



REGIONE PUGLIA
 PROVINCIA DI BARLETTA-ANDRIA-TRANI
 PARCO NATURALE REGIONALE
 FIUME OFANTO



Asse VI - azione 6.5
 Subazione 6.5.a
 "Interventi per la tutela e valorizzazione
 della biodiversità terrestre e marina"

Interventi di ripristino, recupero e gestione dell'area umida
 costiera in prossimità della foce del Fiume Ofanto dei
 comuni di Barletta e Margherita di Savoia
 Codice operazione A0605.06

PROGETTISTI
 RTP
 ing. Matteo Orsino
 geol. Giovanni Scirocco
 agr. Matteo F. Caldarella
 nat. Vincenzo Rizzi



PROGETTO DEFINITIVO
 Elaborati tecnico amministrativi



**STUDIO DI COMPATIBILITA'
 IDROLOGICA E IDRAULICA**

Maggio 2019

Rev. 00

Eta.05

IL Dirigente del VI Settore
 ing. Vincenzo Guerra

Spazio per protocolli, visti, pareri e autorizzazioni

IL RUP
 arch. Mauro Iacoviello

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Nel presente studio si è dapprima effettuato un calcolo idrologico per determinare gli idrogrammi di piena corrispondenti a piene a basso tempo di ritorno (due e cinque anni) attesi per il bacino idrografico del fiume Ofanto alla sua sezione di chiusura nel mare Adriatico e, successivamente, si è condotto uno studio idraulico per verificare, durante il transito delle suddette piene, quale sia il comportamento del fiume a valle della SS16 allo scopo di comparare, mediante modelli idraulici 2D su base LiDAR, i tiranti idrici e le velocità che si verificano nell'alveo inciso e nelle golene del fiume nella situazione esistente ed in quella di progetto, dimostrando così che lavori di movimento terra previsti in progetto per dare ai piani golenali un andamento utile a favorire l'insediamento di preziosi habitat naturali non modificano in alcun modo la funzionalità idraulica dell'infimo corso dell'importante corso d'acqua.

1 Studio idrologico

Analizzando lo studio condotto dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia di "Revisione delle perimetrazioni delle aree a diversa pericolosità idraulica del fiume Ofanto dal Ponte Romano alla foce" si è riscontrato che per il calcolo degli idrogrammi di piena aventi con tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni la suddetta autorità ha operato come segue:

- 1 Determinazione delle caratteristiche morfometriche del bacino principale e di tutti i sottobacini mediante tecniche GIS;
- 2 Determinazione, per ciascun sottobacino, del valore del curve number (CN) secondo il metodo del Soil Conservation Service, individuato intersecando i tipi litologici con gli usi del suolo;
- 3 Determinazione dei tempi di corrivazione dei vari bacini;
- 4 Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica (c.p.p.) per i vari tempi di ritorno indagati mediante analisi regionale effettuata per la zona pluviometricamente omogenea n. 4 nella quale ricade il fiume Ofanto;
- 5 Determinazione dello ietogramma Chicaco con picco pari a 0,5 per ciascuna c.p.p. per la durata di pioggia assegnata;
- 6 Determinazione dello ietogramma netto mediante metodo CN-SCS;
- 7 Determinazione dell'IUH di Nash con individuazione dei coefficienti "n" e "k" sulla base dei caratteri morfologici di ciascun sottobacino (RA, RB, RL, v, LQ).

Con la trattazione sopra esplicitata, l'AdB ha individuato i seguenti valori di portata di piena:

Q30 = 1.200,00 mc/s Q200 = 1.900,00 mc/s Q500 = 2.450,00 mc/s

Nel caso in esame, per determinare le portate con tempo di ritorno pari a due e cinque anni, si è proceduto come segue:

- Il bacino idrografico del fiume Ofanto alla sua sezione di chiusura nel mare Adriatico ha una superficie complessiva pari a ca. 2790 kmq, con una lunghezza dell'asta principale pari a ca. 170 km, una pendenza media del bacino pari al 5,33 %;
- Il valore del CN per l'intero bacino, analizzando quanto trovato da AdB per il bacino idrografico dell'Ofanto a San Samule di Cafiero (CN = 77 e S = 2069.07 kmq), può assegnarsi pari a 76;
- Adoperando i dati morfometrici sopra riportati è possibile determinare il tempo di corrivazione con la formula di Mockus:

$$1) \quad t_L = 0.342 \cdot \frac{L^{0.8}}{\sqrt{p_m}} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7} = 24,44 \text{ h}$$

$$\text{da cui posto: } t_c = \frac{t_L}{0,6} = 40,74 \text{ h}$$

- Una volta noto il tempo di corrivazione dell'intero bacino con il metodo regionale analitico si calcolano le c.p.p. per i tempi di ritorno pari a 2 e 5 anni:

$$2) \quad \text{legge piogge medie per la zona pluviometricamente omogenea n. 4: } h = 24,7 \cdot t^{0,256}$$

essendo i fattori di crescita delle piogge ai tempi di ritorno 2 e 5 anni pari a:

$$T = 2 \text{anni} \quad KT = 0,91$$

$$T = 5 \text{anni} \quad KT = 1,26$$

Si ottengono le due c.p.p. per i tempi di ritorno ricercati:

$$T = 2 \text{anni} \quad h = 22,477 \cdot t^{0,256}$$

$$T = 5 \text{anni} \quad h = 31,122 \cdot t^{0,256}$$

- Adoperando l'ipotesi cinematica per la quale la durata di pioggia critica è quella per la quale tutto il bacino è contribuente, si ha:

$$3) \quad t_p = t_c = 40,74 \text{ h}$$

A questo punto, con software URBIS 2003, determinato lo ietogramma lordo con metodo Chicago (picco 0,5) nonché lo ietogramma netto con metodo CN standard (CN =76), si è calcolato l'IUH di Nash assegnando:

n = numero dei serbatoi in cascata = 3

$$k = \text{costante d'invaso dei serbatoi} = \frac{t_p}{n-1} = 10,185 \quad (\text{con } t_p = t_c/2)$$

Operando una convoluzione sulla superficie dell'intero bacino si sono ottenuti i seguenti valori al colmo di picco:

$$T = 2 \text{ anni} \quad Q_2 = 275,08 \text{ mc/s}$$

$$T = 5 \text{ anni} \quad Q_5 = 547,9 \text{ mc/s}$$

I grafici relativi ai pluviogrammi lordi, netti ed agli idrogrammi per i tempi di ritorno 2 e 5 anni sono riportati nelle figure seguenti:

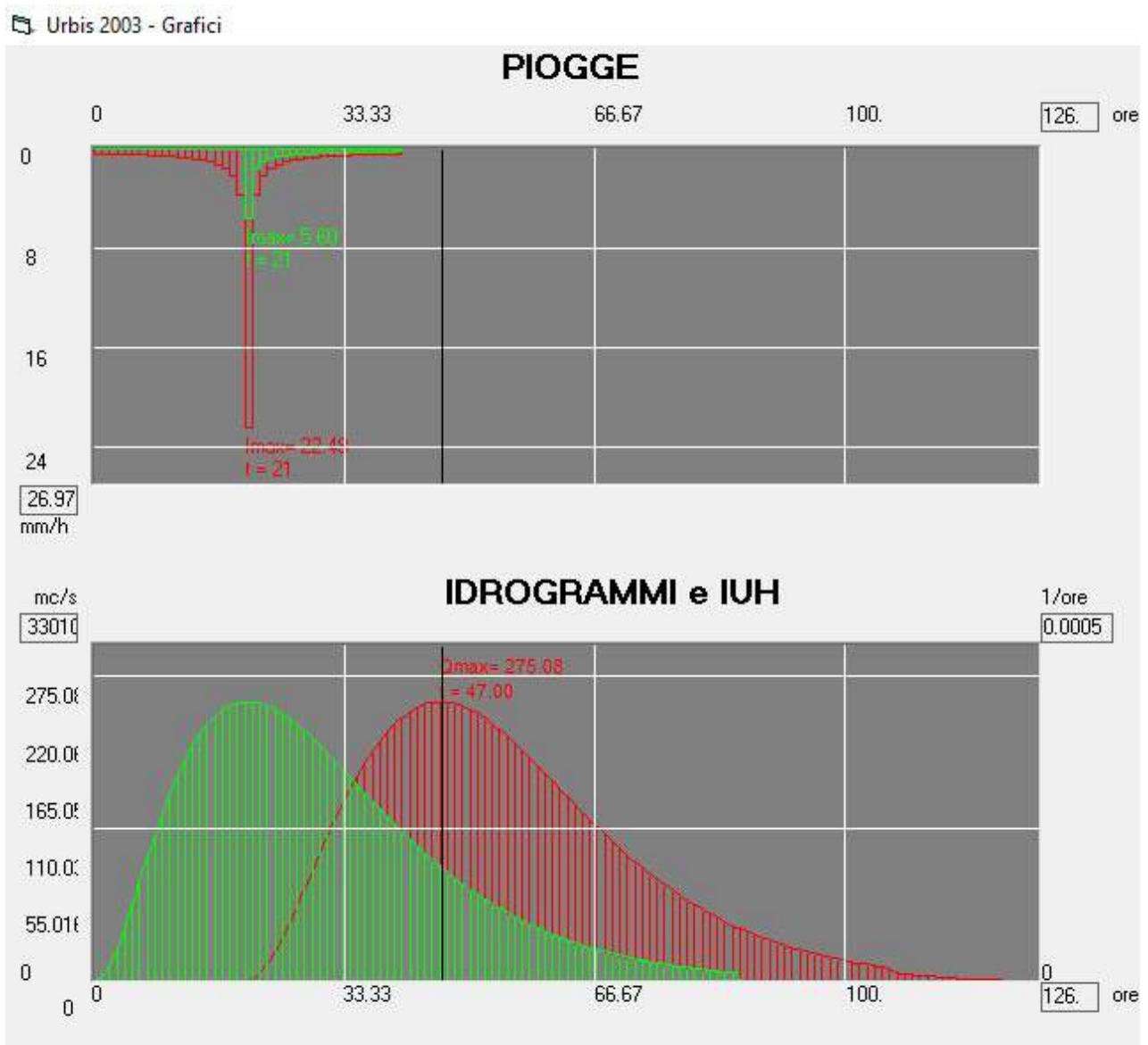


Fig. 1: Ietogramma Chicago, ietogramma netto, IUH ed idrogramma di piena del fiume Ofanto in corrispondenza di T = 2 anni

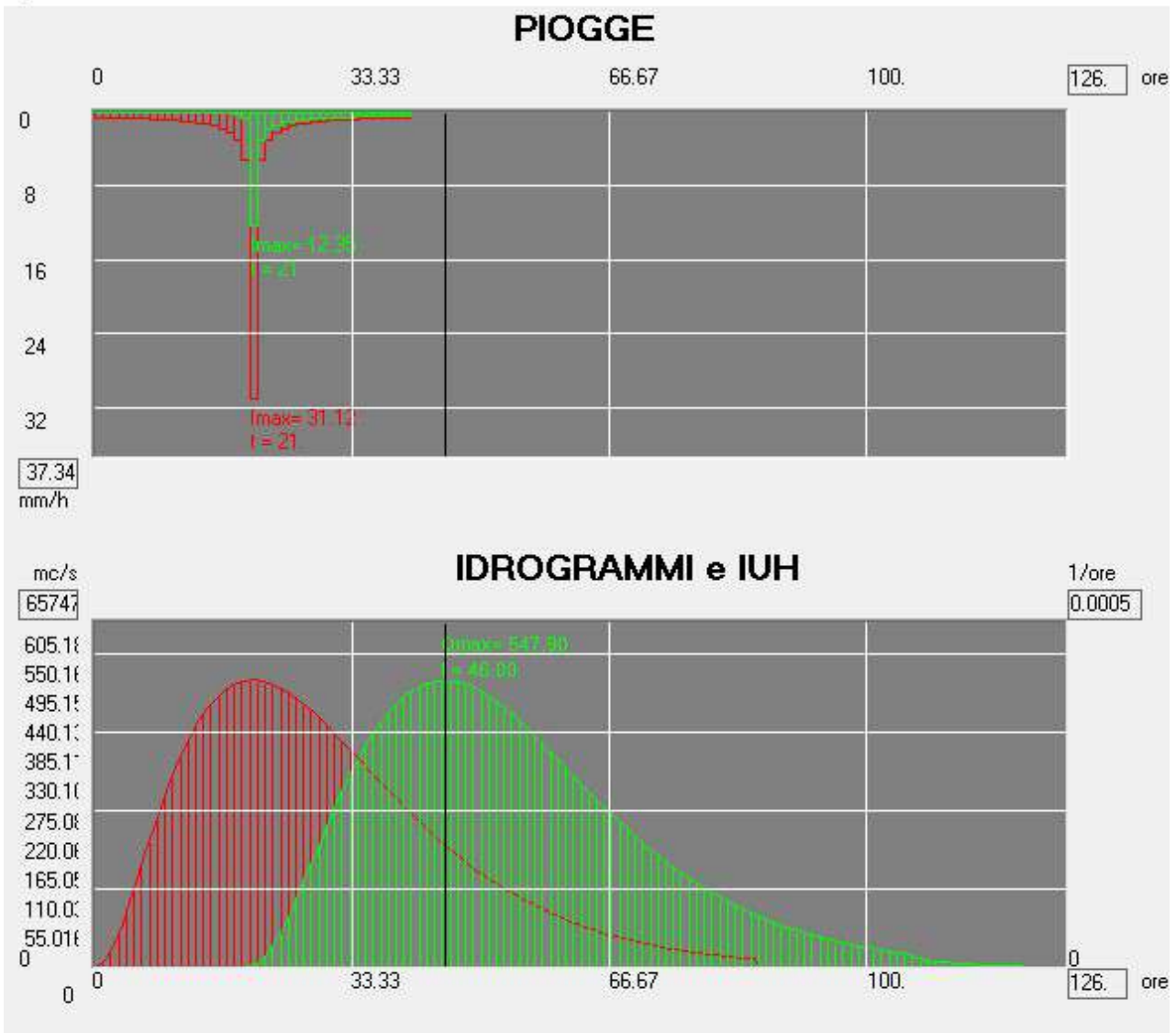


Fig. 2: Ietogramma Chicago, ietogramma netto, IUH ed idrogramma di piena del fiume Ofanto in corrispondenza di T = 5 anni

Al fine di verificare se il modello afflussi deflussi adoperato dia risultati congruenti con quanto trovato da AdB Puglia studiando le piene con T = 30, 200 e 500 anni, si sono determinati, con la metodologia sopra esplicitata, i valori al colmo di piena per i tempi di ritorno indagati da AdB.

Per far questo si sono dapprima calcolate le c.p.p.:

$$h_{30} = 48,659 \cdot t^{0,256} \quad h_{200} = 68,419 \cdot t^{0,256} \quad h_{500} = 77,805 \cdot t^{0,256}$$

E successivamente si sono calcolati i seguenti valori di portata:

$$Q_{30} = 1.216,00 \text{ mc/s} \quad Q_{200} = 2.061,26 \text{ mc/s} \quad Q_{500} = 2.481,47 \text{ mc/s}$$

I valori trovati sono tutti più alti di quanto trovato da AdB per i tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni (rispettivamente 1.200,00 mc/s, 1.900,00 mc/s e 2.450,00 mc/s) e tale differenza potrebbe essere dovuta ad una diversità dei dati di input, al fatto che l'AdB ha adoperato il metodo di Nash con n e k valutati, per i singoli sottobacini, utilizzando le formule del Idrogramma Istantaneo Unitario Geomorfologico (GIUH), dall'impiego del software HEC-HMS che tiene conto, nel calcolo della portata di piena complessiva, anche della traslazione delle onde di piena dovute alla propagazione lungo i bacini (metodo Muskingum Cunge).

2 Studio idraulico

Situazione esistente

Adoperando il software HEC-RAS 5.0.6 si è effettuata una modellazione idraulica bidimensionale su DTM LiDAR della tratta terminale del fiume Ofanto nella situazione esistente adoperando come dati di input gli idrogrammi calcolati nello studio idrologico.

Per far questo si è dapprima introdotto in RAS-MAPPER il modello digitale esistente avente sistema di riferimento ETRS_1989_UTM_Zone_33N e, successivamente, si è creato l'input geometrico con una 2D Flow Area coincidente con l'infimo tronco del fiume nella quale sono inserite come breaklines le strade, le arginature e le sponde dell'alveo di magra.

Come maglia di calcolo si è scelto una 5x5 con una scabrezza uniforme assegnata di default con un coefficiente di Manning $n = 0,06$.

Sempre nell'input geometrico sono state inserite a monte ed a valle del tronco di fiume arginato delle boundary condition lines.

Successivamente, per effettuare sull'area 2D individuata una modellazione di moto vario, come condizioni al contorno sono stati inseriti in entrata ed in uscita gli idrogrammi delle piene aventi tempi di ritorno pari a 2 e 5 anni, assegnando una pendenza dell'energia totale lungo le BC lines pari a 0,01.

Nel modulo RAS-MAPPER si sono quindi introdotte sezioni di controllo posizionate trasversalmente all'alveo e nei tratti golenali che si intende indagare, durante il transito delle piene con basso tempo di ritorno calcolate, in termini di tiranti idrici (WSE) e velocità nella situazione esistente.

Nel calcolo di moto vario eseguito si è, infine, scelta una finestra temporale pari a 105 ore ed un intervallo di calcolo di 30 secondi con intervalli di output pari ad 1 ora.

Situazione di progetto

Adoperando il software HEC-RAS 5.0.6 si è effettuata una modellazione idraulica bidimensionale su DTM LiDAR della tratta terminale del fiume Ofanto nella situazione esistente adoperando come dati di input gli idrogrammi calcolati nello studio idrologico.

Per far questo si è introdotto in RAS-MAPPER il modello digitale di progetto, avente sistema di riferimento ETRS_1989_UTM_Zone_33N ed ottenuto modificando il DTM LiDAR con software Global Mapper introducendo abbassamenti dei piani golenali ed "isole" ottenuti modificando opportunamente le superfici golenali secondo quanto previsto in termini di lavoro movimento terra.

Successivamente, si è creato l'input geometrico con una 2D Flow Area coincidente con l'infimo tronco del fiume nella quale sono inserite come breaklines le strade, le arginature e le sponde dell'alveo di magra.

Come maglia di calcolo si è scelto una 5x5 con una scabrezza uniforme assegnata di default con un coefficiente di Manning $n = 0,06$.

Sempre nell'input geometrico sono state inserite a monte ed a valle del tronco di fiume arginato delle boundary condition lines.

Successivamente, per effettuare sull'area 2D individuata una modellazione di moto vario, come condizioni al contorno sono stati inseriti in entrata ed in uscita gli idrogrammi delle piene aventi tempi di ritorno pari a 2 e 5 anni, assegnando una pendenza dell'energia totale lungo le BC lines pari a 0,01.

Nel modulo RAS-MAPPER si sono quindi introdotte sezioni di controllo posizionate trasversalmente all'alveo e nei tratti golenali che si intende indagare, durante il transito delle piene con basso tempo di ritorno calcolate, in termini di tiranti idrici (WSE) e velocità nella situazione di progetto.

Nel calcolo di moto vario eseguito si è, infine, scelta una finestra temporale pari a 105 ore ed un intervallo di calcolo di 30 secondi con intervalli di output pari ad 1 ora.

3 Conclusioni

Dall'esame dei risultati del calcolo idraulico eseguito, verificando quanto accade nelle varie sezioni di controllo previste lungo le superfici golenali e trasversalmente all'alveo (vedi figg. 3-61 e mappe di allagamento e velocità in corrispondenza delle portate con tempo di ritorno 2 e 5 anni), è possibile affermare che i lavori di movimento terra previsti non incrementeranno né i tiranti idrici né le velocità della corrente rispetto alla situazione esistente.

Situazione esistente – Q_{T2}

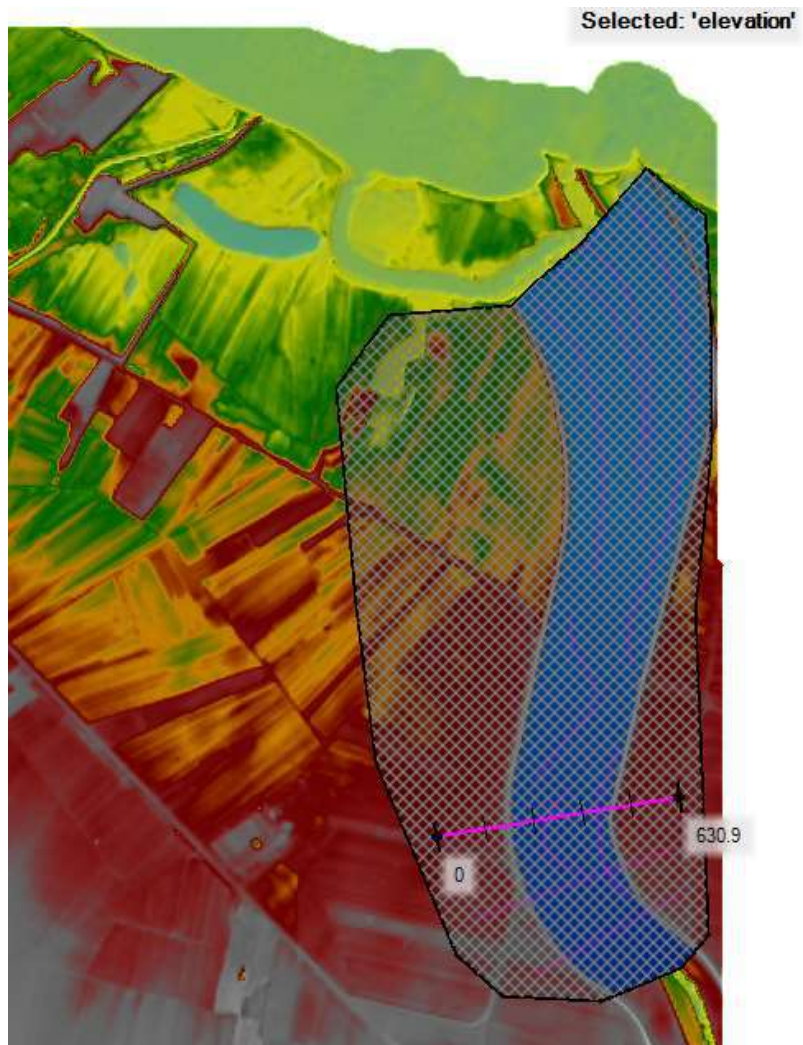


Fig. 3: Sezione di controllo 1 – WSE con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

Situazione di progetto – Q_{T2}

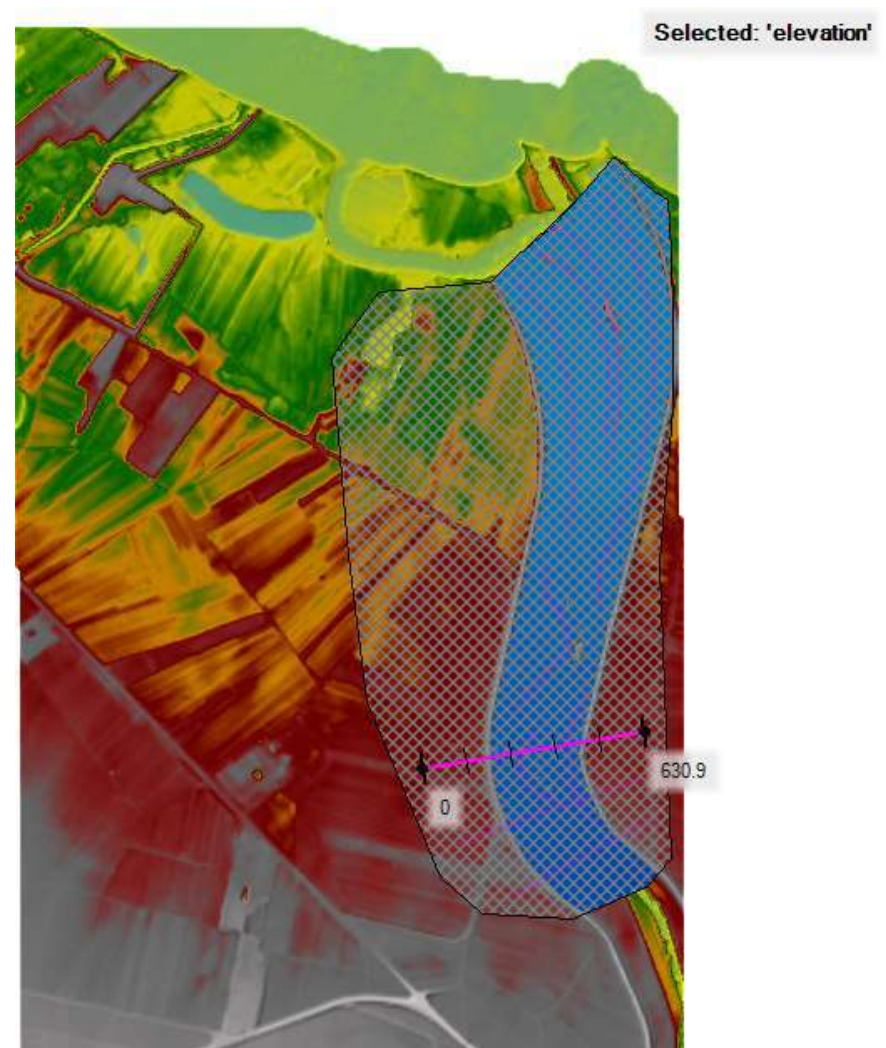


Fig. 4: Sezione di controllo 1 – WSE con Q_{T2} su DTM LiDAR di progetto (si vedono le isole emergere dal livello di piena $T = 2$ anni)

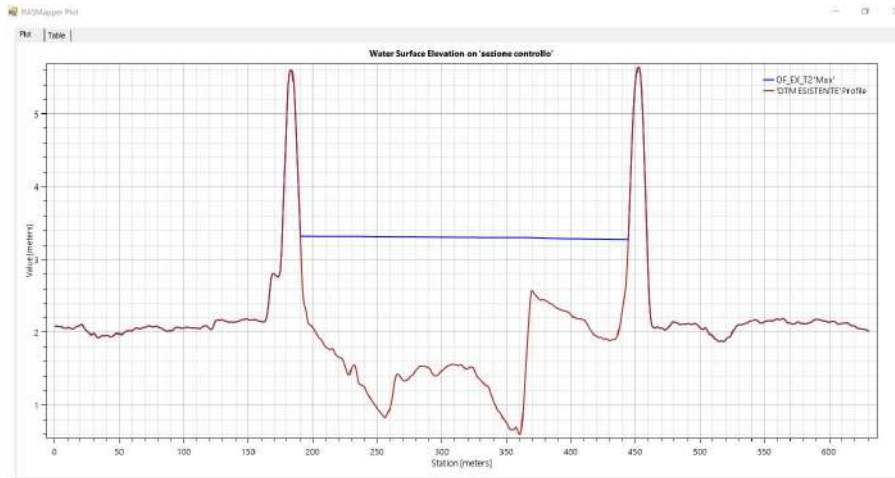


Fig. 5: WSE_{max} nella sezione di controllo 1 con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

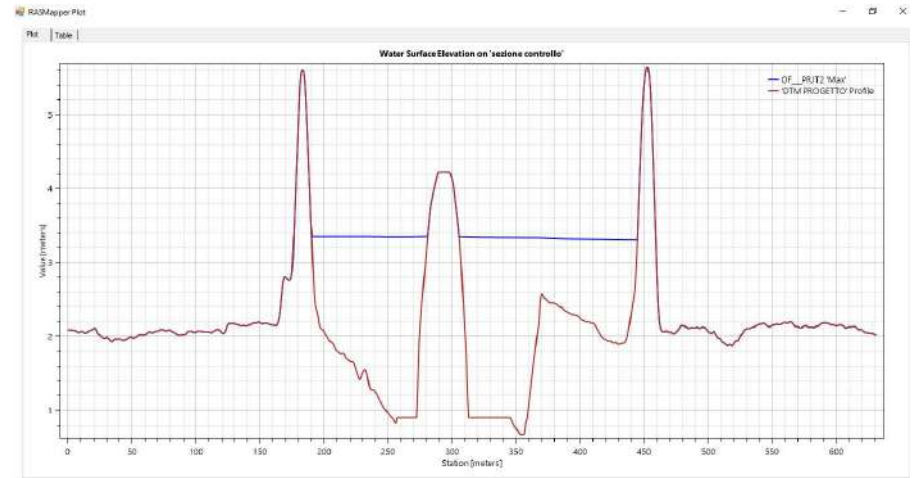


Fig. 6: WSE_{max} nella sezione di controllo 1 con Q_{T2} su DTM LiDAR di progetto

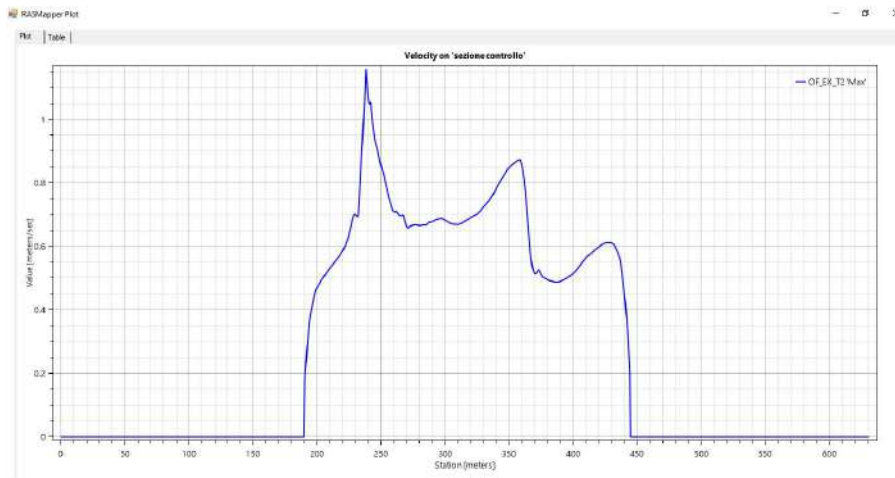


Fig. 7: Velocità corrente nella sezione di controllo 1 con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

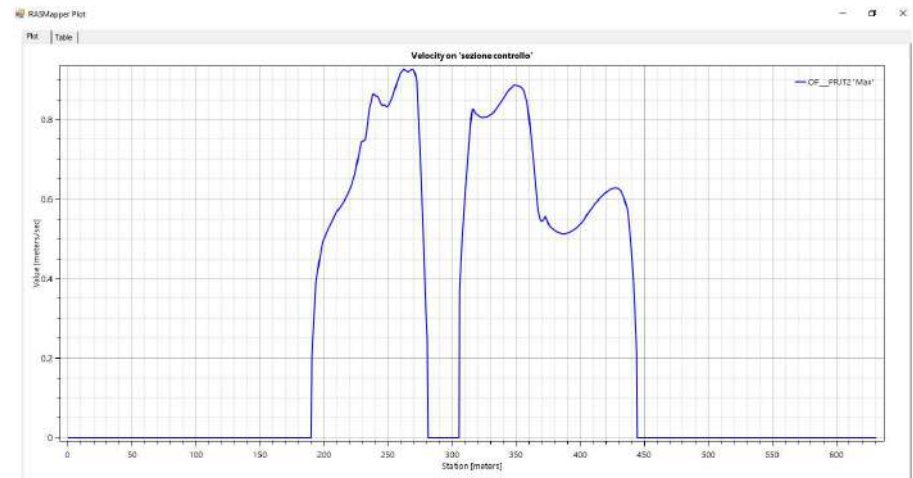


Fig. 8: Velocità corrente nella sezione di controllo 1 con Q_{T2} su DTM LiDAR di progetto

Situazione esistente – Q_{T2}

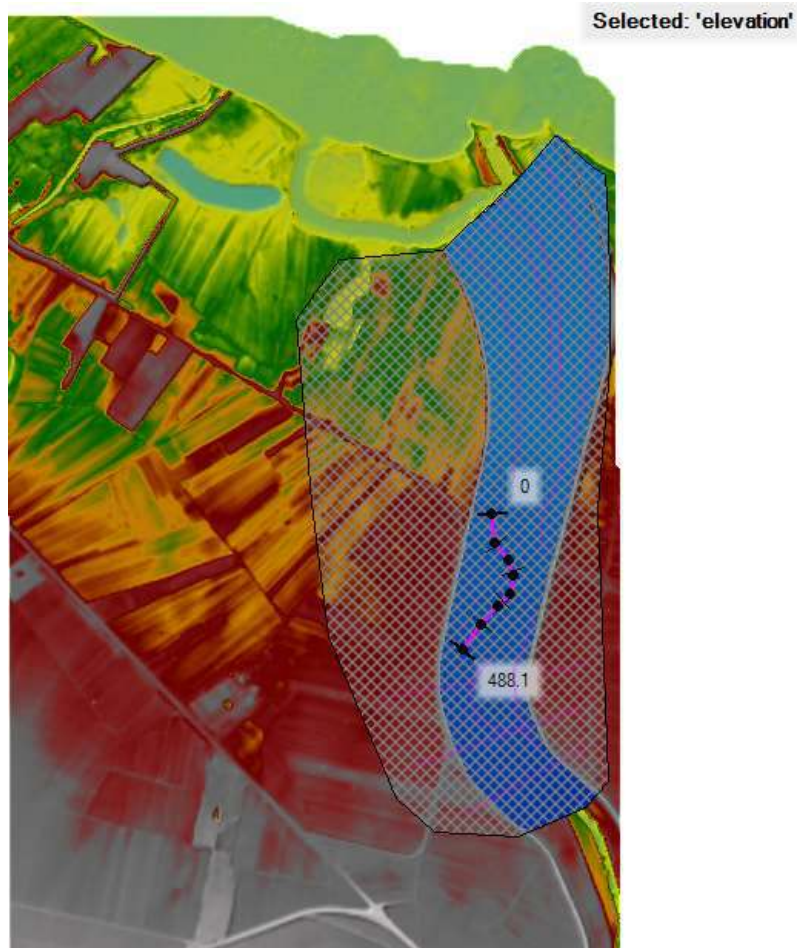


Fig. 9: Sezione di controllo 2 (golena sx) WSE con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

Situazione di progetto – Q_{T2}

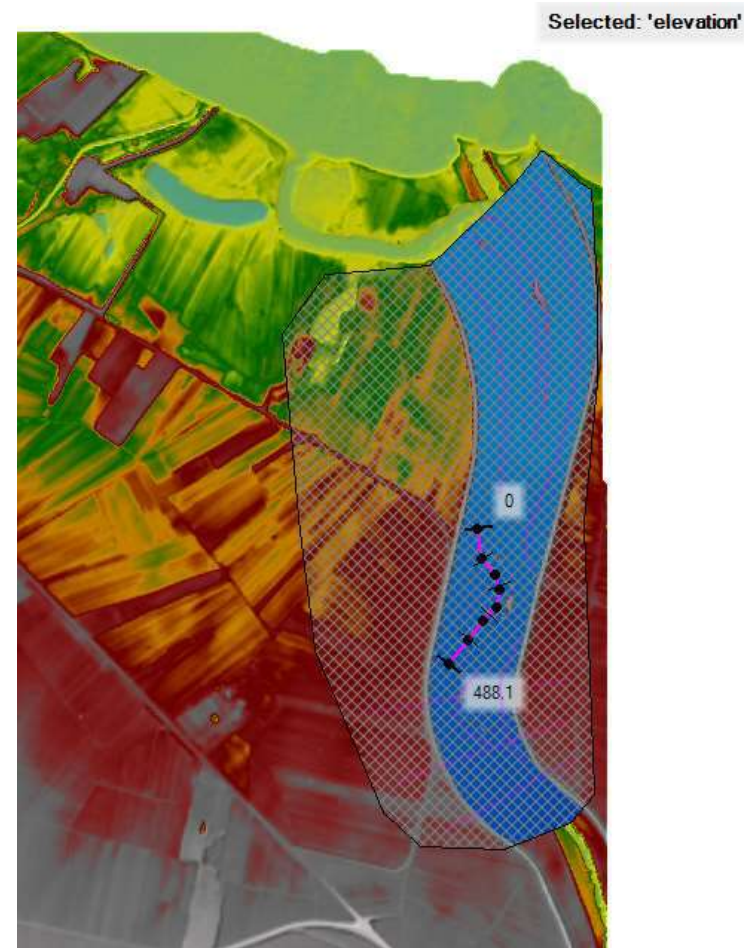


Fig. 10: Sezione di controllo 2 (golena sx) WSE con Q_{T2} su DTM LiDAR di progetto

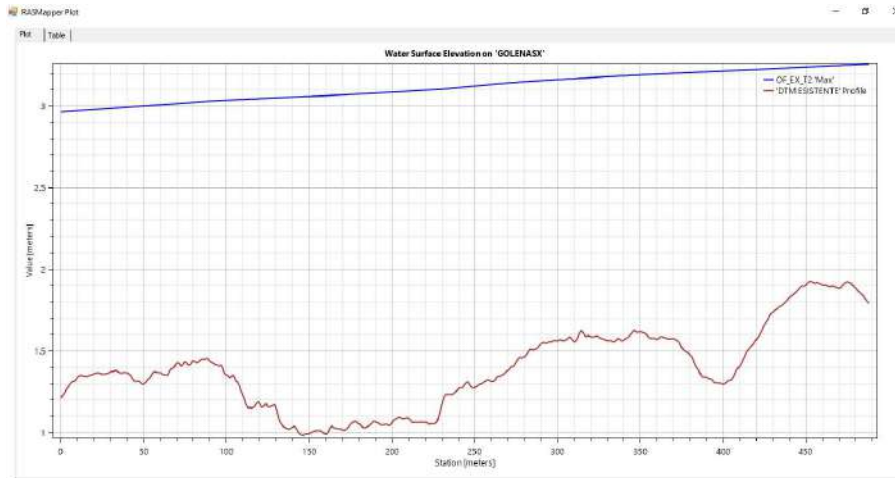


Fig. 11: WSE_{max} nella sezione di controllo 2 (golena sx) con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

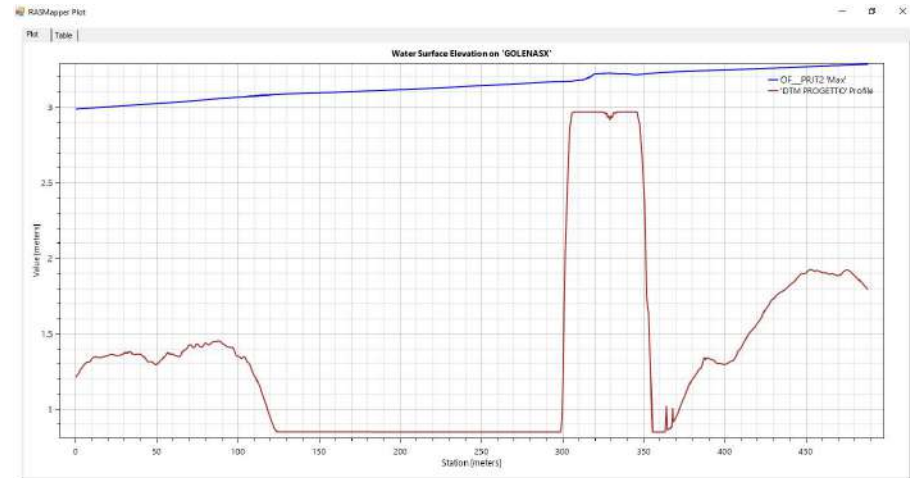


Fig. 12: WSE_{max} nella sezione di controllo 2 (golena sx) con Q_{T2} su DTM LiDAR di progetto

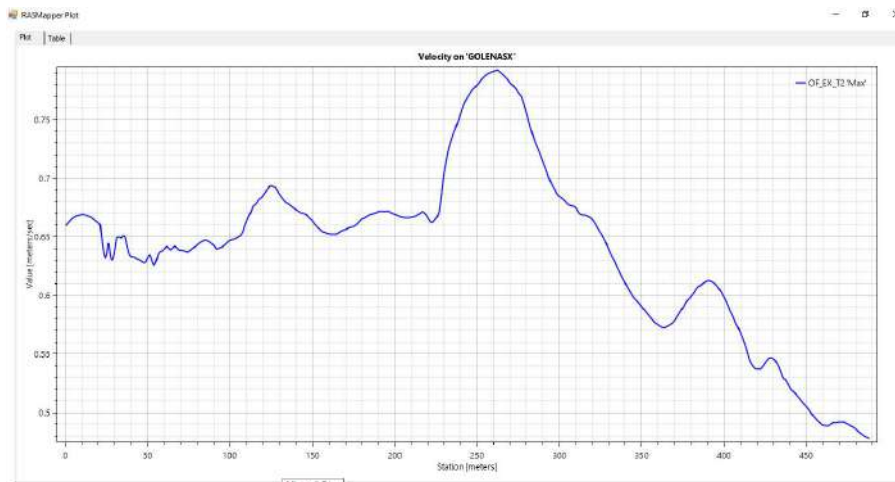


Fig. 13: Velocità corrente nella sezione di controllo 2 (golena sx) con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

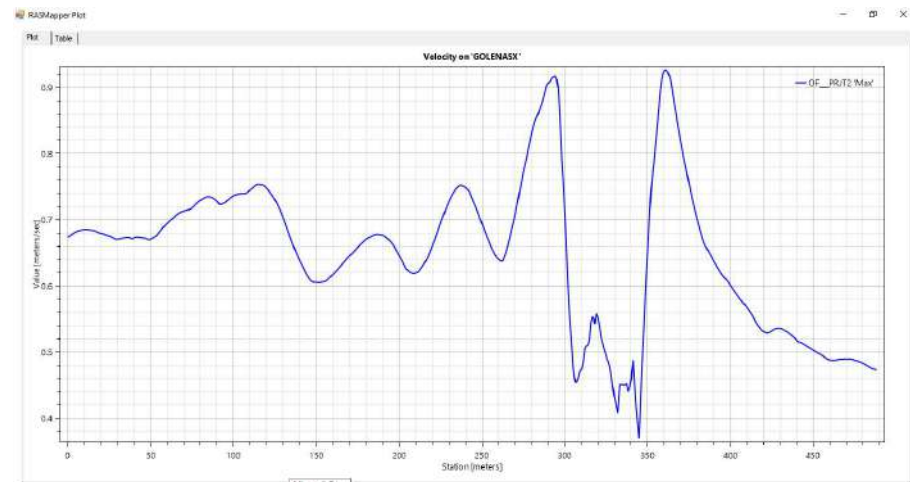


Fig. 14: Velocità corrente nella sezione di controllo 2 (golena sx) con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

Situazione esistente – Q_{T2}

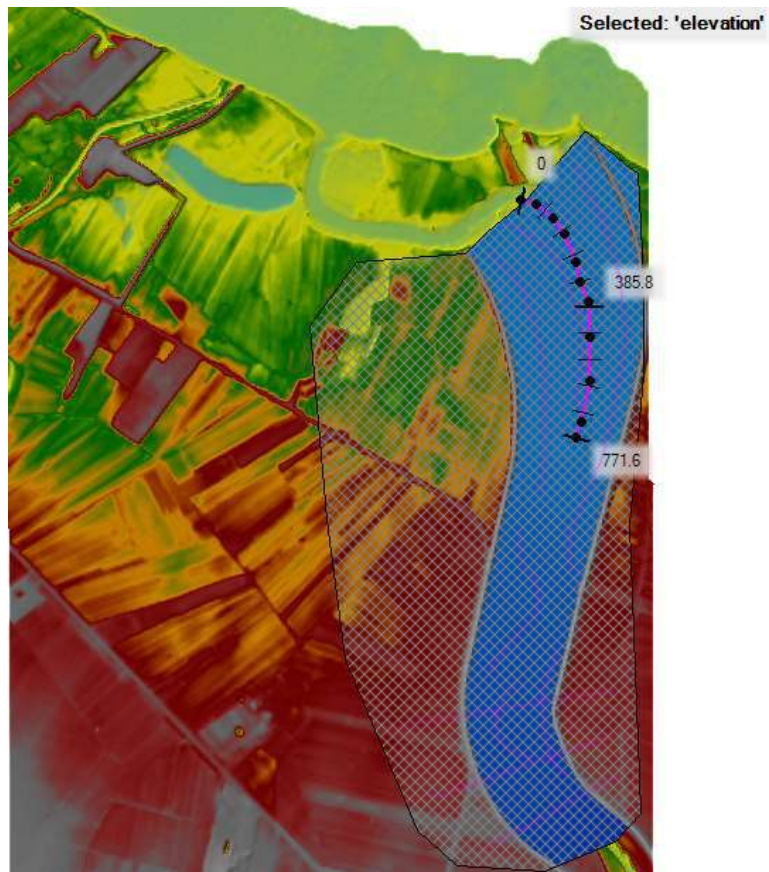


Fig. 15: Sezione di controllo 3 (golena sx) WSE con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

Situazione di progetto – Q_{T2}

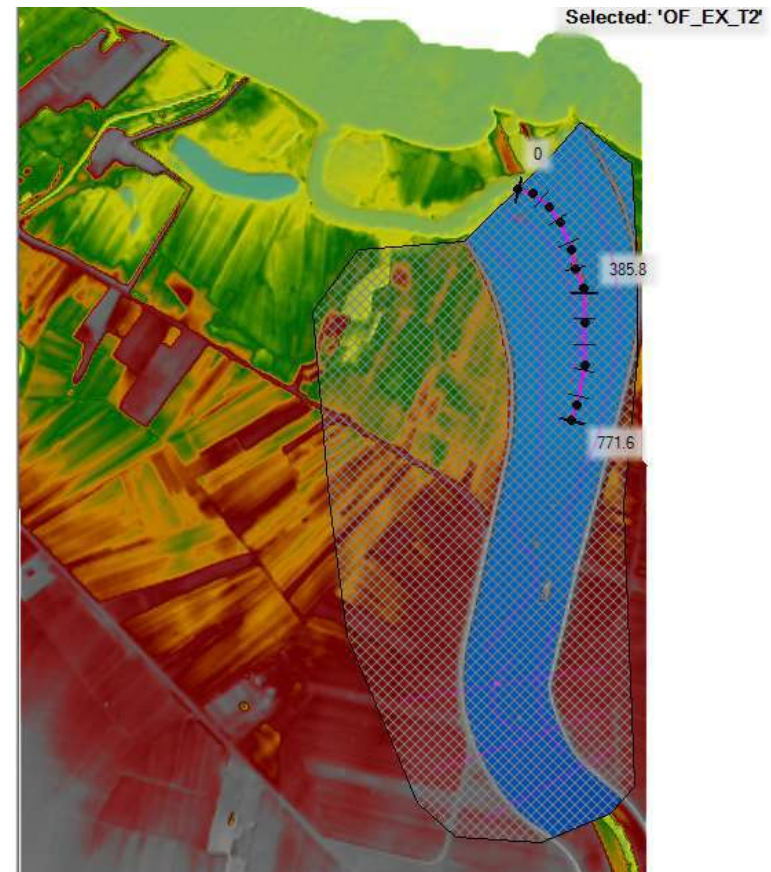


Fig. 16: Sezione di controllo 3 (golena sx) WSE con Q_{T2} su DTM LiDAR di progetto

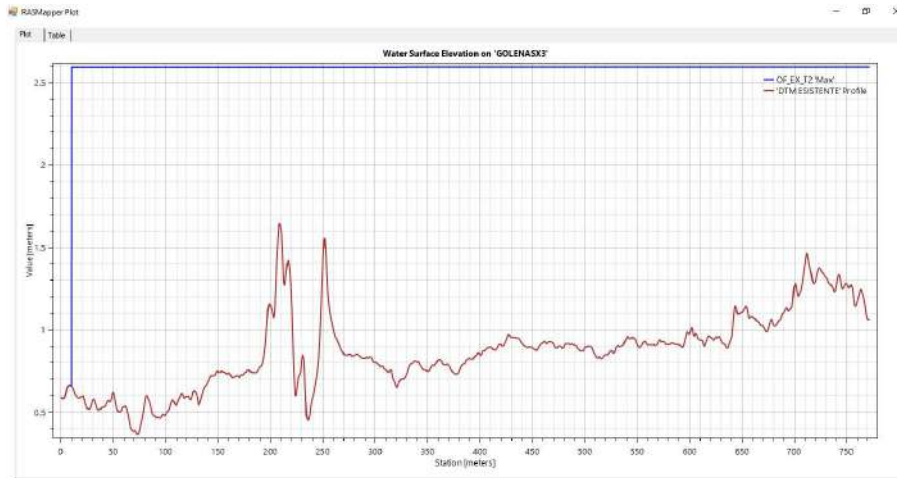


Fig. 17: WSE_{max} nella sezione di controllo 3 (golena sx) con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente



Fig. 18: WSE_{max} nella sezione di controllo 3 (golena sx) con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

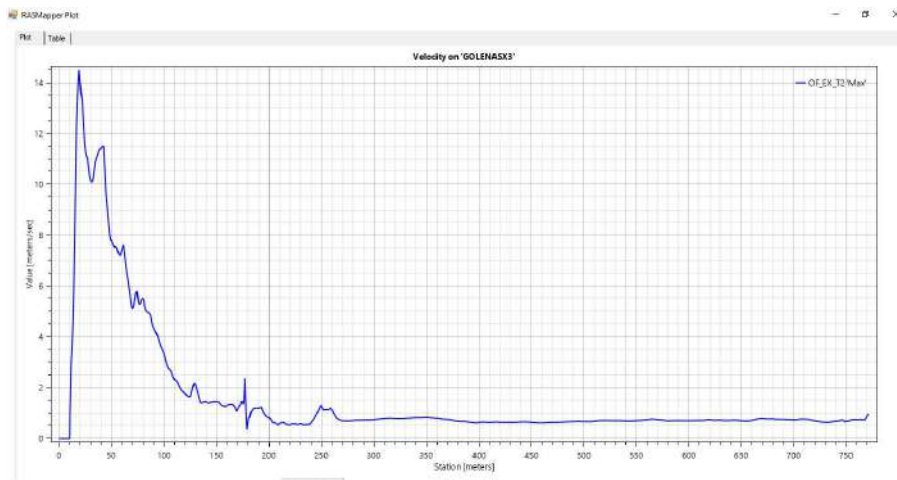


Fig. 19: Velocità corrente nella sezione di controllo 3 (golena sx) con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

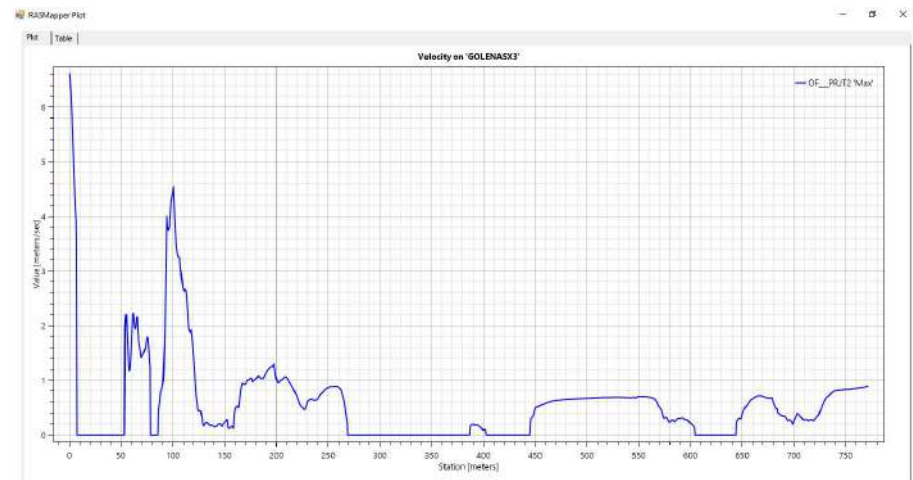


Fig. 20: Velocità corrente nella sezione di controllo 3 (golena sx) con Q_{T2} su DTM LiDAR di progetto

Situazione esistente – Q_{T2}

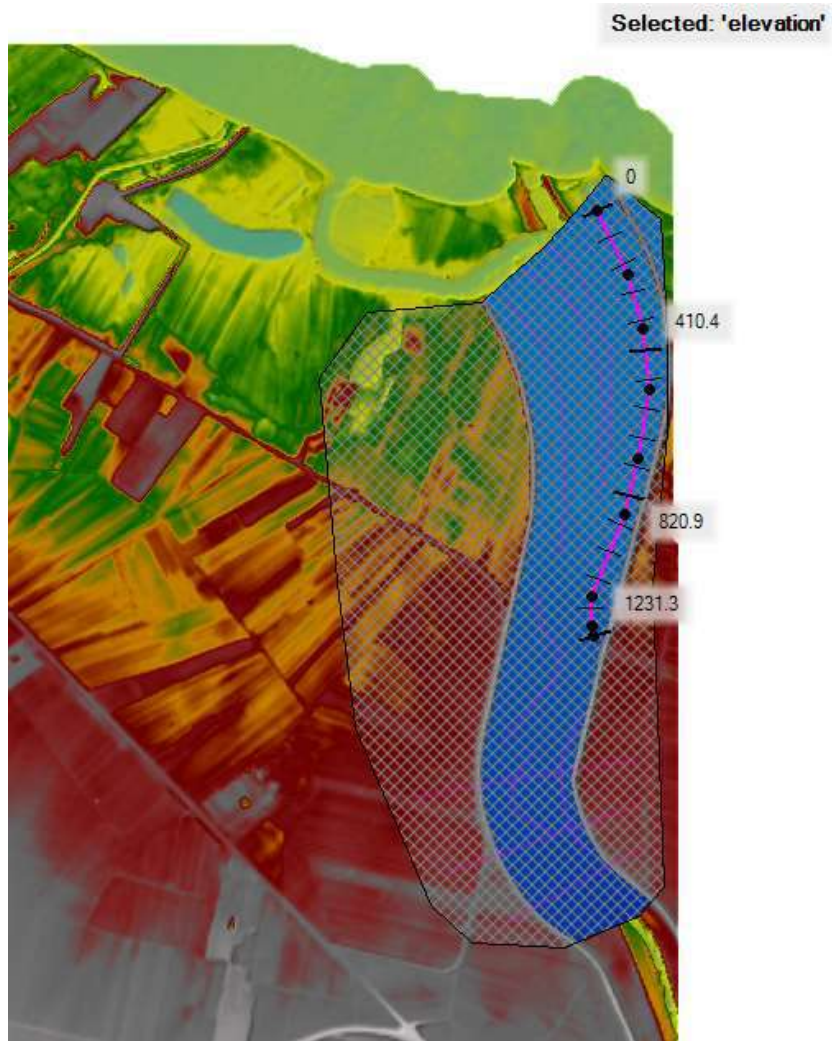


Fig. 21: Sezione di controllo 4 (golena dx) WSE con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

Situazione di progetto – Q_{T2}

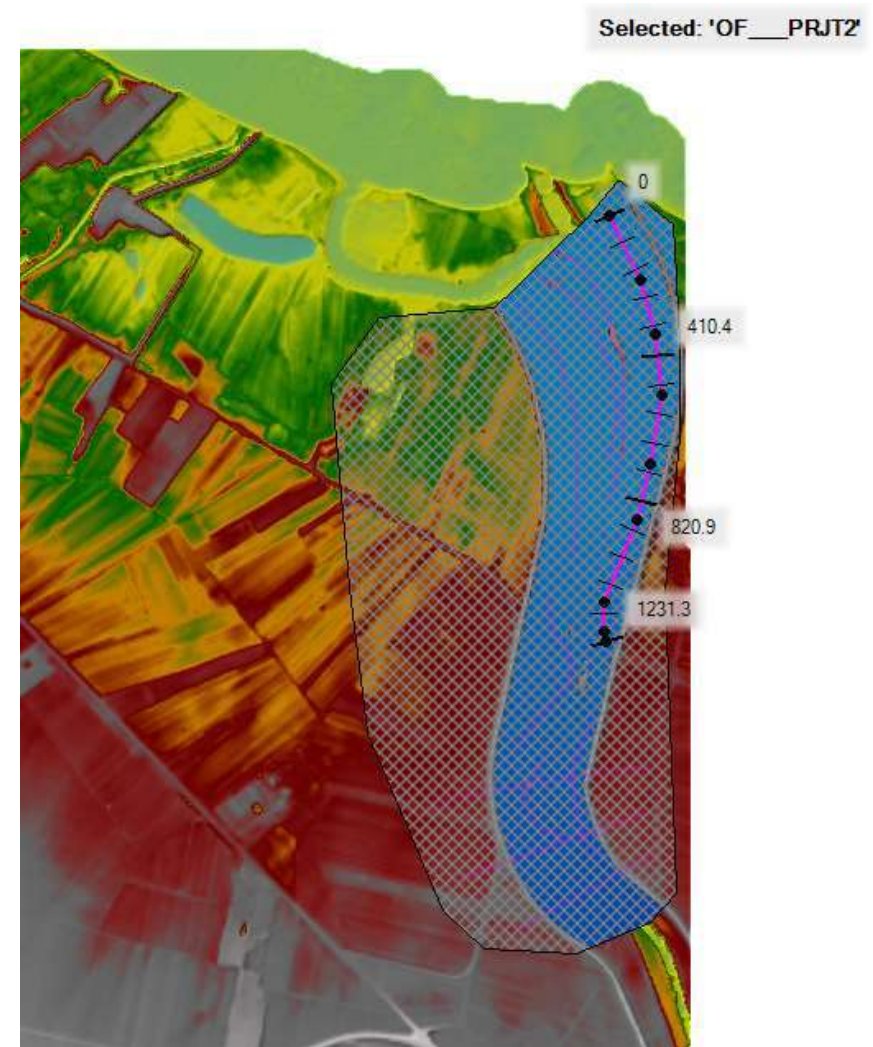


Fig. 22: Sezione di controllo 4 (golena dx) WSE con Q_{T2} su DTM LiDAR di progetto

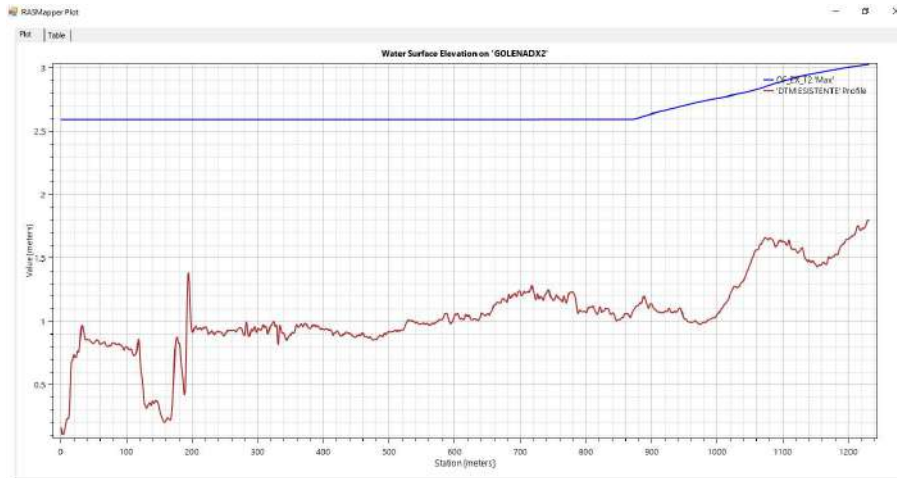


Fig. 23: WSE_{max} nella sezione di controllo 4 (golena dx) con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

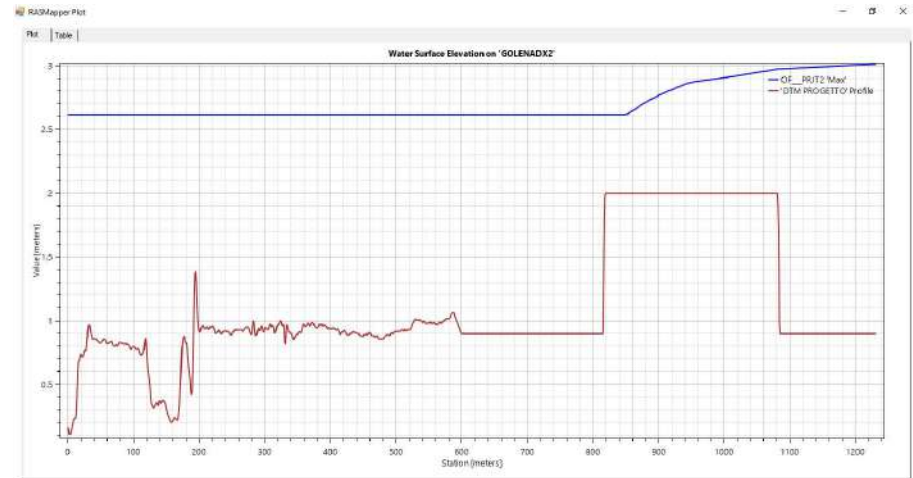


Fig. 24: WSE_{max} nella sezione di controllo 4 (golena dx) con Q_{T2} su DTM LiDAR di progetto

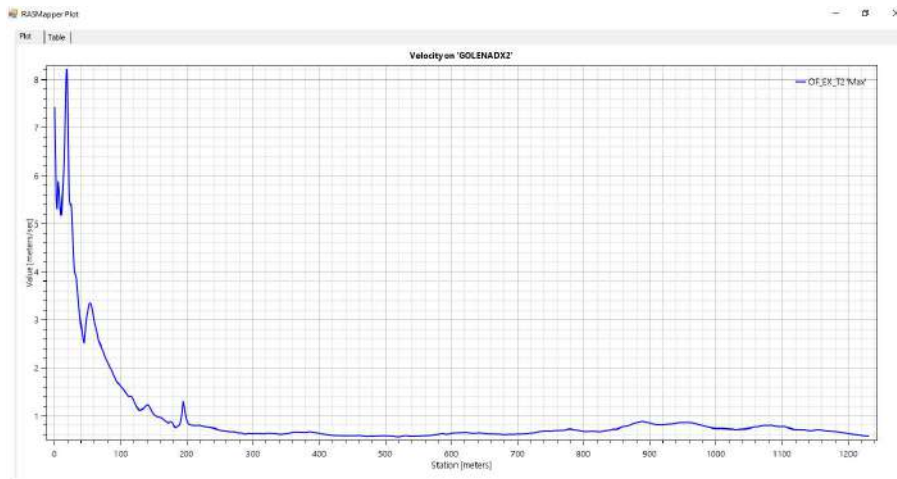


Fig. 25: Velocità corrente nella sezione di controllo 4 (golena dx) con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

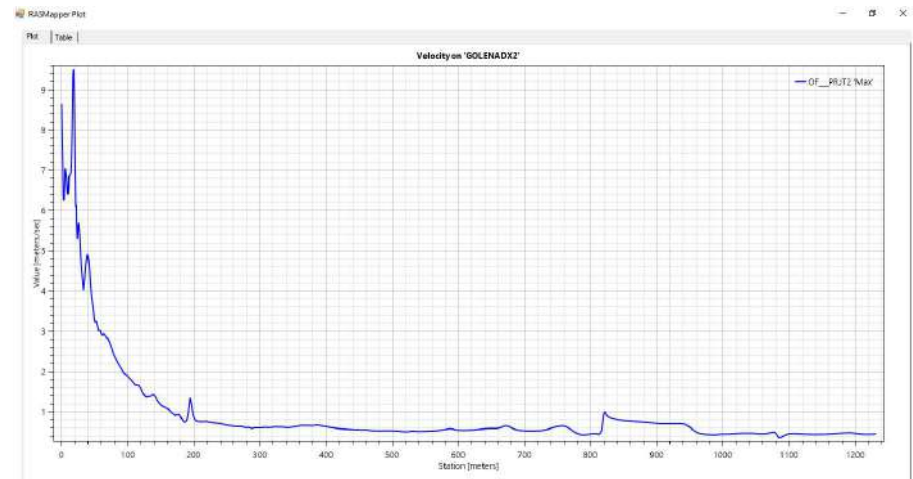


Fig. 26: Velocità corrente nella sezione di controllo 4 (golena dx) con Q_{T2} su DTM LiDAR di progetto

Situazione esistente – Q_{T2}

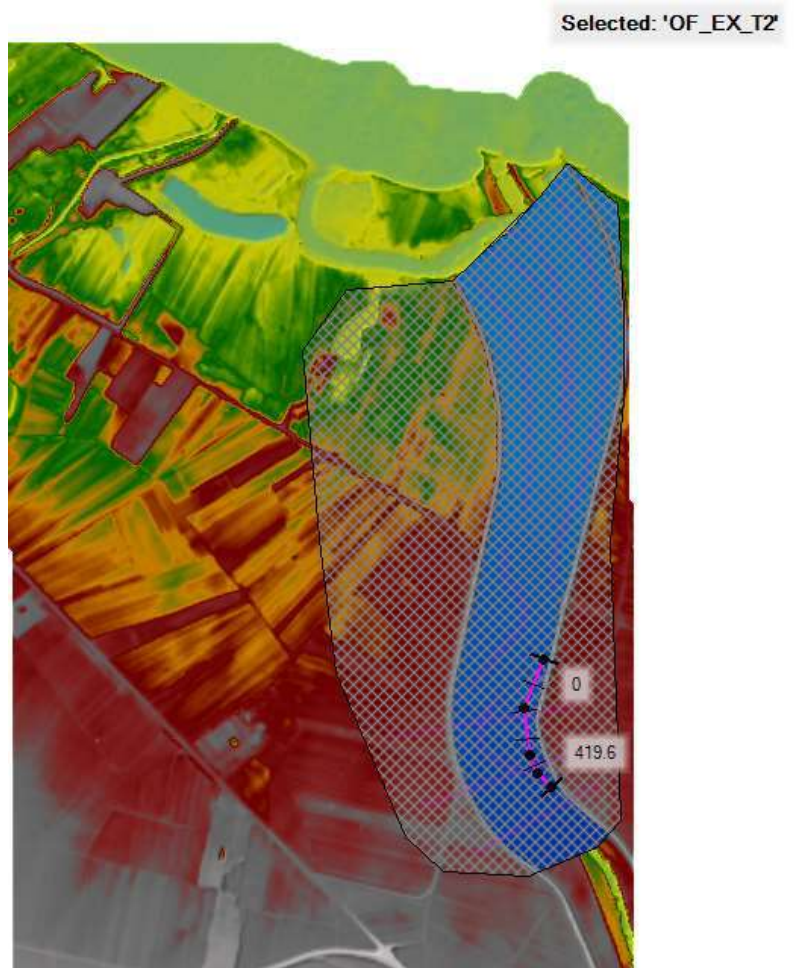


Fig. 27: Sezione di controllo 5 (golena dx) WSE con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

Situazione di progetto – Q_{T2}

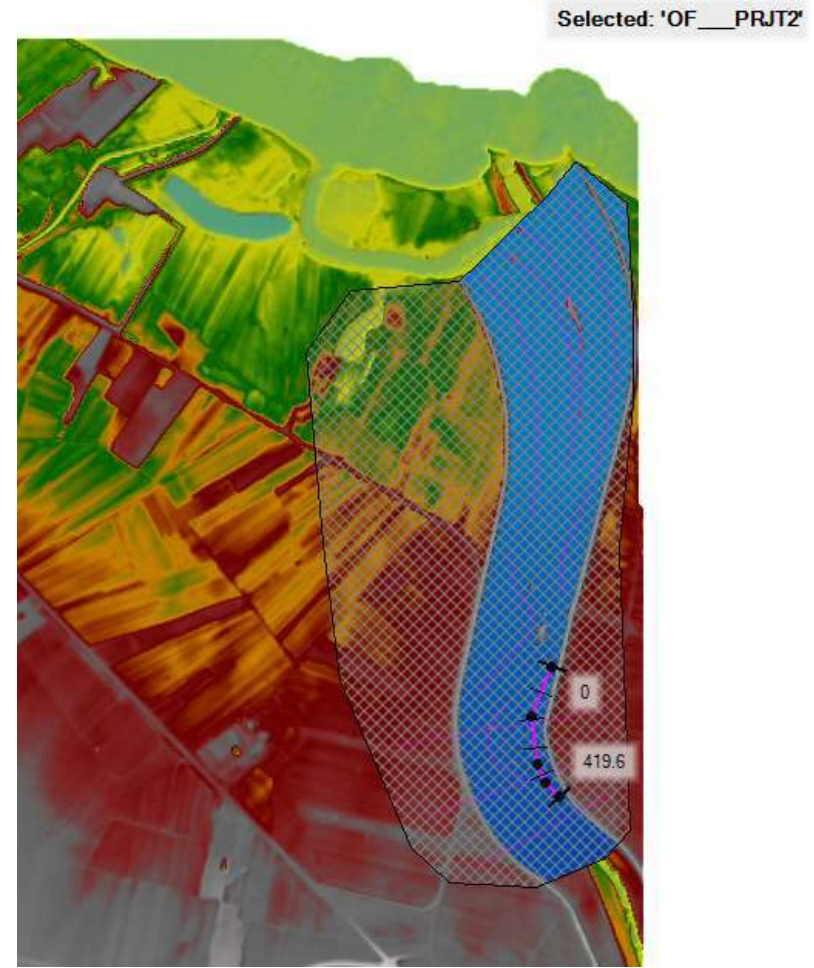


Fig. 28: Sezione di controllo 5 (golena dx) WSE con Q_{T2} su DTM LiDAR di progetto

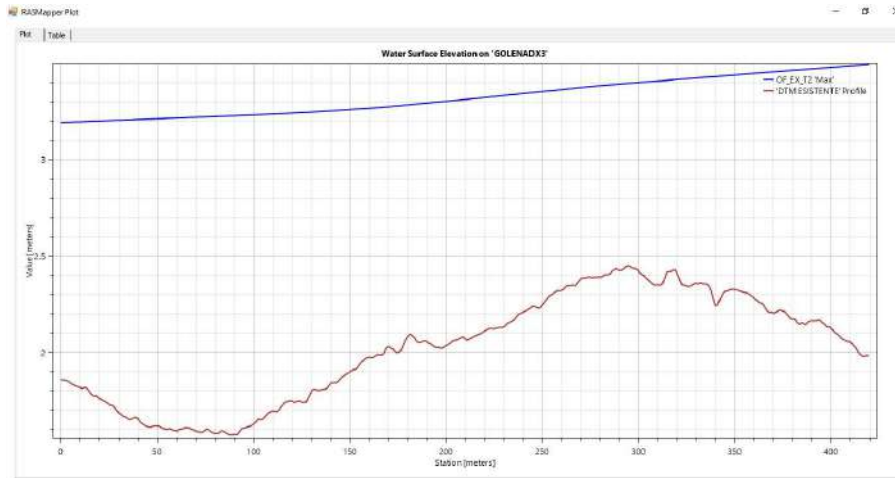


Fig. 29: WSE_{max} nella sezione di controllo 5 (golena dx) con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

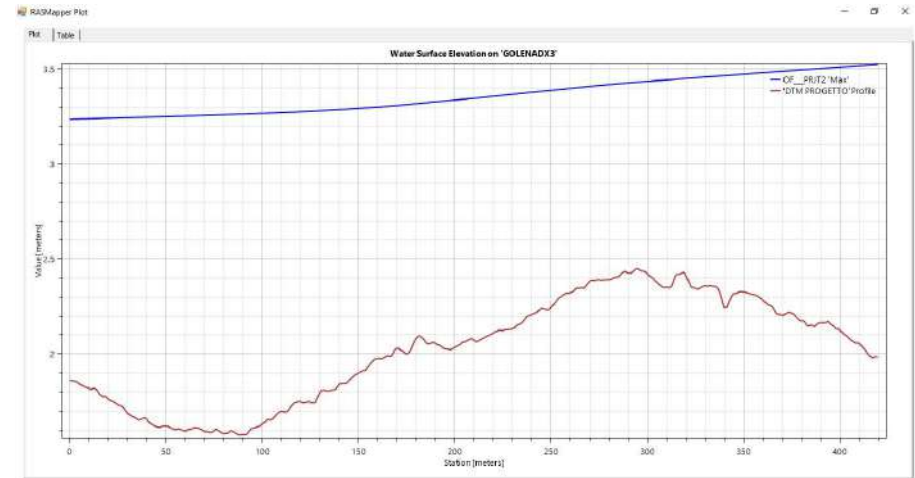


Fig. 30: WSE_{max} nella sezione di controllo 5 (golena dx) con Q_{T2} su DTM LiDAR di progetto

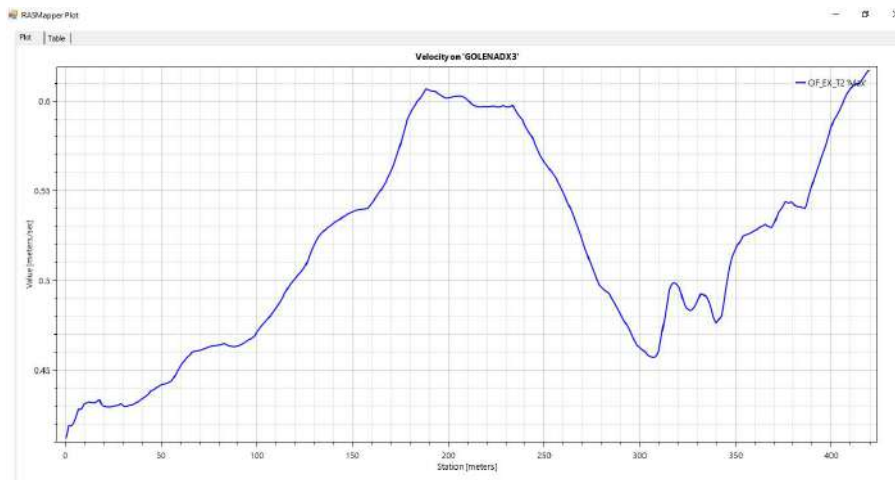


Fig. 31: Velocità corrente nella sezione di controllo 5 (golena dx) con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

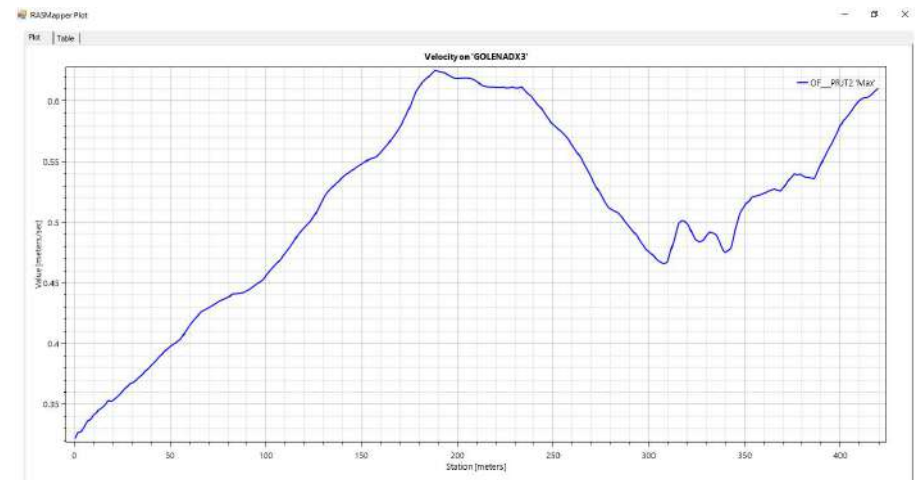


Fig. 32: Velocità corrente nella sezione di controllo 5 (golena dx) con Q_{T2} su DTM LiDAR di progetto

Situazione esistente – Q_{T5}

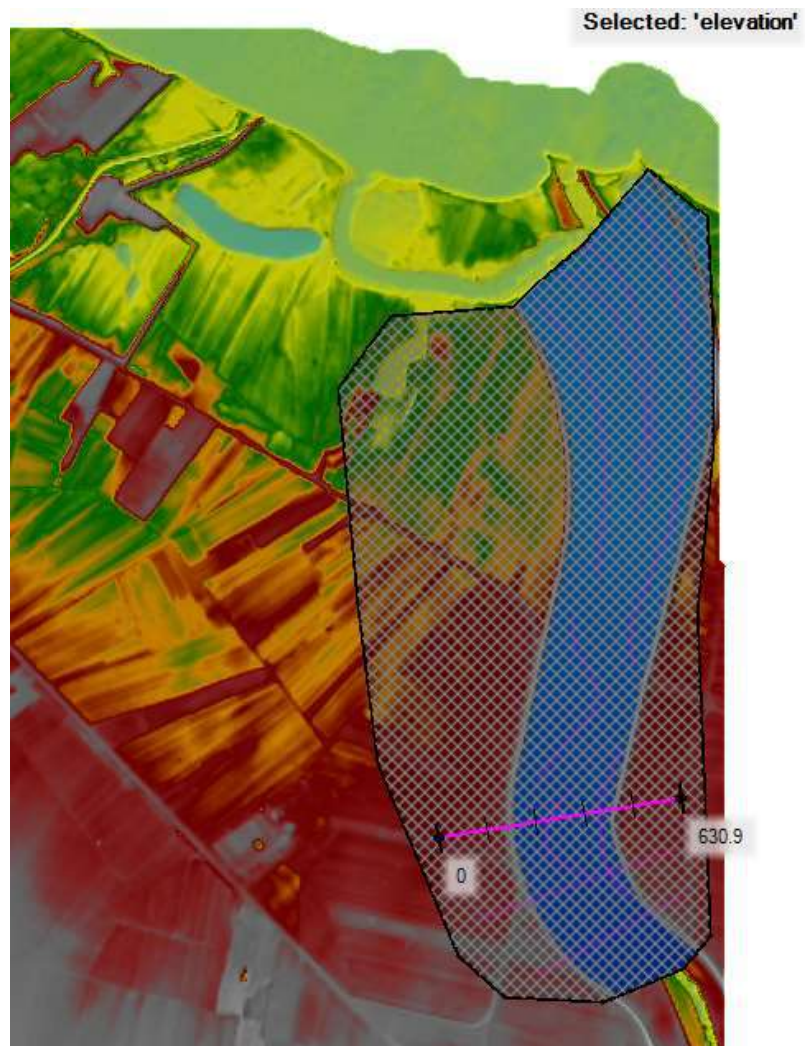


Fig. 33: Sezione di controllo 1 – WSE con Q_{T5} su DTM LiDAR esistente

Situazione di progetto – Q_{T5}

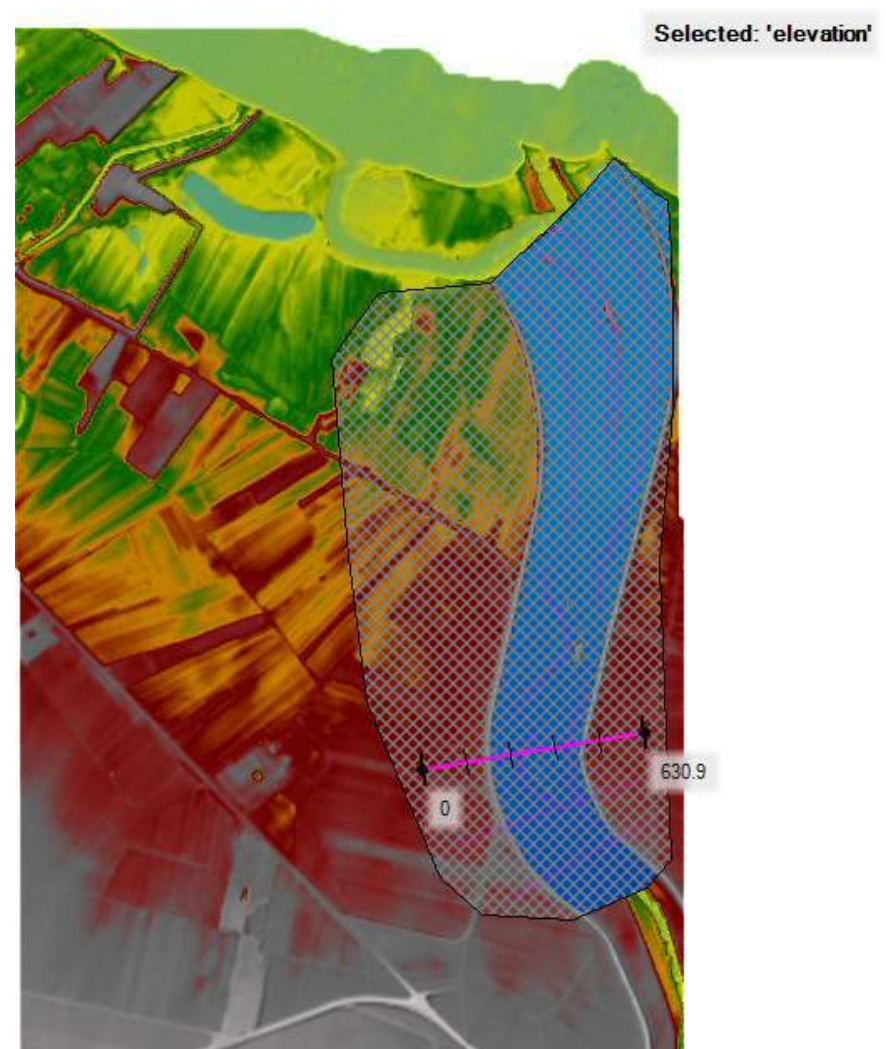


Fig. 34: Sezione di controllo 1 – WSE con Q_{T5} su DTM LiDAR di progetto (si vedono le isole emergere dal livello di piena T = 5 anni)

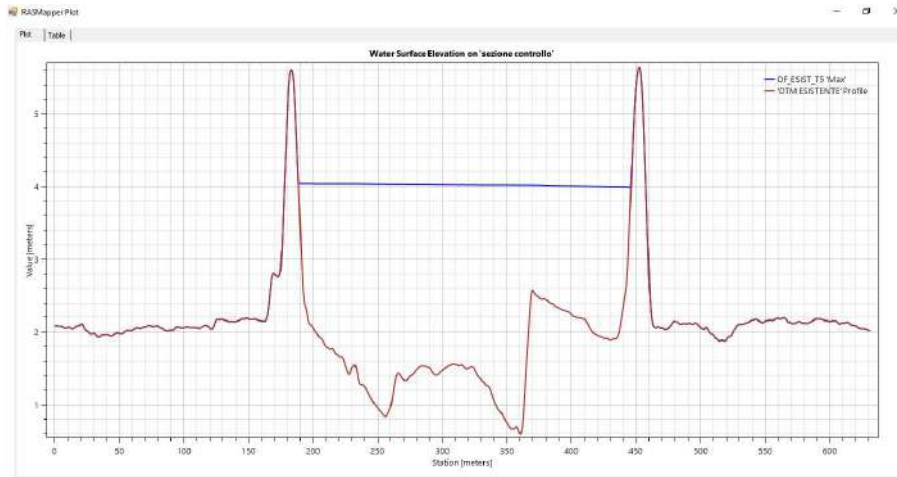


Fig. 35: WSE_{max} nella sezione di controllo 1 con Q_{T5} su DTM LiDAR esistente

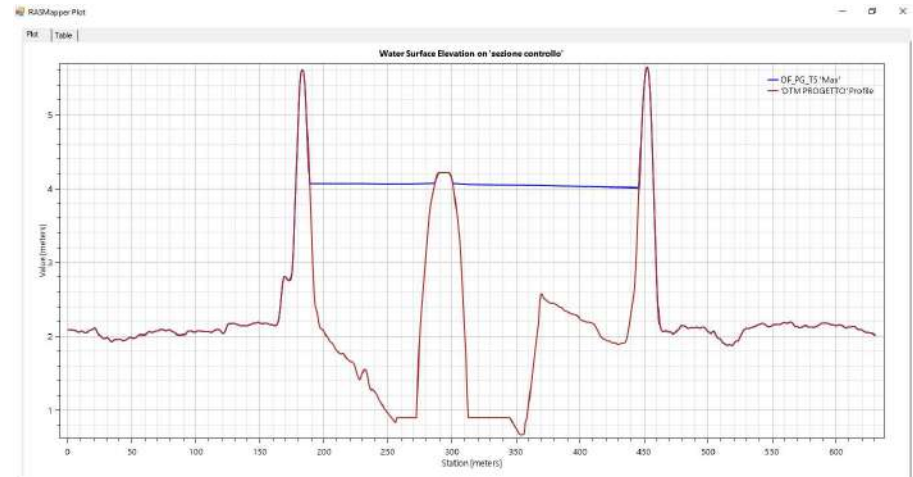


Fig. 36: WSE_{max} nella sezione di controllo 1 con Q_{T5} su DTM LiDAR di progetto

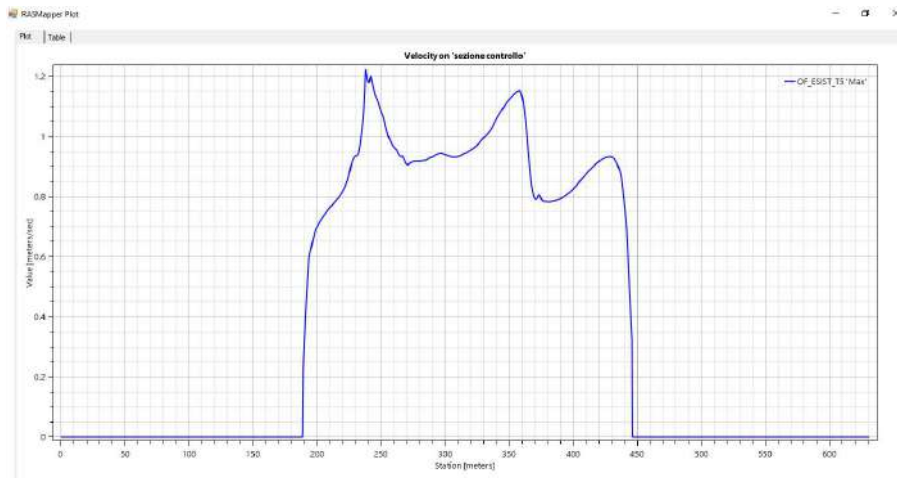


Fig. 37: Velocità corrente nella sezione di controllo 1 con Q_{T5} su DTM LiDAR esistente

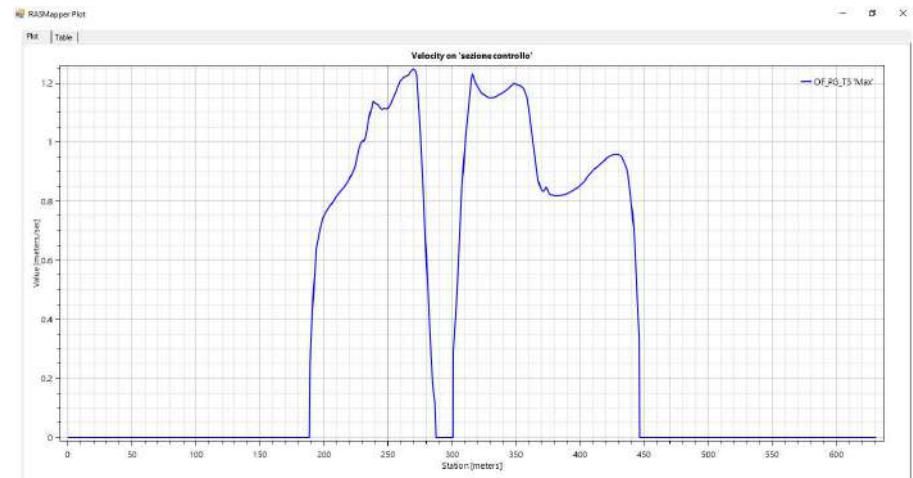


Fig. 38: Velocità corrente nella sezione di controllo 1 con Q_{T5} su DTM LiDAR di progetto

Situazione esistente – Q_{T5}

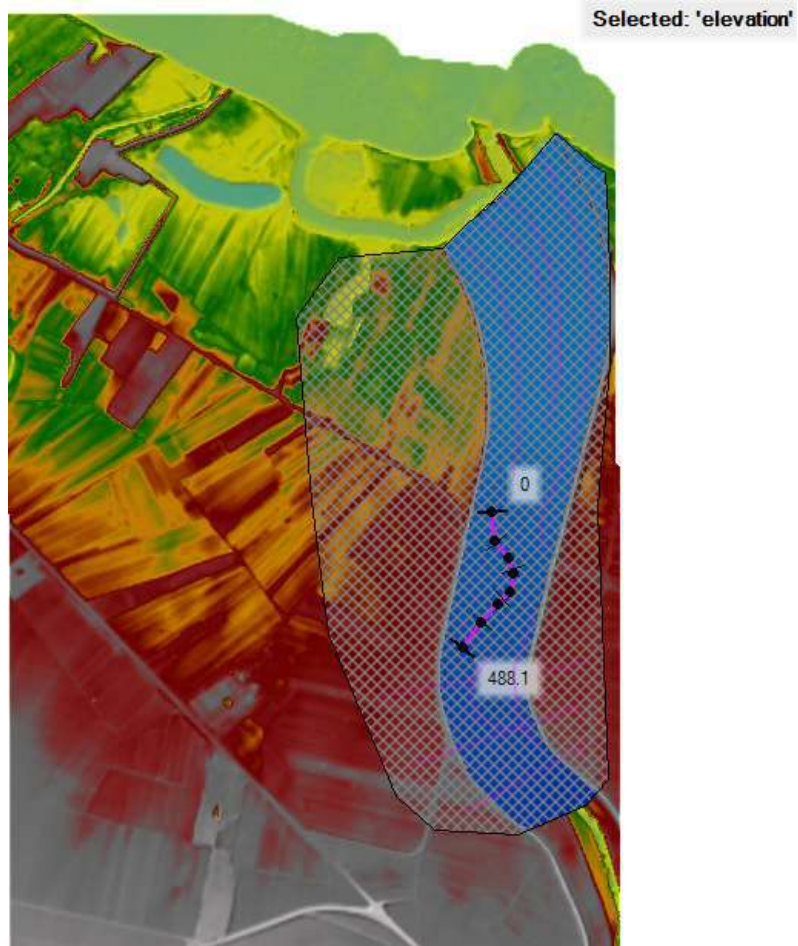


Fig. 39: Sezione di controllo 2 (golena sx) WSE con Q_{T5} su DTM LiDAR esistente

Situazione di progetto – Q_{T5}

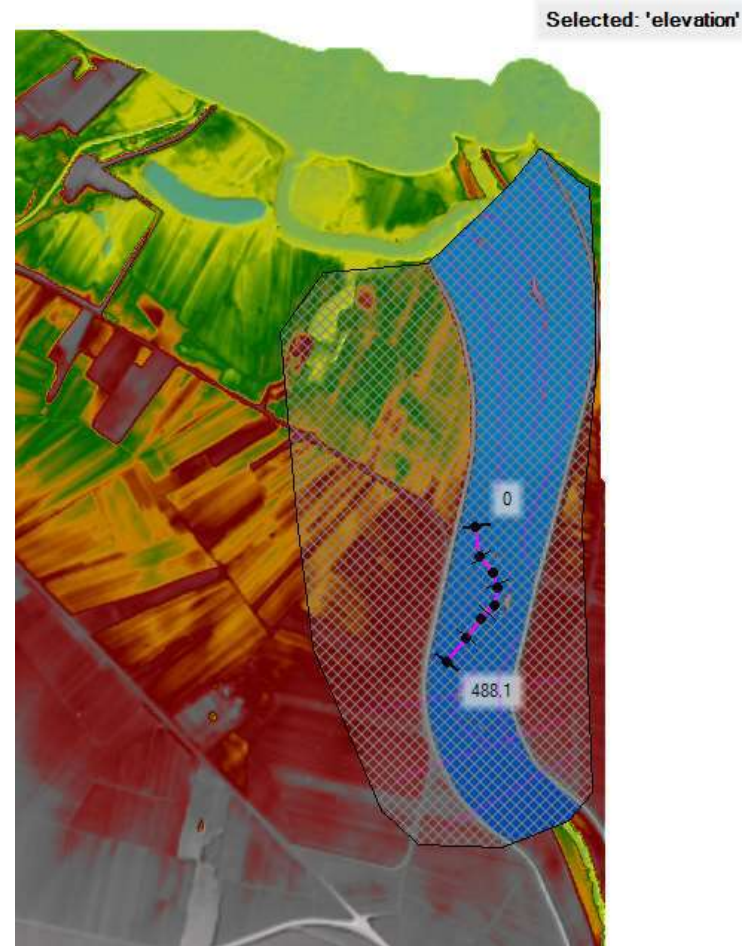


Fig. 40: Sezione di controllo 2 (golena sx) WSE con Q_{T5} su DTM LiDAR di progetto

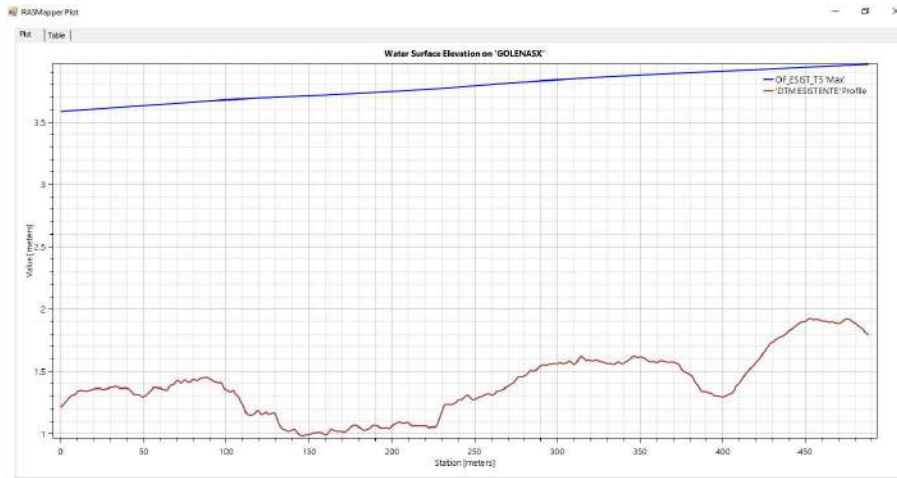


Fig. 41: WSE_{max} nella sezione di controllo 2 (golena sx) con Q_{T5} su DTM LiDAR esistente

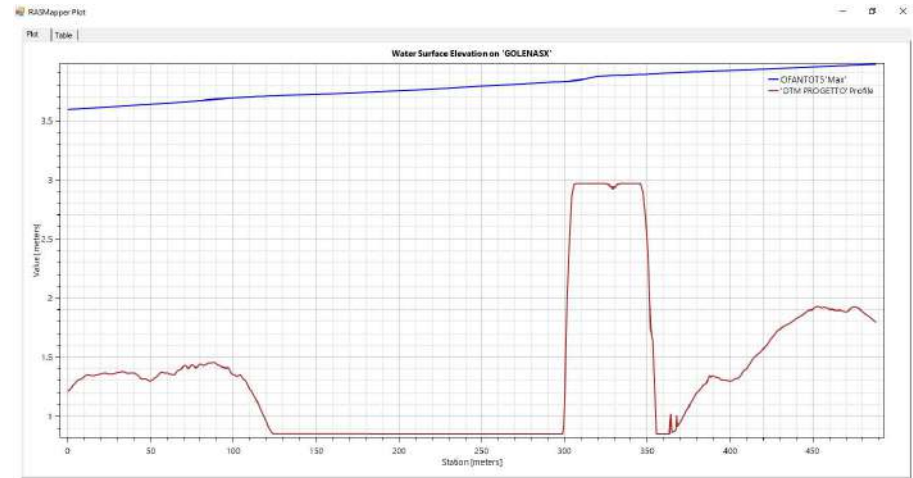


Fig. 42: WSE_{max} nella sezione di controllo 2 (golena sx) con Q_{T5} su DTM LiDAR di progetto

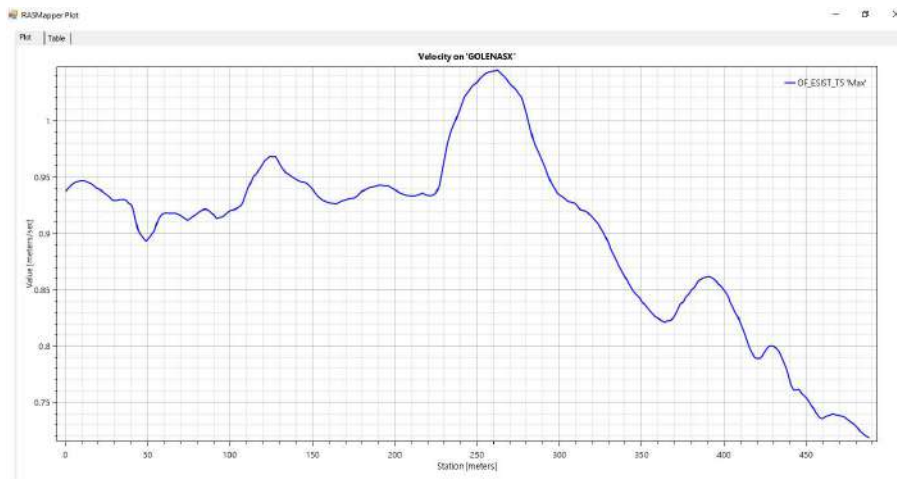


Fig. 43: Velocità corrente nella sezione di controllo 2 (golena sx) con Q_{T5} su DTM LiDAR esistente

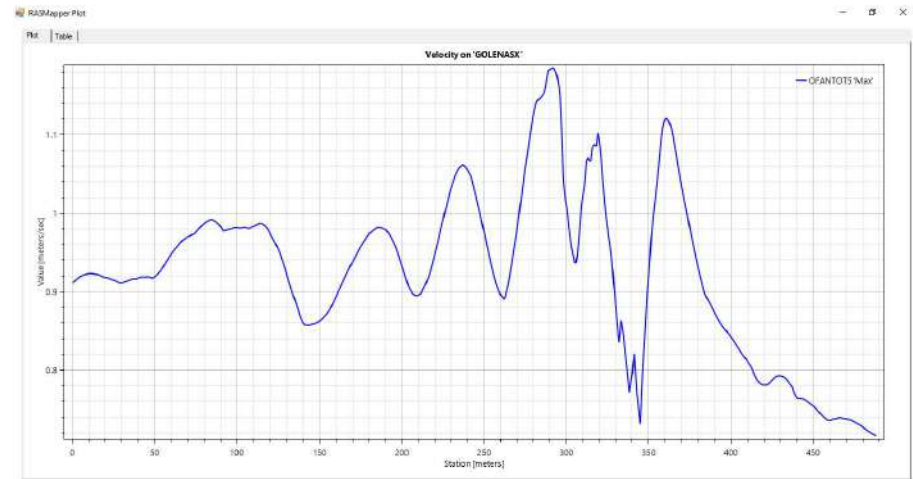


Fig. 44: Velocità corrente nella sezione di controllo 2 (golena sx) con Q_{T5} su DTM LiDAR di progetto

Situazione esistente – Q_{T5}

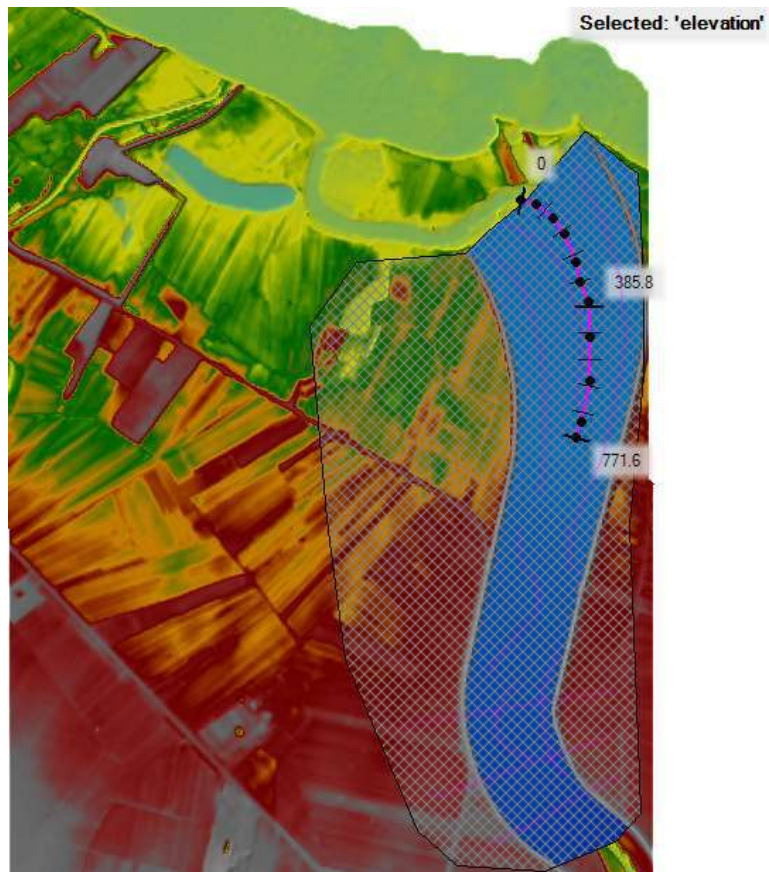


Fig. 45: Sezione di controllo 3 (golena sx) WSE con Q_{T5} su DTM LiDAR esistente

Situazione di progetto – Q_{T5}

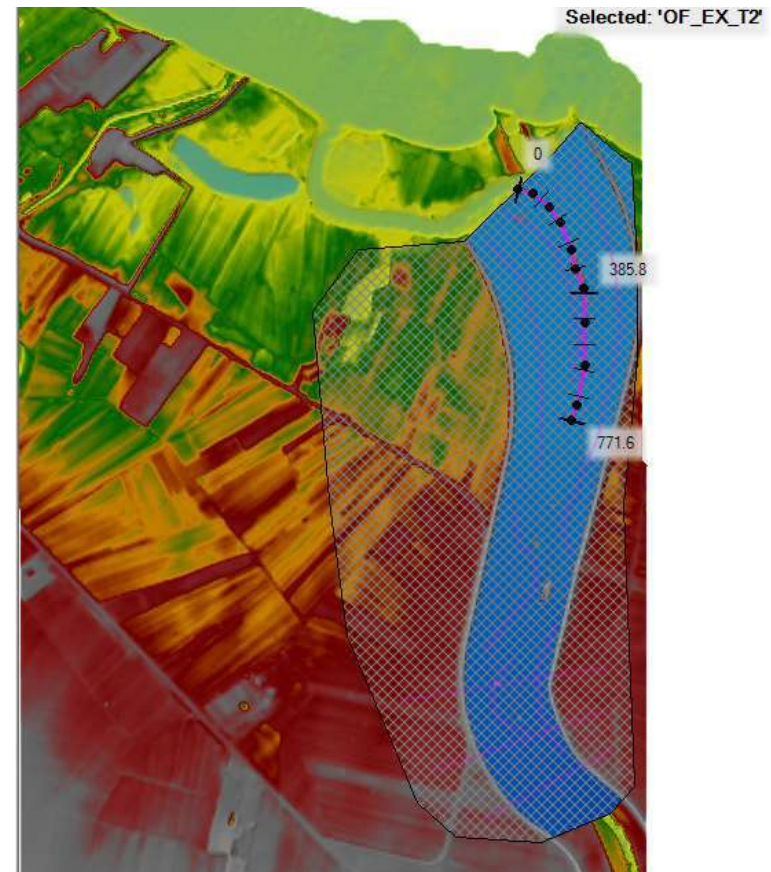


Fig. 46: Sezione di controllo 3 (golena sx) WSE con Q_{T5} su DTM LiDAR di progetto

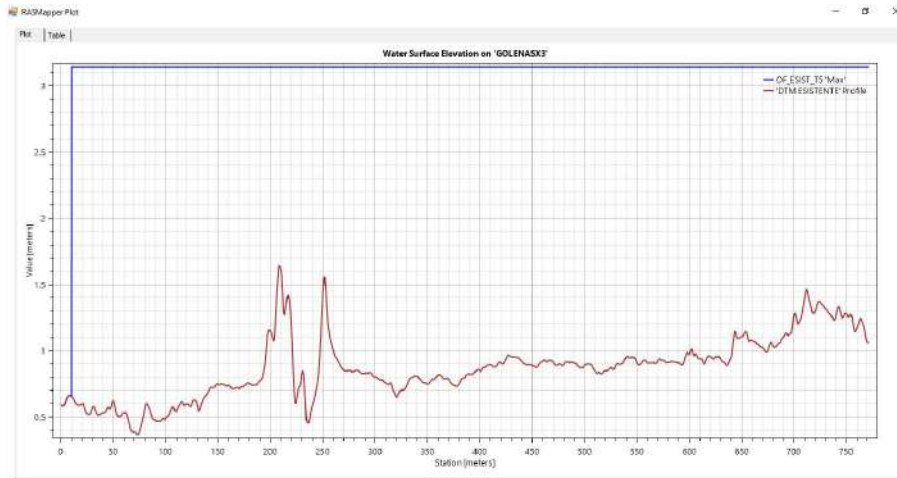


Fig. 47: WSE_{max} nella sezione di controllo 3 (golena sx) con Q_{T5} su DTM LiDAR esistente

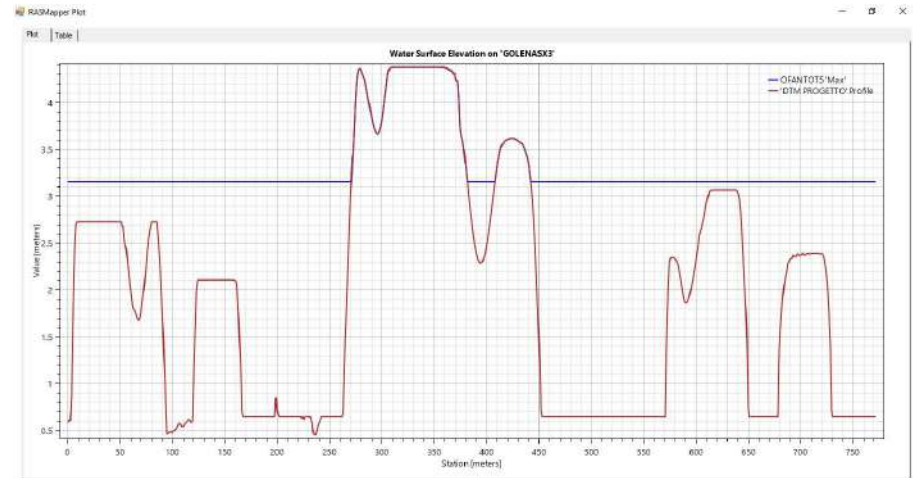


Fig. 48: WSE_{max} nella sezione di controllo 3 (golena sx) con Q_{T5} su DTM LiDAR di progetto

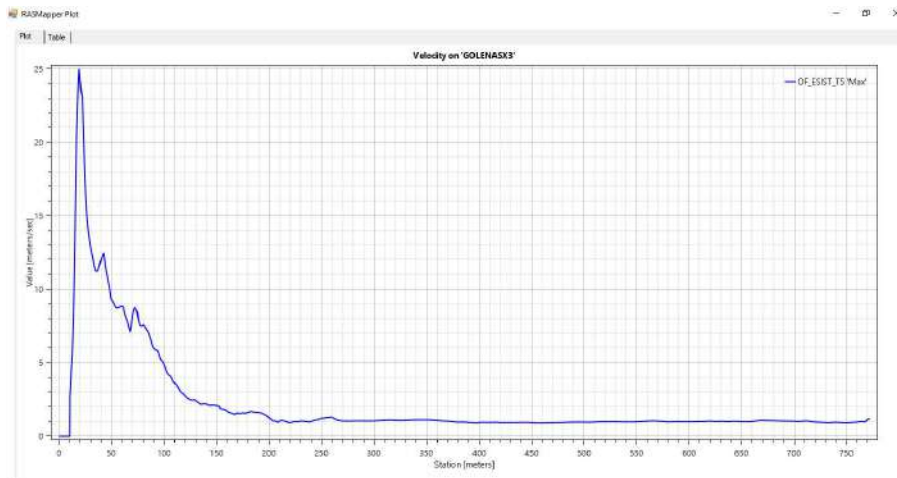


Fig. 49: Velocità corrente nella sezione di controllo 3 (golena sx) con Q_{T5} su DTM LiDAR esistente

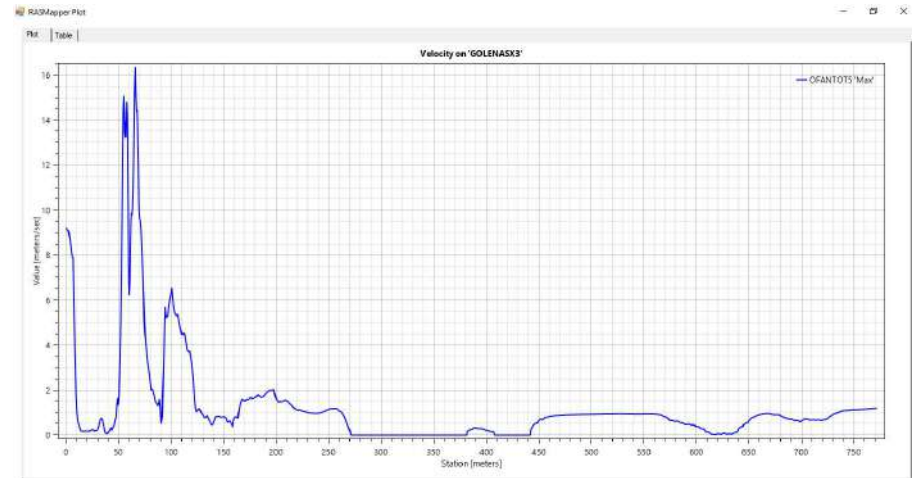


Fig. 50: Velocità corrente nella sezione di controllo 3 (golena sx) con Q_{T5} su DTM LiDAR di progetto

Situazione esistente – Q_{T5}

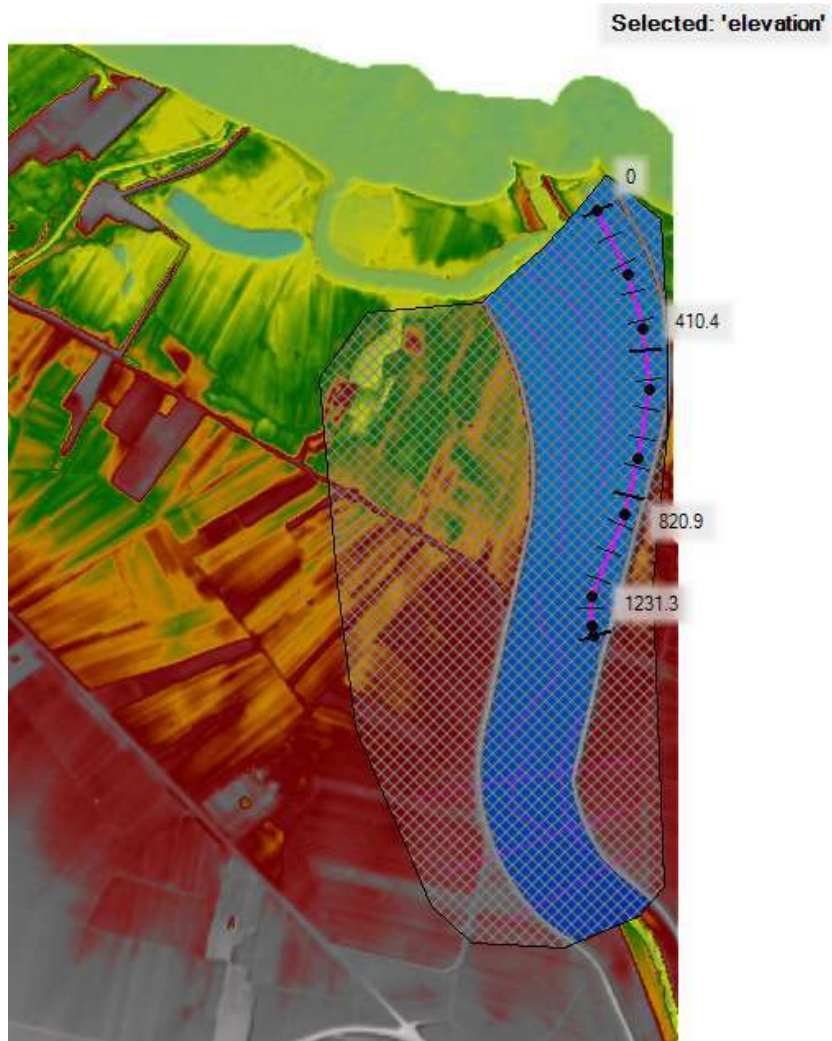


Fig. 51: Sezione di controllo 4 (golena dx) WSE con Q_{T5} su DTM LiDAR esistente

Situazione di progetto – Q_{T5}

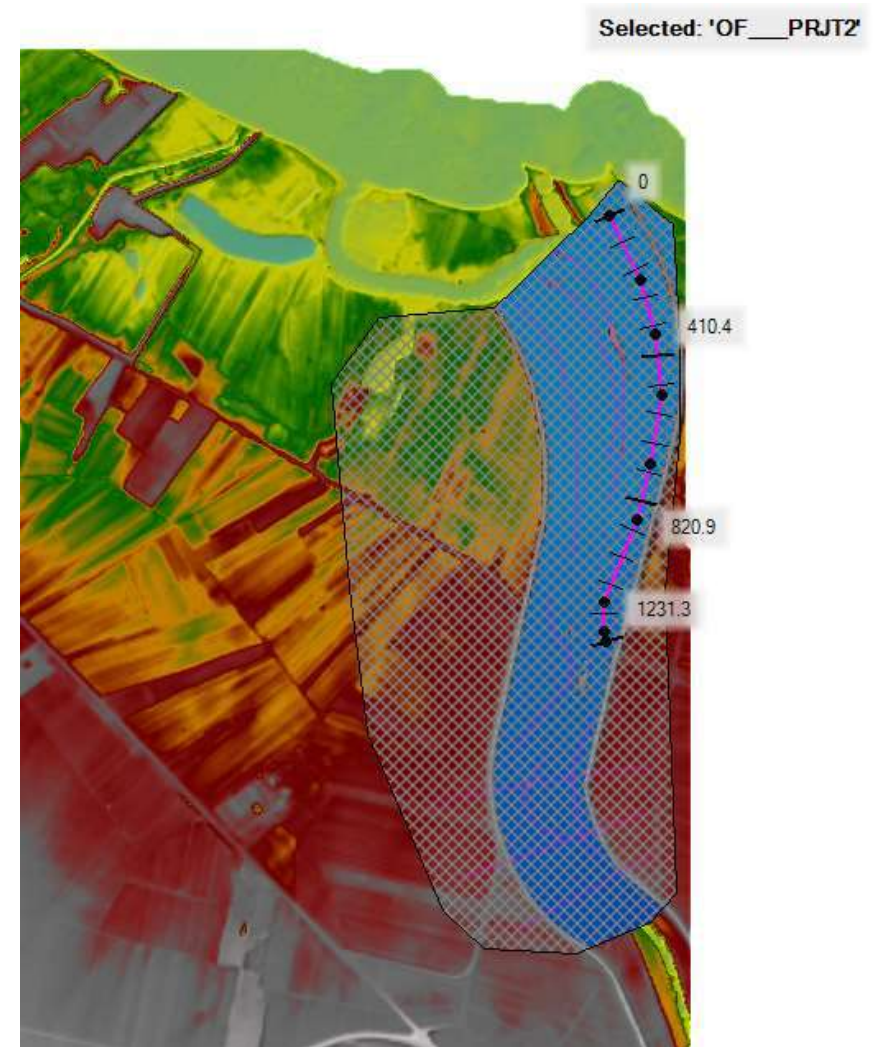


Fig. 52: Sezione di controllo 4 (golena dx) WSE con Q_{T5} su DTM LiDAR di progetto

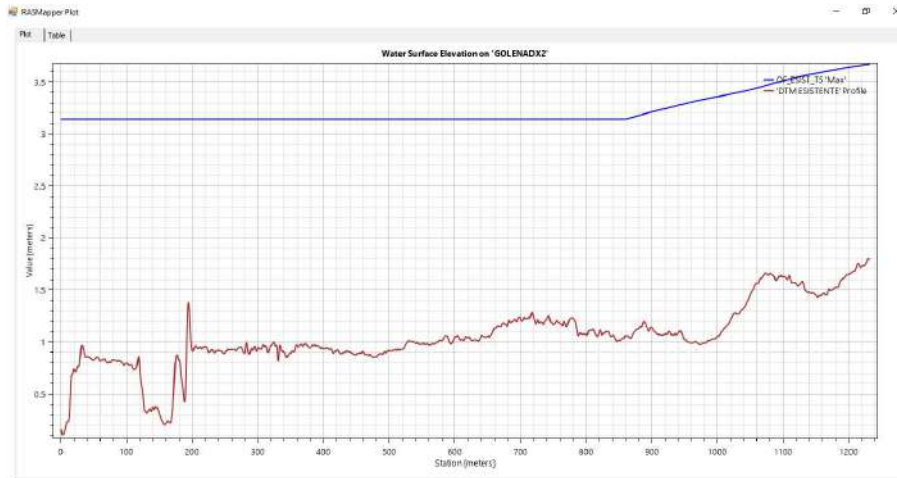


Fig. 53: WSE_{max} nella sezione di controllo 4 (golena dx) con Q_{T2} su DTM LiDAR esistente

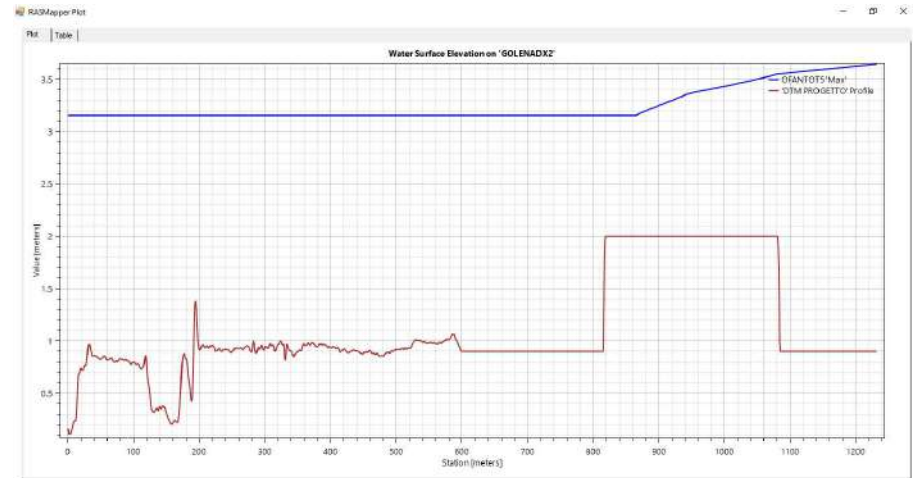


Fig. 54: WSE_{max} nella sezione di controllo 4 (golena dx) con Q_{T2} su DTM LiDAR di progetto

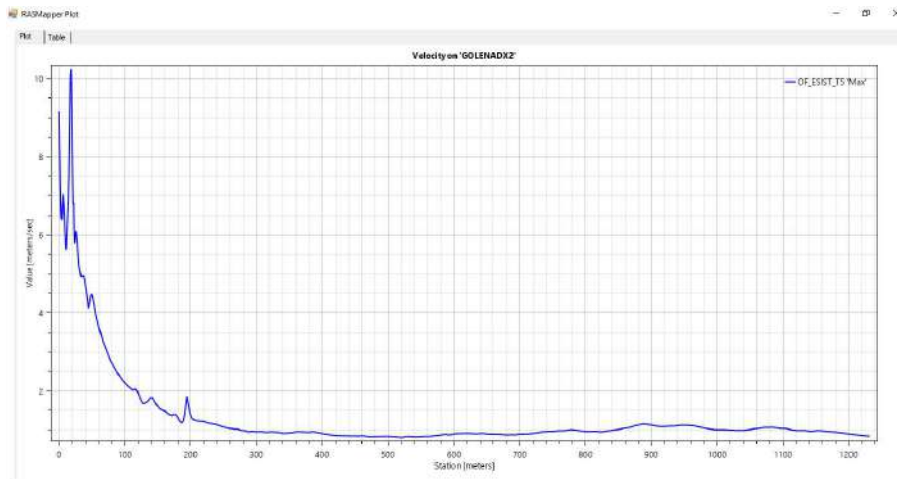


Fig. 55: Velocità corrente nella sezione di controllo 4 (golena dx) con Q_{T5} su DTM LiDAR esistente

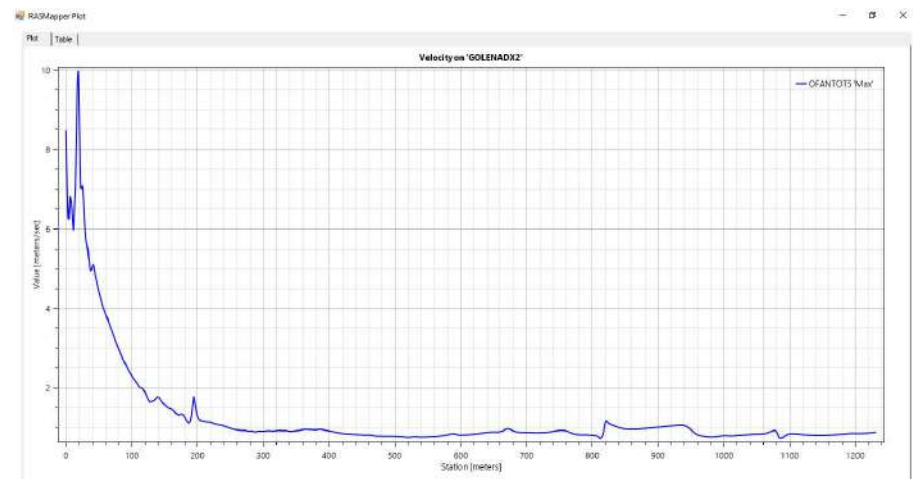


Fig. 56: Velocità corrente nella sezione di controllo 4 (golena dx) con Q_{T5} su DTM LiDAR di progetto

Situazione esistente – Q_{T5}

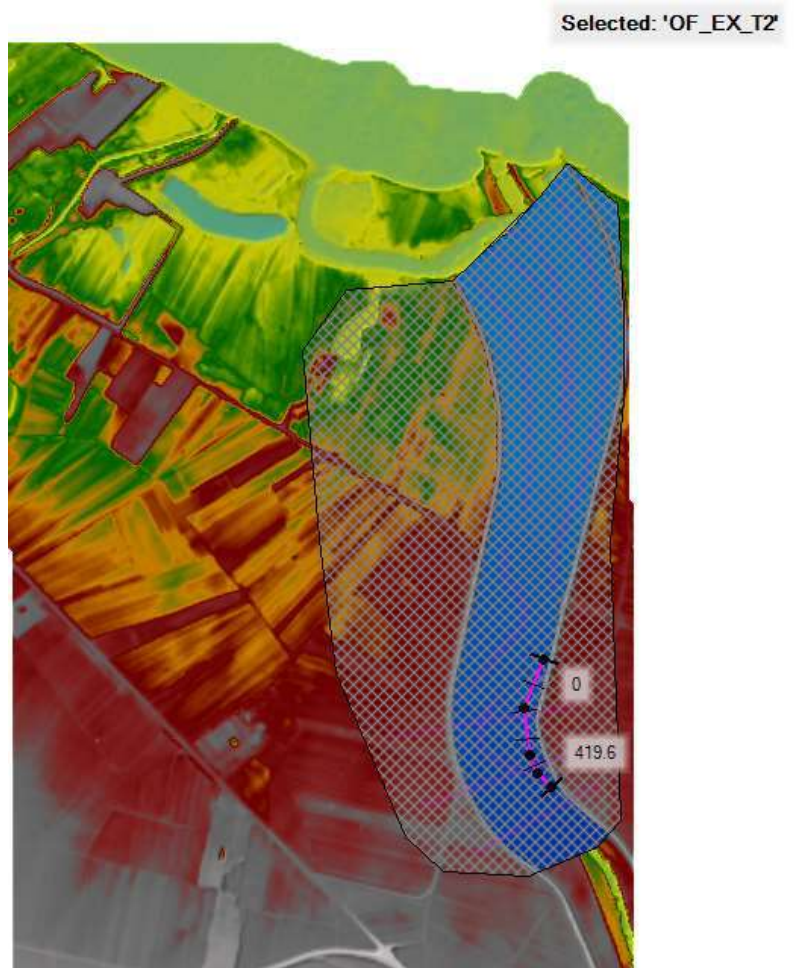


Fig. 57: Sezione di controllo 5 (golena dx) WSE con Q_{T5} su DTM LiDAR esistente

Situazione di progetto – Q_{T5}

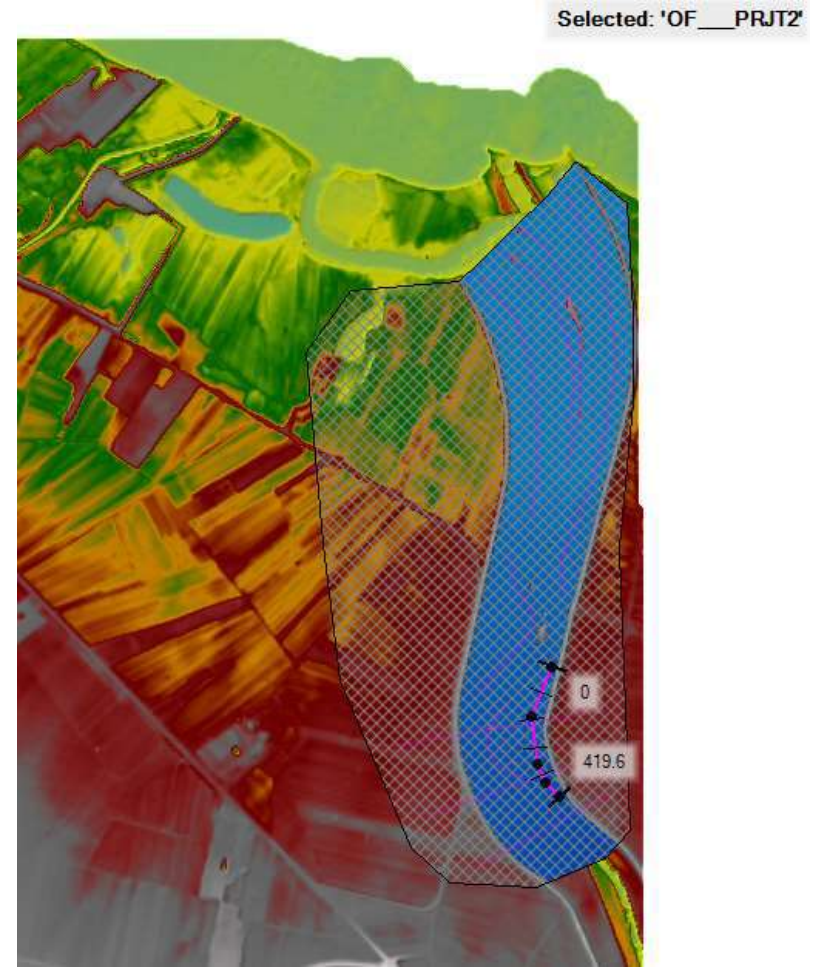


Fig. 58: Sezione di controllo 5 (golena dx) WSE con Q_{T5} su DTM LiDAR di progetto

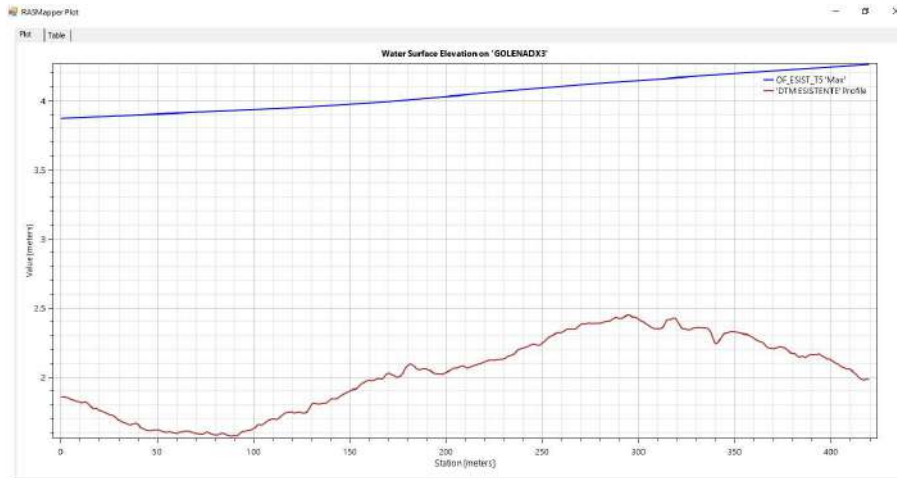


Fig. 59: WSE_{max} nella sezione di controllo 5 (golena dx) con Q_{T5} su DTM LiDAR esistente

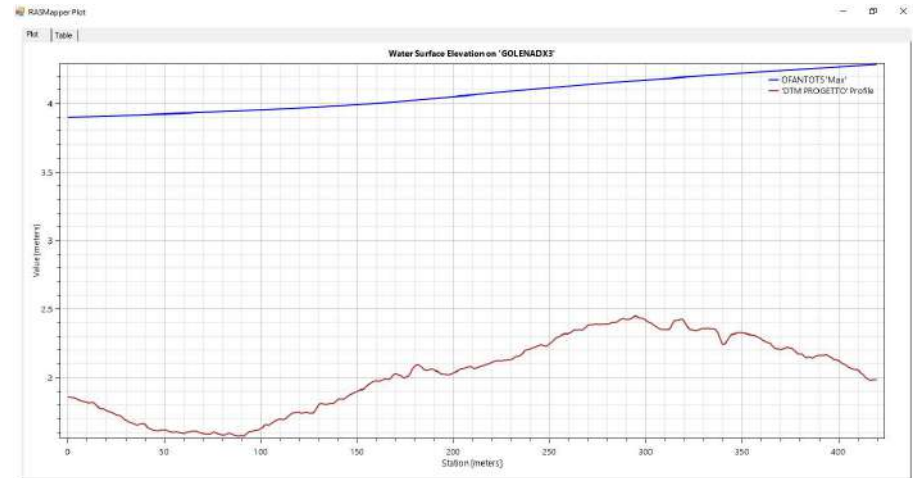


Fig. 60: WSE_{max} nella sezione di controllo 5 (golena dx) con Q_{T5} su DTM LiDAR do progetto

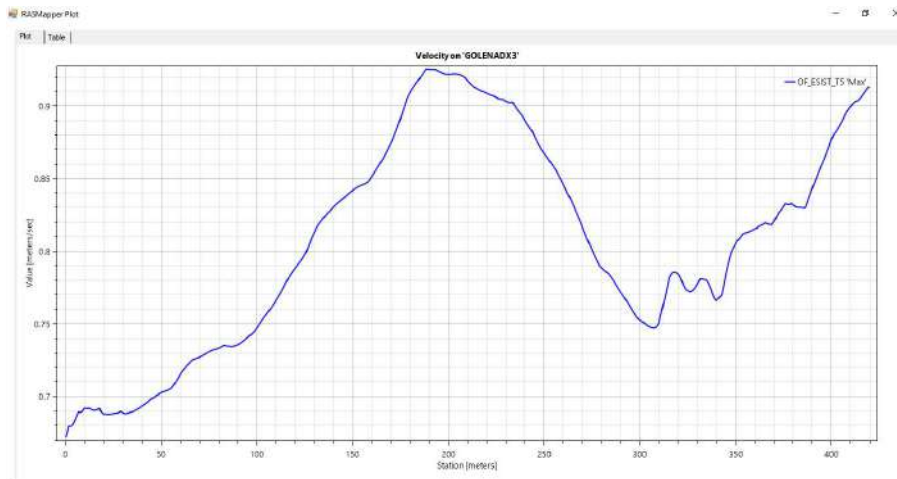


Fig. 61: Velocità corrente nella sezione di controllo 5 (golena dx) con Q_{T5} su DTM LiDAR esistente

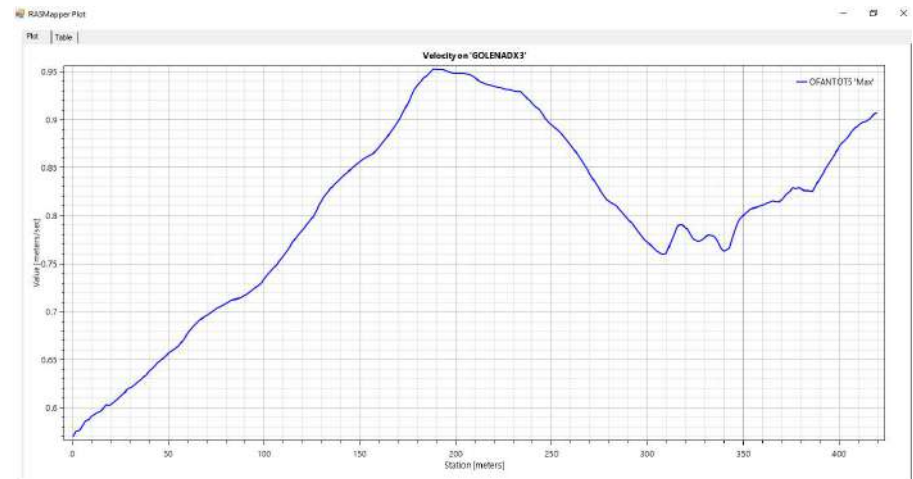


Fig. 62: Velocità corrente nella sezione di controllo 5 (golena dx) con Q_{T5} su DTM LiDAR di progetto