



Parco Eolico “La Regina”

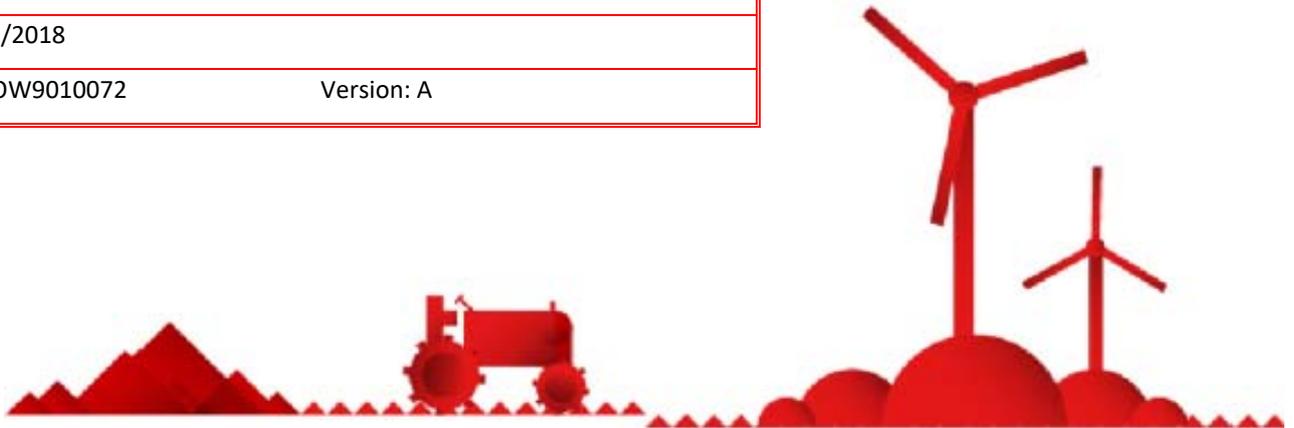
A.3 - Relazione idrologica e idraulica

Banzi (Potenza)

15/11/2018

REF.:OW9010072

Version: A



Edp Renewables Italia Holding S.r.l.

Via Lepetit 8/10

20124 - Milano

Direttore Tecnico

Ing. Giovanni Di Santo



Via Nazario Sauro 112

85100 - Potenza

Piva 01822640767

Tel.: 0971-1944797

Fax: 0971-55452



Sommario

1 Premessa	3
2 Inquadramento territoriale	5
3 Interventi in progetto	9
4 Analisi idrologica	10
4.1 Bacini idrografici	10
4.2 Portate al colmo di piena in base al metodo VAPI applicato all'idrometria	11
4.2.1 Fattori di crescita	12
4.2.2 Plena indice	13
4.2.3 Portate al colmo di piena	13
5 Analisi idraulica	15
5.1 Geometria del modello idrodinamico	15
5.2 Portate di piena	18
5.3 Condizioni al contorno	18
5.4 Parametri di scabrezza	18
5.5 Risultati della configurazione di stato di fatto	18
6 Tracciamento delle aree allagabili	31
7 Verifica delle interferenze con le opere in progetto	33
Allegato A: Sezioni trasversali	34
Allegato B: Dichiarazione di esenzione delle opere progettate dal rischio idraulico	47





1 Premessa

La presente relazione, presentata dalla società EDP Renewables Italia Holding srl, con sede legale in Via R. Lepetit 8/10 Milano, è parte integrante del progetto di realizzazione di un **nuovo parco eolico di proprietà, denominato "La Regina", localizzato nel territorio comunale di Banzi**, in provincia di Potenza. Il parco in oggetto sarà costituito da 8 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 4.2 MW, per una potenza complessiva di 33.6 MW. Il comune di Banzi sarà inoltre interessato dalla realizzazione di una Sottostazione Elettrica di Trasformazione (SET) per la connessione dell'impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

La società proponente rappresenta uno dei principali operatori in Italia e all'estero nel settore dell'energia, particolarmente impegnato nel campo dell'energia derivante da fonte eolica. In particolare, EDPR è un leader globale nel settore delle energie rinnovabili e il quarto produttore al mondo di energia eolica. Con una solida pipeline di sviluppo, risorse di prima classe e capacità operativa leader del mercato, ha avuto uno sviluppo eccezionale negli ultimi anni ed è attualmente presente in 13 mercati. EDPR è entrata nel mercato italiano nel 2010 attraverso l'acquisizione di un portafoglio di progetti eolici in fase di sviluppo nel sud del paese. La sede centrale italiana si trova a Milano e un secondo ufficio a Bari gioca un importante ruolo logistico nella gestione del portafoglio della regione Puglia e delle aree circostanti. Nel 2017 risultavano installati oltre 140 MW di eolico per una produzione di oltre 337 GWh di energia verde.

Per le finalità di questa analisi, inoltre, appare opportuno ricordare che il sito di interesse è caratterizzato dalla presenza di numerosi rami del reticolo idrografico individuato dalla Infrastruttura Regionale dei Dati Spaziali della Regione Basilicata (RSDI), alcuni affluenti del fiume Ofanto ed altri del fiume Bradano. Dal punto di vista amministrativo, pertanto, il presente intervento ricade all'interno dell'area di competenza del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale e, precisamente, per la prima parte (fiume Ofanto) all'interno dell'area della ex Autorità di Bacino (AdB) della Regione Puglia e per la seconda (fiume Bradano) in quella della Regione Basilicata.

Dato che le opere principali sono situate all'interno della seconda area (mentre nella prima sono presenti solo alcuni cavidotti in progetto), nel seguito si terrà conto delle Norme di Attuazione (NA) del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dalla ex AdB della Basilicata. Dato che, in questo caso, non è presente una perimetrazione che definisca il livello di rischio idraulico, ma gli interventi sono localizzati nelle adiacenze di diversi rami del reticolo idrografico, è stato realizzato il presente studio di compatibilità idrologica e idraulica che, in seguito ad un opportuno rilievo topografico dei rami di interesse, ne ha analizzato compiutamente i regimi di deflusso nonché l'effettiva estensione delle aree allagabili in modo da verificare la compatibilità degli interventi in progetto con le NA del PAI.

Nel seguito è mostrata, oltre alle planimetrie di inquadramento, anche la planimetria delle opere in progetto con l'indicazione dei rami del reticolo idrografico desunti sia dall'RSDI della Regione Basilicata e sia dal Portate Cartografico Nazionale. In assenza di altre indicazioni, ad ogni ramo del reticolo idrografico interferente è stata assegnata una lettera compresa tra la A e la D. Nella planimetria sono evidenziati i punti di intersezione tra le opere e i rami del reticolo.

Le analisi idrologiche, illustrate in dettaglio nel seguito, sono state condotte mediante l'utilizzo del metodo VAPI Basilicata (come previsto all'interno del citato PAI) al fine di stabilire le portate al colmo di piena per eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.



Tali portate sono state utilizzate nella successiva analisi idraulica che, grazie all'utilizzo del modello idrodinamico monodimensionale HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*, è finalizzata alla valutazione delle modalità di deflusso degli eventi di piena al fine di stabilire i massimi valori del livello di pelo libero e, di conseguenza, di valutare le effettive estensioni delle aree a diversa pericolosità idraulica.

Nel caso delle interferenze tra i tracciati dei cavidotti in progetto e i rami del reticolo idrografico, inoltre, si è prevista la posa dei cavidotti mediante Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) fino a raggiungere una profondità, in corrispondenza dell'intersezione, non inferiore a 2 m.

2 Inquadramento territoriale

L'area individuata per la realizzazione della presente proposta progettuale ricade quasi completamente nel territorio comunale di Banzi (PZ) se si esclude un breve tratto di cavidotto interrato che interessa il territorio comunale di Palazzo San Gervasio sempre in provincia di Potenza. Il parco eolico, costituito da 8 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 4.2 MW, per una potenza complessiva di 33.6 MW, interesserà una fascia altimetrica compresa tra i 550 ed i 600 m s.l.m. nel settore nord orientale del territorio comunale, destinata principalmente a seminativo con colture stagionali che conferisce al paesaggio caratteristiche di antropizzazione tali da non favorire processi di completa rinaturalizzazione.

La futura Sottostazione Elettrica di Trasformazione (SET) per la connessione dell'impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) sarà realizzata nel territorio di Banzi (PZ). Il modello di aerogeneratore attualmente previsto dalla presente proposta progettuale è il Vestas V150, caratterizzato da un diametro massimo del rotore pari a 150 m e da un'altezza della torre al mozzo di 105 m, quindi si tratterà di macchine di grande taglia.

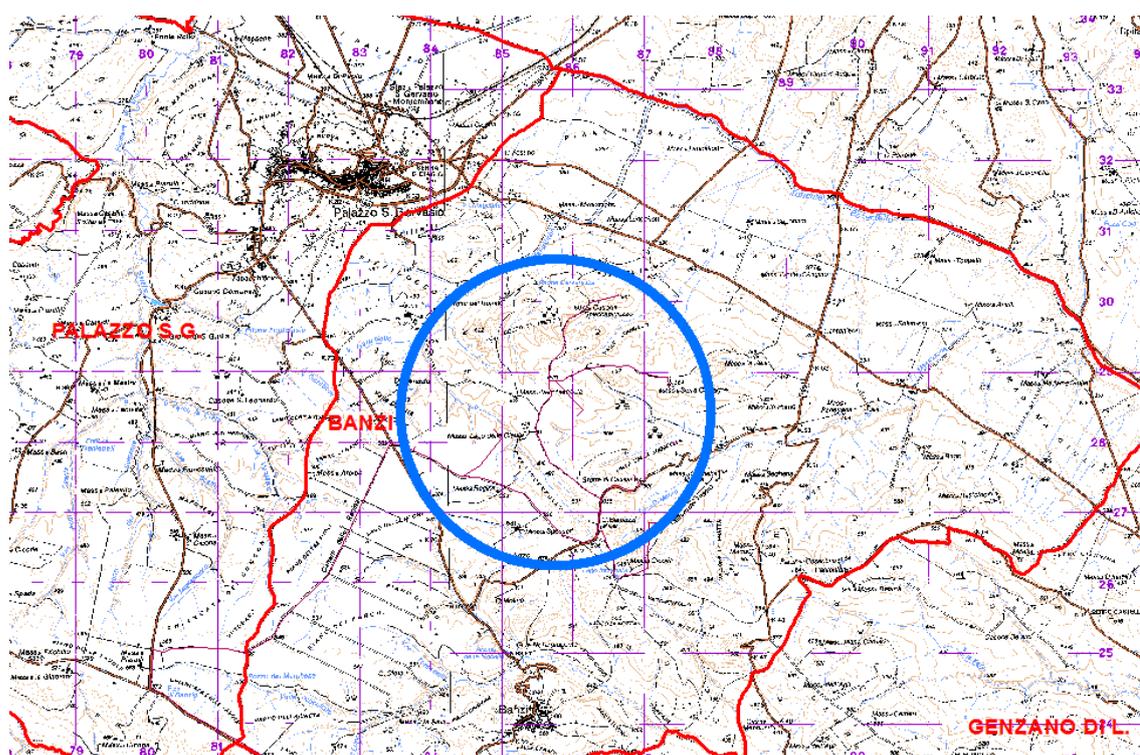


Figura 1: inquadramento territoriale su base IGM 1:50000 con indicazione dell'area di intervento

I comuni limitrofi a quello di Banzi sono i seguenti: il comune di Genzano di Lucania (PZ), a circa 2 km in direzione sud-est, il comune di Palazzo San Gervasio (PZ), a circa 12 km in direzione nord-ovest, il comune di Spinazzola (BA) a circa 15 km verso nord, il comune di Acerenza (PZ), a circa 12 km direzione sud-ovest ed il comune di Oppido Lucano (PZ) posto a circa 10 km verso sud.

La disposizione degli aerogeneratori è stata scelta in modo da evitare il cosiddetto "effetto selva" dai punti di osservazione principali. Nella figura di seguito riportata è possibile visualizzare il lay-out del parco in oggetto su base ortofoto.

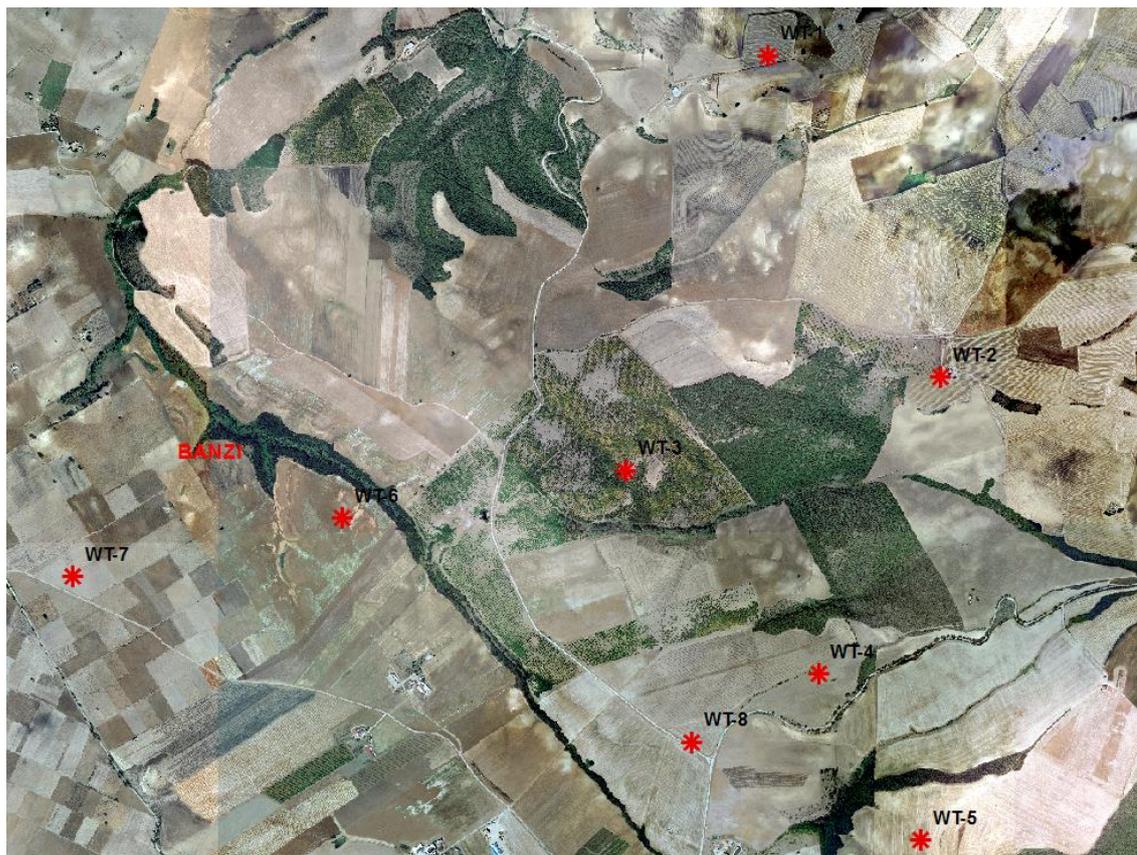


Figura 2: layout di impianto su base ortofoto

Nell'area di intervento sono presenti le seguenti reti infrastrutturali:

- di tipo viario: in particolare sono da annoverare le SP 81, 79 e 96 e diverse strade comunali ed interpoderali;
- metanodotto: condotta interrata del metano che interessa una strada comunale che collega l'area dell'impianto eolico localizzato a sud con quella dello stesso impianto ubicata a nord;
- elettrodotti: le linee che transitano nell'area sono sia in BT che in MT;
- rete telefonica su palo.

Si rimanda agli elaborati di progetto per gli approfondimenti relativi ai dettagli tecnici dell'opera proposta, ma per gli scopi della presente analisi si riportano, nelle figure seguenti, la planimetria degli interventi in progetto con l'indicazione dei rami del reticolo idrografico desunti sia dall'RSDI della Regione Basilicata e sia dal Portate Cartografico Nazionale. In assenza di altre indicazioni, ad ogni ramo del reticolo idrografico interferente è stata assegnata una lettera compresa tra la A e la D. Nella planimetria sono evidenziati i punti di intersezione tra le opere e i rami del reticolo.

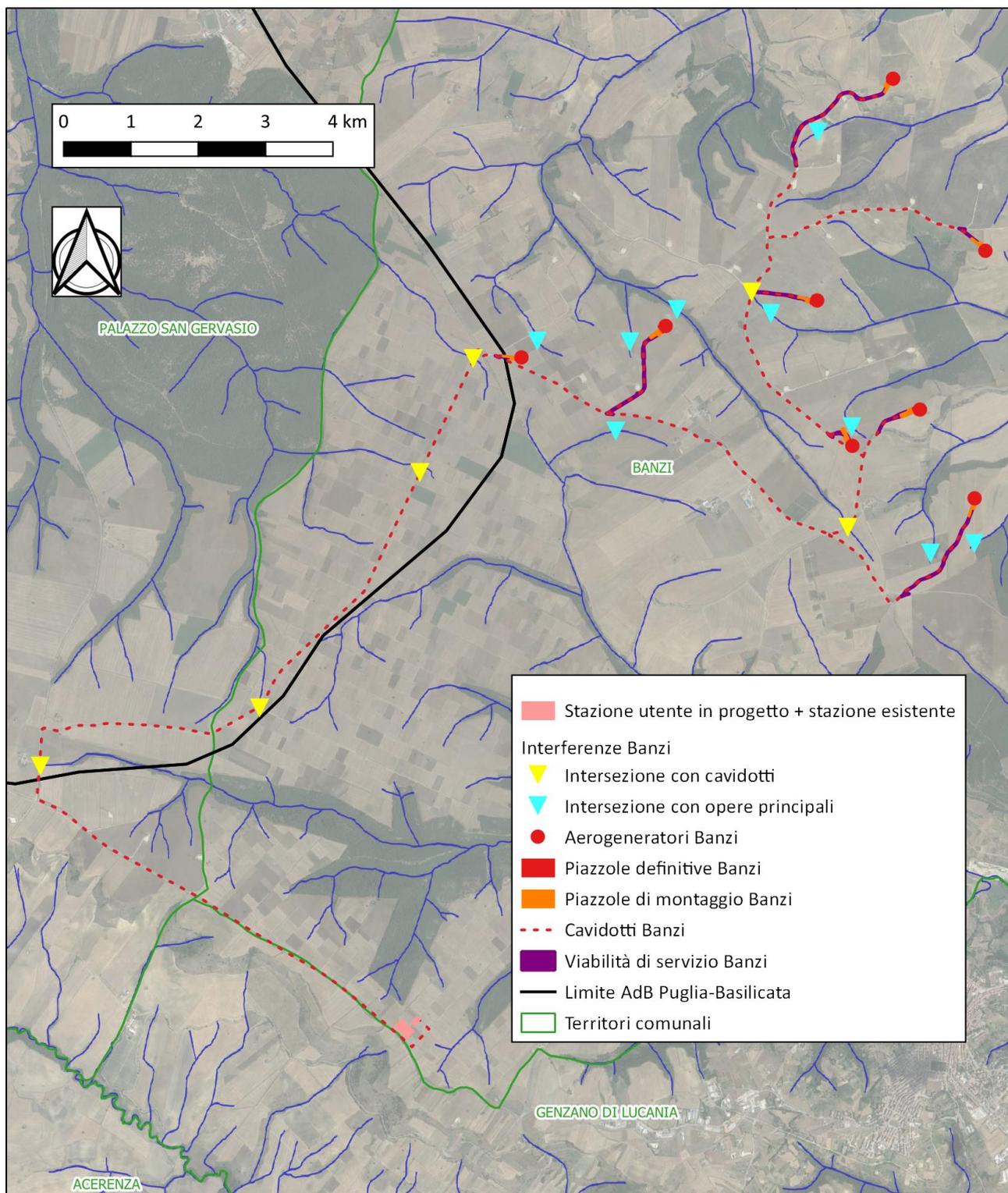


Figura 3: Planimetria di inquadramento delle opere in progetto con l'indicazione dei punti di intersezione tra le opere e i rami del reticolo desunti dalla Infrastruttura Regionale dei Dati Spaziali della Regione Basilicata (RSDI)

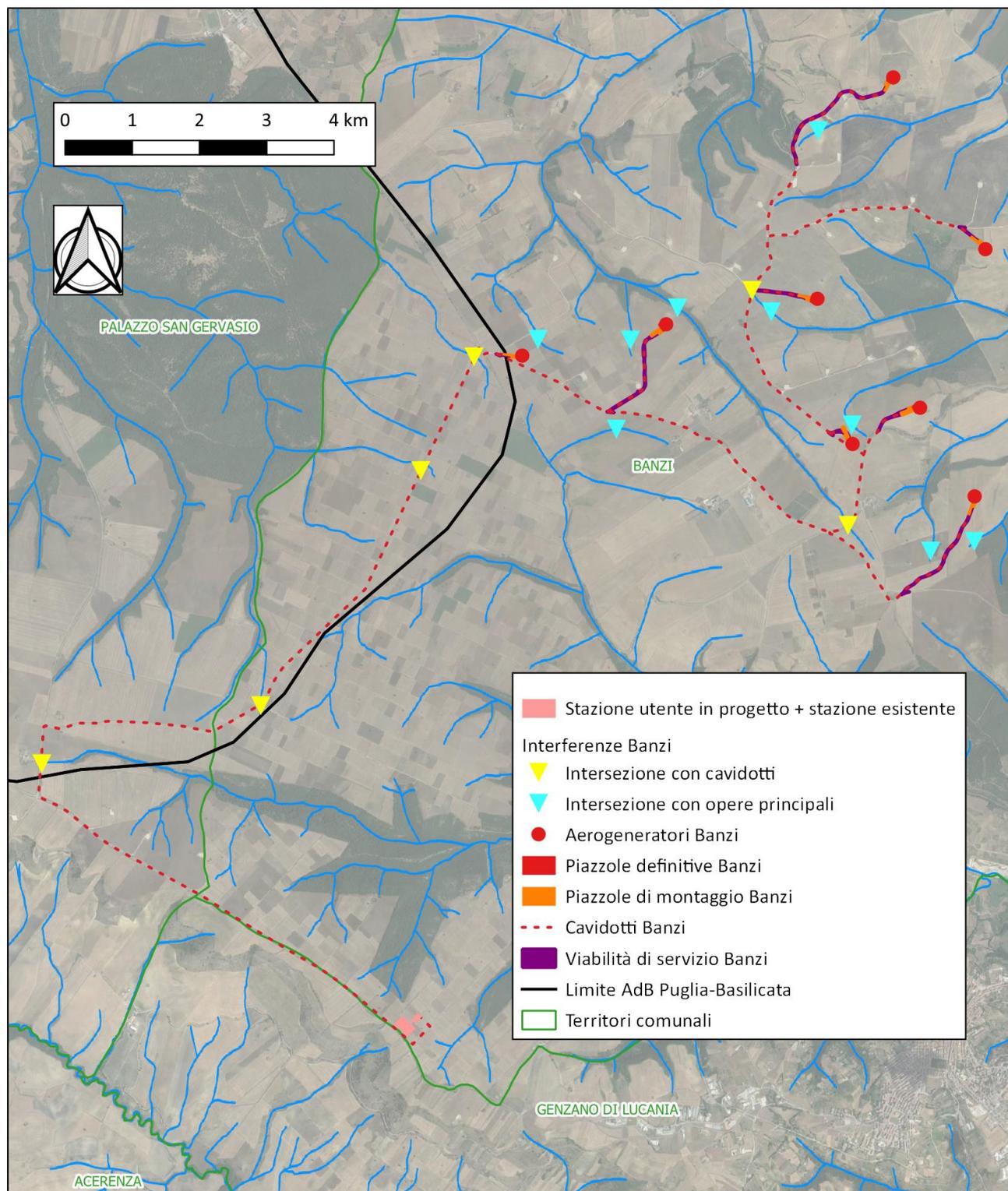


Figura 4: Planimetria di inquadramento delle opere in progetto con l'indicazione dei punti di intersezione tra le opere e i rami del reticolo desunti dal Portale Cartografico Nazionale

Come è possibile verificare confrontando le immagini precedenti, i reticoli idrografici desunti dall'RSDI sono praticamente identici a quelli desunti dal Portale Cartografico Nazionale. Nel seguito sono descritte in dettaglio le opere in progetto e le tipologie delle intersezioni.



3 Interventi in progetto

Come anticipato in premessa, il parco eolico in progetto è costituito da una serie di interventi (cfr. le figure seguenti):

- realizzazione di **8 aerogeneratori** da 4.2 MW ciascuno;
- realizzazione di **8 piazzole provvisorie** per il montaggio degli aerogeneratori;
- realizzazione di **8 piazzole definitive**;
- realizzazione di **8 tratti di viabilità di servizio** per consentire l'accesso agli aerogeneratori a partire dalla viabilità esistente;
- realizzazione di **1 Sottostazione Elettrica di Trasformazione (SET o stazione utente)** nei pressi della stazione esistente;
- posa in opera di **cavidotti interni e di vettoriamento esterni** lungo la viabilità esistente o in progetto per il collegamento sia tra gli aerogeneratori che tra essi e la stazione utente.

Le opere in progetto, tuttavia, presentano ancora alcune interferenze con il reticolo idrografico esistente come già evidenziato in precedenza. Tali interferenze sono distinte in base alla loro tipologia:

- A) in caso di **intersezione con cavidotti** si è prevista la **posa degli stessi mediante TOC fino a raggiungere una profondità, in corrispondenza dell'intersezione, non inferiore a 2 m**;
- B) in caso di **intersezione con opere principali** (vale a dire tutte le altre opere) è stata **effettuata un'analisi idraulica completa** che prevede le seguenti attività:
- AC1) analisi idrologica in base al metodo VAPI Basilicata;
 - AC2) analisi idraulica monodimensionale relativamente alla configurazione di stato di fatto;
 - AC3) tracciamento delle aree allagabili ai fini della delimitazione delle aree a diversa pericolosità idraulica;
 - AC4) verifica delle eventuali interferenze tra le opere in progetto e le aree allagabili;
 - AC5) in caso di interferenza accertata, dimensionamento delle opere di mitigazione necessarie per consentire l'intervento in oggetto in sicurezza idraulica ai sensi delle NA del PAI.



4 Analisi idrologica

Lo scopo del presente capitolo consiste nella valutazione delle portate al colmo di piena dei bacini dei corsi d'acqua in esame al fine della determinazione, come descritto all'interno del capitolo successivo, delle modalità di deflusso in caso di eventi meteorici estremi.

I tempi di ritorno di riferimento sono pari a 30, 200 e 500 anni e corrispondono ai livelli di pericolosità idraulica "molto elevata", "elevata" e "moderata" rispettivamente.

Per la stima delle portate al colmo di piena si è fatto riferimento al rapporto VAPI Basilicata¹ come suggerito dalle Norme di Attuazione del "Piano di Bacino Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI)" redatto dalla ex AdB della Basilicata. D'ora in avanti, in particolare, verranno considerate solo le opere ricadenti all'interno del territorio di competenza di tale Autorità dato che nel territorio della ex AdB Puglia sono presenti solo i cavidotti (per i quali si è prevista la posa in TOC) e la stazione utente (per la quale non risultano interferenze con il reticolo idrografico).

4.1 Bacini idrografici

Come sezioni di chiusura di riferimento sono state scelte quelle situate in corrispondenza delle opere in progetto.

La delimitazione dei bacini è stata effettuata utilizzando sia il DTM (*Digital Terrain Model*) dell'RSDI che la cartografia IGM in scala 1:25'000 della Basilicata.

Nella figura seguente è mostrata la delimitazione dei bacini idrografici con l'indicazione dei nomi assegnati a ciascuno di essi. In assenza di altre indicazioni, infatti, si è stabilito di nominare ogni bacino con la lettera relativa all'impluvio considerato più un numero crescente da monte verso valle.

¹ Claps P., Fiorentino M.: "Valutazione delle Piene in Italia, Rapporto di sintesi per la regione Basilicata (bacini del versante ionico)", GNDCI-CNR, Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente, Università della Basilicata, Potenza, 2005.

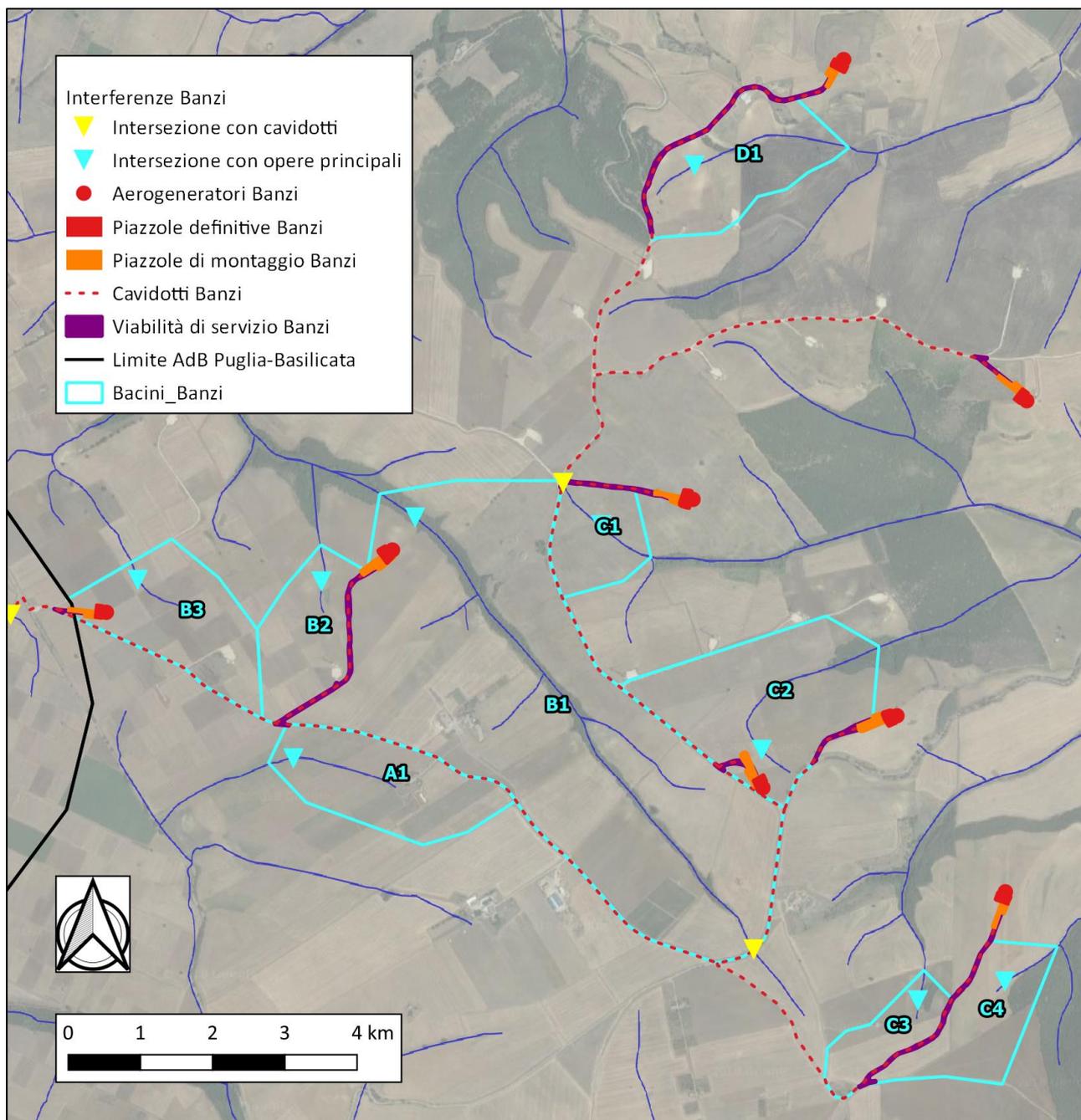


Figura 5: Delimitazione dei bacini idrografici

4.2 Portate al colmo di piena in base al metodo VAPI applicato all'idrometria

Come anticipato in premessa, per la stima delle portate al colmo di piena in funzione di un fissato tempo di ritorno si è fatto riferimento al rapporto VAPI Basilicata che valuta le portate al colmo di piena in base a tre livelli di regionalizzazione.

4.2.1 Fattori di crescita

Nella figura seguente è mostrata la mappa del secondo livello di regionalizzazione che stabilisce i parametri dell'equazione che lega il tempo di ritorno al fattore di crescita.

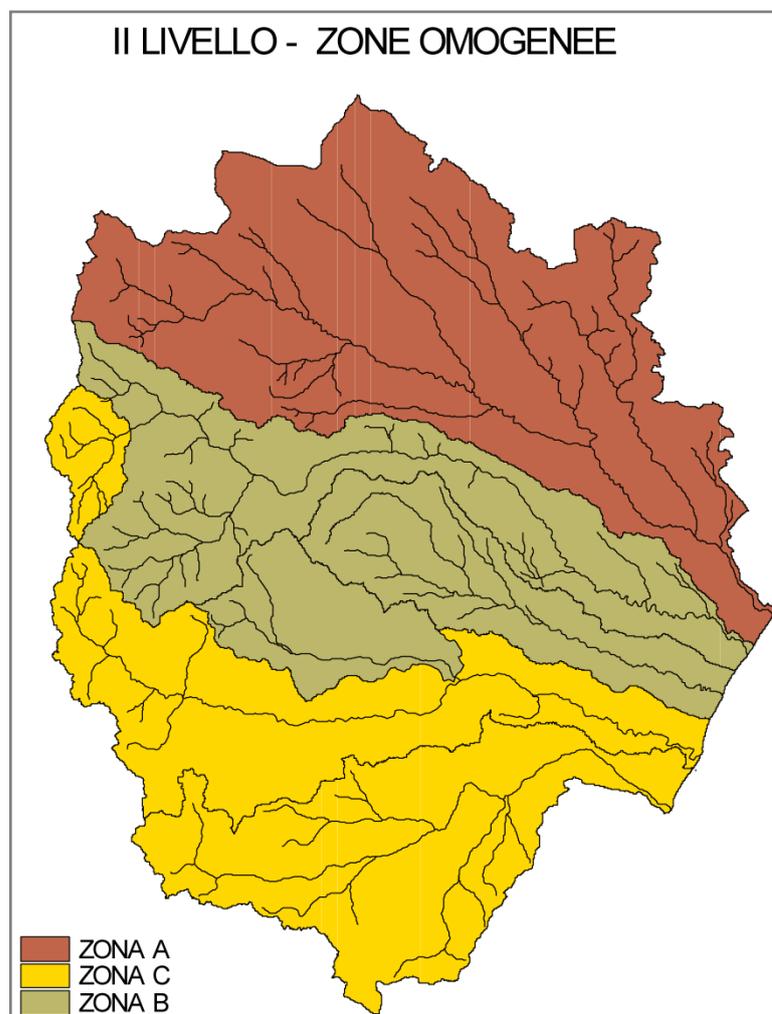


Figura 6: Secondo livello di regionalizzazione del metodo VAPI Basilicata

L'equazione che consente di calcolare il fattore di crescita "KT" a seconda del tempo di ritorno "T" è la seguente:

$$KT = a + b \times \ln(T)$$

Come si può notare nella figura precedente, il bacino del fiume Bradano, cui i bacini in esame appartengono, è incluso all'interno della zona omogenea "A". Di conseguenza l'equazione precedente assume la seguente espressione:

$$KT = -0.5673 + 0.993 \times \ln(T)$$



Nella tabella seguente sono mostrati i fattori di crescita calcolati per i tre tempi di ritorno di riferimento pari a 30, 200 e 500 anni.

Fattori di crescita			
Sezione di chiusura	K30 (-)	K200 (-)	K500 (-)
Bacini	2.8	4.7	5.6

Tabella 1

4.2.2 Piena indice

Per il calcolo della piena indice "Q" è necessario utilizzare la seguente espressione in funzione dell'area del bacino "A":

$$Q = k \times A^\alpha$$

I parametri di tale equazione dipendono dal terzo livello di regionalizzazione. Il bacino idrografico in esame, in particolare, appartiene all'area omogenea "2". Di conseguenza l'equazione precedente assume la seguente espressione:

$$Q = 2.13 \times A^{0.766}$$

Tenuto conto delle superfici dei bacini sottesi, pertanto, è possibile stimare i valori della piena indice.

Nella tabella seguente è mostrato il risultato di tale calcolo applicato ai bacini in esame.

Superficie e piena indice		
Sezione di chiusura	S (km ²)	Q (m ³ /s)
A1	0.259	0.8
B1	1.600	3.1
B2	0.181	0.6
B3	0.256	0.8
C1	0.135	0.5
C2	0.406	1.1
C3	0.104	0.4
C4	0.190	0.6
D1	0.259	0.8

Tabella 2

4.2.3 Portate al colmo di piena

Come precisato nel citato rapporto VAPI Basilicata, il valore della portata al colmo di piena "QT" per il fissato tempo di ritorno "T" è dato dal prodotto tra il fattore di crescita "KT" e la piena indice "Q" secondo l'espressione seguente:

$$QT = KT \times Q$$

Nella tabella seguente sono presenti i valori delle portate al colmo di piena relativi ai tre tempi di ritorno di riferimento.

Portate al colmo di piena (VAPI idrometria)			
Sezione di chiusura	Q30 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
A1	2.1	3.6	4.2
B1	8.6	14.3	17.1
B2	1.6	2.7	3.2
B3	2.1	3.5	4.2
C1	1.3	2.2	2.6
C2	3.0	5.0	6.0
C3	1.1	1.8	2.1
C4	1.7	2.8	3.3
D1	2.1	3.6	4.2

Tabella 3

Una volta calcolate le portate al colmo è possibile calcolare i coefficienti udometrici dividendo tali portate per le superfici dei bacini idrografici.

Nella tabella seguente sono presenti i valori dei coefficienti udometrici.

Coefficienti udometrici			
Sezione di chiusura	u30 (m ³ /s·km ²)	u200 (m ³ /s·km ²)	u500 (m ³ /s·km ²)
A1	8.2	13.7	16.4
B1	5.4	9.0	10.7
B2	8.9	14.9	17.8
B3	8.2	13.8	16.4
C1	9.6	16.0	19.1
C2	7.4	12.3	14.7
C3	10.2	17.0	20.3
C4	8.8	14.7	17.6
D1	8.2	13.7	16.4

Tabella 4

I valori riportati nella tabella precedente sono assolutamente in linea con quelli riscontrabili in caso di bacini idrografici di dimensioni e caratteristiche simili a quelli in esame.



5 Analisi idraulica

Nella presente analisi idraulica sono illustrate le condizioni di deflusso dei corsi d'acqua che interessano le principali opere in progetto.

L'analisi è stata effettuata mediante l'utilizzo del modello idrodinamico monodimensionale HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*. Per ragioni cautelative le portate, immesse come condizioni al contorno di monte all'interno del modello, sono state considerate costanti nel tempo e le simulazioni sono state condotte in condizioni di moto permanente.

I tempi di ritorno utilizzati, pari a 30, 200 e 500 anni, corrispondono ai tempi di ritorno di riferimento per la delimitazione delle aree ad "alta" (AP), "media" (MP) e "bassa" (BP) pericolosità idraulica del PAI.

All'interno del modello di calcolo sono state inserite le seguenti informazioni:

- geometria dei corsi d'acqua;
- portate di piena;
- condizioni al contorno;
- coefficienti di scabrezza.

5.1 Geometria del modello idrodinamico

Per gli scopi della presente analisi è stato effettuato un rilievo topografico dell'area oggetto di intervento. Tale rilievo è stato integrato localmente con punti ricavati dal DTM dell'RSDI della Regione Basilicata.

Nella figura seguente è presente la planimetria dell'area in esame con l'indicazione delle tracce delle sezioni trasversali utilizzate, mentre nell'allegato A sono mostrate tutte le sezioni con i livelli di piena simulati.

Le sezioni trasversali sono state riportate nella tabella precedente con l'indicazione del nome della sezione inserito nel modello ("station") delle distanze parziali e progressive, delle quote di fondo e delle pendenze parziali e totali.

In caso di presenza di attraversamenti, le sezioni sono state duplicate a monte o a valle in modo da descrivere correttamente le dimensioni longitudinali di ogni attraversamento.



Stato di fatto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
A1-1	-1	0.00	368.00	520.15	0.0221
A1-2	-2	368.00	324.00	512.00	0.0216
A1-3	-3	692.00		505.01	0.0219
B1-1	-1	0.00	280.00	487.08	0.0216
B1-2	-2	280.00	266.00	481.02	0.0198
B1-3	-3	546.00	343.00	475.76	0.0173
B1-4	-4	889.00		469.82	0.0194
B2-1	-1	0.00	200.00	504.91	0.0468
B2-2	-2	200.00	144.00	495.55	0.0459
B2-3	-3	344.00		488.94	0.0464
B3-1	-1	0.00	144.00	505.36	0.0315
B3-2	-2	144.00	173.00	500.83	0.0338
B3-3	-3	317.00		494.98	0.0327
C1-1	-1	0.00	199.00	499.87	0.0439
C1-2	-2	199.00	214.00	491.13	0.0381
C1-3	-3	413.00		482.98	0.0409
C2-1	-1	0.00	152.00	529.17	0.0427
C2-2	-2	152.00	231.00	522.68	0.0561
C2-3	-3	383.00	284.00	509.72	0.0631
C2-4	-4	667.00	284.00	491.80	0.0499
C2-5	-5	951.00		477.63	0.0542
C3-1	-1	0.00	145.00	535.15	0.0851
C3-2	-2	145.00	213.00	522.81	0.0798
C3-3	-3	358.00	212.00	505.82	0.0729
C3-4	-4	570.00		490.36	0.0786
C4-1	-1	0.00	141.00	525.29	0.0924
C4-2	-2	141.00	116.00	512.26	0.0946
C4-3	-3	257.00		501.29	0.0934
D1-1	-1	0.00	198.00	480.86	0.0555
D1-2	-2	198.00	226.00	469.87	0.0466
D1-3	-3	424.00	215.00	459.34	0.0580
D1-4	-4	639.00		446.87	0.0532

Tabella 5

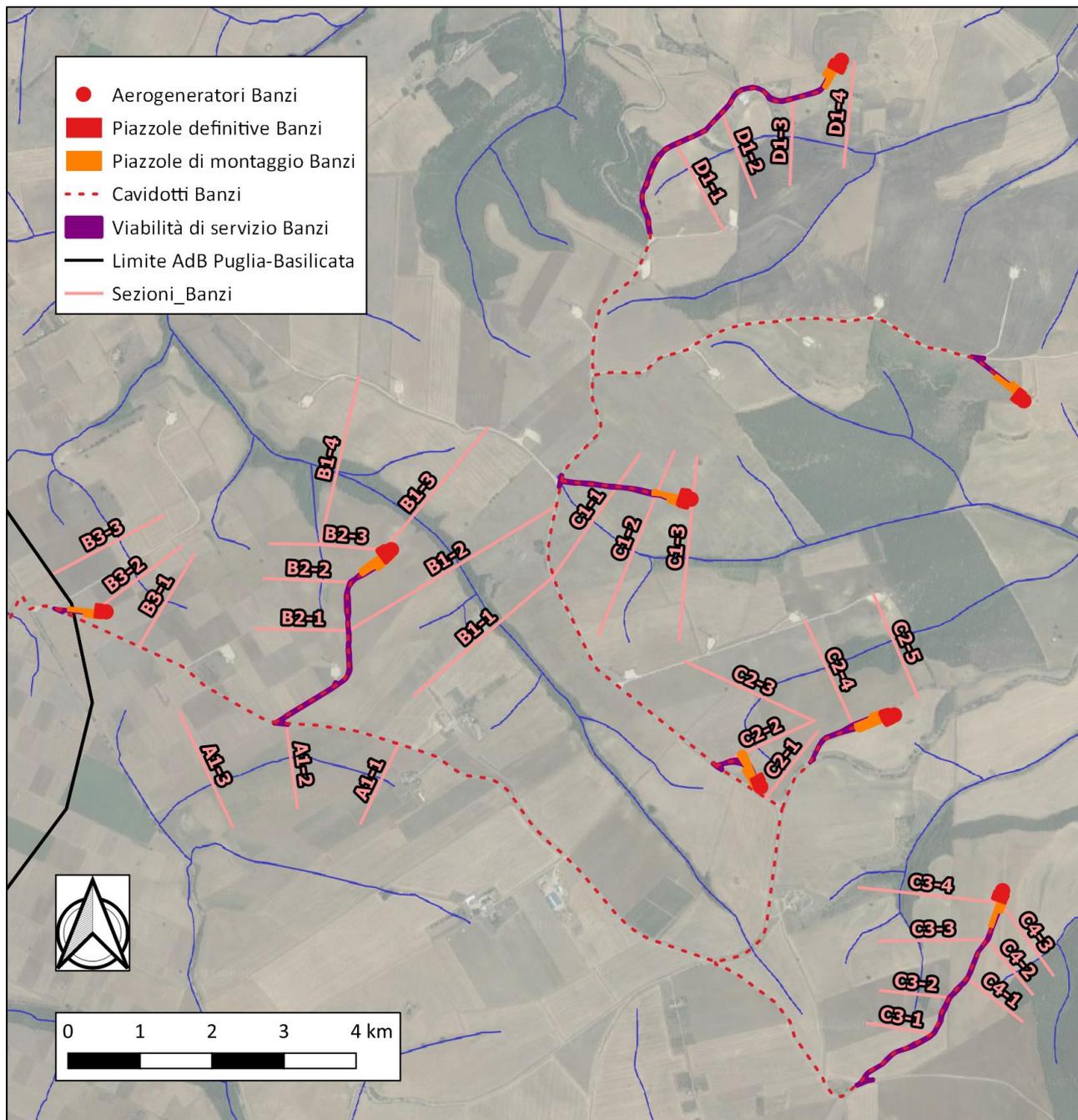


Figura 7: Planimetria dei corsi d'acqua analizzati con l'individuazione delle sezioni trasversali rilevate

5.2 Portate di piena

Come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nella precedente analisi idrologica (cfr. la precedente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Come precisato in precedenza, le portate sono state considerate, per ragioni cautelative, costanti nel tempo e le simulazioni sono state condotte in condizioni di moto permanente.

5.3 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno, necessarie per l'esecuzione di simulazioni idrodinamiche con il modello, sono le seguenti:

- condizione al contorno di monte: scala di deflusso in moto uniforme della corrente con una pendenza pari a quella media del ramo rilevato;
- condizione al contorno di valle: scala di deflusso in moto uniforme della corrente con una pendenza pari a quella media del ramo rilevato.

5.4 Parametri di scabrezza

Come parametro di scabrezza è stato utilizzato un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (corrispondente ad un coefficiente secondo Manning pari a $0.050 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$).

Tale coefficiente è stato determinato in base a quanto stabilito nelle tabelle parametriche riportate all'interno del "Manuale dell'Ingegnere" (83^a edizione, Nuovo Colombo, Hoepli, 2001) in corrispondenza di "piccoli corsi di pianura, puliti, sinuosi con stagni e secche".

5.5 Risultati della configurazione di stato di fatto

Come già anticipato in precedenza, le simulazioni sono state effettuate utilizzando il modello di calcolo HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*. Tali simulazioni sono state condotte, per ragioni cautelative, in regime di moto permanente della corrente.

Si è anche verificato come tali condizioni risultino molto cautelative dato che, in caso di simulazioni non stazionarie, i livelli di pelo libero riscontrabili sono nettamente inferiori a causa del fenomeno della laminazione dei colmi di piena.

Nelle figure seguenti, in particolare, sono mostrati i profili longitudinali e le planimetrie delle aree allagabili dei tratti di impluvi analizzati, mentre nelle tabelle seguenti sono presenti tutti i valori numerici ottenuti dal modello nella **configurazione di stato di fatto**.

Le sezioni di calcolo sono state riportate nell'allegato A con l'indicazione dei livelli di piena corrispondenti agli eventi con i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.



Stato di fatto - T = 30 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1-1	-1	0.00	520.15	2.1	520.34	0.19	19.93	1.02	2.06	54.25	1.01
A1-2	-2	368.00	512.00	2.1	512.39	0.39	12.62	0.92	2.29	36.27	0.69
A1-3	-3	692.00	505.01	2.1	505.51	0.50	7.09	1.17	1.79	53.64	0.75
B1-1	-1	0.00	487.08	8.6	487.54	0.46	15.52	1.50	5.73	77.21	0.79
B1-2	-2	280.00	481.02	8.6	481.61	0.59	12.05	1.64	5.25	87.13	0.79
B1-3	-3	546.00	475.76	8.6	476.61	0.85	9.77	1.67	5.14	85.74	0.74
B1-4	-4	889.00	469.82	8.6	470.41	0.59	24.19	1.22	7.05	55.09	0.72
B2-1	-1	0.00	504.91	1.6	505.16	0.25	8.33	1.24	1.29	70.37	1.01
B2-2	-2	200.00	495.55	1.6	495.86	0.31	8.10	1.29	1.24	75.95	1.05
B2-3	-3	344.00	488.94	1.6	489.25	0.31	8.27	1.24	1.29	70.64	1.01
B3-1	-1	0.00	505.36	2.1	505.64	0.28	10.08	1.11	1.89	52.66	0.82
B3-2	-2	144.00	500.83	2.1	501.13	0.30	19.70	0.90	2.34	40.16	0.83
B3-3	-3	317.00	494.98	2.1	495.30	0.32	10.76	1.12	1.87	55.57	0.86
C1-1	-1	0.00	499.87	1.3	500.06	0.19	18.35	0.85	1.53	40.78	0.94
C1-2	-2	199.00	491.13	1.3	491.48	0.35	6.20	1.20	1.08	63.28	0.92
C1-3	-3	413.00	482.98	1.3	483.15	0.17	12.69	0.93	1.40	44.24	0.89
C2-1	-1	0.00	529.17	3.0	529.42	0.25	17.21	1.25	2.40	74.06	1.07
C2-2	-2	152.00	522.68	3.0	522.93	0.25	14.85	1.26	2.39	71.08	1.00
C2-3	-3	383.00	509.72	3.0	510.04	0.32	11.05	1.61	1.86	115.56	1.26
C2-4	-4	667.00	491.80	3.0	492.27	0.47	7.12	1.79	1.67	127.82	1.18
C2-5	-5	951.00	477.63	3.0	478.03	0.40	10.38	1.44	2.08	87.88	1.03
C3-1	-1	0.00	535.15	1.1	535.38	0.23	7.44	1.31	0.84	87.00	1.24
C3-2	-2	145.00	522.81	1.1	523.00	0.19	8.97	1.28	0.86	87.41	1.32
C3-3	-3	358.00	505.82	1.1	506.11	0.29	5.28	1.44	0.77	96.50	1.20
C3-4	-4	570.00	490.36	1.1	490.75	0.39	3.08	1.82	0.60	141.96	1.32
C4-1	-1	0.00	525.29	1.7	525.54	0.25	8.97	1.52	1.12	113.85	1.38
C4-2	-2	141.00	512.26	1.7	512.55	0.29	7.21	1.64	1.03	126.82	1.39
C4-3	-3	257.00	501.29	1.7	501.86	0.57	2.45	2.43	0.70	228.42	1.46
D1-1	-1	0.00	480.86	2.1	481.03	0.17	13.84	1.18	1.78	67.22	1.05
D1-2	-2	198.00	469.87	2.1	470.05	0.18	19.52	0.99	2.11	50.71	0.96
D1-3	-3	424.00	459.34	2.1	459.59	0.25	9.04	1.32	1.59	76.51	1.01
D1-4	-4	639.00	446.87	2.1	447.06	0.19	23.32	1.08	1.95	65.31	1.19

Tabella 6



Stato di fatto - T = 200 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1-1	-1	0.00	520.15	3.6	520.42	0.27	22.43	0.94	3.84	38.92	0.72
A1-2	-2	368.00	512.00	3.6	512.47	0.47	16.09	1.03	3.51	42.94	0.70
A1-3	-3	692.00	505.01	3.6	505.63	0.62	8.67	1.34	2.68	65.71	0.77
B1-1	-1	0.00	487.08	14.3	487.68	0.60	16.23	1.83	7.83	104.86	0.84
B1-2	-2	280.00	481.02	14.3	481.78	0.76	13.27	1.90	7.54	107.24	0.80
B1-3	-3	546.00	475.76	14.3	476.81	1.05	10.95	1.98	7.24	111.09	0.78
B1-4	-4	889.00	469.82	14.3	470.52	0.70	25.25	1.47	9.74	72.79	0.75
B2-1	-1	0.00	504.91	2.7	505.22	0.31	9.47	1.45	1.86	89.03	1.05
B2-2	-2	200.00	495.55	2.7	495.94	0.39	16.58	1.19	2.27	67.00	1.02
B2-3	-3	344.00	488.94	2.7	489.32	0.38	10.06	1.40	1.93	82.90	1.02
B3-1	-1	0.00	505.36	3.5	505.73	0.37	11.82	1.18	2.97	54.22	0.75
B3-2	-2	144.00	500.83	3.5	501.16	0.33	20.39	1.21	2.90	68.64	1.02
B3-3	-3	317.00	494.98	3.5	495.37	0.39	12.19	1.31	2.67	70.05	0.90
C1-1	-1	0.00	499.87	2.2	500.09	0.22	20.38	1.00	2.20	51.61	0.97
C1-2	-2	199.00	491.13	2.2	491.55	0.42	7.54	1.37	1.60	77.68	0.95
C1-3	-3	413.00	482.98	2.2	483.19	0.21	13.97	1.10	1.99	57.22	0.93
C2-1	-1	0.00	529.17	5.0	529.48	0.31	19.64	1.46	3.43	92.98	1.11
C2-2	-2	152.00	522.68	5.0	523.00	0.32	17.14	1.42	3.51	84.34	1.00
C2-3	-3	383.00	509.72	5.0	510.10	0.38	12.29	1.94	2.57	156.36	1.36
C2-4	-4	667.00	491.80	5.0	492.38	0.58	8.60	1.99	2.51	146.97	1.18
C2-5	-5	951.00	477.63	5.0	478.10	0.47	12.08	1.70	2.93	114.71	1.10
C3-1	-1	0.00	535.15	1.8	535.42	0.27	8.30	1.53	1.18	109.38	1.29
C3-2	-2	145.00	522.81	1.8	523.04	0.23	10.42	1.47	1.23	107.57	1.36
C3-3	-3	358.00	505.82	1.8	506.17	0.35	6.35	1.62	1.11	115.62	1.24
C3-4	-4	570.00	490.36	1.8	490.83	0.47	3.71	2.06	0.87	170.62	1.36
C4-1	-1	0.00	525.29	2.8	525.59	0.30	10.04	1.78	1.58	143.57	1.43
C4-2	-2	141.00	512.26	2.8	512.61	0.35	8.70	1.86	1.50	152.80	1.43
C4-3	-3	257.00	501.29	2.8	501.98	0.69	2.97	2.74	1.02	271.19	1.49
D1-1	-1	0.00	480.86	3.6	481.09	0.23	15.32	1.40	2.57	87.39	1.09
D1-2	-2	198.00	469.87	3.6	470.10	0.23	20.69	1.20	3.01	66.68	1.00
D1-3	-3	424.00	459.34	3.6	459.67	0.33	10.35	1.56	2.31	98.32	1.05
D1-4	-4	639.00	446.87	3.6	447.10	0.23	24.02	1.32	2.73	88.13	1.25

Tabella 7



Stato di fatto - T = 500 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1-1	-1	0.00	520.15	4.2	520.48	0.33	24.03	0.82	5.14	27.32	0.56
A1-2	-2	368.00	512.00	4.2	512.43	0.43	14.60	1.42	2.95	84.80	1.01
A1-3	-3	692.00	505.01	4.2	505.66	0.65	9.19	1.40	3.01	69.60	0.78
B1-1	-1	0.00	487.08	17.1	487.73	0.65	16.54	1.96	8.74	116.61	0.86
B1-2	-2	280.00	481.02	17.1	481.86	0.84	13.46	2.01	8.50	116.58	0.81
B1-3	-3	546.00	475.76	17.1	476.89	1.13	11.43	2.09	8.17	121.47	0.79
B1-4	-4	889.00	469.82	17.1	470.57	0.75	25.59	1.57	10.91	80.34	0.77
B2-1	-1	0.00	504.91	3.2	505.24	0.33	9.91	1.53	2.10	95.93	1.06
B2-2	-2	200.00	495.55	3.2	495.96	0.41	17.06	1.26	2.55	72.99	1.04
B2-3	-3	344.00	488.94	3.2	489.35	0.41	10.58	1.45	2.21	86.74	1.01
B3-1	-1	0.00	505.36	4.2	505.76	0.40	12.36	1.26	3.33	60.39	0.78
B3-2	-2	144.00	500.83	4.2	501.18	0.35	20.88	1.27	3.31	73.08	1.02
B3-3	-3	317.00	494.98	4.2	495.40	0.42	12.70	1.39	3.03	76.29	0.91
C1-1	-1	0.00	499.87	2.6	500.10	0.23	21.16	1.05	2.47	55.47	0.98
C1-2	-2	199.00	491.13	2.6	491.58	0.45	8.03	1.43	1.81	82.90	0.96
C1-3	-3	413.00	482.98	2.6	483.21	0.23	14.46	1.16	2.23	61.96	0.95
C2-1	-1	0.00	529.17	6.0	529.50	0.33	20.65	1.53	3.91	100.63	1.13
C2-2	-2	152.00	522.68	6.0	523.03	0.35	18.08	1.49	4.02	90.06	1.01
C2-3	-3	383.00	509.72	6.0	510.13	0.41	12.80	2.07	2.90	172.62	1.39
C2-4	-4	667.00	491.80	6.0	492.42	0.62	9.10	2.08	2.88	156.64	1.18
C2-5	-5	951.00	477.63	6.0	478.14	0.51	12.80	1.80	3.33	125.18	1.13
C3-1	-1	0.00	535.15	2.1	535.43	0.28	8.59	1.60	1.31	117.48	1.31
C3-2	-2	145.00	522.81	2.1	523.05	0.24	10.94	1.53	1.37	114.68	1.38
C3-3	-3	358.00	505.82	2.1	506.19	0.37	6.73	1.68	1.25	122.33	1.25
C3-4	-4	570.00	490.36	2.1	490.86	0.50	3.93	2.14	0.98	180.79	1.37
C4-1	-1	0.00	525.29	3.3	525.61	0.32	10.37	1.87	1.76	155.38	1.45
C4-2	-2	141.00	512.26	3.3	512.63	0.37	9.25	1.94	1.70	162.47	1.44
C4-3	-3	257.00	501.29	3.3	502.02	0.73	3.16	2.84	1.16	286.66	1.50
D1-1	-1	0.00	480.86	4.2	481.11	0.25	15.83	1.47	2.85	94.01	1.11
D1-2	-2	198.00	469.87	4.2	470.11	0.24	21.11	1.26	3.34	71.65	1.01
D1-3	-3	424.00	459.34	4.2	459.69	0.35	10.78	1.64	2.57	105.93	1.07
D1-4	-4	639.00	446.87	4.2	447.11	0.24	24.27	1.39	3.01	95.42	1.26

Tabella 8

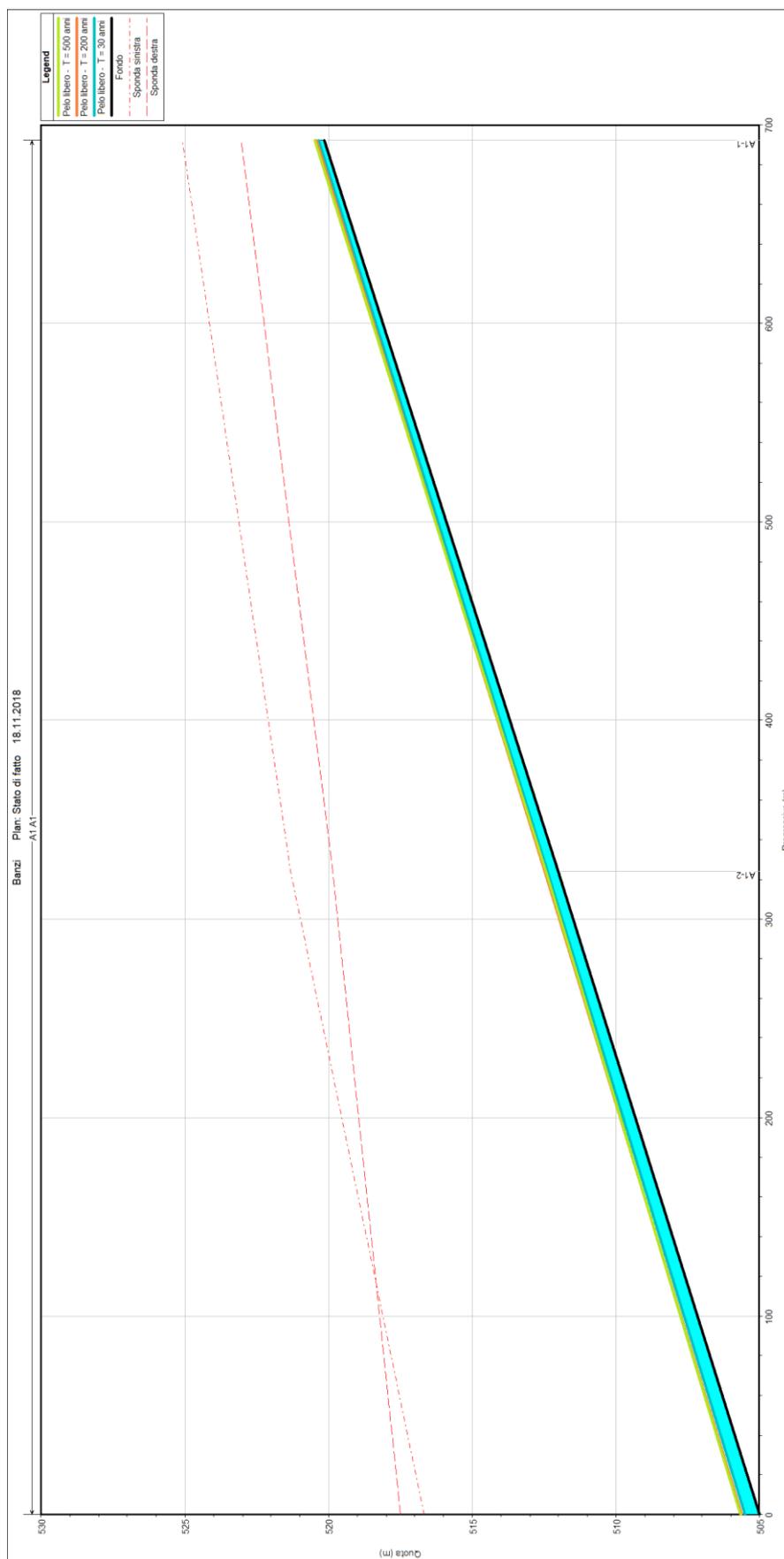


Figura 8: Profilo longitudinale del ramo A1 nella configurazione di stato di fatto

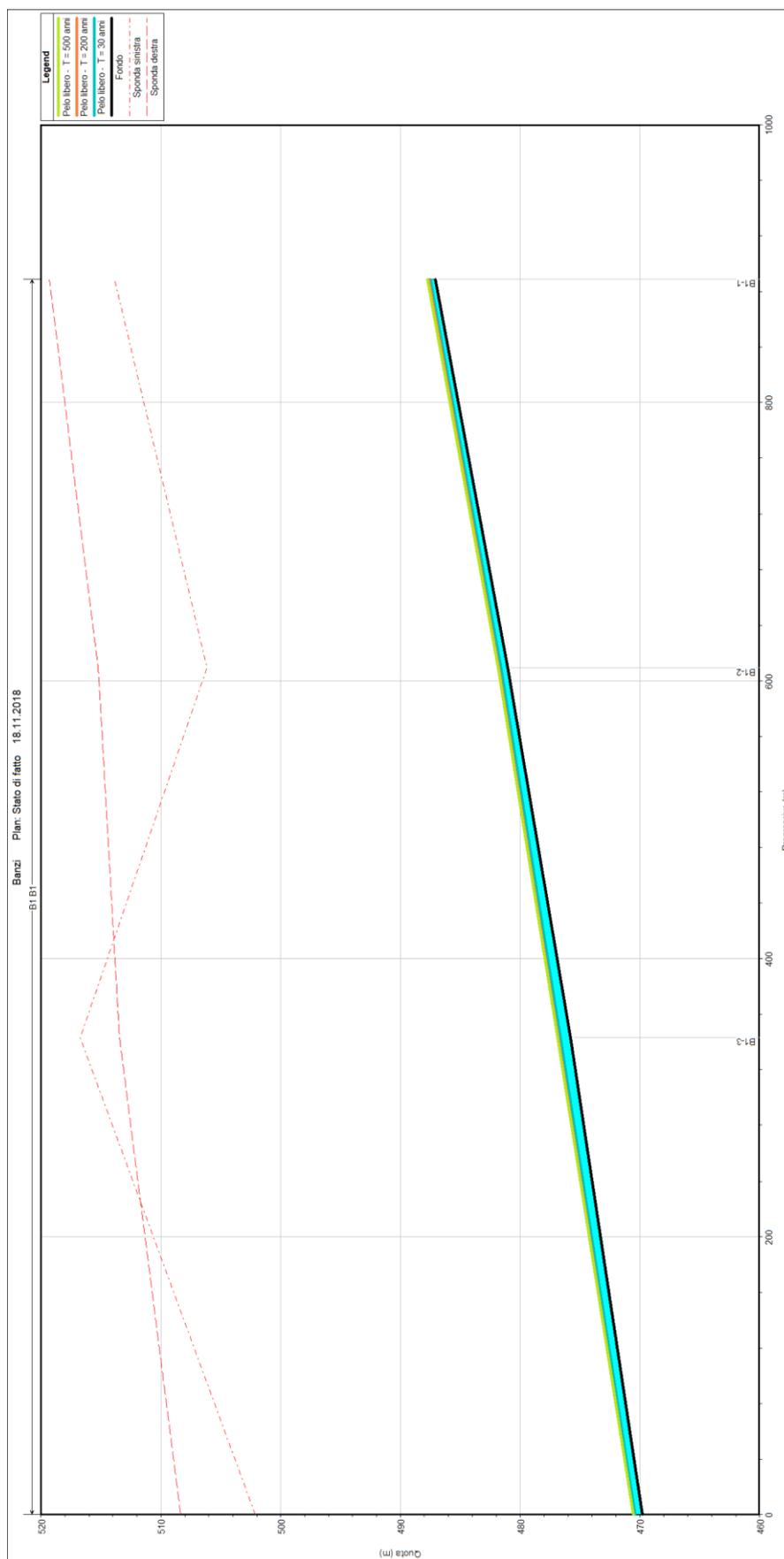


Figura 9: Profilo longitudinale del ramo B1 nella configurazione di stato di fatto

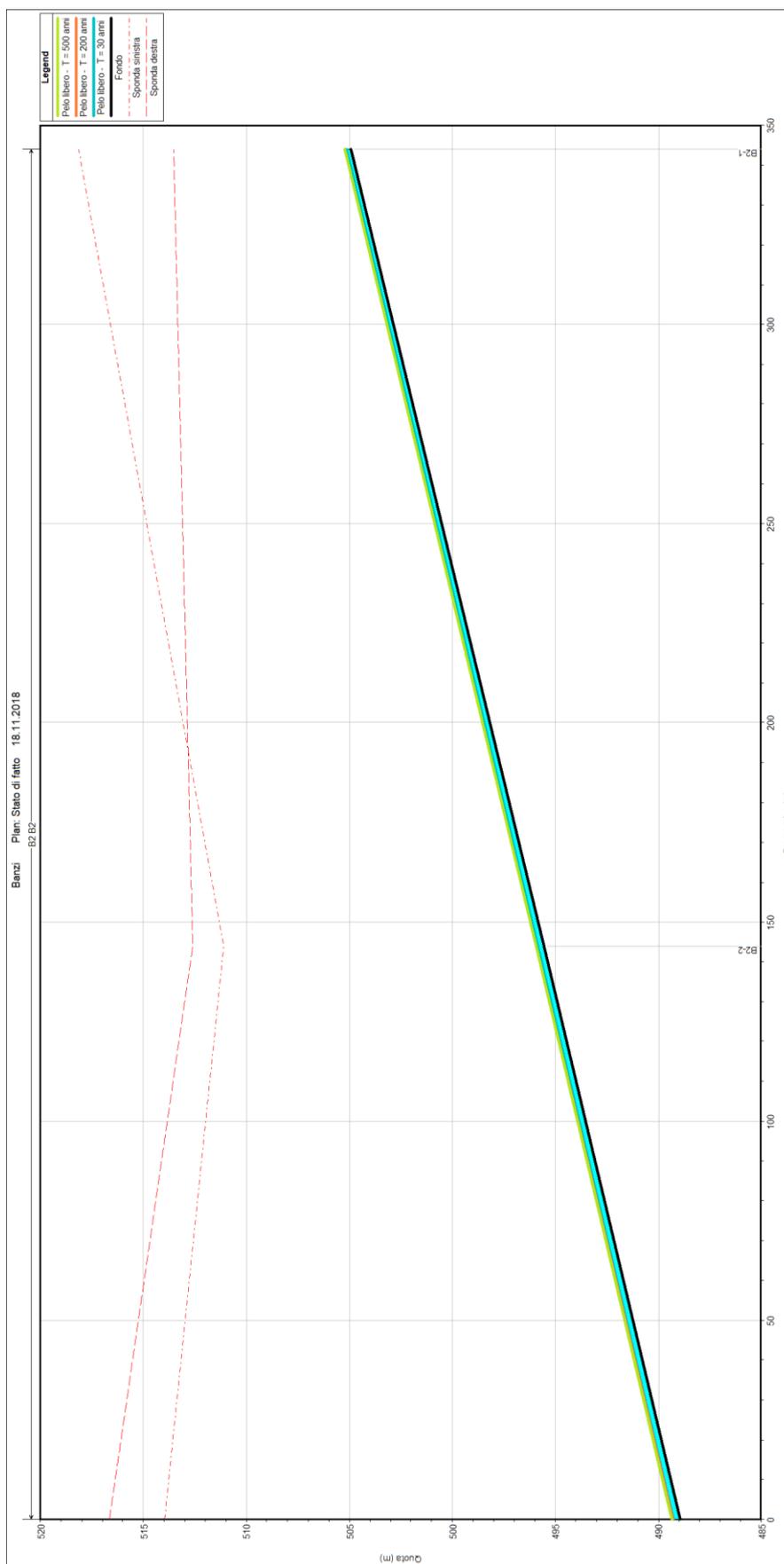


Figura 10: Profilo longitudinale del ramo B2 nella configurazione di stato di fatto

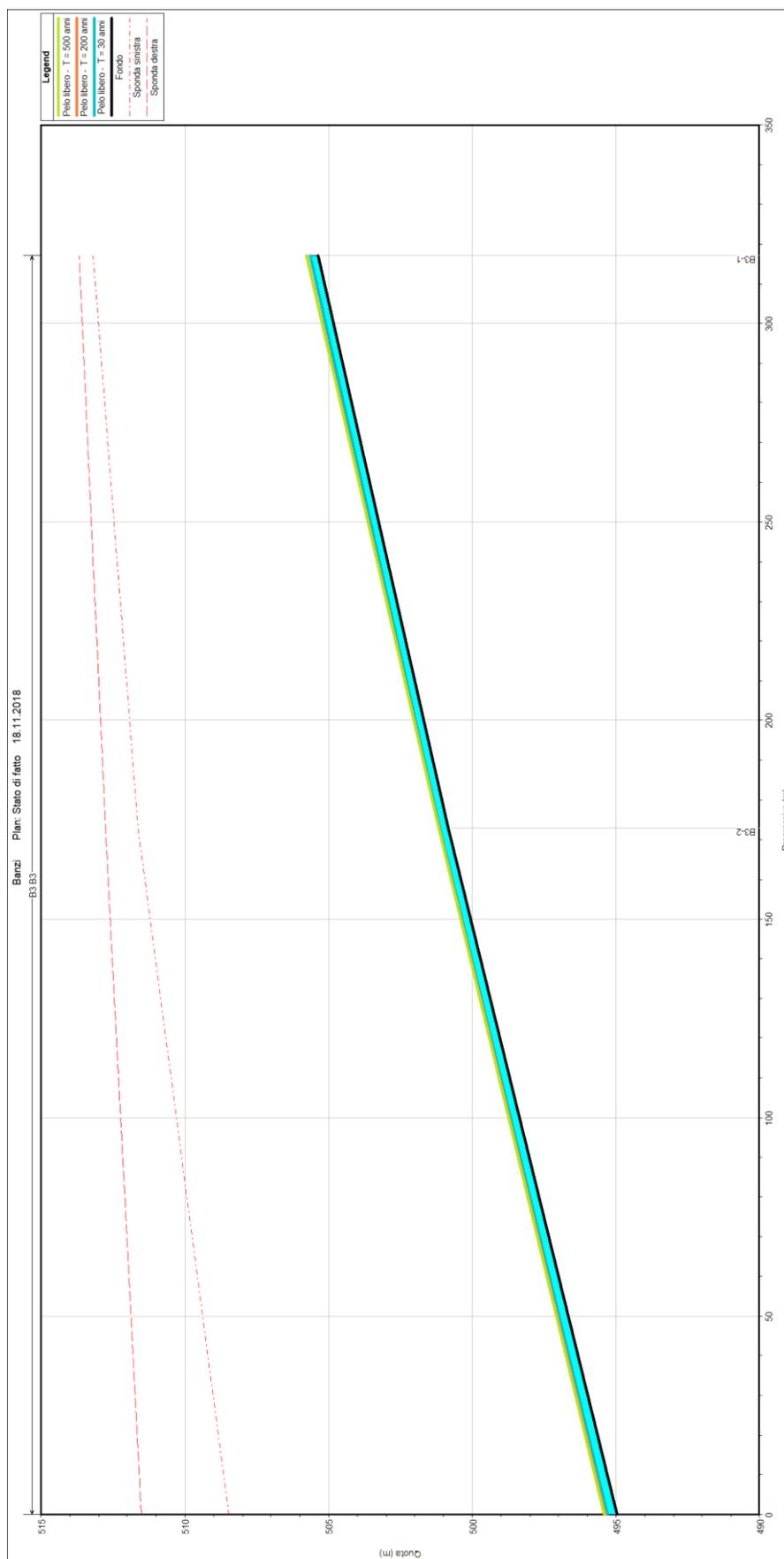


Figura 11: Profilo longitudinale del ramo B3 nella configurazione di stato di fatto

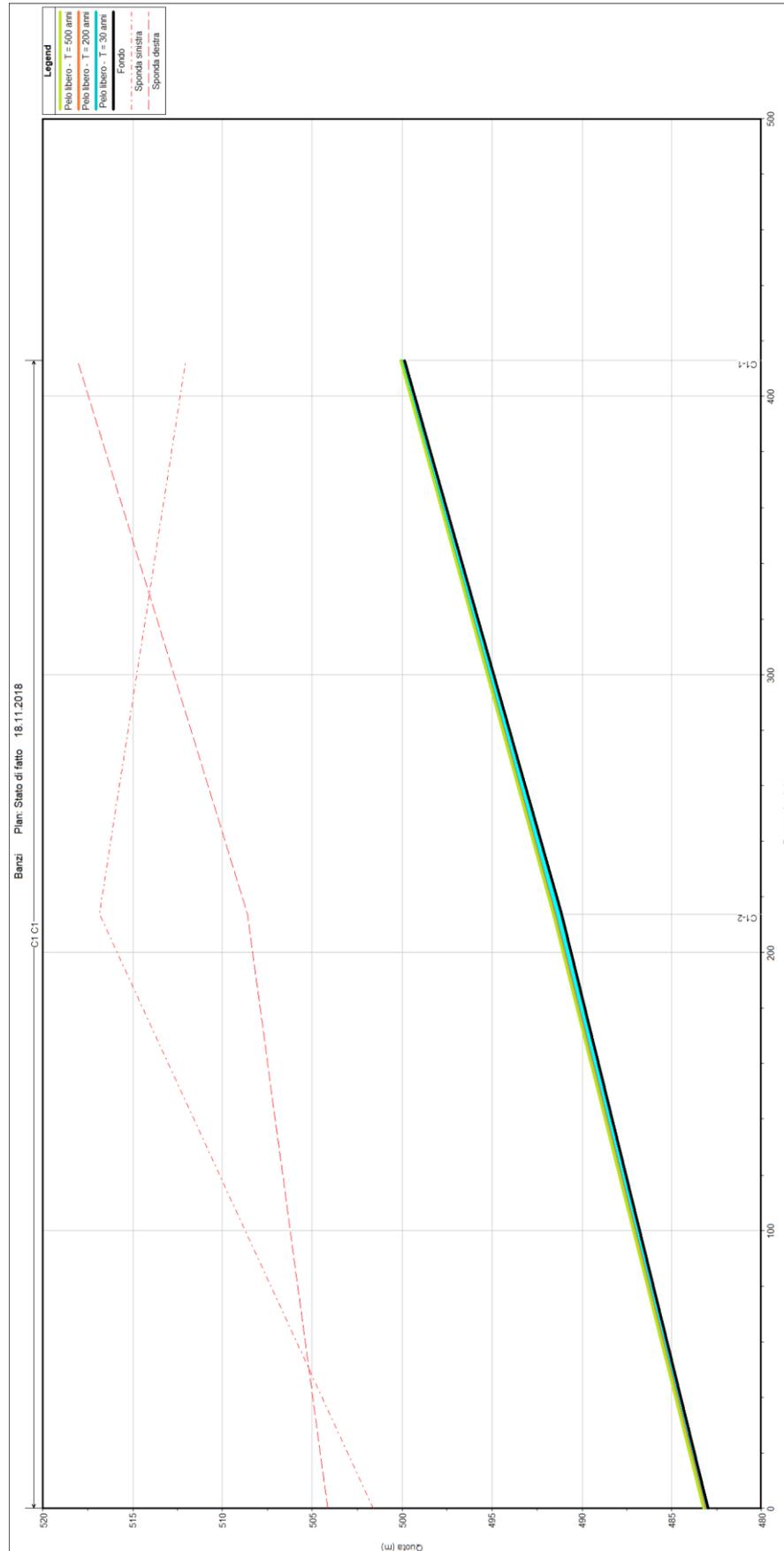


Figura 12: Profilo longitudinale del ramo C1 nella configurazione di stato di fatto

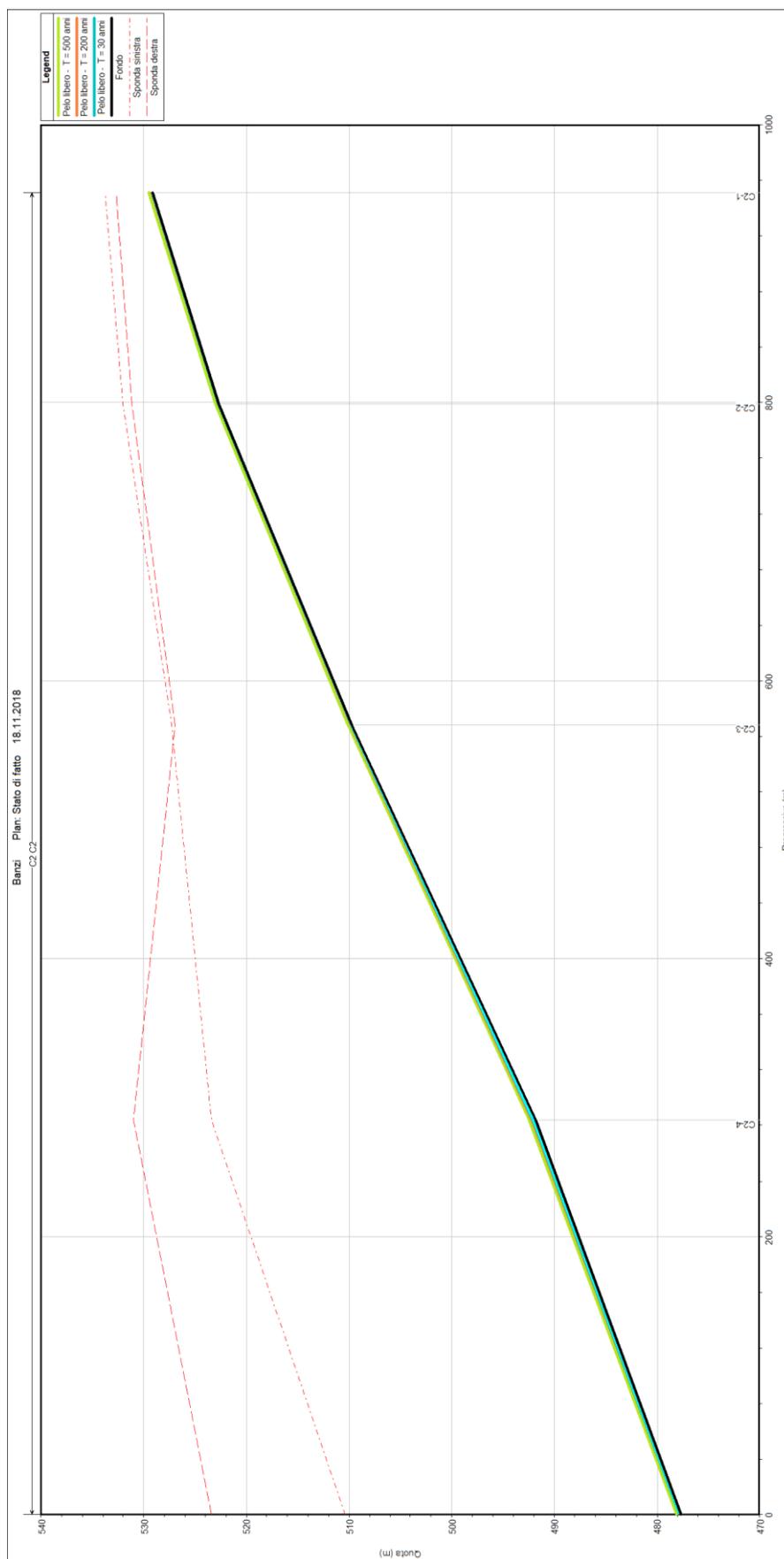


Figura 13: Profilo longitudinale del ramo C2 nella configurazione di stato di fatto

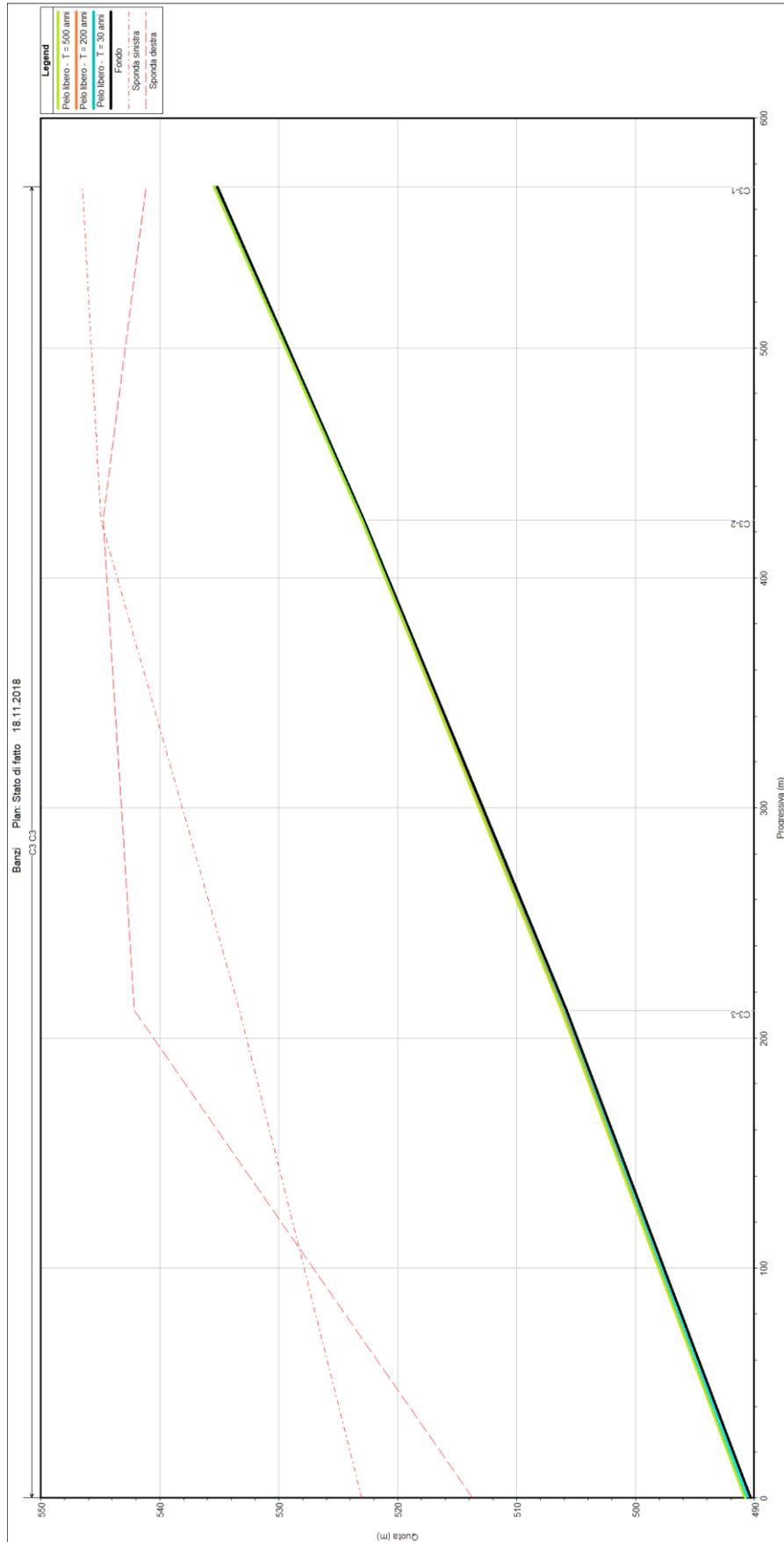


Figura 14: Profilo longitudinale del ramo C3 nella configurazione di stato di fatto

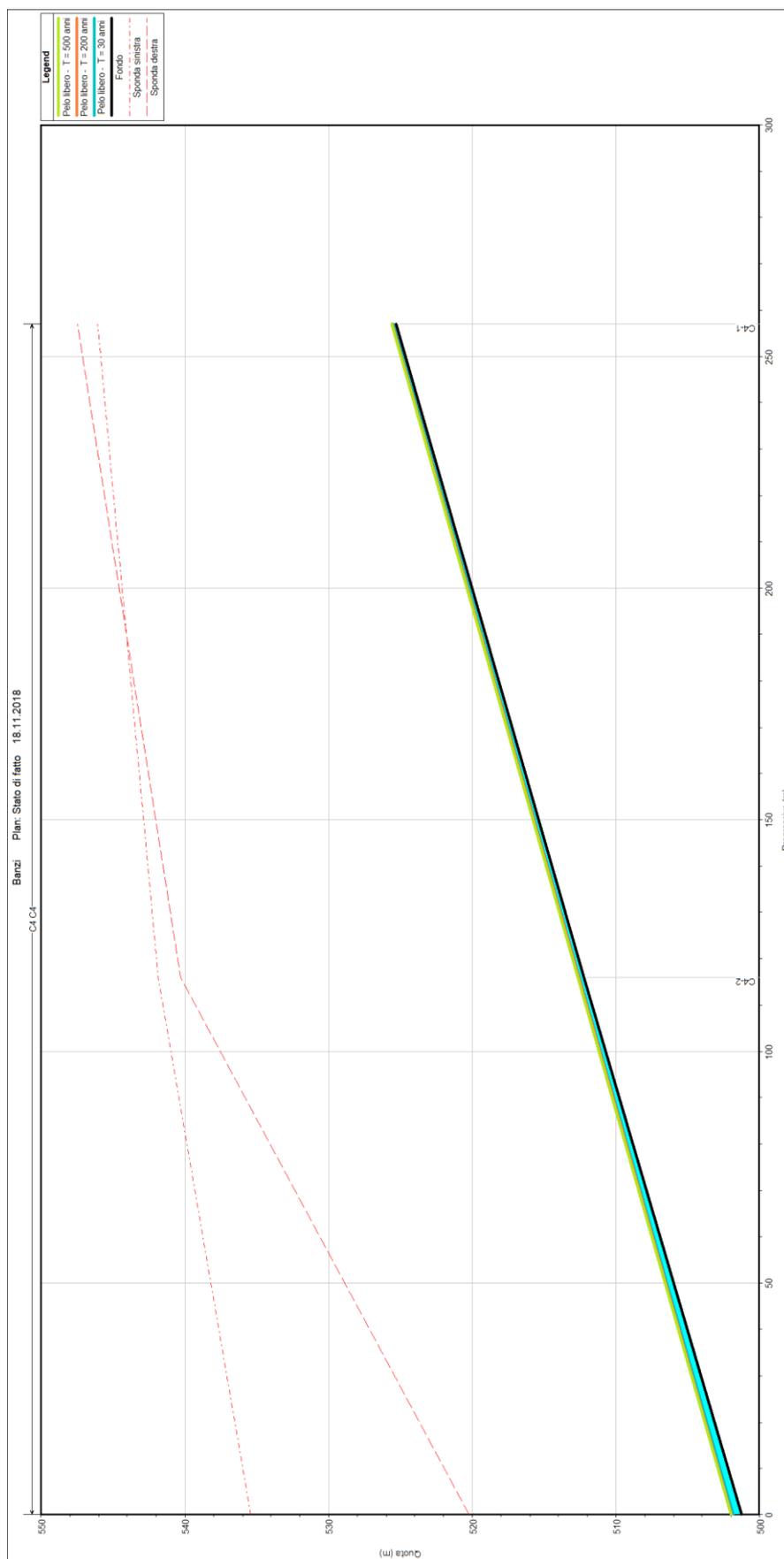


Figura 15: Profilo longitudinale del ramo C4 nella configurazione di stato di fatto

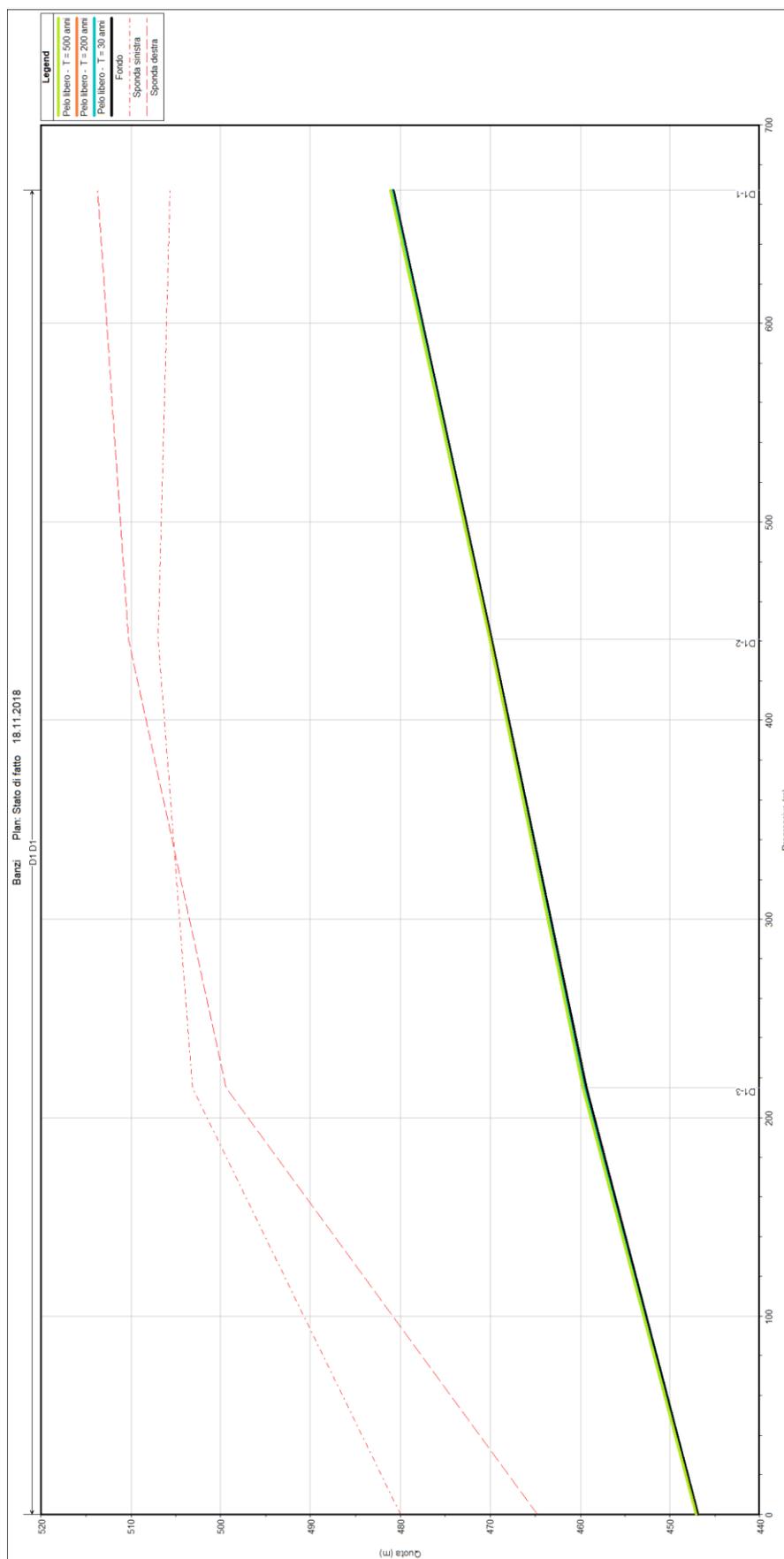


Figura 16: Profilo longitudinale del ramo D1 nella configurazione di stato di fatto



6 Tracciamento delle aree allagabili

Ai fini della determinazione della effettiva estensione delle aree allagabili in caso di eventi meteorici con i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni sono stati utilizzati i dati geometrici ricavati dal rilievo topografico dell'area oggetto di intervento e dal DTM dell'RSDI della Regione Basilicata.

La metodologia seguita, ripetuta per ciascun evento di piena, è la seguente:

- in base ai risultati forniti dal modello idrodinamico monodimensionale sono stati assegnati i valori dei livelli di pelo libero a ciascuna sezione trasversale;
- è stato realizzato un TIN (*Triangulated Irregular Network*, rete irregolare di triangoli) in grado di rappresentare la superficie del pelo libero;
- il TIN precedente è stato convertito in GRID delle stesse dimensioni di cella del DTM;
- è stata effettuata una sottrazione, cella per cella, tra il GRID della superficie del pelo libero e il DTM in modo da ottenere il GRID delle altezze d'acqua.

Nella figura seguente è mostrata la sintesi di tale metodologia perché indica l'estensione delle aree allagabili per i tre tempi di ritorno di riferimento ricordando che all'evento con un tempo di ritorno di 30 anni corrisponde la pericolosità idraulica "molto elevata", a quello con un tempo di ritorno di 200 anni la pericolosità idraulica "elevata" e a quello con un tempo di ritorno di 500 anni la pericolosità idraulica "moderata".

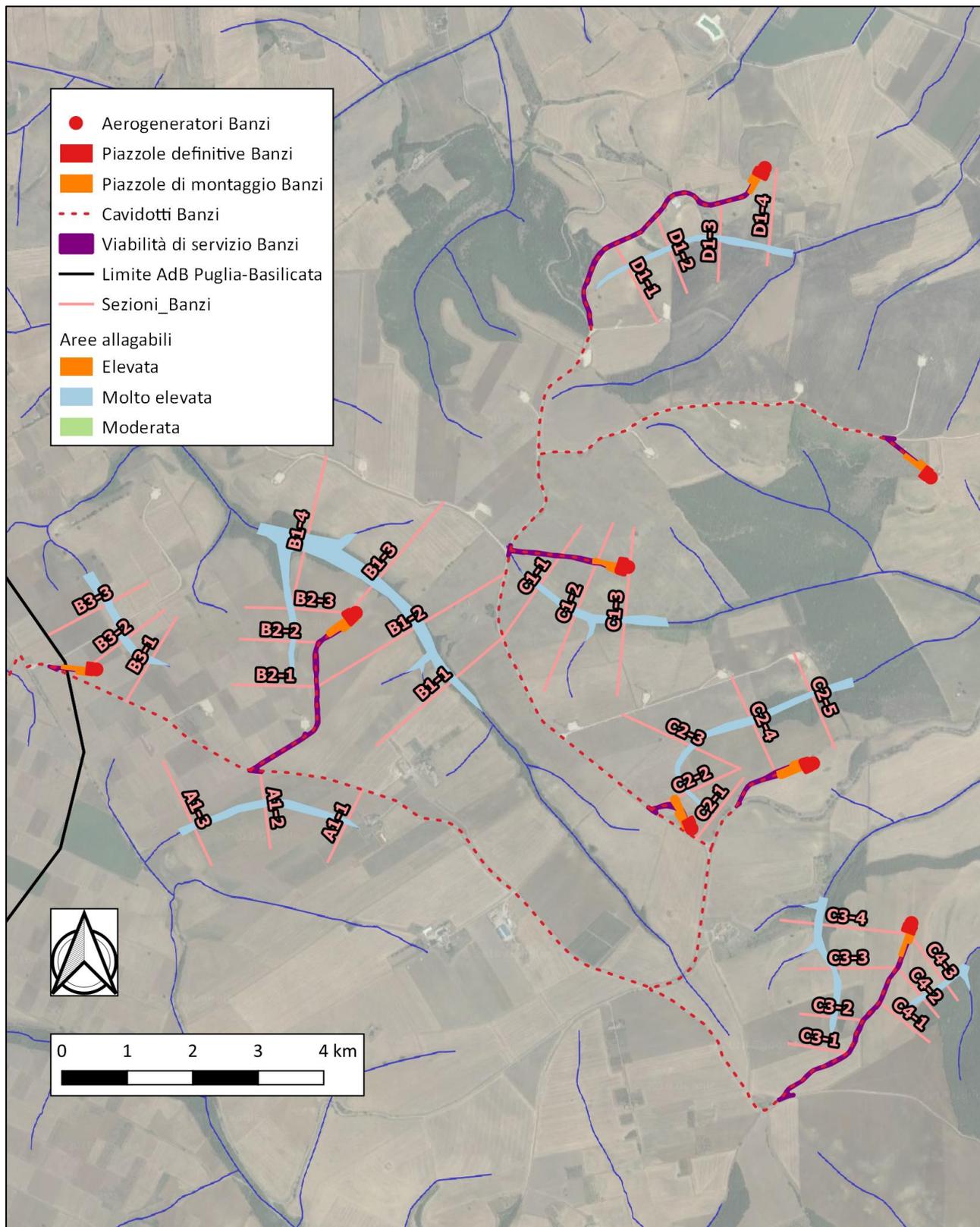


Figura 17: Planimetria delle aree allagabili nella configurazione di stato di fatto



7 Verifica delle interferenze con le opere in progetto

In seguito alle analisi effettuate, è possibile affermare che, come è possibile notare in dettaglio nella figura precedente, le aree allagabili non intersecano le principali opere in progetto. Tale conclusione, tuttavia, era già desumibile dall'analisi dei risultati dell'applicazione del modello idraulico monodimensionale. Come mostrato in Tabella 6, Tabella 7 e Tabella 8, infatti, le larghezze di pelo libero restituite non superano il valore di 26 m, mentre le principali opere in progetto sono situate ad una distanza ben maggiore.

In relazione ai cavidotti in progetto, inoltre, si ricorda che, **in caso di interferenze con i rami del reticolo idrografico, si è prevista la posa dei cavidotti mediante Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) fino a raggiungere una profondità, in corrispondenza dell'intersezione, non inferiore a 2 m.**

Di conseguenza, è possibile affermare che tutti gli interventi in progetto risultano essere ammissibili ai sensi delle NA del PAI Basilicata in quanto non intersecano le aree a rischio idraulico dei rami del reticolo idrografico desunti dall'RSDI della Regione Basilicata.



Allegato A: Sezioni trasversali

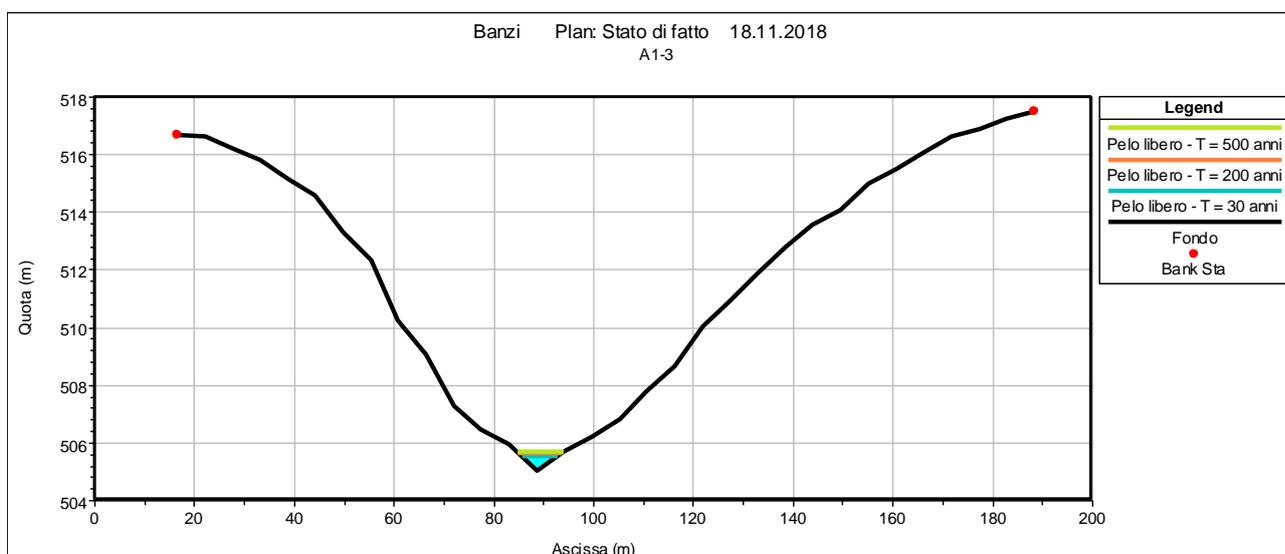
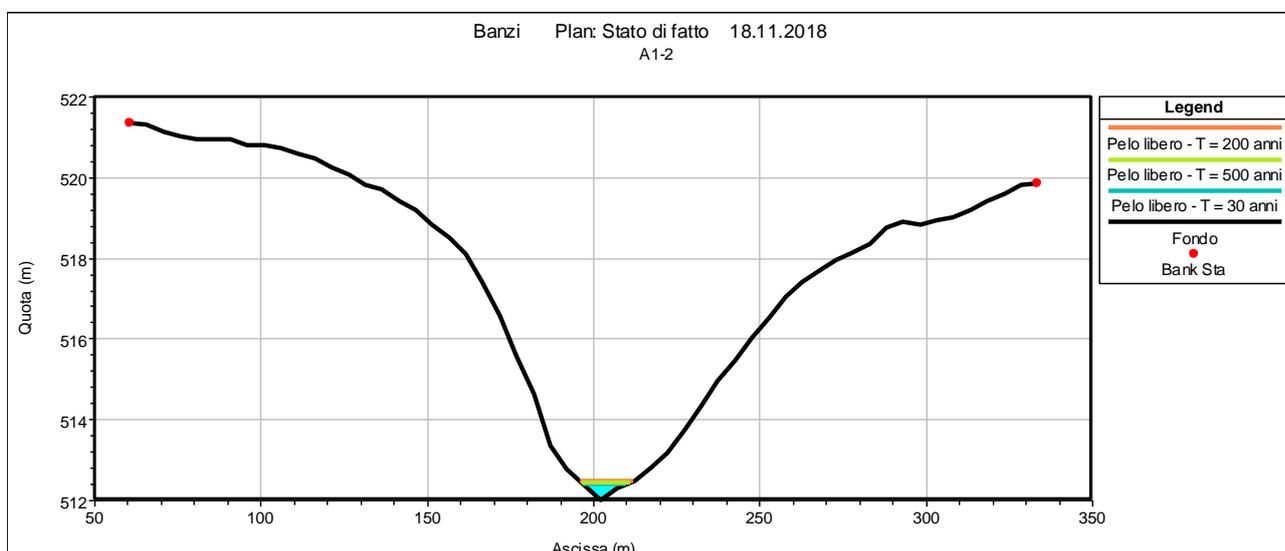
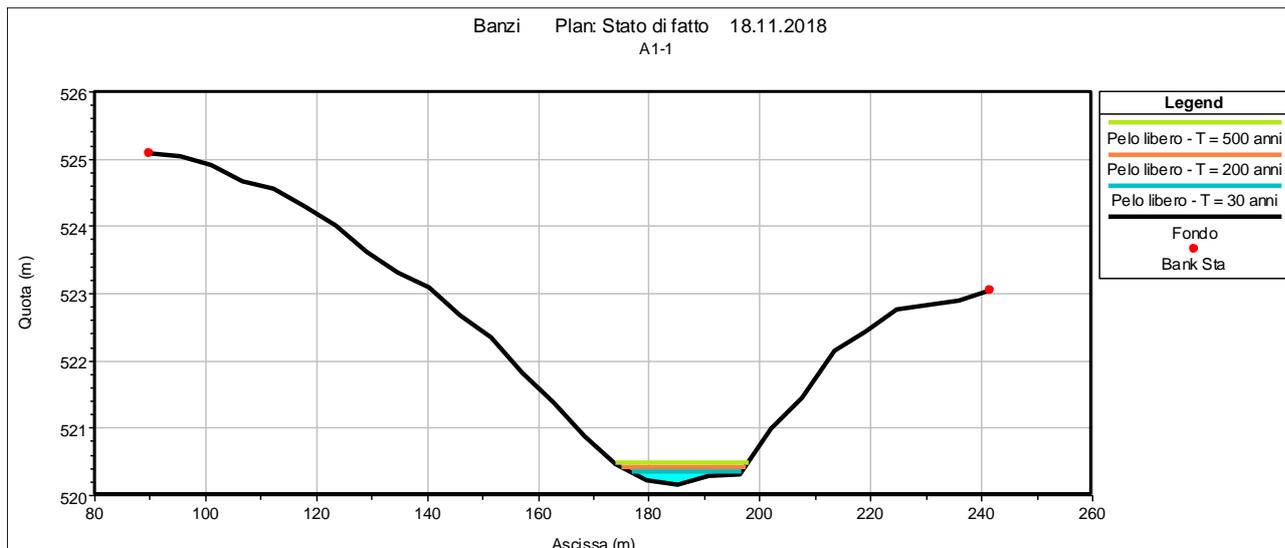


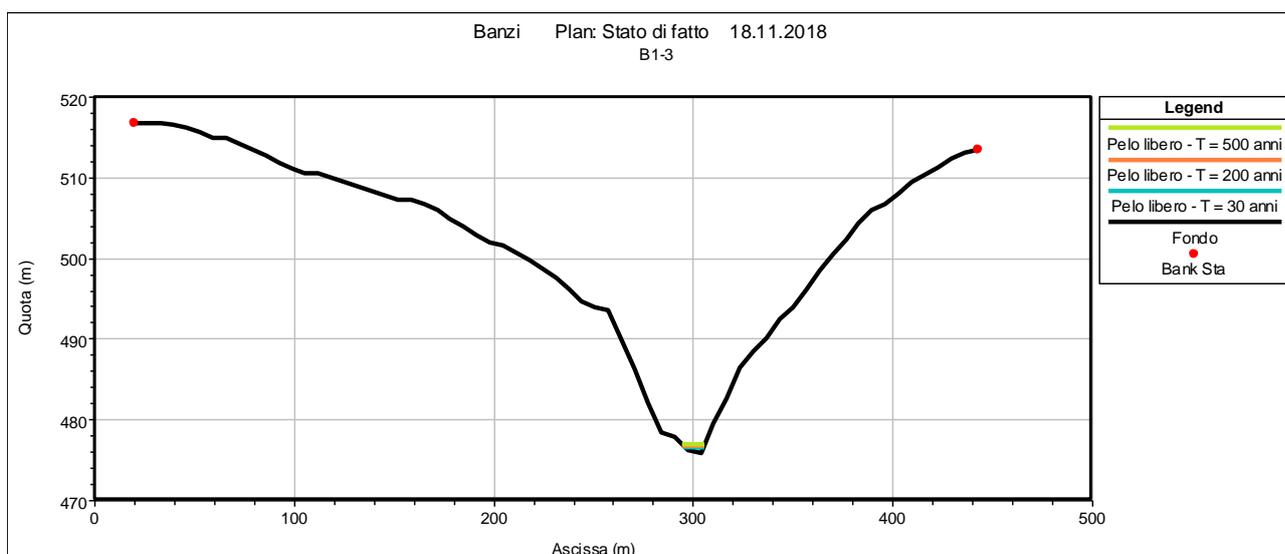
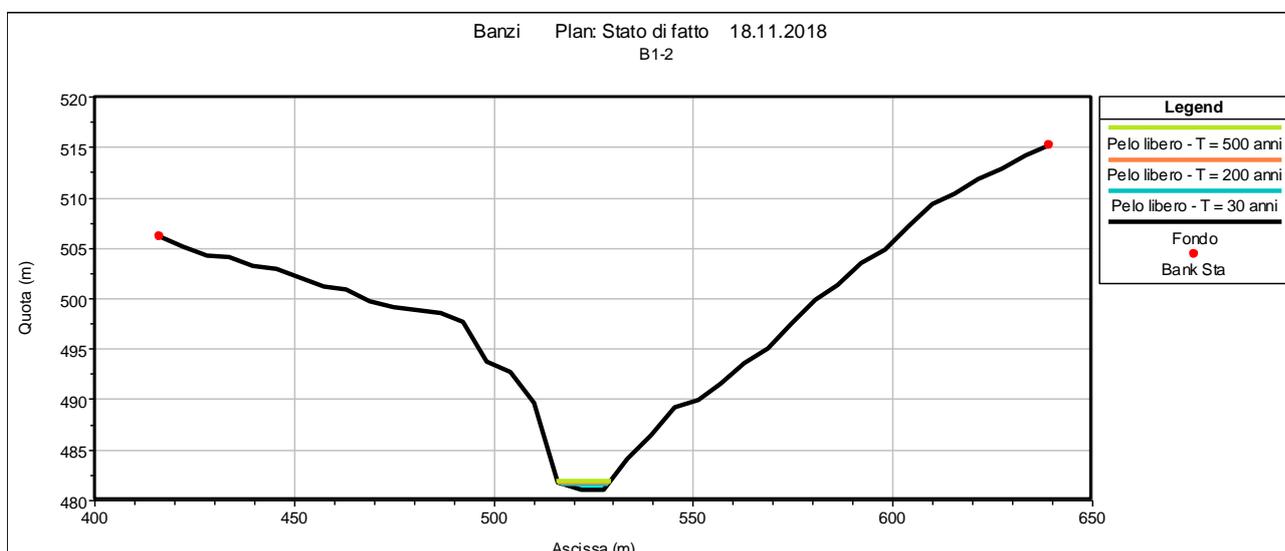
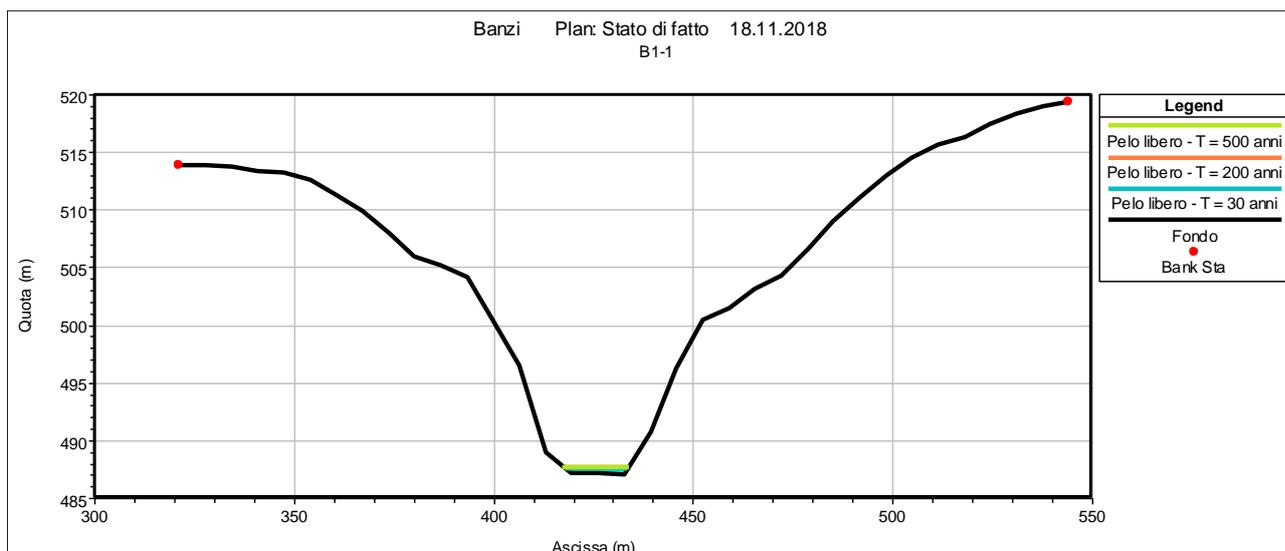
Nel presente allegato sono mostrate le sezioni trasversali utilizzate nelle simulazioni (viste da monte verso valle) con l'indicazione dei livelli idrici di piena in occasione degli eventi con i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

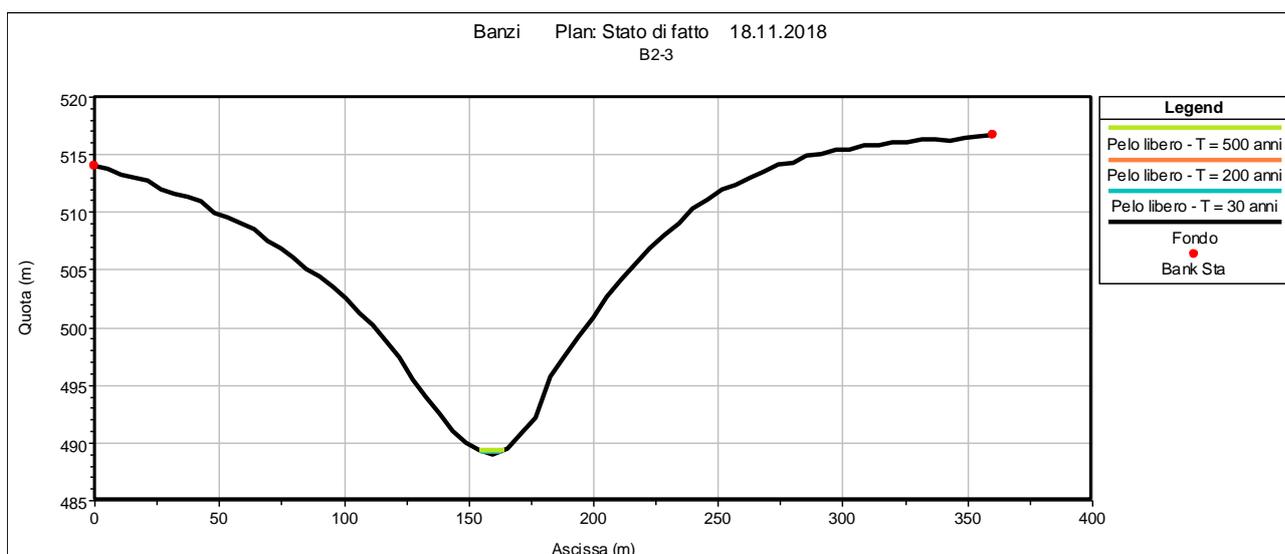
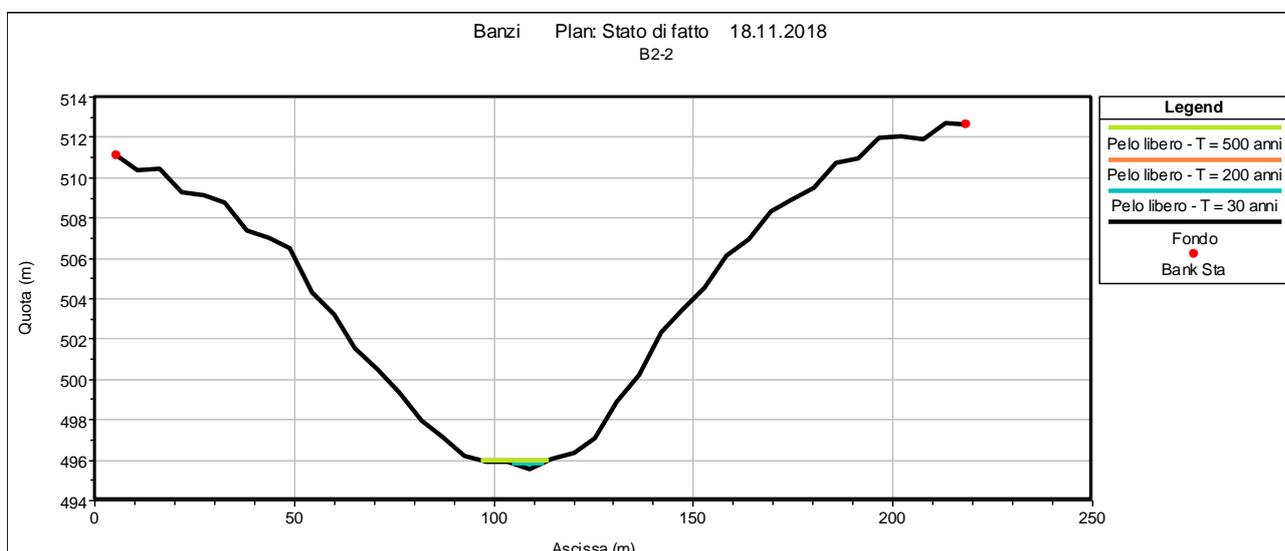
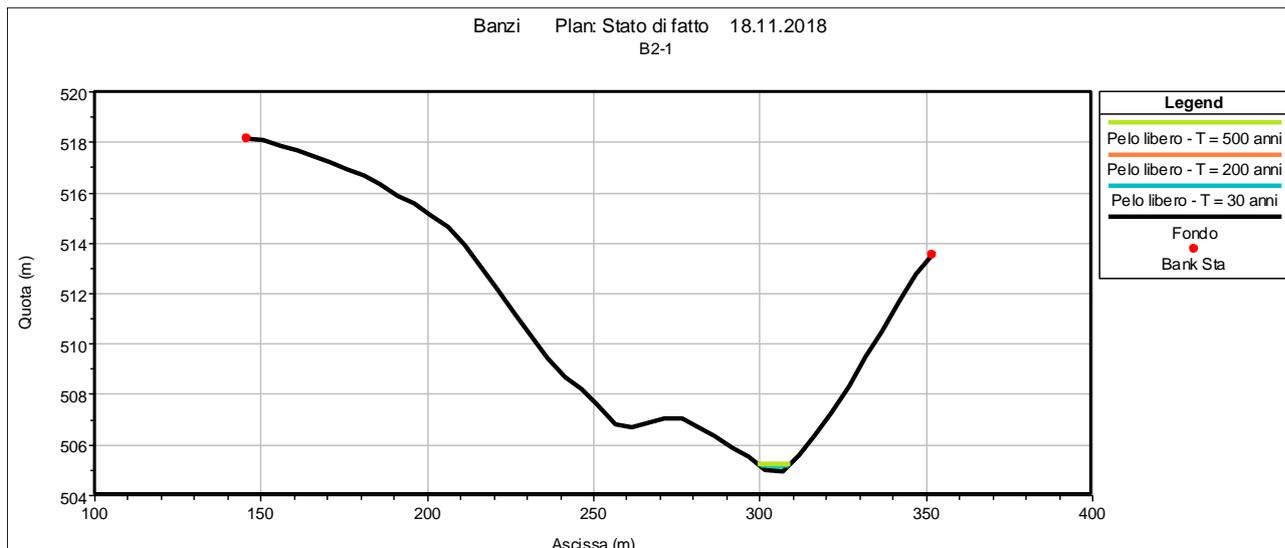
Nella tabella seguente è mostrato l'elenco delle sezioni trasversali utilizzate.

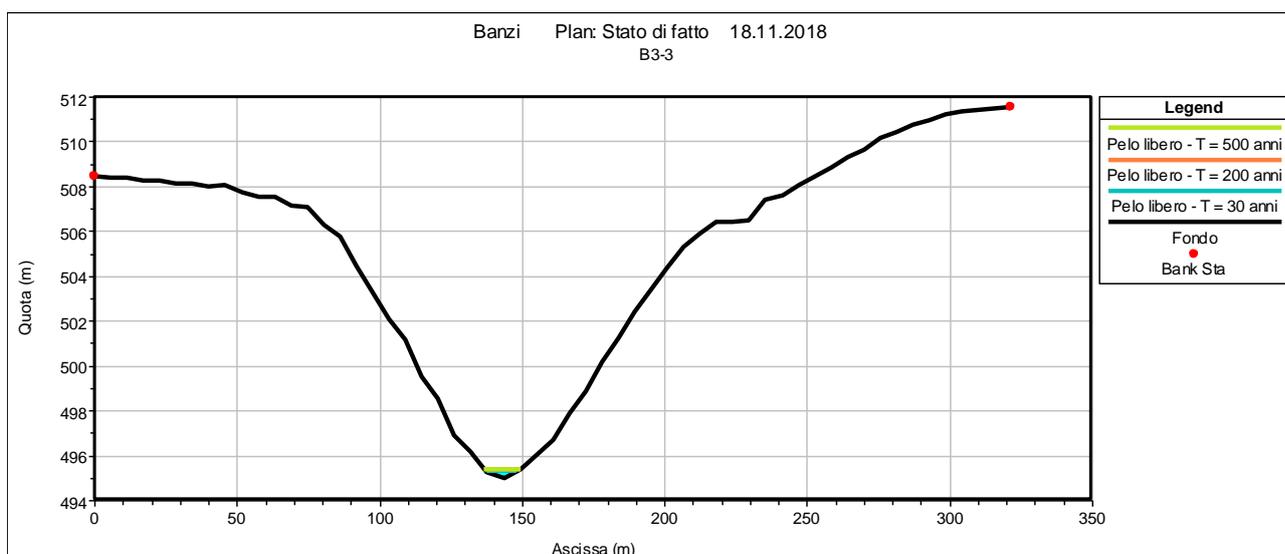
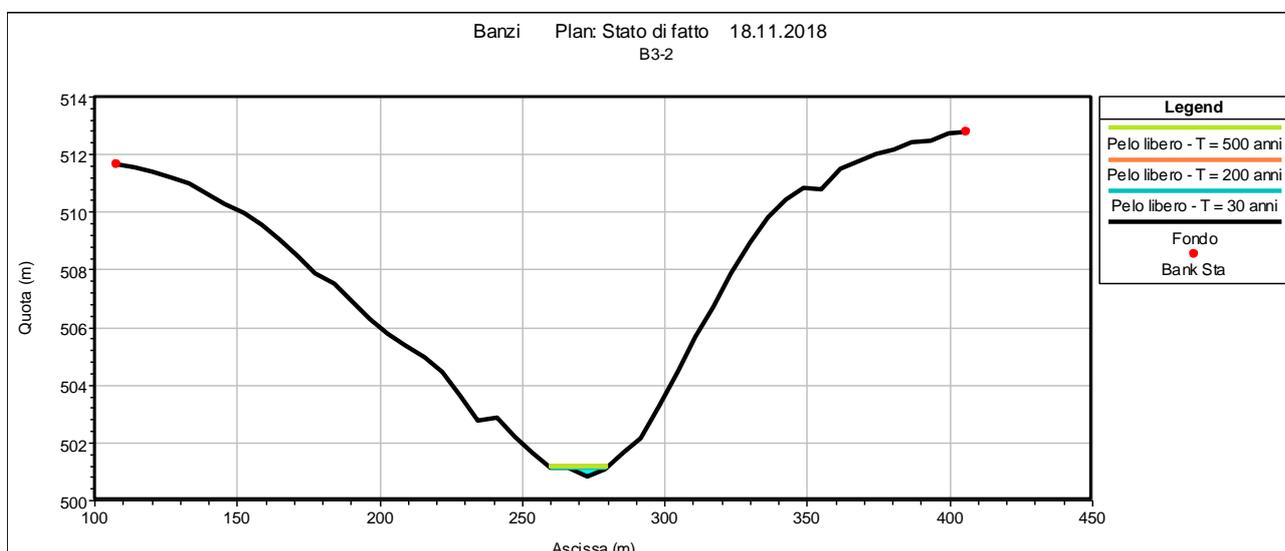
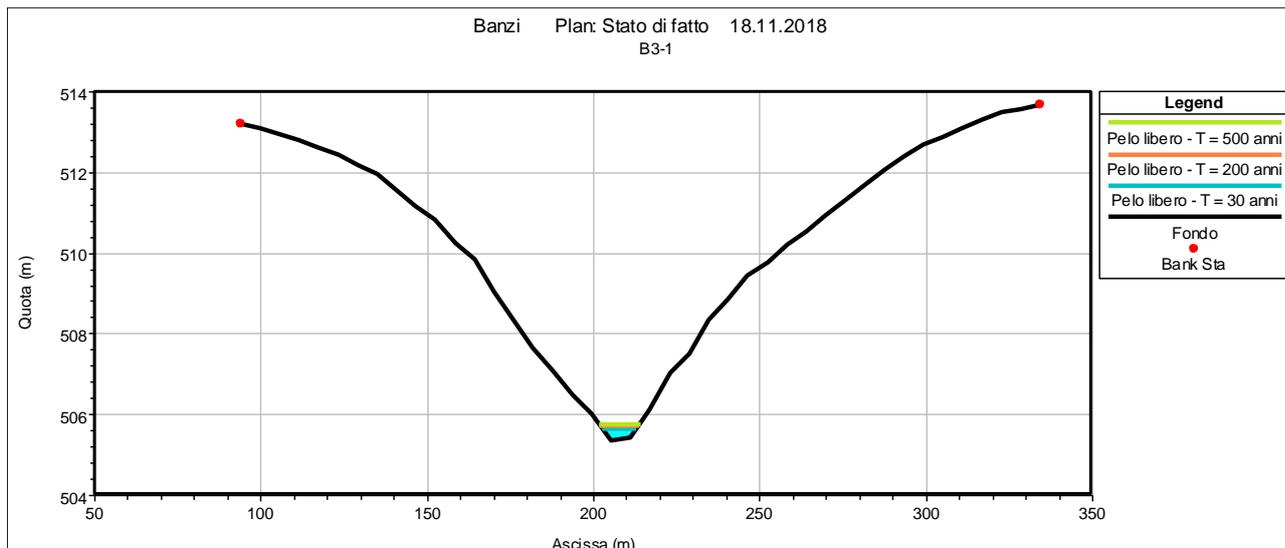
Stato di fatto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
A1-1	-1	0.00	368.00	520.15	0.0221
A1-2	-2	368.00	324.00	512.00	0.0216
A1-3	-3	692.00		505.01	0.0219
B1-1	-1	0.00	280.00	487.08	0.0216
B1-2	-2	280.00	266.00	481.02	0.0198
B1-3	-3	546.00	343.00	475.76	0.0173
B1-4	-4	889.00		469.82	0.0194
B2-1	-1	0.00	200.00	504.91	0.0468
B2-2	-2	200.00	144.00	495.55	0.0459
B2-3	-3	344.00		488.94	0.0464
B3-1	-1	0.00	144.00	505.36	0.0315
B3-2	-2	144.00	173.00	500.83	0.0338
B3-3	-3	317.00		494.98	0.0327
C1-1	-1	0.00	199.00	499.87	0.0439
C1-2	-2	199.00	214.00	491.13	0.0381
C1-3	-3	413.00		482.98	0.0409
C2-1	-1	0.00	152.00	529.17	0.0427
C2-2	-2	152.00	231.00	522.68	0.0561
C2-3	-3	383.00	284.00	509.72	0.0631
C2-4	-4	667.00	284.00	491.80	0.0499
C2-5	-5	951.00		477.63	0.0542
C3-1	-1	0.00	145.00	535.15	0.0851
C3-2	-2	145.00	213.00	522.81	0.0798
C3-3	-3	358.00	212.00	505.82	0.0729
C3-4	-4	570.00		490.36	0.0786
C4-1	-1	0.00	141.00	525.29	0.0924
C4-2	-2	141.00	116.00	512.26	0.0946
C4-3	-3	257.00		501.29	0.0934
D1-1	-1	0.00	198.00	480.86	0.0555
D1-2	-2	198.00	226.00	469.87	0.0466
D1-3	-3	424.00	215.00	459.34	0.0580
D1-4	-4	639.00		446.87	0.0532

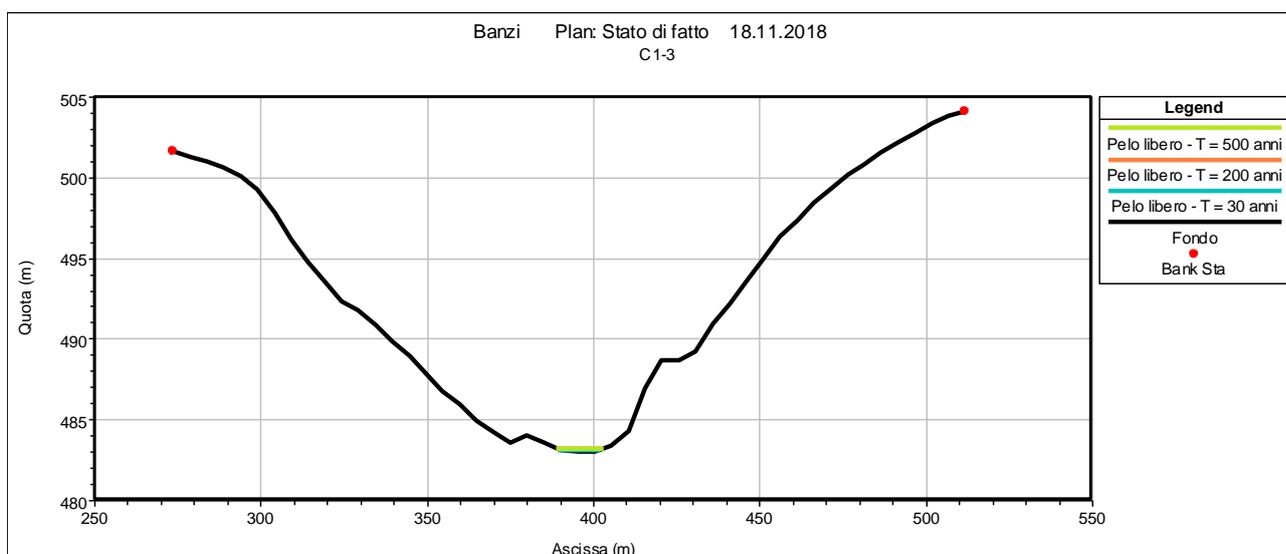
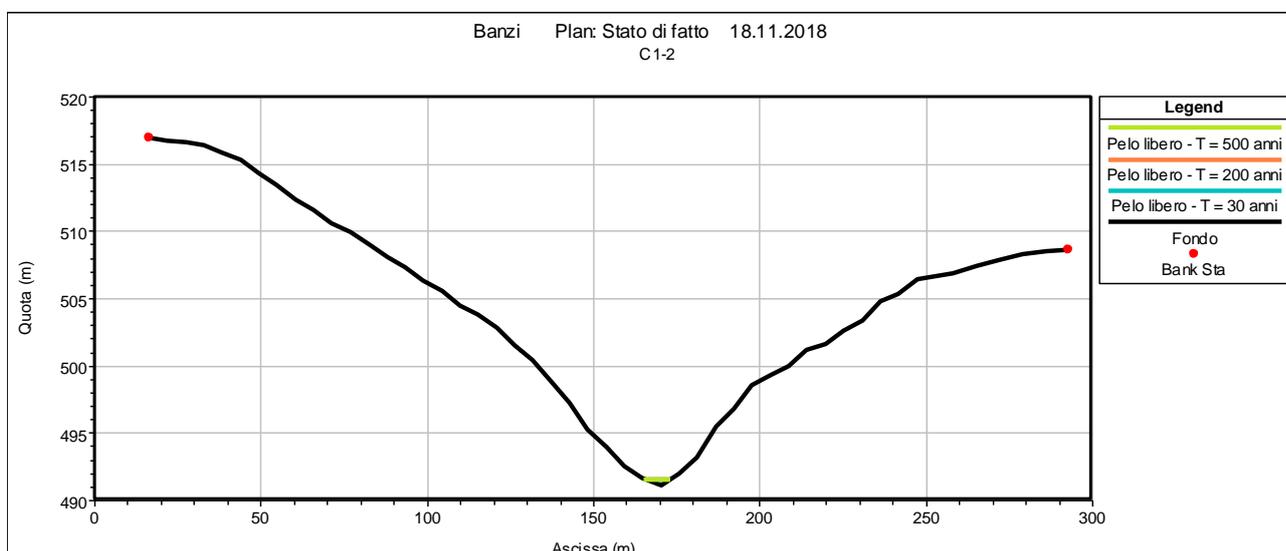
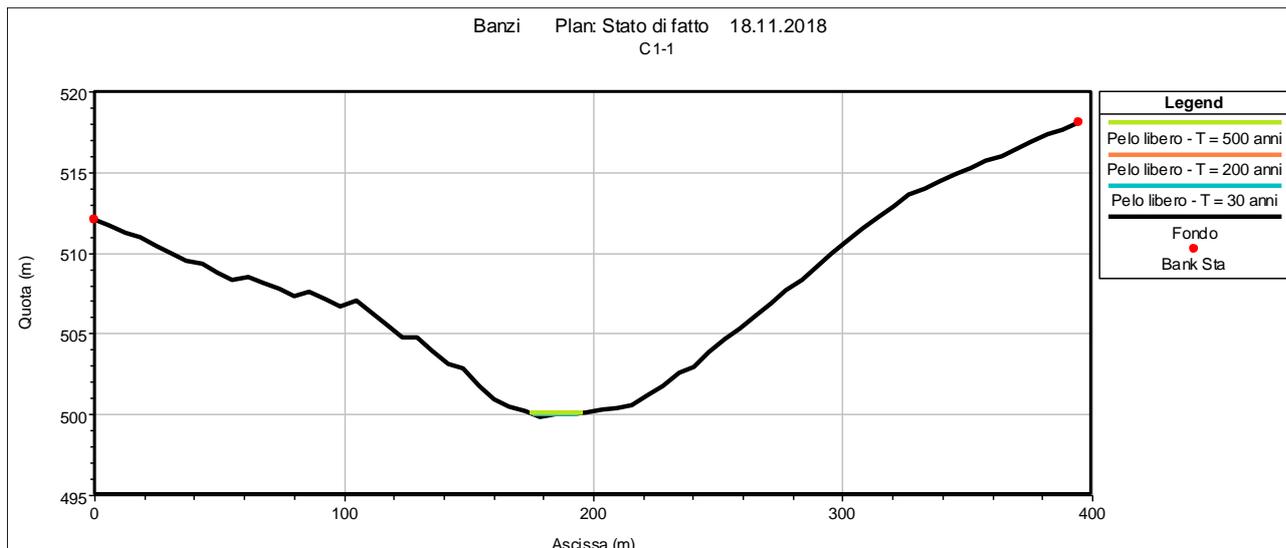
Tabella 9

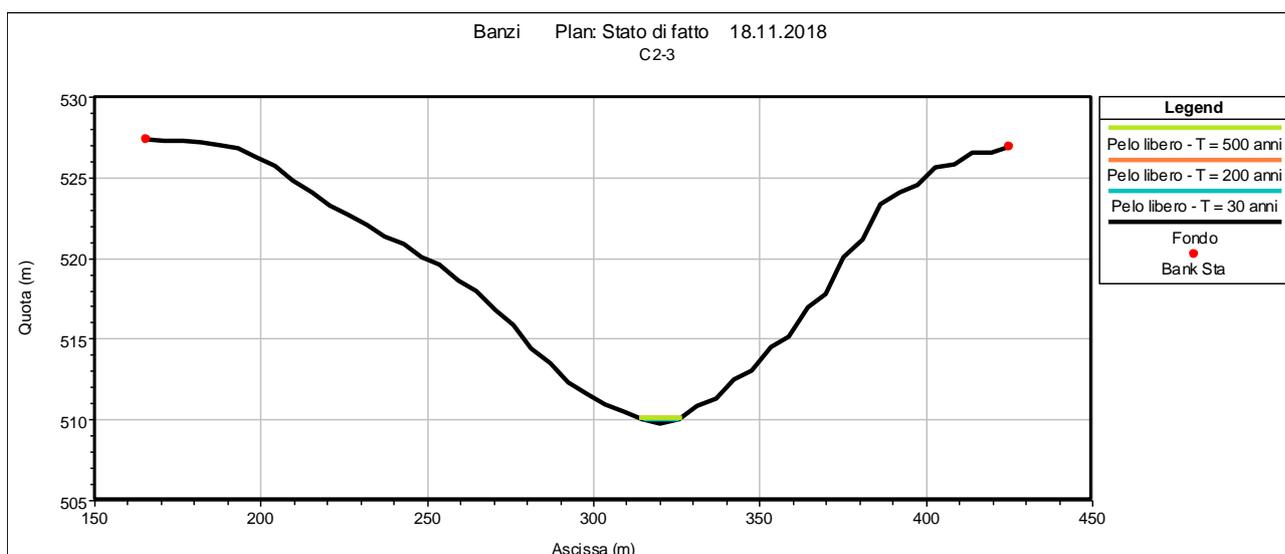
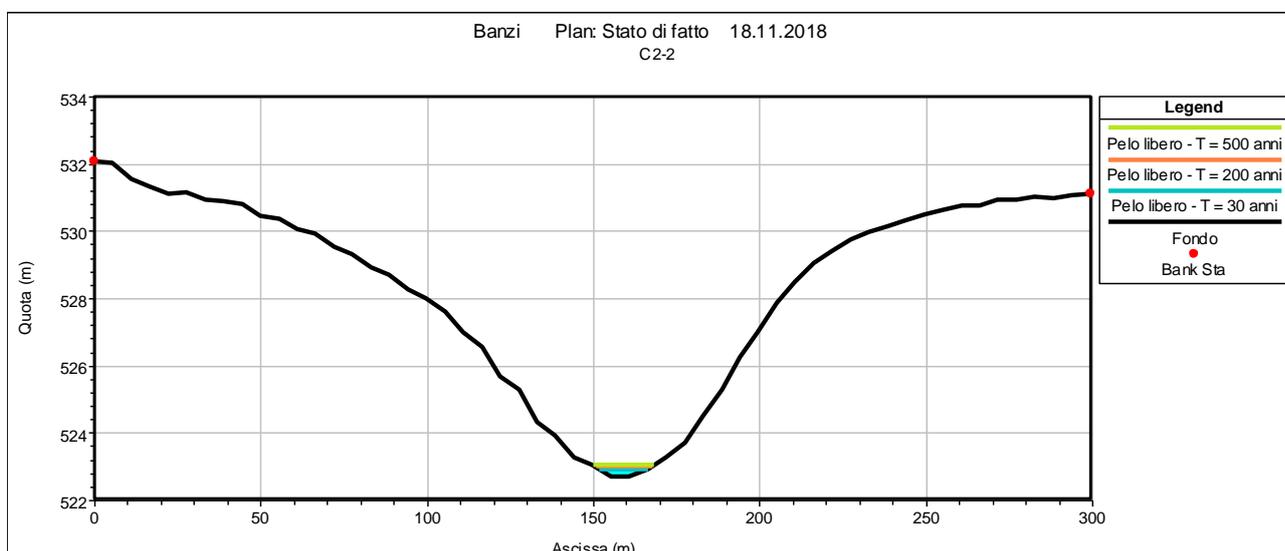
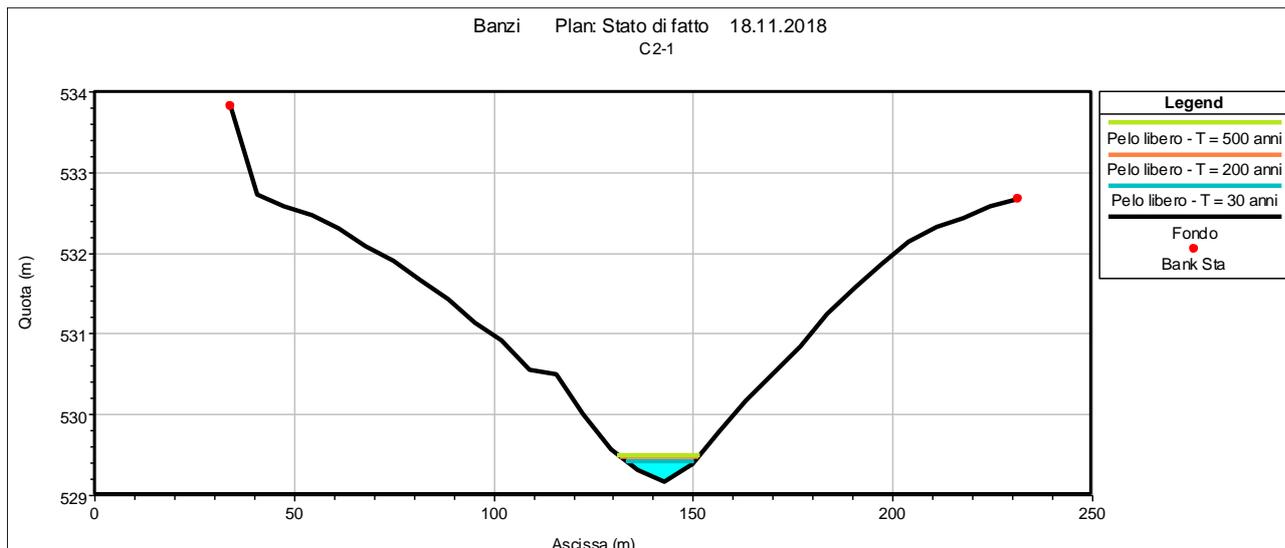


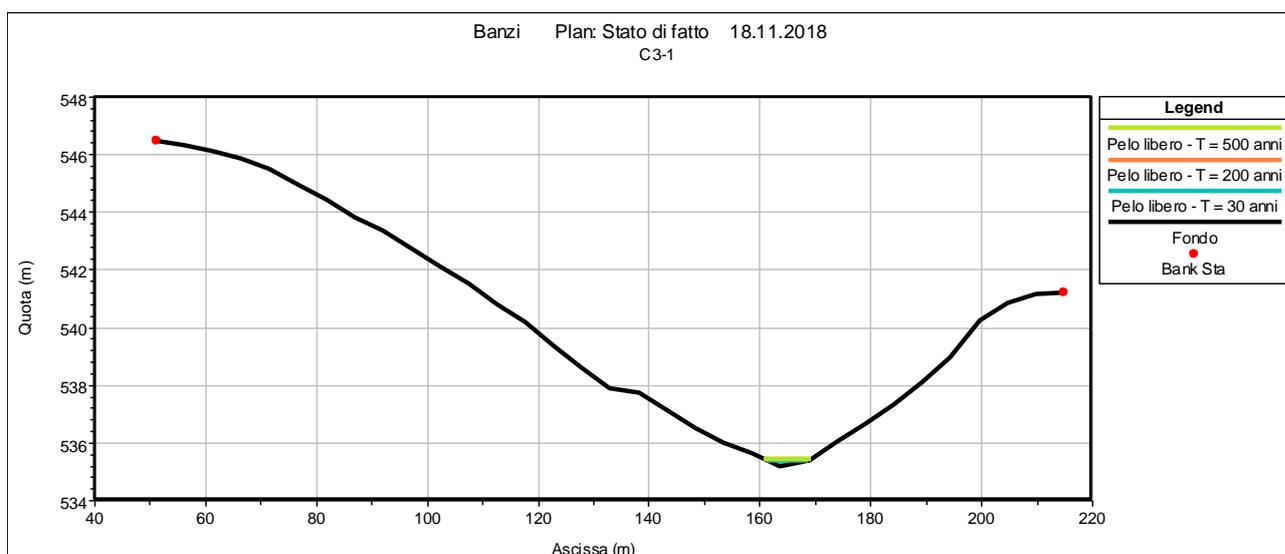
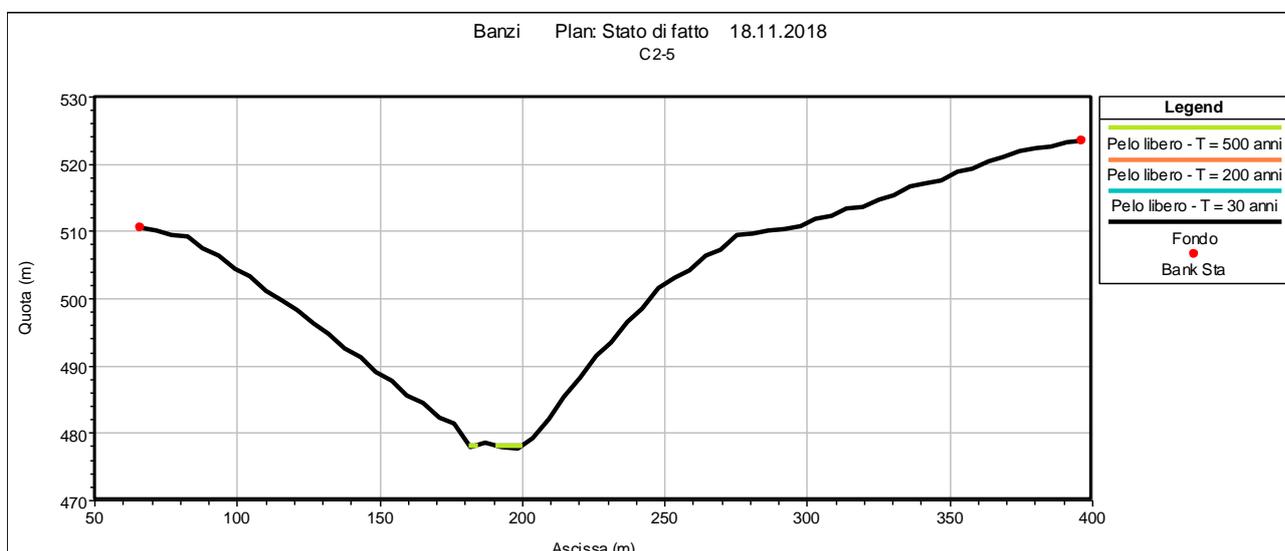
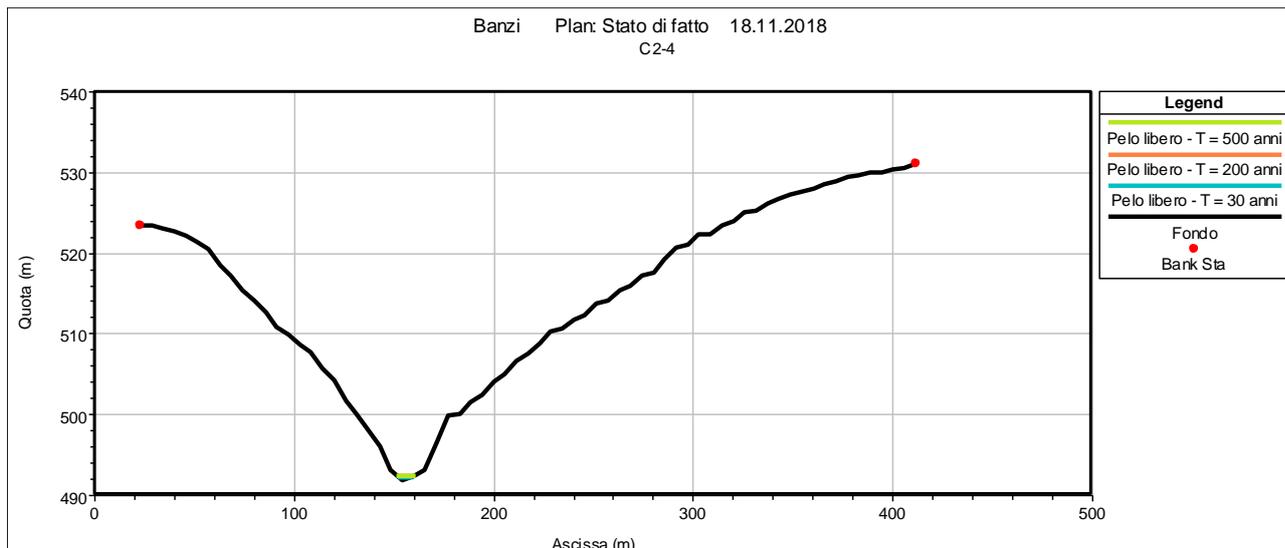


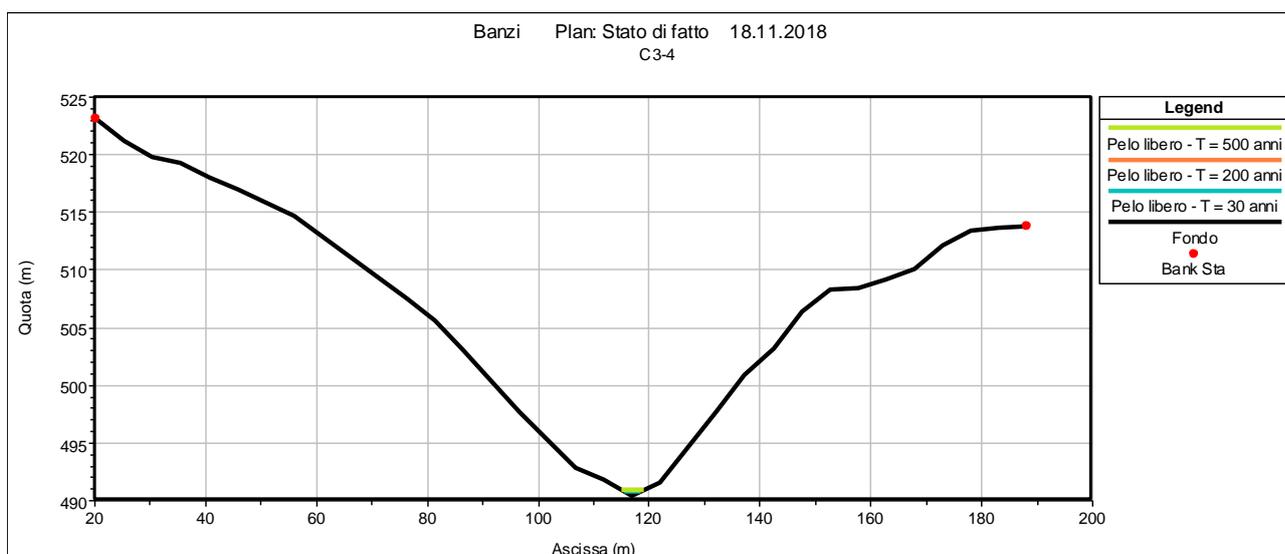
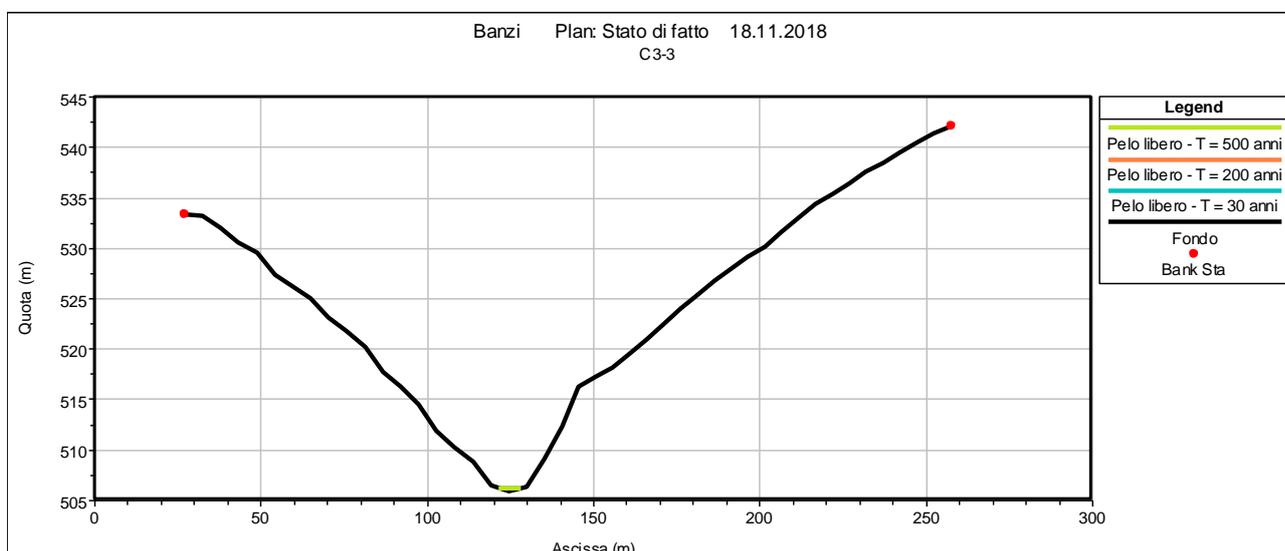
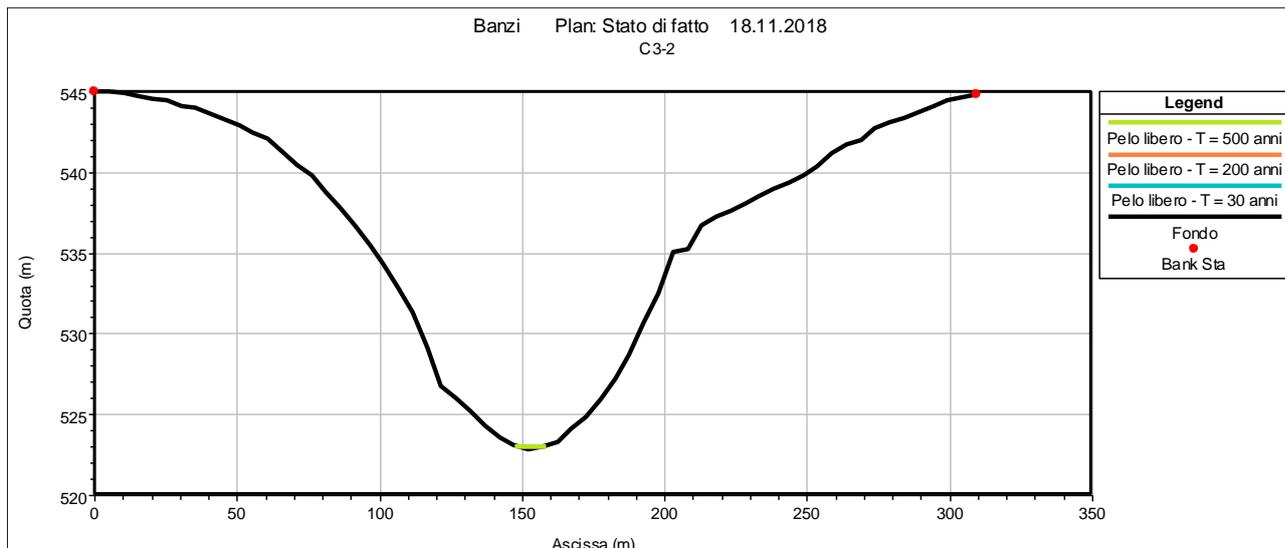


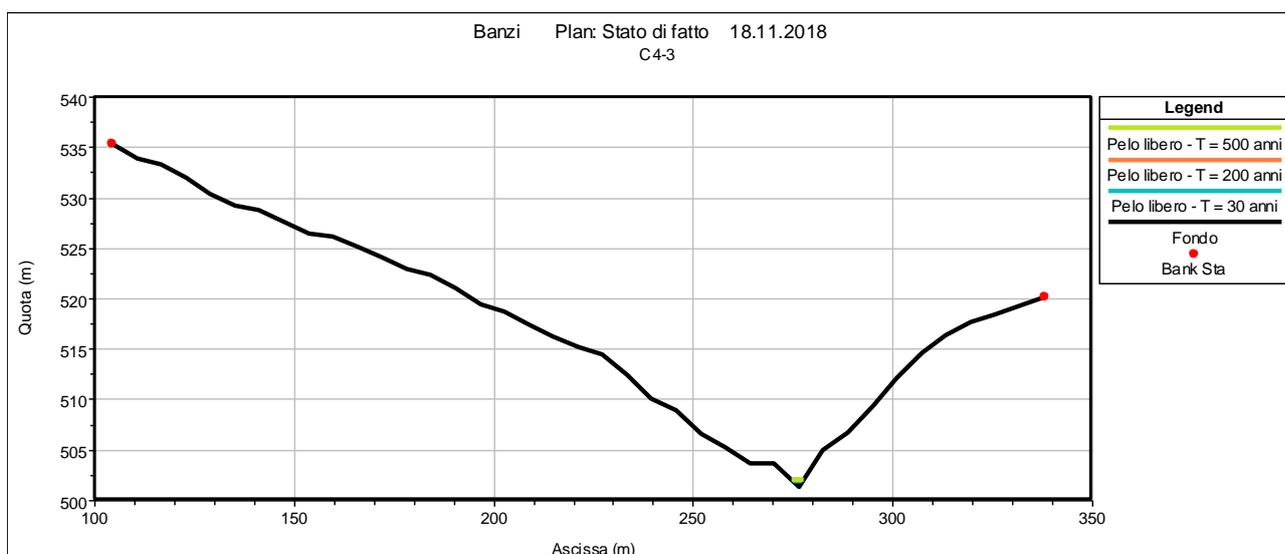
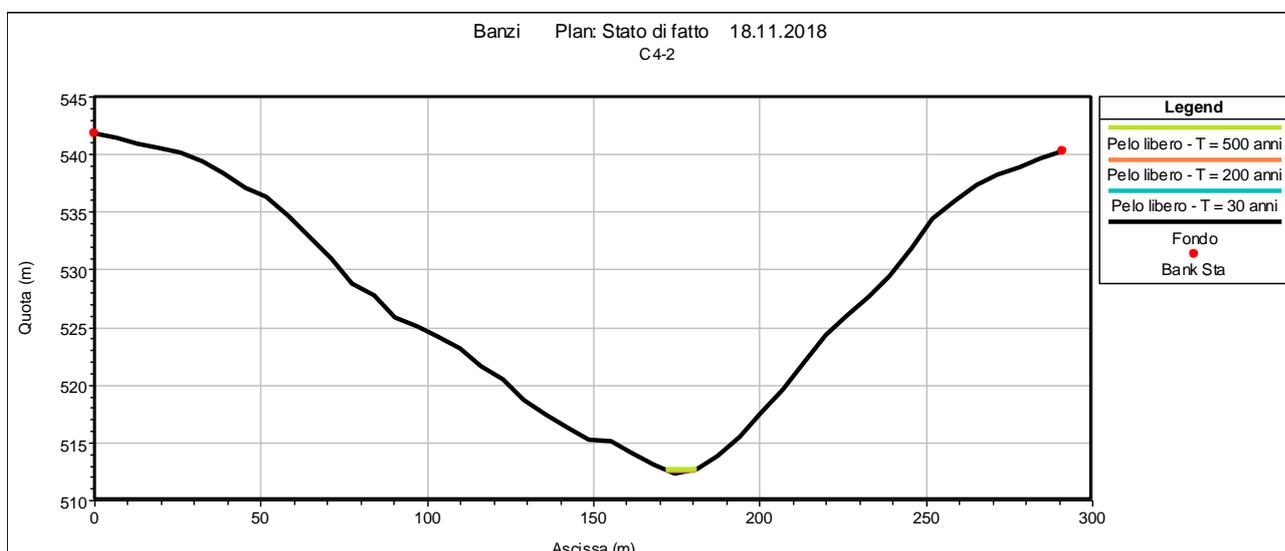
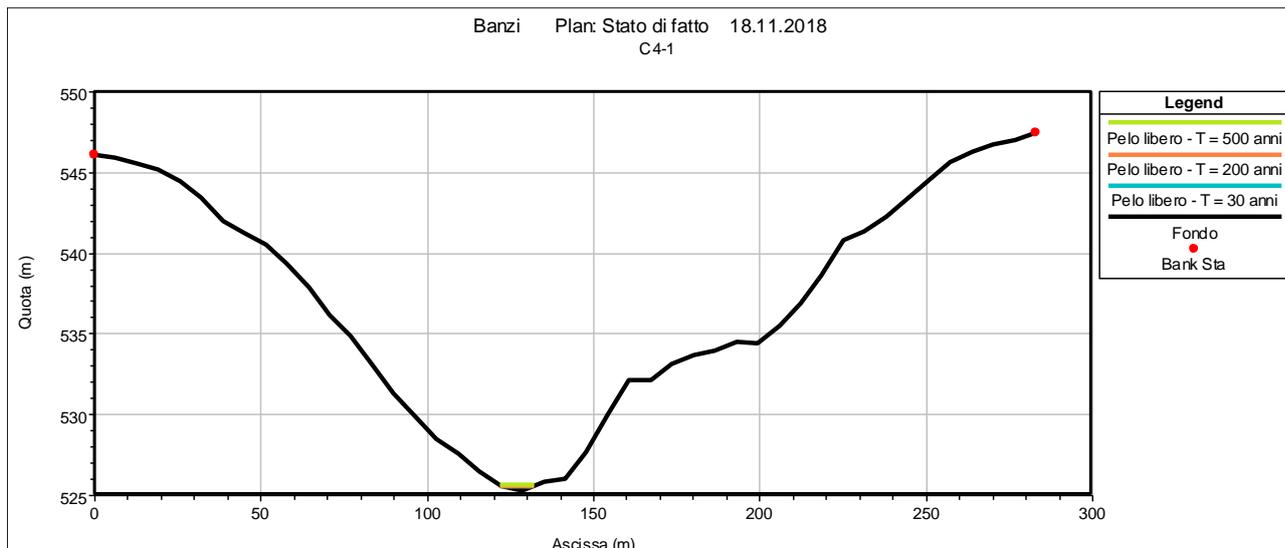


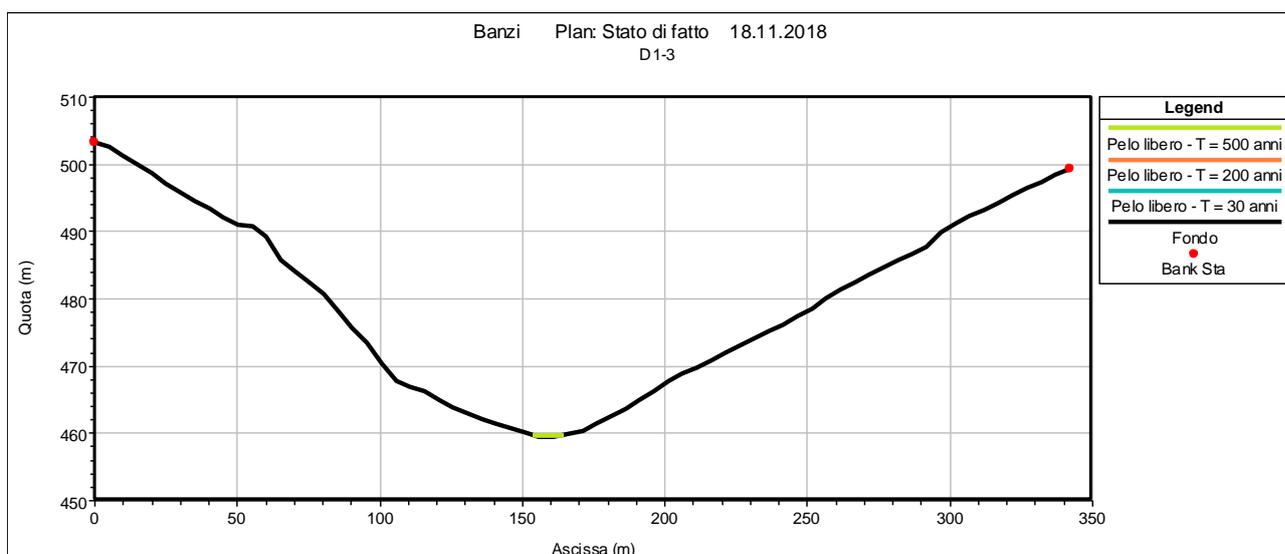
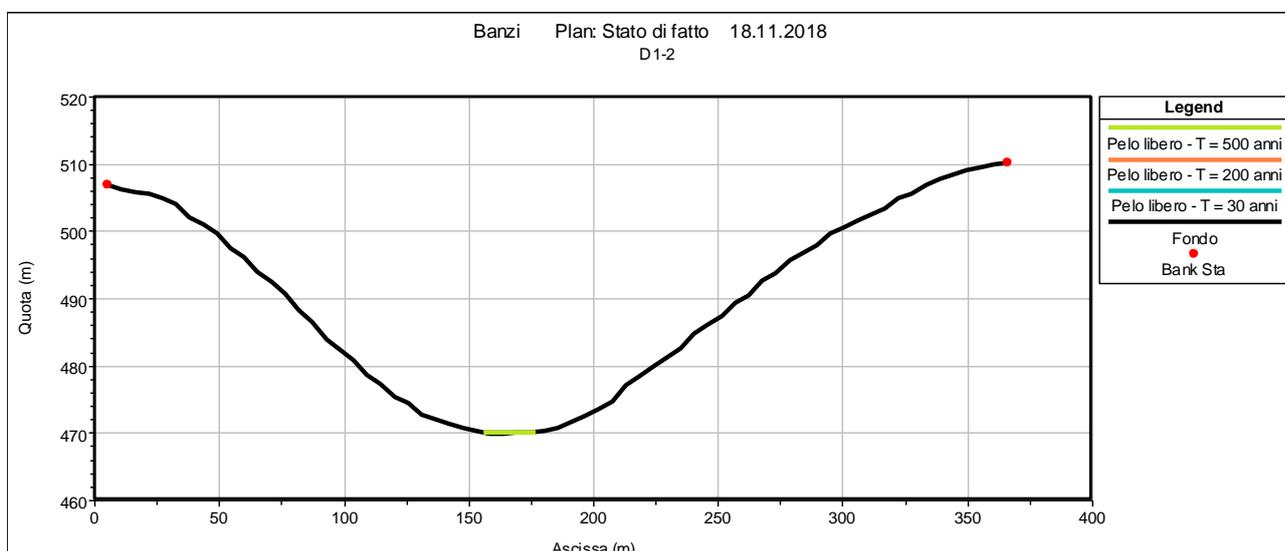
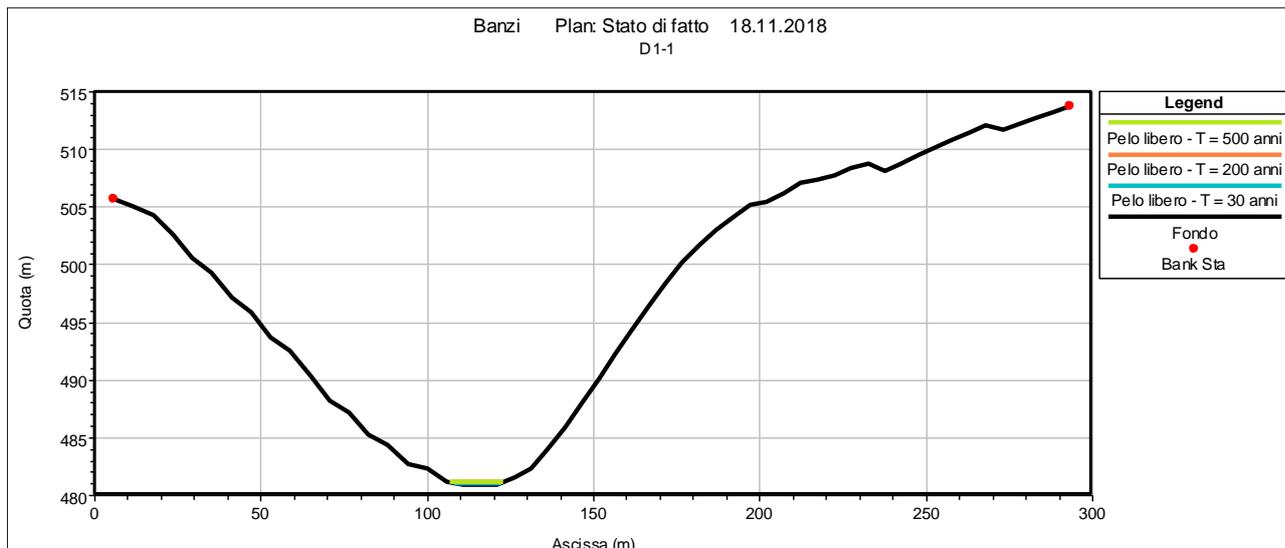


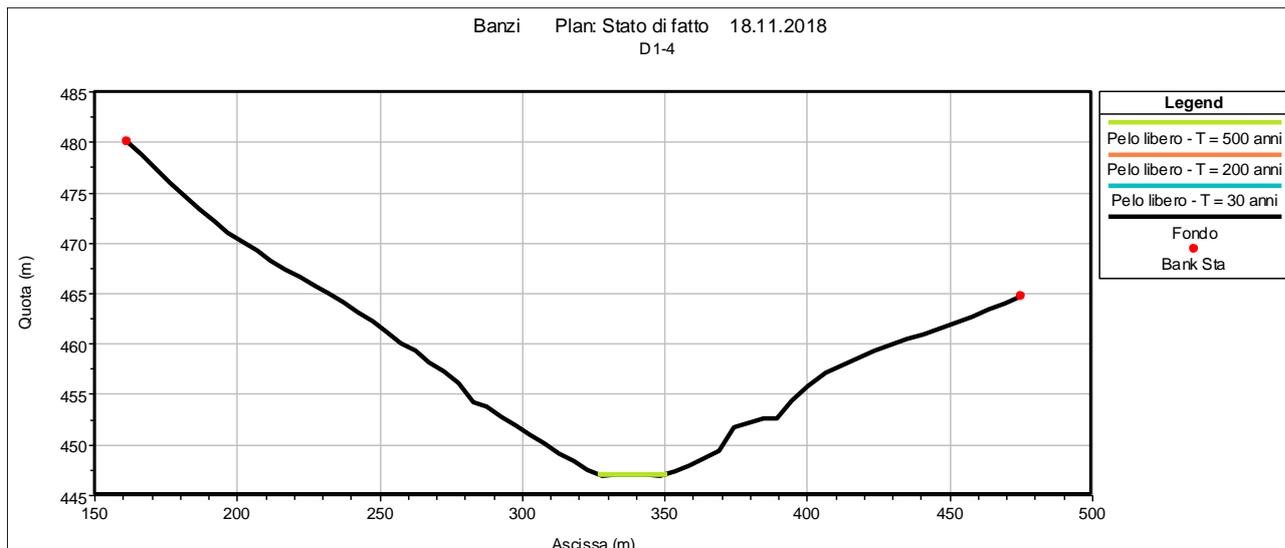














Allegato B: Dichiarazione di esenzione delle opere progettate dal rischio idraulico



DICHIARAZIONE DI ESENZIONE DELLE OPERE PROGETTATE DAL RISCHIO IDRAULICO

In maniera conforme all'art. 4 comma 4 delle Norme di Attuazione del Piano di Bacino Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino della Basilicata; il sottoscritto ing. Giorgio ZUCCARO, nato a Pinerolo (TO) il 05.04.1975 e residente a Potenza in via Pretoria 289 codice fiscale ZCC GRG 75D05 G674Z partita IVA 01442150767, in qualità di responsabile delle verifiche idrologiche e idrauliche del presente progetto,

DICHIARA

che le opere progettate non sono soggette a rischio idraulico in quanto, come descritto all'interno dell'elaborato "Relazione idrologica e idraulica" (rispetto alla quale la presente dichiarazione costituisce l'allegato B), le principali opere in progetto non intersecano le aree a rischio idraulico dei rami del reticolo idrografico desunti dall'RSDI della Regione Basilicata.

Potenza, 19.11.2018

Ing. Giorgio ZUCCARO
direttore tecnico di F4 ingegneri srl

