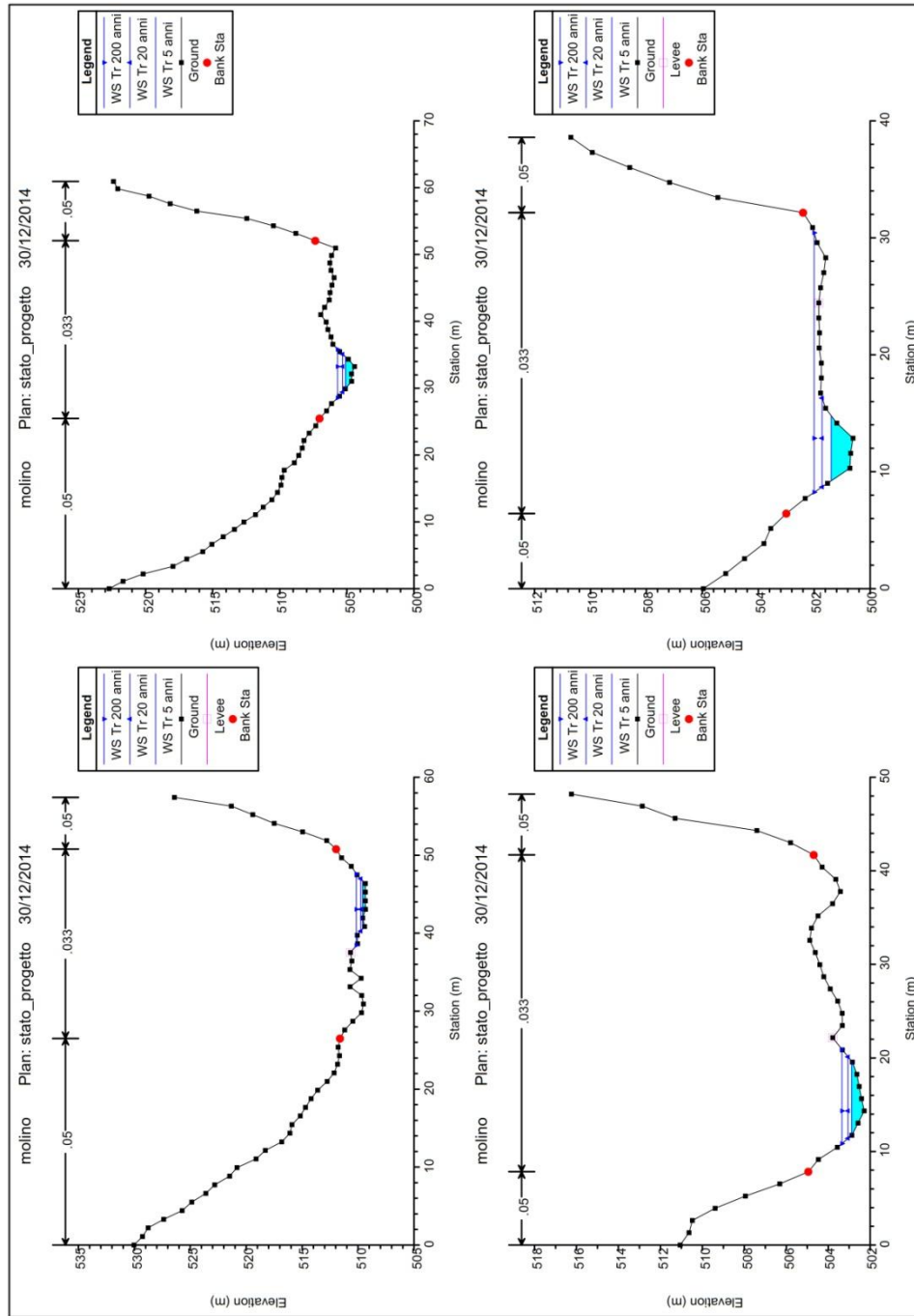
Tabella 9: Risultati della modellazione idraulica nelle sezioni di presa allo stato di progetto











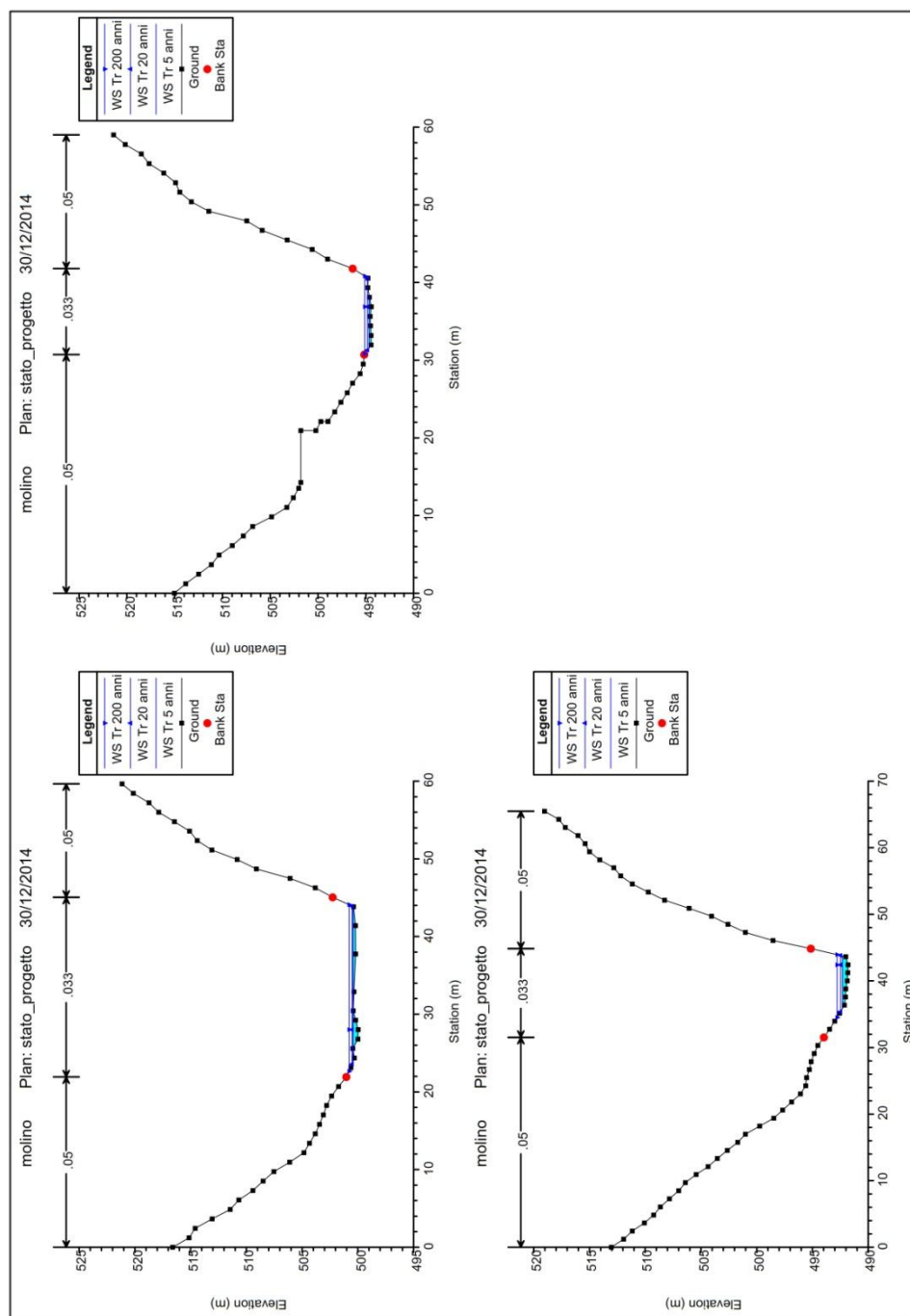


Figura 12: Livelli liquidi stimati per le portate aventi tempo di ritorno di 5, 20 e 200 anni nelle sezioni interessate nelle sezioni interessate dall'inserimento delle opere allo stato di progetto

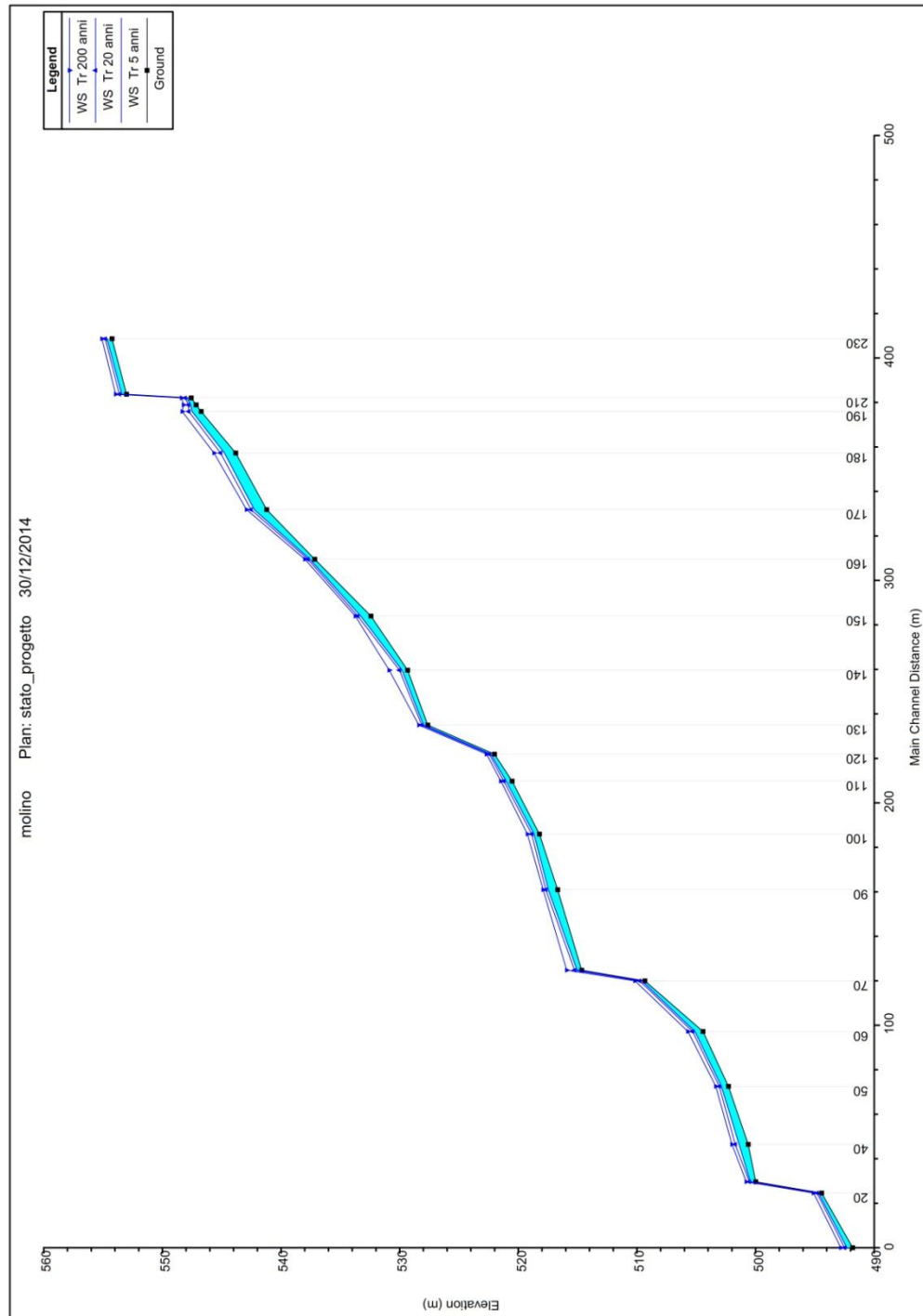


Figura 13: Profili liquidi longitudinali per portate aventi tempi di ritorno di 5, 20 e 200 anni nelle sezioni interessate dall'inserimento delle opere allo stato di progetto

4.6 Confronto fra i livelli liquidi ante e post intervento per Tr=200anni

Per valutare l'eventuale influenza delle opere in progetto sui livelli di piena sono stati confrontati i profili liquidi calcolati nella configurazione attuale (plan-1) ed in quella di progetto (plan-2) per portate con Tr=200anni.

Come si può osservare nella Figura 14 non ci sono differenze fra le due configurazioni. Questo perché le opere sono state progettate in modo da risultare sempre al di fuori delle aree interessate da eventi di piena.

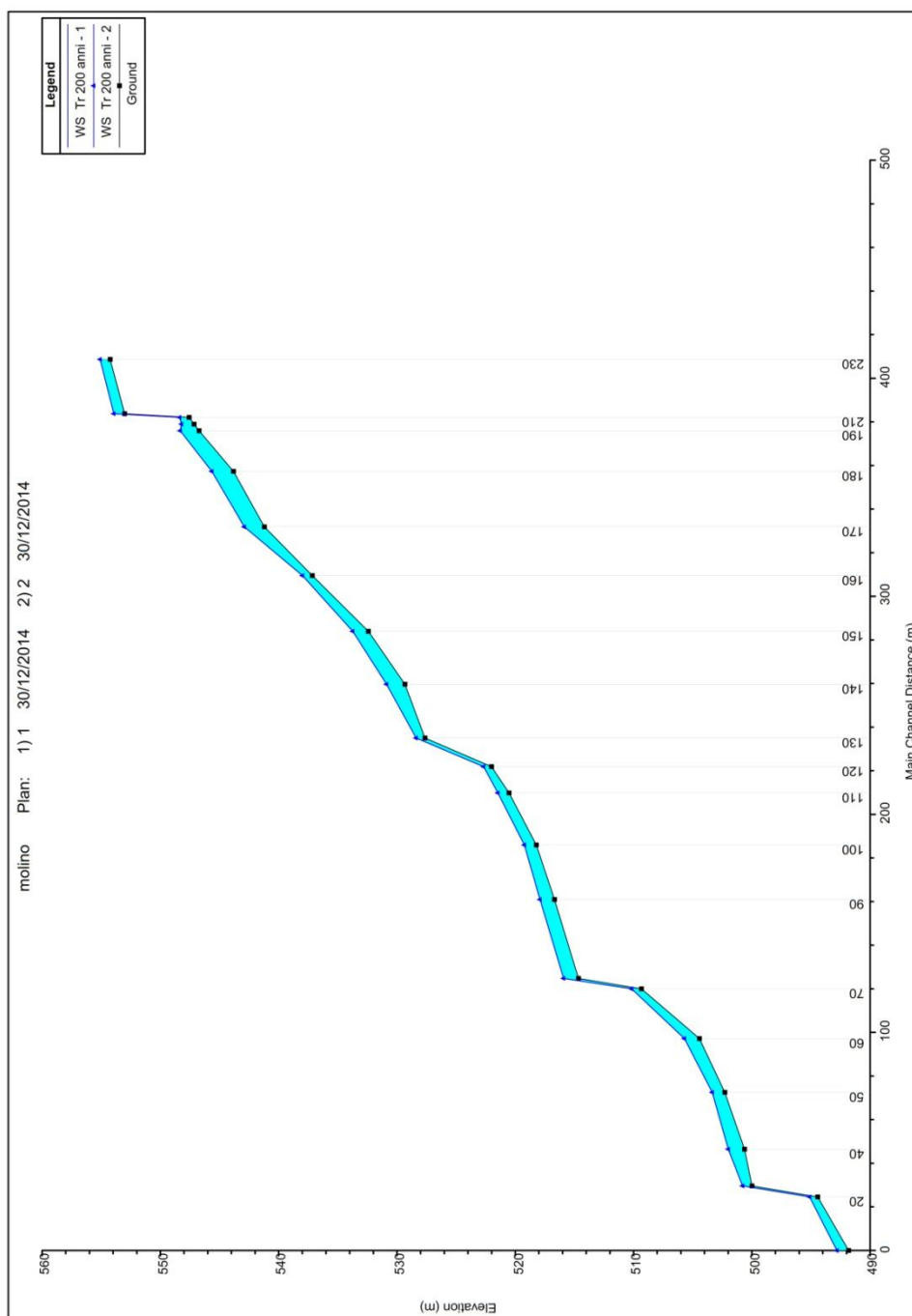


Figura 14: Confronto tra i profili liquidi relativi alla portata duecentennale prima e dopo la realizzazione dell'opera di presa in progetto

5. CONCLUSIONI

A seguito della realizzazione delle opere in progetto non si evidenziano modifiche significative sull'involuppo dei profili di piena di progetto, rispetto ai profili idraulici dello stato attuale.

Come si può vedere dalle tavole 9 e 10, che riportano i livelli di piena calcolati con il software HEC-RAS, non sussistono interferenze fra le opere in progetto ed i profili liquidi. Inoltre, sempre analizzando le sezioni riportate nelle tavole 9 e 10, le opere in progetto non prevedono variazioni significative nell'alveo inciso, essendo ubicate quasi completamente interrato.