

REGIONE: PUGLIA

PROVINCIA: CITTA' METROPOLITANA DI BARI

COMUNE: CASSANO DELLE MURGE E ACQUAVIVA DELLE FONTI

ELABORATO:

OGGETTO:

**PARCO EOLICO DA 8 WTG DA 6 MW/cad E
SISTEMA DI ACCUMULO DELL'ENERGIA
ELETTRICA**

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE:



**SCS 07 SOCIETA' A
RESPONSABILITA' LIMITATA**

Via Gen. G. Antonelli, 3
70043 Monopoli (BA)

scs07@pec.it

PROGETTISTI:

Note: **RELAZIONE IDRAULICA**

DATA	REV	DESCRIZIONE	ELABORATO da:	APPROVATO da:
		Emissione	GEOL. INDIVERI ANGELA	

PROPRIETÀ ESCLUSIVA DELLE SOCIETÀ SOPRA INDICATE UTILIZZO E DUPLICAZIONE VIETATE
SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA

INDICE

PREMESSA.....	pag.1
INTERSEZIONI CON IL RETICOLO IDROGRAFICO.....	pag.2
STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA-IDRAULICA.....	pag.7
CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI.....	pag. 7
INDIVIDUAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI.....	pag. 8
STIMA DELLA PORTATA AL COLMO DI PIENA.....	pag. 11
ANALISI IDRAULICA.....	pag. 17
PRIMO ATTRAVERSAMENTO.....	pag. 20
ATTRAVERSAMENTO N. 2-3-4-5-6-7 E AEROGENERATORE N. 6	pag.27
ATTRAVERSAMENTO N. 8-9.....	pag.38
CONCLUSIONI.....	pag. 43

PREMESSA

La presente relazione ha come oggetto lo studio idrogeologico di un'area sita a cavallo dei territori comunali di Cassano delle Murge e Acquaviva delle fonti, al fine di verificarne la "Sicurezza idraulica".

Tale documento è stato redatto su incarico della "SCS 07" in riferimento alla realizzazione di un parco eolico nel territorio dei comuni di Cassano e Acquaviva e relativo elettrodotto di collegamento.

Dal punto di vista normativo, è necessario tener conto delle seguenti prescrizioni:

- Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Bacino (PAI) del 30 novembre 2005;
- Delibera della Giunta Regionale n° 334 del 7 marzo 2013 "Modulistica di riferimento per i procedimenti relativi ai titoli abilitativi edilizi";
- Legge Regionale n° 19 del 19 luglio 2013 "Norme in materia di riordino degli organismi collegiali operanti a livello tecnico-amministrativo e consultivo e di semplificazione dei procedimenti amministrativi".

In particolare, in riferimento a quanto prescritto dalle N.T.A. del Piano di Bacino (PAI), si precisa che, in base alla cartografia ufficiale del PAI, l'area sede dell'intervento rientra in parte (per il cavidotto di collegamento) tra le aree interessate da pericolosità idraulica e/o rischio geomorfologico e rientra all'interno dell'area golenale e della fascia di pertinenza fluviale di diversi reticoli idrografici secondo gli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI.

Ai fini della maggiore sicurezza idraulica e per escludere qualsiasi interazione tra la fitta rete di reticoli presenti nell'area e il progetto, è stato redatto uno studio di compatibilità (sia per gli aerogeneratori che per il cavidotto di collegamento) secondo i modelli standard della stessa A.d.B..

Il grado di pericolosità idraulica nell'area in oggetto è stato valutato partendo dalla delimitazione del bacino idrologico nonché dalle determinazioni idrologiche – probabilistiche della portata di piena, attesa con un tempo di ritorno di 200 anni. Successivamente si è proceduto alla "Modellazione idraulica del corso d'acqua", simulando la propagazione dell'onda di piena nell'alveo, determinando l'altezza che il livello idrico potrebbe raggiungere nelle varie sezioni dello stesso.

Lo studio idrogeologico ed idraulico coordinato è così strutturato:

- studio morfologico e litologico del bacino sotteso con la caratterizzazione del reticolo idrografico;
- quantificazione idrologica dei deflussi;
- rilievo topografico;
- simulazione idraulica delle portate transistanti con l'impiego del codice **HEC – RAS** secondo lo schema di moto permanente monodimensionale.

INTERSEZIONI CON IL RETICOLO IDROGRAFICO

I reticoli idrografici di interesse sono affluenti di un corso d'acqua più importante che ha come recapito finale il mar Adriatico (circa 26 Km a N dell'area di studio). Esso scorre essenzialmente in direzione quasi N-S, ha origine poco più a S dell'area di progetto e prosegue attraversando i territori comunali di Sannicandro, Bitritto e Bari fino a sfociare in mare in corrispondenza del quartiere S. Girolamo di Bari (Fig.1).

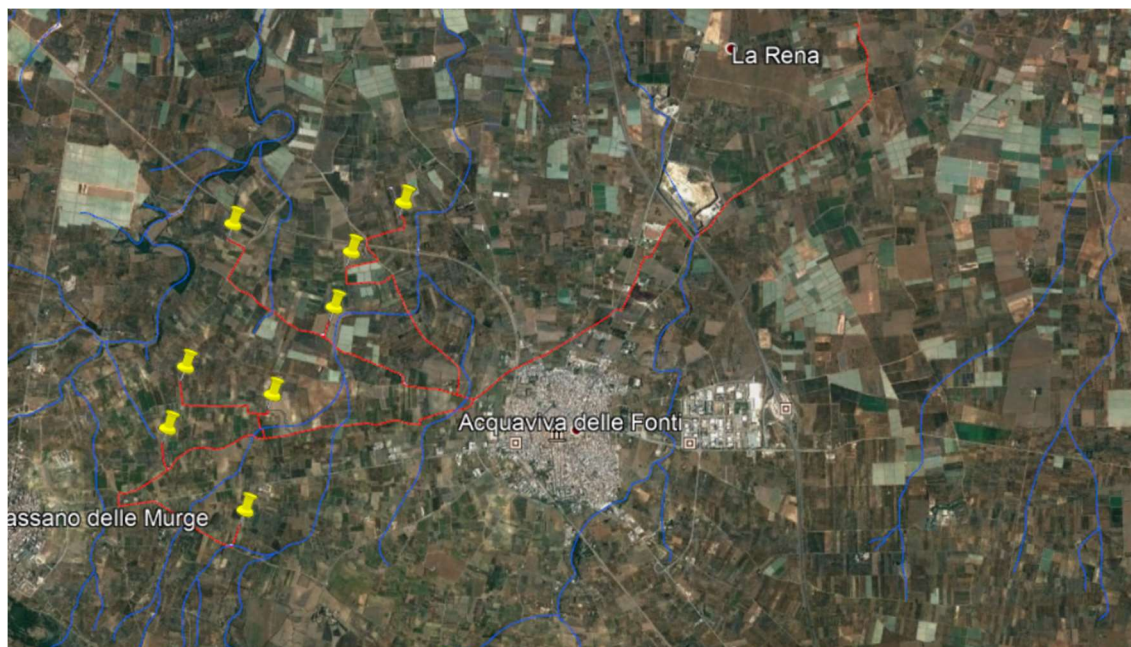


Fig. 1 – Elementi parco eolico (aerogeneratori, cavidotto, strade, piazzole) su ortofoto.

AEROGENERATORI

Per quanto riguarda gli 8 aerogeneratori si analizzano di seguito le interferenze con le aree a modellamento attivo e golenali e di pertinenza fluviale, per le quali, ai sensi degli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI della Puglia si rende necessario uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che analizzi gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle delle aree interessate e che ne attesti la sicurezza idraulica, i cui risultati sono riportati di seguito. Si precisa che solo n. 1 aerogeneratore rientra nella fascia di pertinenza fluviale essendo ubicato a 82 m dal reticolo idrografico (Fig. 2).



Fig. 2 – Ubicazione aerogeneratori su ortofoto con evidenza del reticolo idrografico e relativo buffer di 150 m.

CAVIDOTTO DI COLLEGAMENTO

L'intervento oggetto del presente progetto ha una lunghezza di 23 km circa della parte in cavo. L'elettrodotto in cavo in progetto sarà ubicato tra i comuni di Cassano delle Murge (BA) e Acquaviva delle Fonti (BA); il percorso dell'elettrodotto in cavo parte nei pressi della strada provinciale SP75, percorrendola parallelamente fino all'incrocio con il sottopasso della A14, poi prosegue parallelamente alla SP 205 per dividersi in corrispondenza delle strade Vicinale Graviglione e SP 178 e termina in prossimità degli aerogeneratori attraverso strade interne.

Il tracciato del cavidotto interseca in più punti il reticolo idrografico e interessa aree classificate ad “Alta Pericolosità Idraulica” (AP), “Media Pericolosità Idraulica” (MP) e “Bassa Pericolosità Idraulica” (BP). In particolare, una intersezione (quella in corrispondenza delle aree ad AP-MP-BP idraulica perimetrata PAI) avviene in corrispondenza di una infrastruttura idraulica (ponte autostradale A14).

Le altre intersezioni seguono la morfologia del suolo e relativamente alle modalità di attraversamento delle aree allegabili la tecnica di posa è quella mediante trivellazione orizzontale controllata (TOC/No dig) ad una profondità che assicuri un franco di sicurezza rispetto al fondo alveo, in modo da non interferire con l’attuale assetto idraulico dei luoghi.

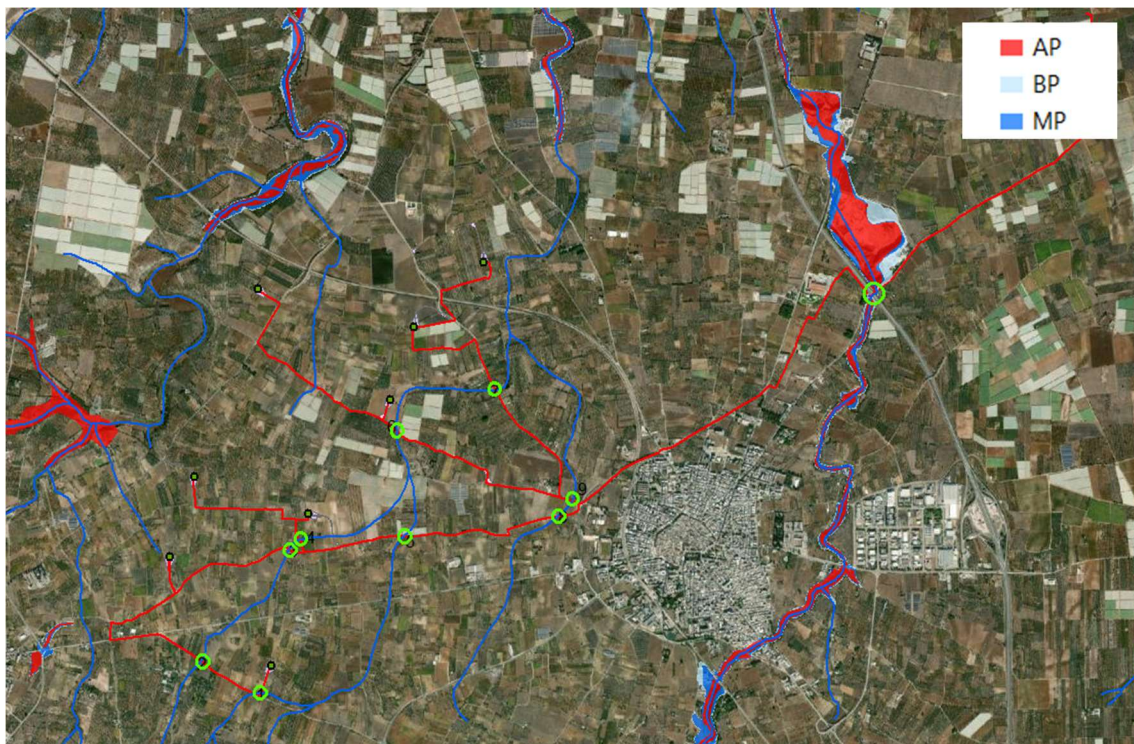
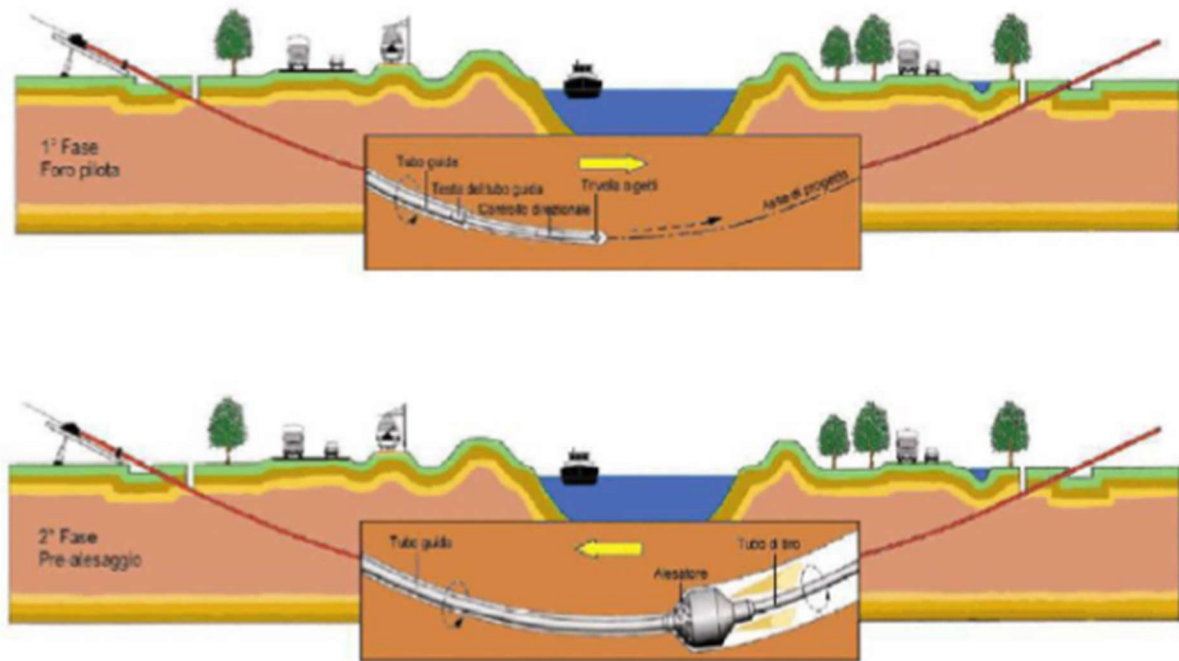


Fig. 2 – Inquadramento generale del percorso del cavidotto (in rosso). I cerchietti in verde le interferenze con il reticolo idrografico.

Il
attraversamento del cavidotto, è stata eseguito lo studio idrologico-idraulico dei tratti di reticolo interessati ed è stata valutata la capacità erosiva in corrispondenza delle sezioni di intersezione.

Relativamente alle modalità di attraversamento delle aree allegabili la tecnica di posa è quella mediante trivellazione orizzontale controllata (TOC) ad una profondità che prevede un franco di sicurezza rispetto al fondo alveo, in modo da non interferire con l’attuale assetto idraulico dei luoghi.

- Nella seconda fase si prevede che il recupero delle aste venga sfruttato per portarsi dietro un alesatore che, opportunamente avvitato al posto della testa, ruotando con le aste genera il foro del diametro voluto ($\phi = 200 \div 500\text{mm}$). Insieme all'alesatore, o successivamente, vengono posati in opera i tubi camicia che ospiteranno il cavidotto. Infine si effettuerà il riempimento delle tubazioni con bentonite.



Schema della fase di trivellazione di allargamento del perforo.

Il tracciato realizzato mediante tale tecnica consente in genere, salvo casi particolari, inclinazioni dell'ordine dei $12 \div 15$ gradi. I pozzetti di ispezione che coincidono con quello di partenza e di arrivo della tubazione di attraversamento vengono realizzati alla quota del terreno. L'intervento verrà eseguito rigorosamente in sicurezza idraulica al fine di avere il cavo di MT in posizione di tutta sicurezza rispetto alle possibili ondate di piena.



Schema della fase di trivellazione di allargamento del perforo.

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA-IDRAULICA

Di seguito verranno riportati i risultati dello studio di compatibilità idrologica-idraulica effettuato per ciascun aerogeneratore e ciascun punto di interferenza rilevante tra il reticolo idrografico e le opere di connessione. In particolare, ogni studio è stato sviluppato nel modo seguente:

- individuazione del bacino idrografico e relativo reticolo;
- stima della portata al colmo di piena;
- analisi idraulica;
- calcolo erosione alveo (per le opere di connessione).

CARATTERISTICHE DEL BACINO IDROGRAFICO

Il sito investigato, con quote variabili da circa 230 m s.l.m. a circa 490 m s.l.m. e una distanza lineare dalla costa adriatica di circa 25 Km, fa parte, a livello regionale delle Murge del sud barese. Per questo studio sono stati presi a riferimento diversi affluenti di un corso d'acqua più importante che sfocia nel Mare Adriatico nel territorio del Comune di Bari. In particolare, in corrispondenza del sito di interesse troviamo i depositi pleistocenici noti col nome di "Tufi delle Murge" in trasgressione sui calcari del cretaceo (calcare di Bari e calcare di Altamura).

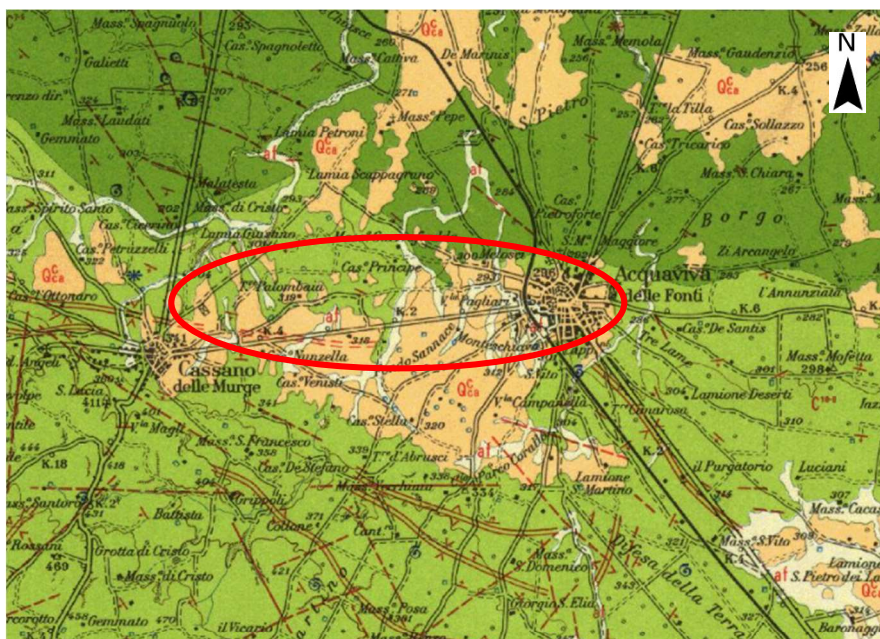


Fig. 3 - Stralcio Foglio 189 Altamura della Carta Geologica d'Italia al 100000.



Depositi calcareo-arenacei e calcareo-arenaceo-argillosi più o meno cementati, bianchi o giallastri, con frequenti livelli fossiliferi (ad *Ostrea* sp., *Pecten* sp., ecc.); prev. marne argillose (Acquaviva delle Fonti) o sabbie calcareifere (Cassano delle Murge, Gioia del Colle); in lembi residui su piattaforme di erosione formatesi a vari intervalli di tempo. **PLEISTOCENE.**
TUFFI DELLE MURGE.



Calcarei ceroidi e detritici a rudiste (*Biradiolites Angulosus* [D'ORB], *Durania martellii* [FA], stratificati, alternati a livelli marnoso-calcarei ad *Ophitimididae* ed ostracodi, indicanti episodi salmastri. Nella parte alta, calcari dolomitici. **SENONIANO.**
CALCARE DI ALTAMURA.



Calcarei detritici generalmente in strati e talora in banchi, o lastriiformi ("chiancarelle"); calcari grigi a *Milolidae*; calcari massicci o in banchi e *Chondrodonta* cf. *joannae* [CHOFF], *Apricardia laevigata* [D'ORB], *Caprina* sp., *Caprinula* sp., *Sauvagesia* sp., *S. sharpei* [BAYLE], *Durania arnaldi* [CHOFF], *Nerinea* cf. *pseudo-nobilis* [CHOFF]; *microjaune* a *Nezozosata simplex* [OMARA], *Nummuloculina heimi* [BONET], *Canadina poronica parva* [HEDSON] (livelli "Sernicentro" e "Toritto"). **TUROLIANO-GENOMANLANO.** (Parte superiore della formazione tipo affiorante nel P° 177 "Bari").
CALCARE DI BARI.

Gli Allegati 1 e 2 riportano rispettivamente lo stralcio della cartografia PAI e lo stralcio della Carta Idrogeomorfologica dell' AdB Puglia.

INDIVIDUAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI

L'individuazione dei bacini idrografici è stata ottenuta attraverso la ricostruzione del modello digitale del terreno (DEM) facendo riferimento ai dati cartografici informatizzati reperibili dal SIT Puglia. Nello specifico i dati topografici di partenza sono stati elaborati al fine di ottenere un DEM formato Grid che consente un'analisi topografica di maggiore dettaglio rispetto ad una elaborazione in formato TIN.

Attraverso l'utilizzo di software tipo GIS sono stati individuati i bacini idrografici afferenti alle rispettive sezioni di imposta ubicate circa 300 m a valle dei vari siti oggetto di studio in maniera tale da non risentire delle condizioni al contorno e a vantaggio della sicurezza, sovrastimando la portata al colmo di piena.

In tabella sono riportati i dati relativi alle caratteristiche dei tratti di reticolo utilizzati per effettuare l'analisi idrologica.

	BACINO IDROG. 1	BACINO IDROG. 2	BACINO IDROG. 3
Area (Km ²)	18.9	0.73	3.58
Altezza media (m s.l.m.)	369	366.6	299.6
Quota max (m s.l.m.)	490	400	323.61
Quota min (m s.l.m.)	278	309	275.26
Lunghezza asta fino al displuvio (m)	11000	2410	3800
Pendenza (m/m)	1.56	2.78	1.05

Tab. 1: Caratteristiche reticoli studiati per gli aerogeneratori e le interferenze cavidotto-reticolo.

In particolare lungo gli assi di scorrimento sono state rilevate diverse sezioni morfologiche perpendicolari alla direzione di flusso, per una distanza media di 300 m a monte e a valle di ciascuna zona di progetto (aerogeneratori e interferenze reticolo-cavidotto). Il calcolo della portata di colmo è stato eseguito considerando la sezione di chiusura per ciascun bacino, sovrastimando le portate, a favore della sicurezza.

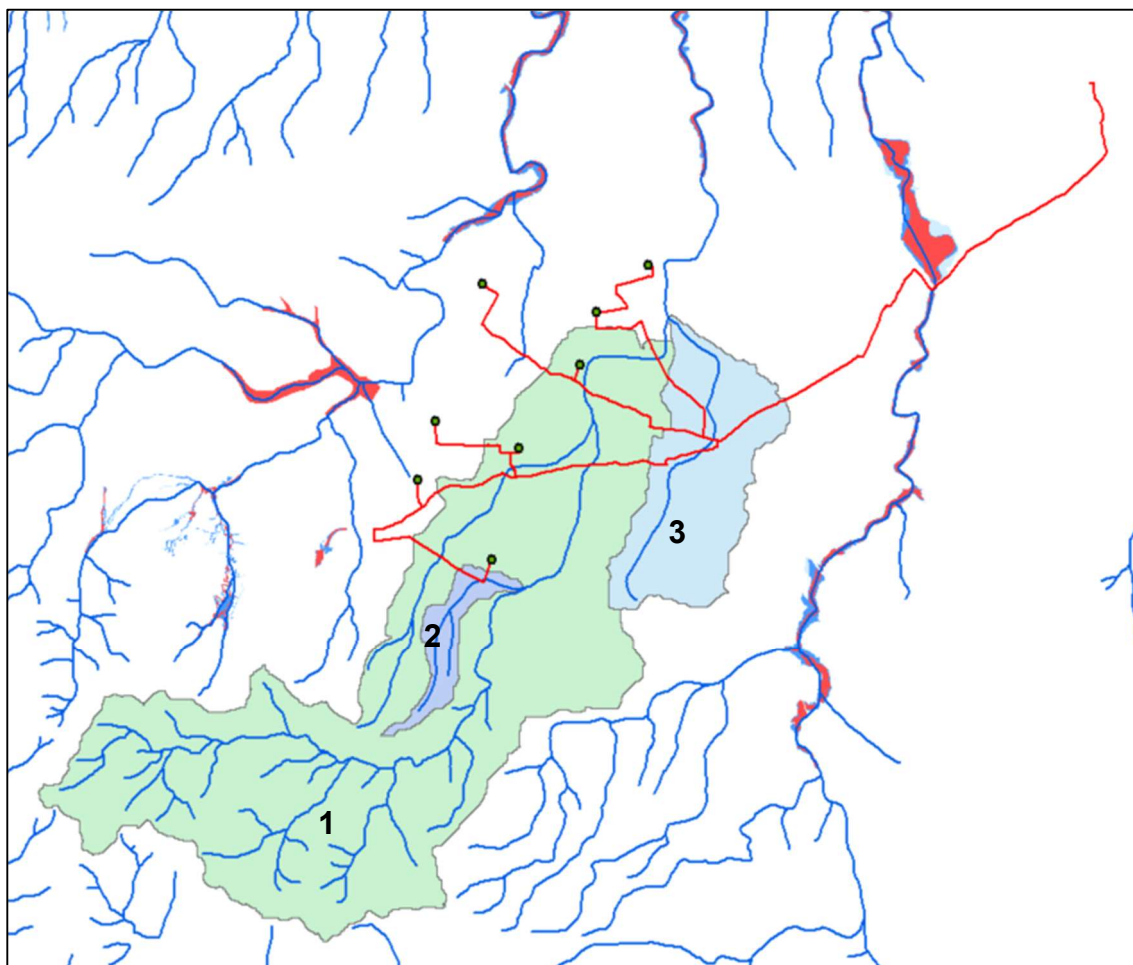


Fig. 4: Bacini idrografici studiati con relativi reticoli. I punti verdi identificano gli aerogeneratori in progetto. In rosso il cavidotto di collegamento. Sono riportate anche le aree perimetrare PAI a BP, MP e AP.

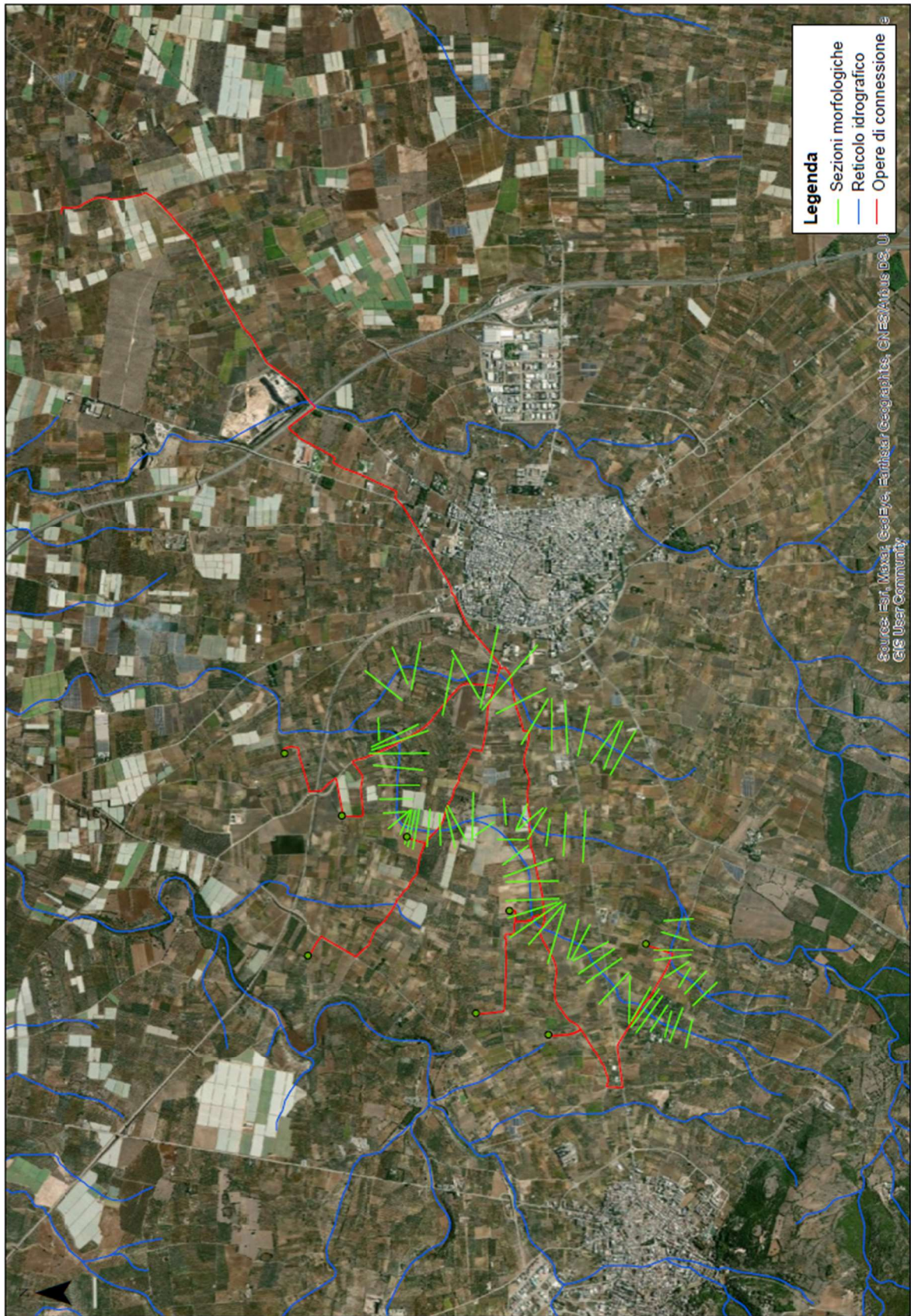


Fig. 5– Stralcio Ortofoto con sezioni relative agli aerogeneratori.

STIMA DELLA PORTATA AL COLMO DI PIENA

Dati pluviometrici

La curva segnalatrice di possibilità pluviometrica è stata individuata secondo il metodo probabilistico TCEV. I risultati, riportati nel sito dell'Autorità di Bacino della Puglia, suddividono la Puglia in sei sottozone omogenee, ognuna caratterizzata da parametri diversi.

Il bacino oggetto di studio ricade all'interno della zona **cinque** (Puglia centro-Murgia), in cui la curva di probabilità pluviometrica ha la seguente formula:

$$\text{Zona 5} \quad x(t,z) = 28.2 t^{(0.628+0.0002 z)^{3.178}}$$

Dopo aver trovato il valore di X_t (per prefissato tempo di ritardo) si calcola il fattore di crescita K_t in funzione del tempo di ritorno, utilizzando la formula:

$$K_t = a + b \ln T$$

$$a = 0,1599$$

$$b = 0,5166$$

T = tempo di ritorno

A questo punto il valore della pioggia è dato da: $P = X_t \cdot K_t$



**Fig.6 –
Sottozone
omogenee
(TCEV)**

Cenni metodologici: il CN dell'SCS

Il metodo usualmente denominato “curve number” CN ed elaborato dal Soil Conservation Service (SCS) assume che la produzione del volume di deflusso superficiale, Q, sia data dalla seguente espressione:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{(P-I)}$$

in cui:

F = volume specifico infiltrato;

S = volume specifico di saturazione di un terreno;

P = precipitazione;

I = assorbimento iniziale;

quindi, tenendo conto dell'equazione di continuità:

$$F = P - I - Q$$

dalla precedente, si ottiene :

$$Q = \frac{(P-I)^2}{(P-I+S)}$$

Il volume specifico di saturazione dipende dalla natura del terreno e dall'uso del suolo, fattori che vengono espressi, per mezzo del CN, attraverso la seguente relazione:

$$S = S_0 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

in cui:

- S_0 è un fattore di scala, pari a 254 se la pioggia viene espressa in mm;
- CN è il parametro di cui sopra, che può essere un valore compreso fra zero e cento.

Tale modello, quindi, prende in considerazione le due variabili I ed S. In realtà, il termine I rappresenta un volume specifico di pioggia, generalmente sottratto a priori al bilancio in esame, che descrive in modo globale diversi processi, quali l'intercettazione, l'accumulo nelle depressioni superficiali, l'imbibimento iniziale del terreno. Nella procedura SCS-CN standard, I viene valutato come una quota parte di S, specificatamente il 20%.

Resta, infine, da definire come si determina il parametro CN. Tale parametro, come abbiamo già accennato, è funzione della permeabilità, dello stato di umidità del suolo al momento dell'evento meteorico in esame e dell'uso del suolo.

Modalità esecutive

Nel presente studio, la valutazione del parametro CN è stata eseguita secondo le indicazioni del Maione sia per quel che riguarda le espressioni matematiche, sia per la tabella uso del suolo-permeabilità, sia per la valutazione dell'umidità del suolo, supportate da valutazioni conseguenti ad indagini effettuate in loco.

Si riporta di seguito uno schema della metodologia adottata.

Classificazione del suolo secondo quattro classi di permeabilità ottenute dal confronto delle formazioni geologiche presenti nel bacino con tabelle di conversione estratte da studi precedenti:

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A = MOLTO PERMEABILE	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B = POCO PERMEABILE	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 = QUASI IMPERMEABILE	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D = IMPERMEABILE	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 delle superfici.

Determinazione dell'umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico e riconoscimento di tre classi (classi AMC, Antecedent Moisture Condition), in funzione della pioggia caduta nei cinque giorni precedenti.

AMC	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 13 mm	< 36 mm
II	13 - 28 mm	36 - 53
III	> 28 mm	> 53 mm

Determinazione dell'uso del suolo;

Uso del Suolo	A	B	C	D
<ul style="list-style-type: none"> • Aree agricole con presenza di spazi naturali • Seminativi in aree non irrigue • Vigneti non irrigui • Colture temporanee associate a colture permanenti • Frutteti e frutti minori non irrigui 	62	71	78	81
Aree Urbane	92	92	92	92
Area residenziale	77	85	90	92
Bacini d'acqua	100	100	100	100
<ul style="list-style-type: none"> • Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo • Colture orticole a ciclo estivo autunnale/primaverile • Colture orticole a ciclo primaverile-estivo • Frutteti e frutteti minori irrigui • Oliveti irrigui • Sistemi colturali e particellari complessi • Vigneti irrigui • Sistemi colturali e particellari complessi • Vigneti irrigui 	72	81	88	91
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Zone Boscate	45	66	77	83

valori del CN in funzione del gruppo geolitologico e dell'uso del suolo

Tenendo conto della stagione in cui ricade l'evento in esame, rispetto al periodo di crescita delle piante, si hanno le seguenti espressioni per la valutazione del CN:

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

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

I CN(II) è definito dalla tabella a doppia entrata uso del suolo-permeabilità.

Per lo studio in oggetto, attraverso l'utilizzo di tecniche GIS, sono stati calcolati i seguenti valori relativi alle diverse condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento (AMC I, II e III).

Elaborazione e analisi dei risultati

Per il calcolo della portata è stata considerata la sezione di chiusura dei due bacini idrografici in oggetto, ai fini della sicurezza.

Sempre a tale scopo, il terreno di ciascun bacino è stato considerato completamente saturo, per cui come coefficiente si è utilizzato il CN III.

	Sezione di chiusura BACINO IDROGRAFICO 1	Sezione di chiusura BACINO IDROGRAFICO 2	Sezione di chiusura BACINO IDROGRAFICO 3
	km ²	km ²	km ²
Terreno coltivato	15.7	0.7	3.19
Incolto	2.7	0	0.07
Area urbana	0.5	0.03	0.32
CN (II)	60	63	64
CN (III)	78	80	81

Tab. 3: Caratterizzazione areale dell'uso del suolo e valori del CN

Tali valori consentono di ricavare il valore della pioggia netta e dell'afflusso nelle ipotesi di istogramma rettangolare di durata pari al tempo di ritardo del bacino, nel seguito definito e determinato.

Per il calcolo della portata al colmo, si è utilizzata la metodologia proposta dal Soil Conservation Service. Questo metodo considera un idrogramma approssimato di forma triangolare con una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) ed una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento) e il cui volume V , in m³, ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2}(t_a + t_e) = \frac{Q_p \cdot t_b}{2}$$

con t_b durata dell'evento di piena.

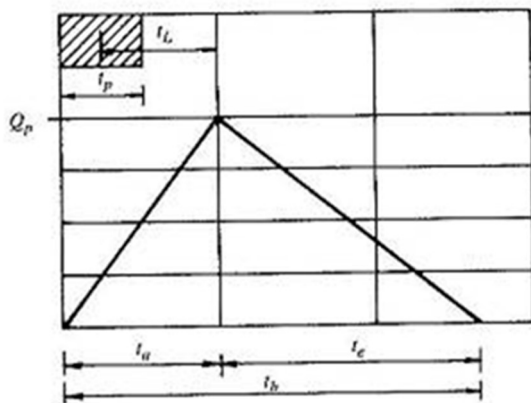


Fig. 7 - Idrogramma triangolare utilizzato per il calcolo della portata al colmo con il metodo SCS

A seguito di analisi sperimentali dell'SCS è stato stabilito che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37.5% del volume totale V di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0.375 volte la durata dell'evento di piena t_b e pertanto:

$$t_b = 2.67 \cdot t_a$$

Di conseguenza è possibile esprimere la portata al colmo secondo la relazione qui di seguito riportata:

$$Q_p = 0.208 \cdot \frac{V \cdot A}{t_a}$$

in cui:

V = volume di deflusso espresso in mm;

A = area del bacino espressa in Km²;

t_a = tempo di accumulo espresso in h.

La determinazione di t_a , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante, di durata t_p e indicando con t_L il tempo di ritardo (distanza tra il baricentro dello istogramma ed il picco dell'idrogramma triangolare), si effettua con la semplice relazione:

$$t_a = 0.5 \cdot t_p + t_L$$

Per la determinazione del tempo di ritardo, espresso in ore, si utilizza la formula di Mockus:

$$t_L = 0.342 \cdot \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

in cui s è la pendenza del bacino espressa in percentuale, L è la lunghezza dell'asta principale, prolungata fino alla disluviata espressa in Km.

Sulla base di determinazioni empiriche effettuate dall'SCS, è possibile affermare che il rapporto t_L/t_c è pari a 0,6 con t_c tempo di corrivazione del bacino. Attraverso la convoluzione di tale afflusso netto con l'idrogramma definito dal SCS, precedentemente valutato per i bacini relativi agli aerogeneratori, si ottengono i risultati contenuti nelle seguente tabella.

Sezioni Bacino	Q_{200} (m ³ /s)
221 (bacino 1)	34.5
269 (bacino2)	5.85
434 (bacino3)	11.5

Tab. 4: Portata al colmo di piena per i bacini in esame e per il tempo di ritardo determinato con il metodo SCS.

ANALISI IDRAULICA

Cenni metodologici

Per la realizzazione dell'analisi si è utilizzato il software HEC-RAS, prodotto della U.S. Army Corps of Engineers, Hydrology Engineers Center, validato a livello internazionale per gli studi idraulici dei corsi d'acqua.

Il modello è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua, una volta fornite tutte le informazioni necessarie circa la geometria di un numero sufficiente di sezioni trasversali. Il programma consente, inoltre, di inserire sezioni trasversali fittizie, interpolando quelle rilevate e risolve il problema dell'individuazione del livello della corrente in un'assegnata sezione, tenendo conto delle seguenti ipotesi:

- il moto è permanente;
- il flusso è monodimensionale;
- i canali hanno pendenza lieve (1:10).

Modalità esecutive

Il lavoro si è articolato come di seguito indicato:

- input dei dati geometrici;
- inserimento dei dati inerenti le portate di verifica;
- definizione delle condizioni al contorno;
- esecuzione della modellazione.

Per tutte le sezioni esaminate è stato assunto come coefficiente di Manning pari a 0.045 scaturito dallo studio analitico dei luoghi eseguito secondo l'equazione di Cowan:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

dove:

- n_0 = la quota parte di scabrezza corrispondente ad un alveo rettilineo con andamento uniforme regolare;
- n_1 = il valore aggiuntivo che tiene conto della irregolarità della superficie dell'alveo;
- n_2 = il contributo alla scabrezza dovuto alle variazioni di forma e dimensioni delle sezioni trasversali lungo il tratto in esame;
- n_3 = il valore tiene conto di ostruzioni quali detriti, alberi morti, ecc;
- n_4 = il contributo dovuto alla presenza di vegetazione;
- m_5 = un fattore di correzione per alveo meandriforme;

I coefficienti di espansione e contrazione assunti, sono compresi tra 0,1 e 0,3 (infatti, non ci sono bruschi cambiamenti di sezione).

Infine, si precisa che i fenomeni di trasporto solido non sono stati oggetto di studio e che la verifica idraulica è stata condotta considerando le sezioni fluviali libere e quindi non interessate da fenomeni di occlusione, che altrimenti comporterebbero effetti peggiorativi.

Elaborazione e analisi dei risultati

Nelle figure che seguono vengono visualizzati i risultati delle elaborazioni definitive effettuate in condizioni di moto permanente.

È possibile osservare sia i profili del pelo libero che le sezioni del corso d'acqua esaminato.

Per ciascuna sezione, sono riportate le quote del tirante idrico (W.S. Water Surface) e dell'energia (EG) per le tre portate inserite.

Nella tabella successiva, si riportano le informazioni, ottenute dall'elaborazione che si riferiscono a grandezze significative quali: altezza critica, velocità, numero di Froude, il livello idrico per ogni sezione e per ciascun profilo.

Esportando dal software Hec – Ras i risultati ottenuti, è stato possibile effettuare la perimetrazione delle aree inondabili.

È stato delineato 1 profilo relativo al tempo di ritorno di 200 anni che individua

- le aree a media probabilità d'inondazione ($Tr = 200$ anni).

La perimetrazione delle aree inondabili è stata effettuata in ambiente GIS creando uno shapefile delle fasce di allagamento dato dal risultato dell'unione dei punti dello shape puntuale "Water Surface Extent" generato da Hec-ras, il quale riporta l'intercetta dei tiranti idrici (relativi al tempo di ritorno dei 200 anni) sulle varie sezioni studiate.

Poiché l'aerogeneratore n. 6 e le intersezioni numerate in fig. 8 n. 2-3-4-5-6-7 afferiscono allo stesso bacino idrografico, sono state trattate nel medesimo studio, i cui risultati sono riportati di seguito. Si specifica, inoltre, che anche le intersezioni n. 8-9 verranno trattate insieme perché appartenenti allo stesso bacino idrografico.

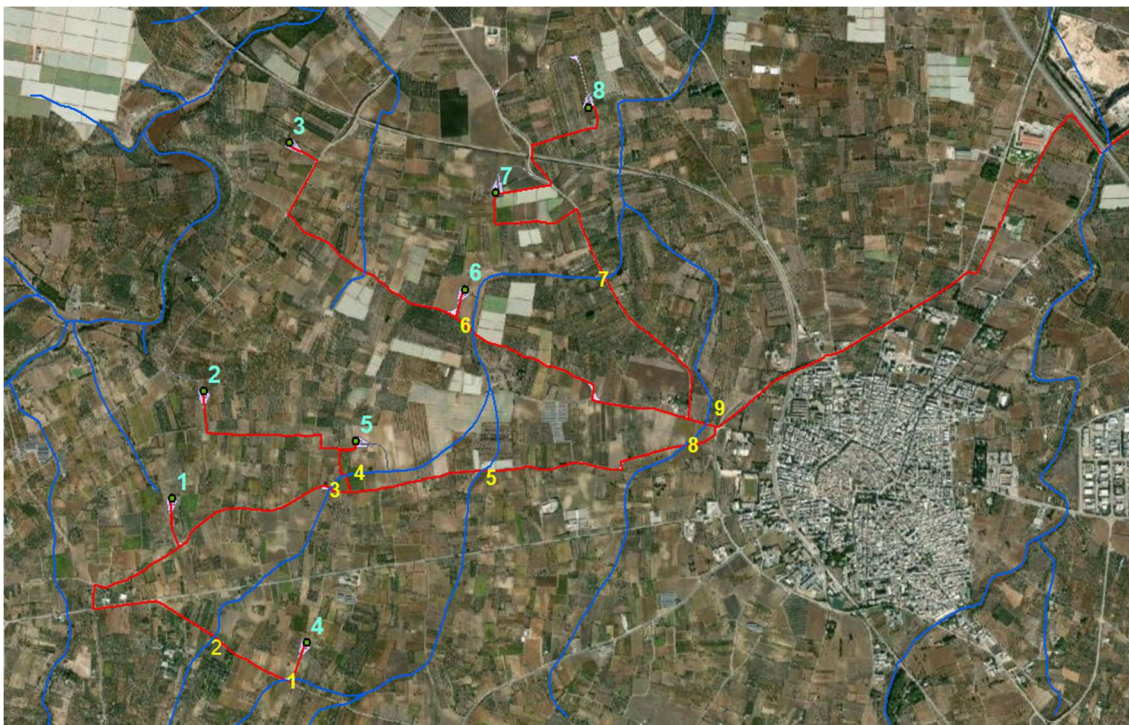


Fig. 8 – Numerazione aerogeneratori (in celeste chiaro) e punti di interferenza tra cavidotto di collegamento e reticolo idrografico.

In particolare, le intersezioni possono essere di due tipi:

- intersezioni con infrastrutture idrauliche (ponti, tombini, ecc)
- intersezioni “a raso”, dove non esiste la struttura idraulica perché la strada segue la morfologia dei luoghi

PRIMO ATTRAVERSAMENTO

In questo tratto il cavidotto parte dall’aerogeneratore n. 4 e raggiunge la SP 170, intercettando un reticolo idrografico minore (non presente sulla cartografia IGM al 25000).

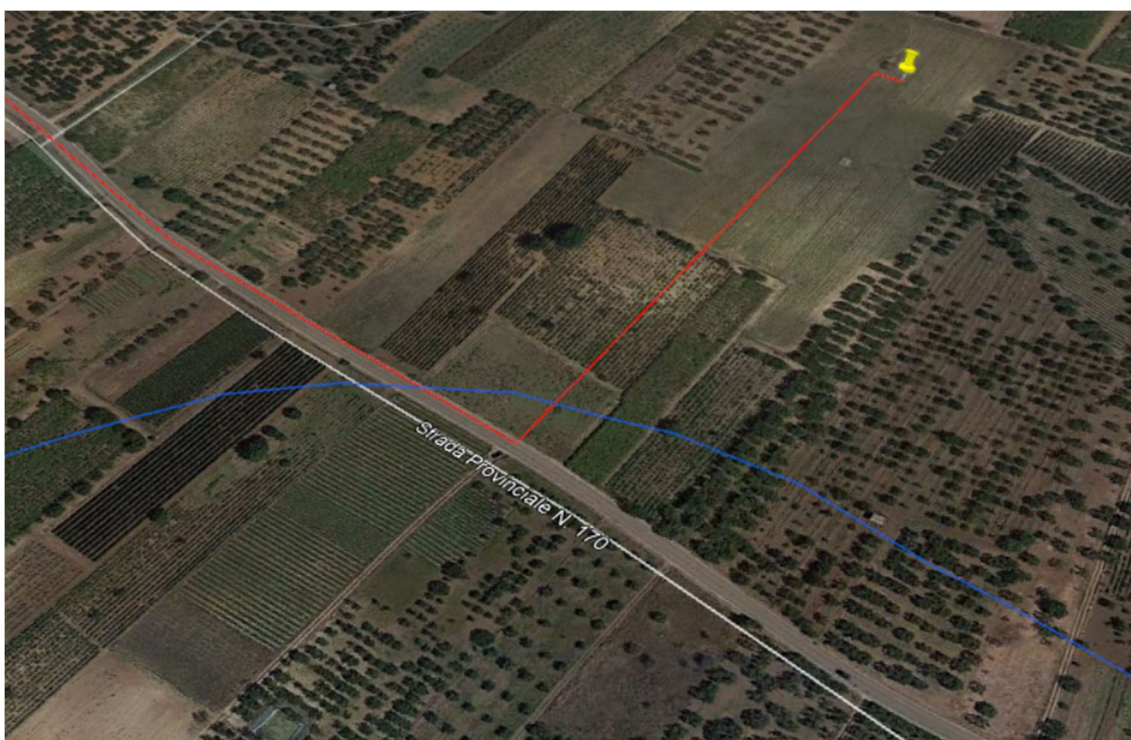


Fig. 9 – Foto google con evidenza dell’intersezione tra cavidotto (tracciato in rosso) e il reticolo idrografico.

Trattasi di intersezione a raso (non presente infrastruttura idraulica – Fig. 10). L’attraversamento sarà realizzato in perpendicolare al canale mediante trivellazione orizzontale controllata (TOC). Per verificare la compatibilità idraulica dell’intervento e la profondità di attraversamento del cavidotto, è stata eseguito lo studio idrologico-idraulico del canale i cui risultati sono di seguito riportati.

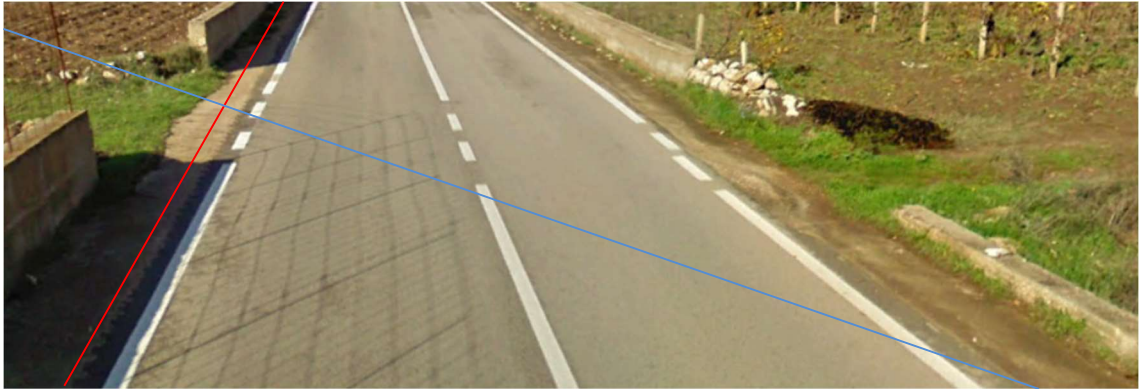


Fig. 10 – Punto di intersezione tra reticolo idrografico (blu) e cavidotto (rosso).

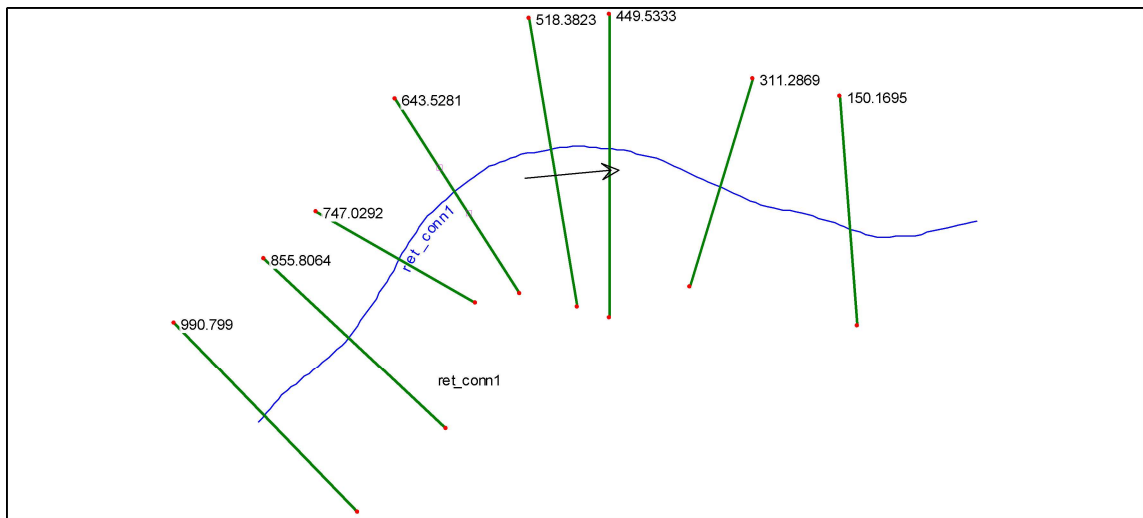


Fig. 11 – Schema planimetrico.

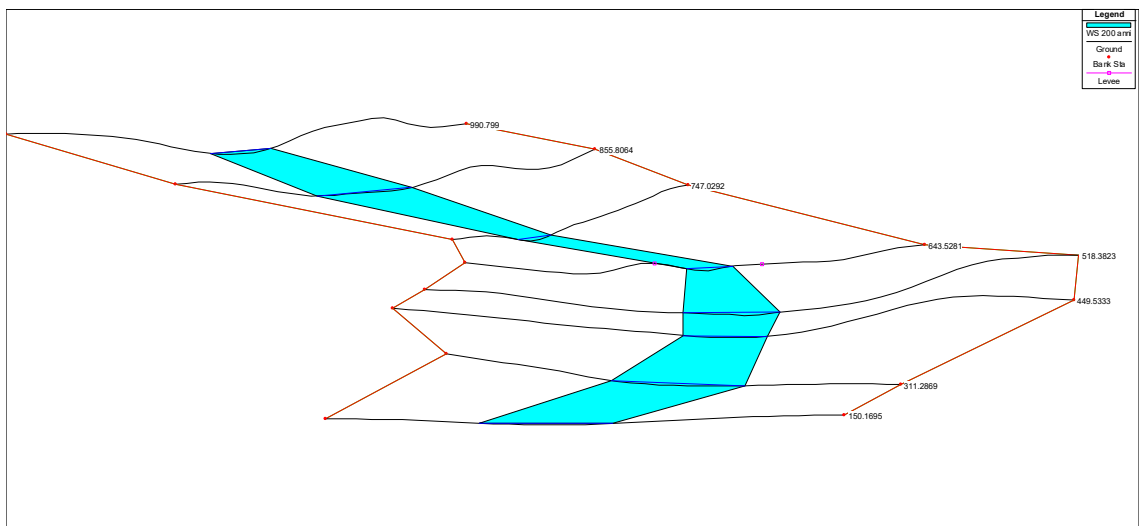


Fig. 12 – Visione prospettica.

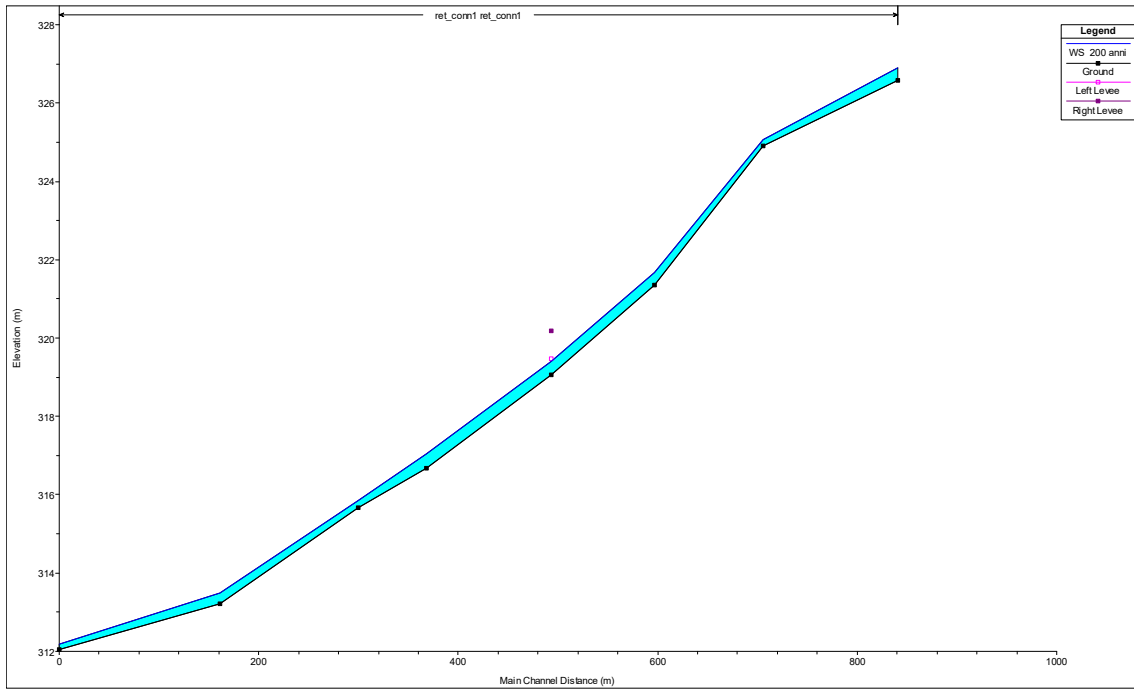


Fig. 13 – Profilo tirante idraulico.

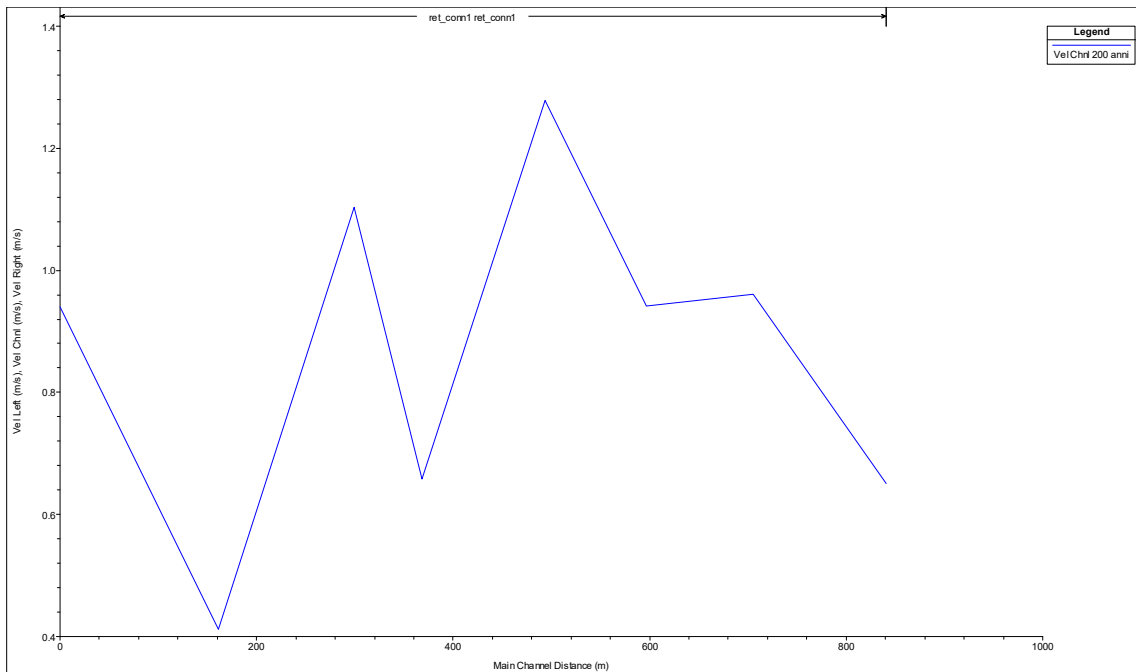


Fig. 14 – Profilo velocità.

Di seguito vengono riportate le velocità per un tempo di ritorno di 200 anni.

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
ret_conn1	990.799	200 anni	5.85	326.57	326.90	326.79	326.92	0.006329	0.65	8.99	40.28	0.44
ret_conn1	855.8064	200 anni	5.85	324.90	325.07	325.07	325.12	0.044402	0.96	6.09	65.53	1.01
ret_conn1	747.0292	200 anni	5.85	321.36	321.68	321.62	321.72	0.014533	0.94	6.21	29.83	0.66
ret_conn1	643.5281	200 anni	5.85	319.05	319.40	319.40	319.48	0.035491	1.28	4.58	27.10	0.99
ret_conn1	518.3823	200 anni	5.85	316.68	317.04	316.95	317.06	0.008844	0.66	8.90	50.41	0.50
ret_conn1	449.5333	200 anni	5.85	315.67	315.86	315.86	315.92	0.040950	1.10	5.30	43.60	1.01
ret_conn1	311.2869	200 anni	5.85	313.21	313.49	313.37	313.50	0.003179	0.41	14.18	75.10	0.30
ret_conn1	150.1695	200 anni	5.85	312.04	312.18	312.18	312.22	0.044449	0.94	6.23	69.31	1.00

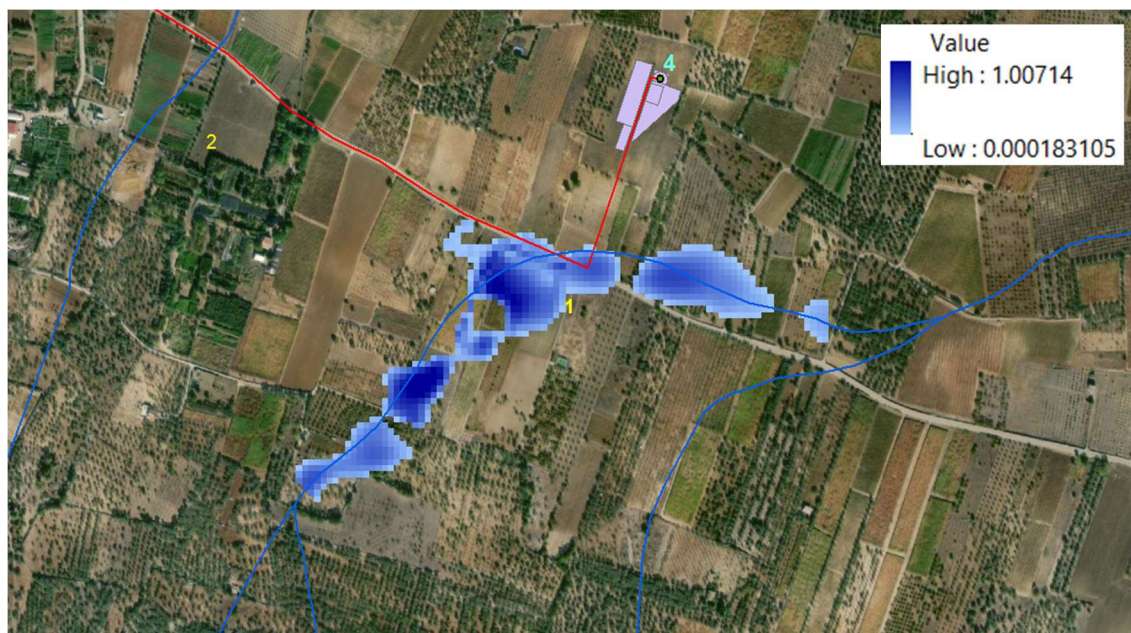


Fig. 15 – Aree inondabili con tempo di ritorno dei 200 anni.

La distribuzione delle aree di ruscellamento, una volta tracimati gli argini, tende ad adattarsi all'ampiezza dell'alveo. La foto in figura 15 (presente anche in allegato) restituisce una mappatura più accurata delle zone inondabili in quanto l'elaborazione raster fornisce un valore puntuale dell'altezza del tirante idraulico in un determinato punto.

Nella zona in cui il cavidotto interrato attraversa la fascia di allagamento (anche se in sicurezza con metodologia TOC), per avere garanzie sulla bontà della scelta della profondità per la posa del cavo al disotto del punto più depresso delle aree allagabili, si sono individuate le azioni di trascinamento che la corrente può esplicare in corrispondenza dei tratti di attraversamento dei reticoli sopra prima indicati, in modo tale da verificare che la relativa profondità di escavazione non possa raggiungere il cavo stesso.

In generale, la corrente idrica esercita un'azione di trascinamento sui grani di materiale disposti sul contorno bagnato e, se questi non sono sufficientemente stabili, li sposta ossia, erode il letto fluviale mobile. L'erosione può provocare l'abbassamento del letto e/o il crollo delle sponde con allargamento e spostamento (migrazione) dell'alveo.

Si distinguono pertanto i seguenti fenomeni:

- Erosione locale, dovuta principalmente ad eventi intensi associati a precipitazioni eccezionali: si esplica in prossimità di singolarità idrauliche, come pile o spalle di ponti, ovvero salti e scivoli che comportano perturbazioni alla corrente, ove la turbolenza risulta particolarmente intensa. Il fenomeno ha decorso rapidissimo e può portare alla rovina dell'opera in alveo nel corso di una sola piena;
- Erosione generalizzata, dovuta alle piene ordinarie: si sviluppa quando la portata di sedimento immessa da monte non è sufficiente a saturare la capacità di trasporto della corrente idrica; la saturazione della capacità di trasporto avviene prelevando materiale d'alveo, ossia erodendo il letto; questa può procedere uniformemente o localmente ma in maniera graduale.

Il caso in esame, dove gli attraversamenti delle aree allagabili sono previsti lungo tratti indisturbati dell'alveo in modellamento attivo, privi di opere puntuali, è da ricondurre all'erosione di tipo generalizzata.

La profondità della erosione di un tronco d'alveo per carenza di apporto di materiale solido da monte può essere definita con delle formulazioni empiriche.

Infatti la sezione si deformerà, approfondendosi e/o allargandosi, fino a che l'azione di trascinamento della corrente non diminuirà al di sotto del valore critico individuato.

Per le valutazioni più speditive si può ricavare la profondità di erosione δ come differenza tra il tirante d'acqua "h" antecedente alla erosione e il tirante d'acqua "he" a fenomeno avvenuto:

$$\delta = h_e - h$$

dove:

h_e = tirante successivo all'erosione

h = tirante antecedente all'erosione.

Il tirante d'acqua "he" a fenomeno avvenuto si ricava da formule del tutto empiriche e senza giustificazione teorica, dall'equilibrio dei canali a regime.

La formula di Blench (1969) propone:

$h_e = 0.379 q^{2/3} d_{50}^{-1/6}$ per sabbia e limo con $6 \cdot 10^{-5} < d_{50} \text{ (m)} < 0.002$

$h_e = 0.692 q^{2/3} d_{50}^{-1/12}$ per sabbia e ghiaia con $0.002 < d_{50} \text{ (m)} < 0.002$

La formula di Maza Alvarez ed Echavarria (1973) propone:

$h_e = 0.365 q^{0.784} d_{50}^{-0.157}$ per sabbia e ghiaia con $d_{75} \text{ (m)} < 0.006$

dove:

$q \text{ (m}^2\text{/s)}$ = portata per unità di larghezza del canale

Per il calcolo di “q” si utilizza il tirante e velocità forniti dal modello idraulico lungo le sezioni stesse. Si è assunto, in maniera cautelativa, che detti valori massimi, misurati in corrispondenza delle sezioni di attraversamento prossime all'interferenza, possano definire le suddette portate per unità di larghezza del canale q se li si considera rappresentativi per tutta la sezione stessa, fissando, in questo modo, una sezione rettangolare per gli alvei. Questa posizione è, di fatto, ampiamente cautelativa in quanto in una sezione mistilinea i valori di tirante e velocità variano dai valori massimi adottati fino a quelli molto più modesti che si ritrovano lungo i bordi delle aree allagabili.

Inoltre, secondo Lacey (1930), l'erosione può raggiungere al massimo il valore di:

$$\delta = 0.27 h$$

Considerando depositi di natura limosa (depositi alluvionali o terreno vegetale), è stata calcolata l'erosione in corrispondenza della sezione n° 518 (fig. 16), coincidente con il tratto di attraversamento, utilizzando la formula di Blench.

Tirante = 0.36 m

Velocità = 0.66 m/sec

$d_{50} = 0,0005$ (sabbie e limi)

Portata unitaria $q \approx 0.24 \text{ m}^2\text{/sec}$

$h_e = 0.51 \text{ m}$

$$\delta = 0.51 - 0.36 = 0,16 \text{ m}$$

La profondità di posa deve superare la profondità di escavazione esplicabile dalla corrente per non essere interessato da fenomeni erosivi.

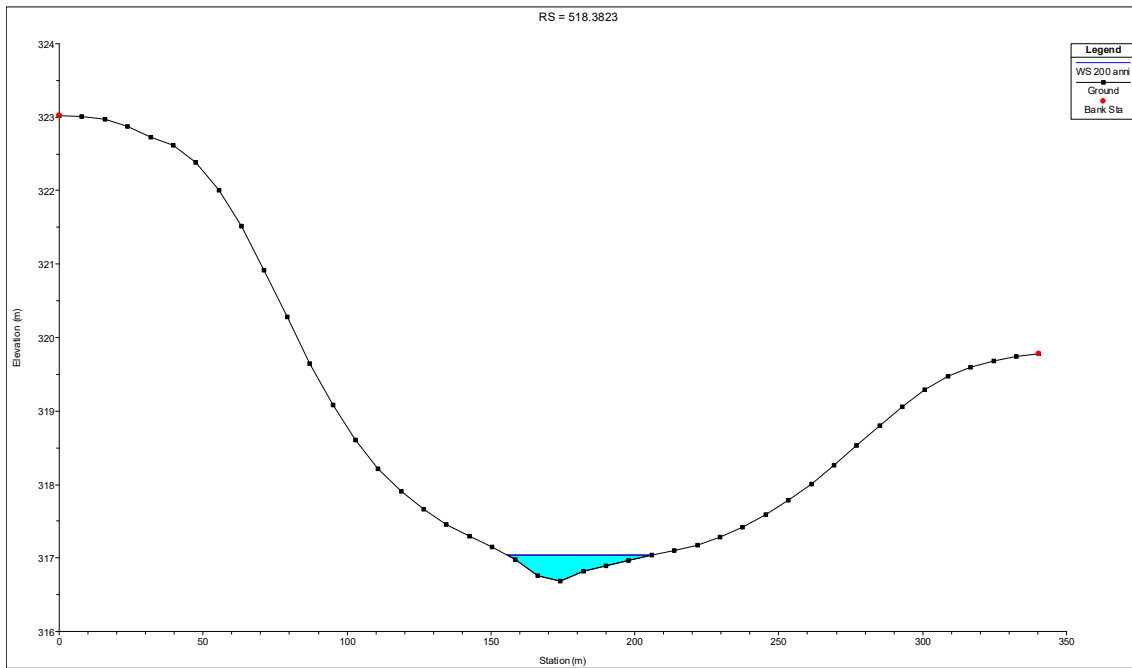


Fig. 16 – Sezione di intersezione tra fascia di allagamento e cavidotto interrato.

ATTRAVERSAMENTO N. 2-3-4-5-6-7 E AEROGENERATORE N. 6

Per gli attraversamenti n. 2-3-4-5-6-7 e l'aerogeneratore n.6 (vedi fig. 8) è stato effettuato un unico studio di compatibilità idraulica in quanto afferenti allo stesso bacino idrografico (punti prossimi ad affluenti di uno stesso reticolo principale). Di seguito la descrizione delle varie interferenze cavidotto-reticolo e i risultati di tale studio.

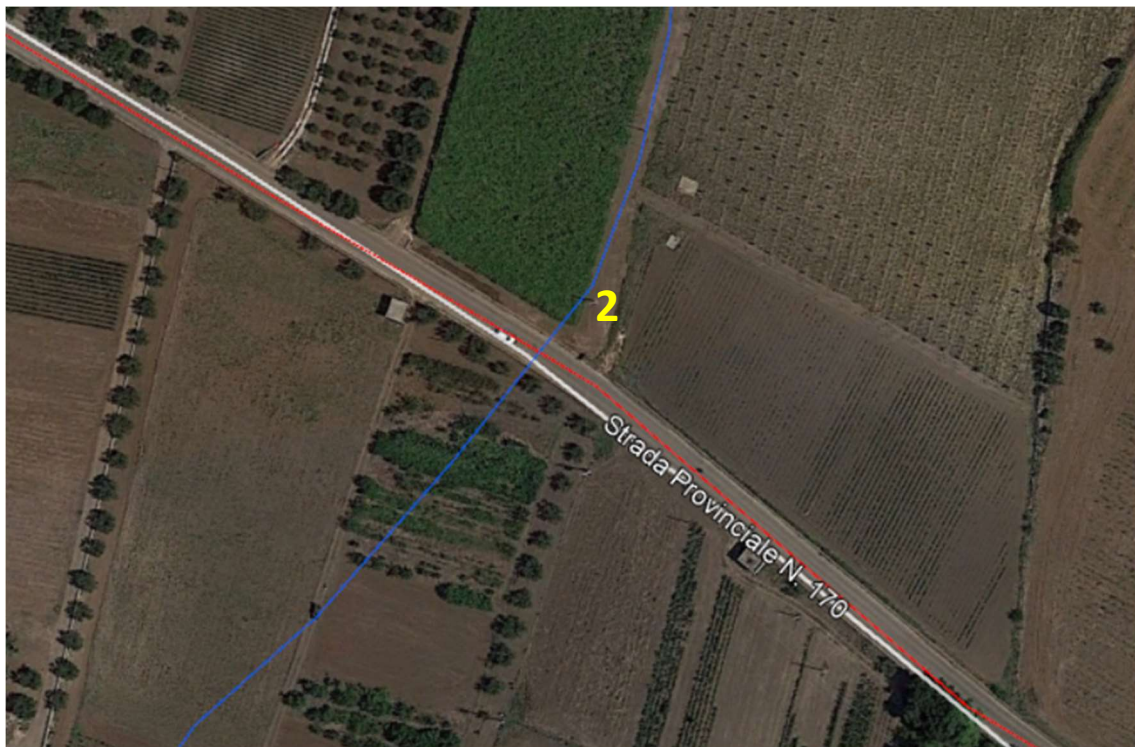


Fig. 17 – Foto google dell'intersezione n.2 e particolare tra cavidotto (tracciato in rosso) e il reticolo idrografico (blu).

In questo tratto (intersezione n. 2) il cavidotto passa lungo la SP 170 fino a raggiungere la SP 48 e devia lungo la Strada Vicinale Graviglione (intersezione n. 3-4) biforcandosi verso gli aerogeneratori 2 e 5 e proseguendo sulla medesima strada (intersezione 5).



Fig. 18 – Foto google dell'intersezione n.3-4 e particolare dell'int n. 3 tra cavidotto (tracciato in rosso) e il reticolo idrografico (blu).

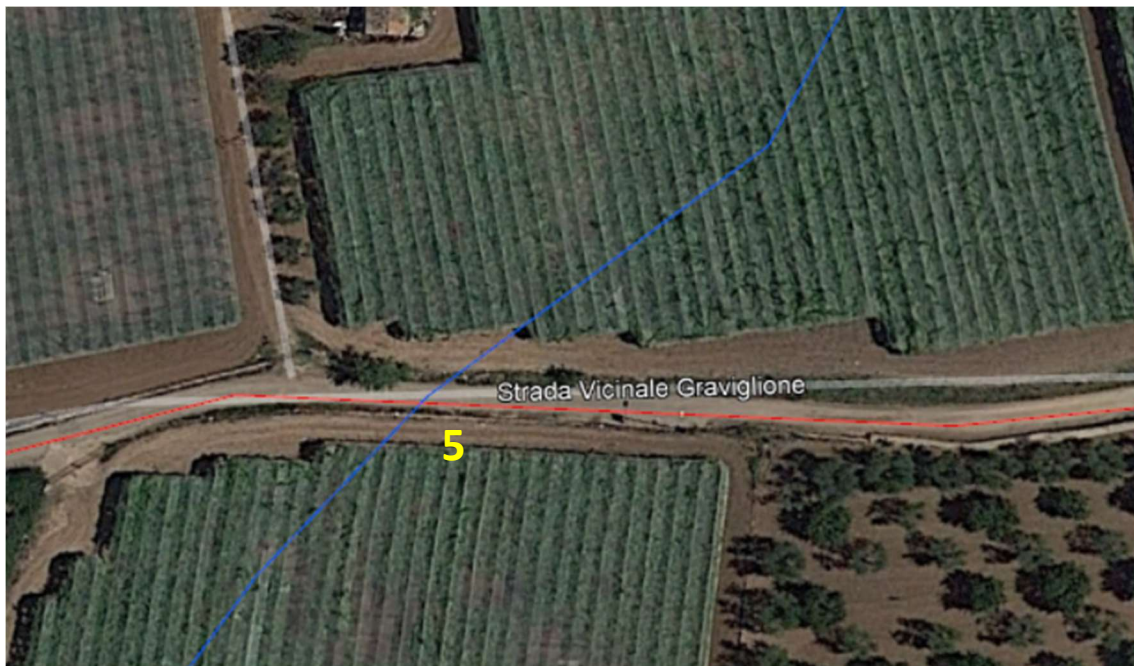


Fig. 19 – Foto google dell’intersezione n.5 e particolare tra cavidotto (tracciato in rosso) e il reticolo idrografico (blu).

L’intersezione n. 6 è ubicata lungo la Strada Vicinale Telavera e raggiunge l’aerogeneratore n.6 (fig. 20).

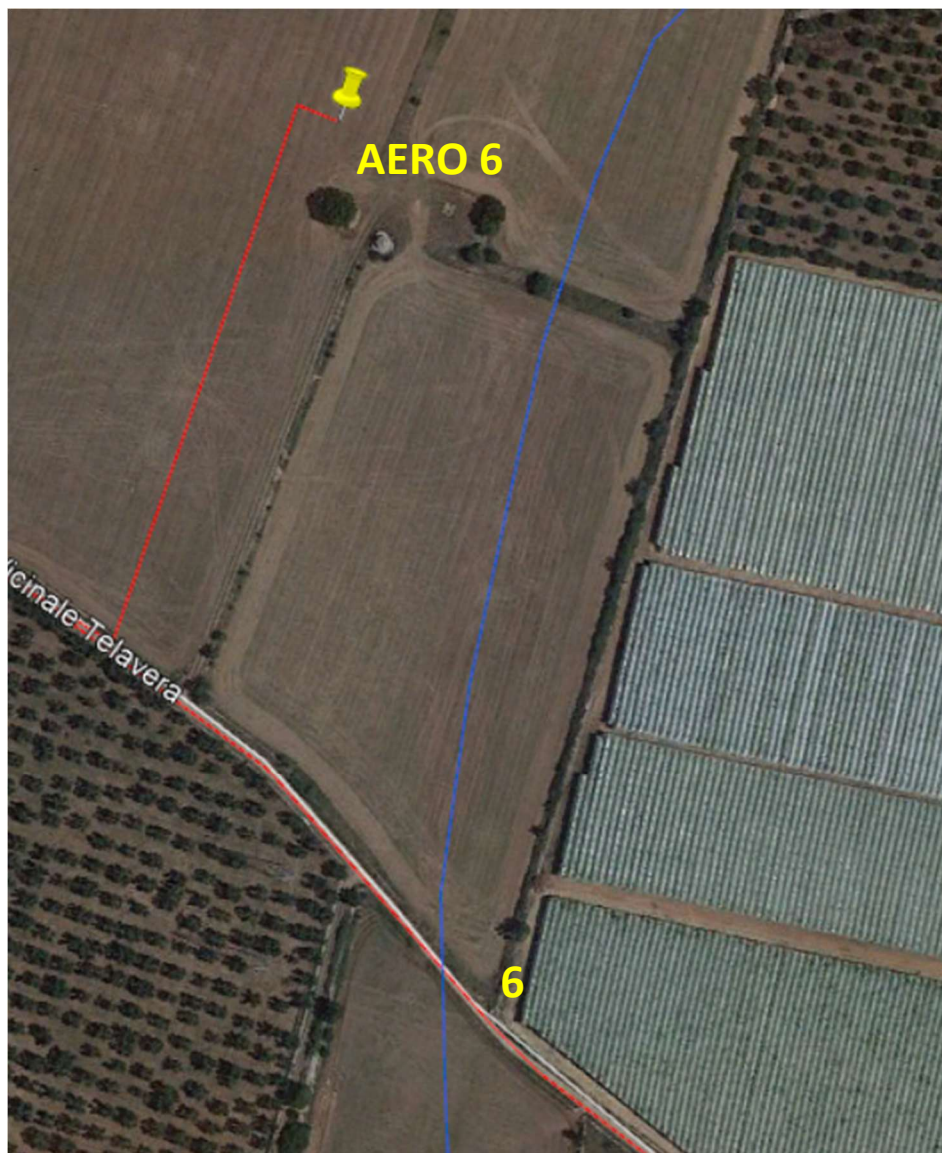


Fig. 20 – Foto google dell'intersezione n.6 e particolare tra cavidotto (tracciato in rosso) e il reticolo idrografico (blu).

L'intersezione n. 7 è ubicata lungo la SP 178 (fig. 21).

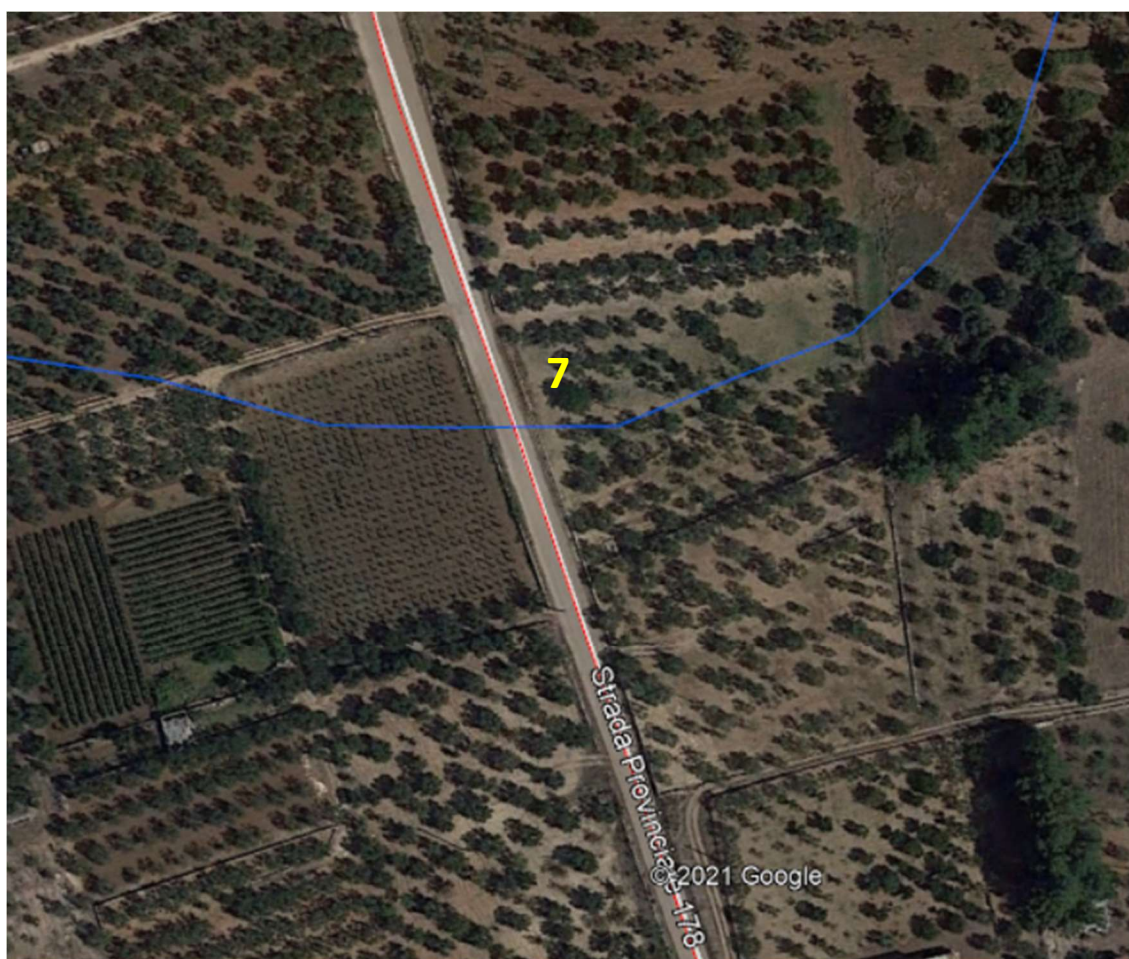


Fig. 21 – Foto google dell'intersezione n.7 e particolare tra cavidotto (tracciato in rosso) e il reticolo idrografico (blu).

Come è possibile vedere dalle foto riportate per ogni attraversamento, trattasi di intersezione a raso (non presente infrastruttura idraulica) in corrispondenza della sede stradale asfaltata. L'attraversamento sarà realizzato in perpendicolare al canale mediante trivellazione orizzontale controllata (TOC).

Per verificare la compatibilità idraulica dell'intervento e la profondità di attraversamento del cavidotto, è stata eseguito lo studio idrologico-idraulico dei vari tratti di canale i cui risultati sono di seguito riportati.

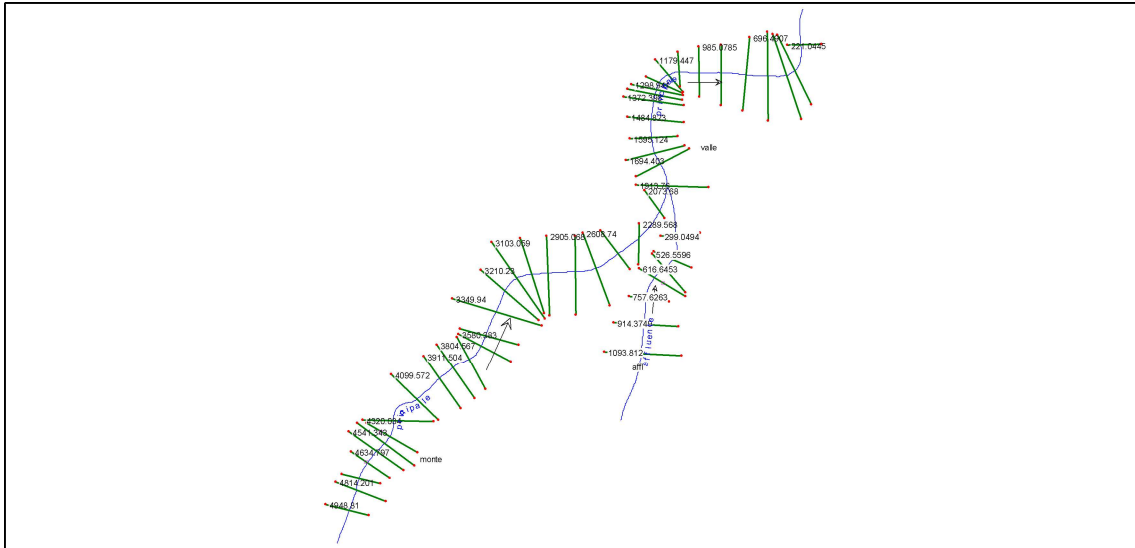


Fig. 22 – Schema planimetrico.

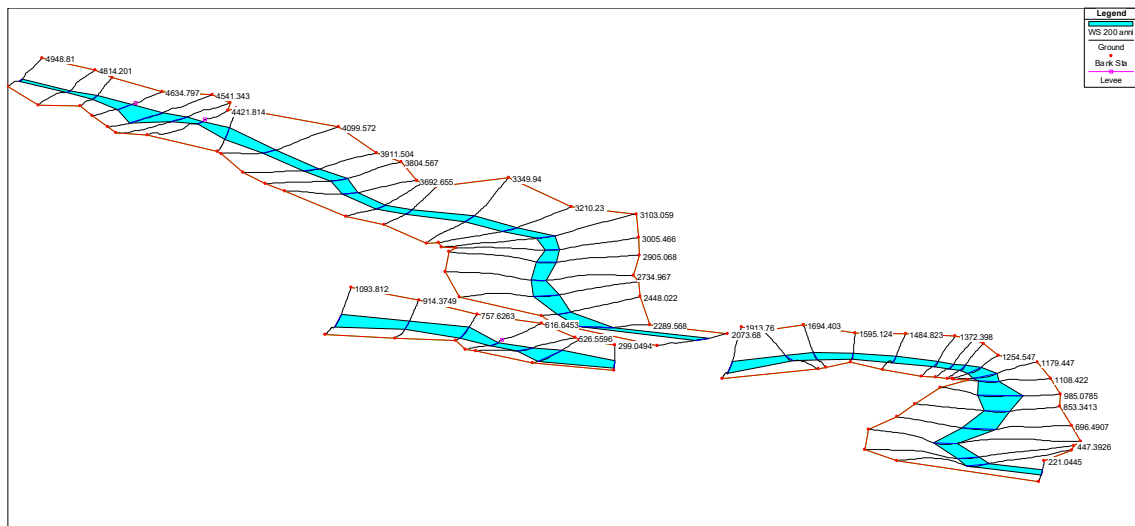


Fig. 23 – Visione prospettica.

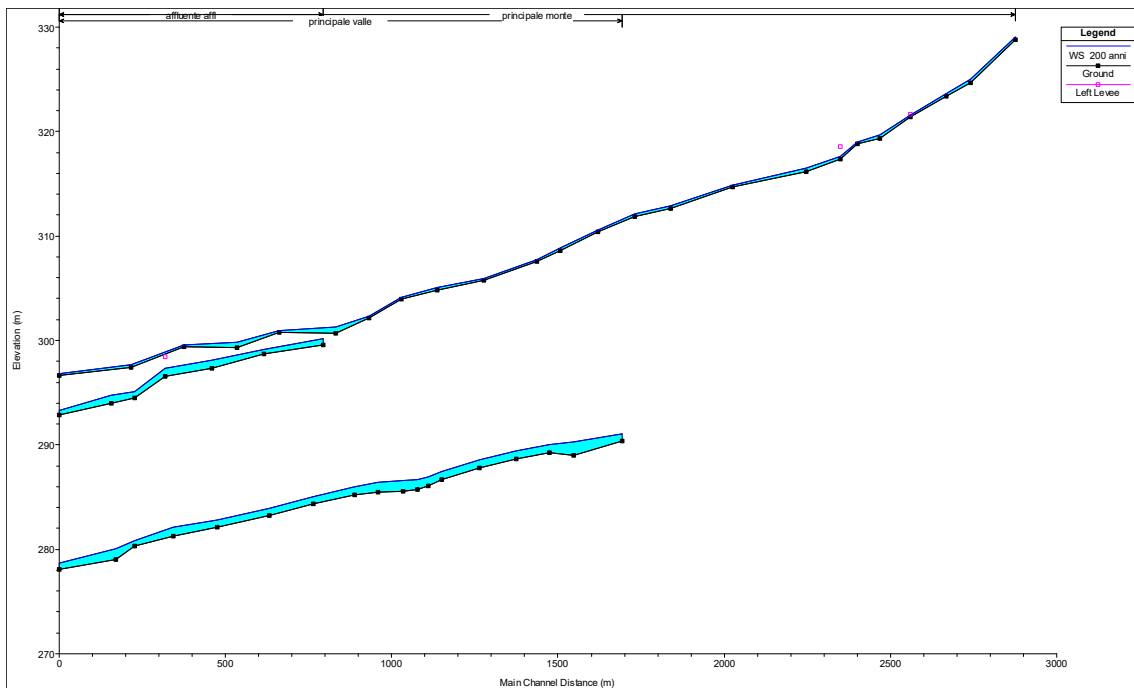


Fig. 24 – Profilo tirante idraulico.

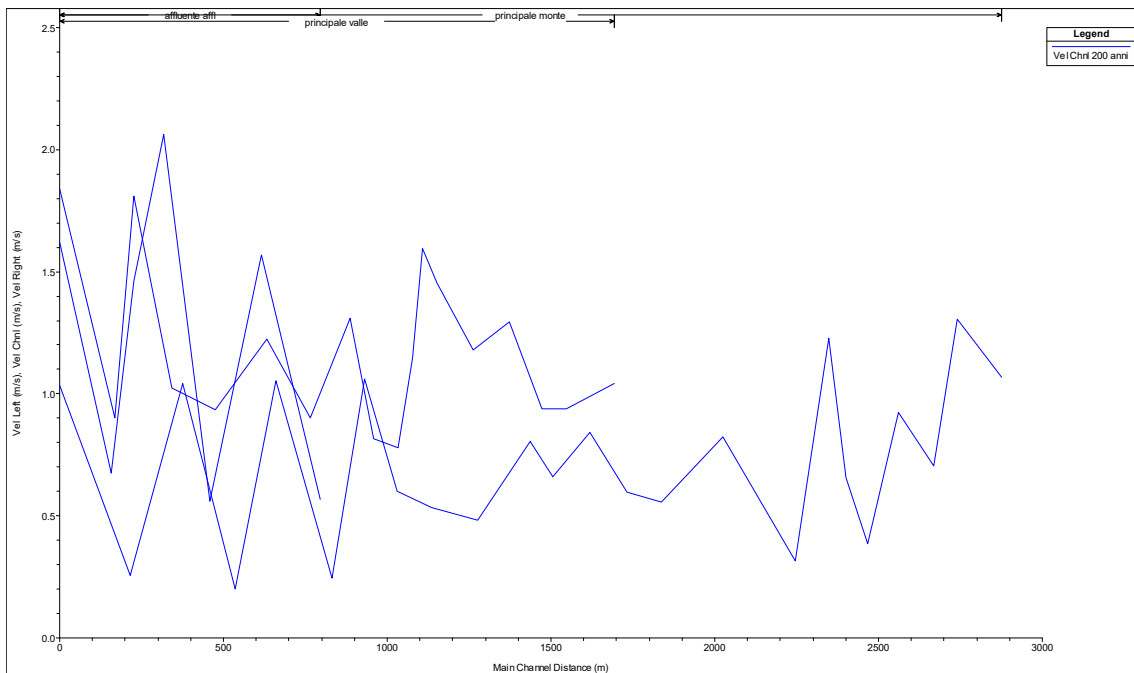


Fig. 25 – Profili velocità.

La distribuzione delle aree di ruscellamento, una volta tracciati gli argini, tende ad adattarsi all'ampiezza dell'alveo.

Nella tabella successiva, si riportano le informazioni, ottenute dall'elaborazione che si riferiscono a grandezze significative quali: altezza critica, velocità, numero di Froude, il livello idrico per ogni sezione e per ciascun profilo.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
principale	monte	4948.81	200 anni	4.50	328.77	329.04	329.02	329.10	0.024013	1.07	4.21	24.40	0.82
principale	monte	4814.201	200 anni	4.50	324.70	325.05	325.05	325.14	0.036938	1.30	3.45	20.41	1.01
principale	monte	4741.007	200 anni	4.50	323.36	323.62	323.55	323.64	0.010658	0.70	6.40	37.71	0.54
principale	monte	4834.797	200 anni	4.50	321.40	321.54	321.54	321.58	0.045509	0.92	4.88	56.76	1.01
principale	monte	4541.343	200 anni	4.50	319.37	319.68	319.63	319.69	0.007079	0.39	11.63	123.59	0.40
principale	monte	4474.772	200 anni	4.50	318.79	318.96		318.98	0.017722	0.66	6.85	65.48	0.65
principale	monte	4421.814	200 anni	4.50	317.39	317.62	317.62	317.70	0.034988	1.23	3.66	22.79	0.98
principale	monte	4320.034	200 anni	4.50	316.15	316.49	316.39	316.49	0.003301	0.32	14.24	115.54	0.29
principale	monte	4099.572	200 anni	4.50	314.73	314.90	314.88	314.94	0.023960	0.82	5.48	46.90	0.77
principale	monte	3911.504	200 anni	4.50	312.63	312.91		312.93	0.060026	0.56	8.08	44.06	0.42
principale	monte	3804.567	200 anni	4.50	311.90	312.14		312.16	0.008715	0.80	7.52	48.59	0.49
principale	monte	3692.655	200 anni	4.50	310.41	310.60		310.64	0.023992	0.84	5.34	44.05	0.77
principale	monte	3580.383	200 anni	4.50	308.60	308.83	308.77	308.85	0.011301	0.66	6.80	45.89	0.55
principale	monte	3510.481	200 anni	4.50	307.55	307.72		307.76	0.022979	0.80	5.60	48.02	0.75
principale	monte	3349.94	200 anni	4.50	305.75	305.96		305.97	0.006502	0.48	9.34	66.92	0.41
principale	monte	3210.23	200 anni	4.50	304.80	305.04		305.06	0.006634	0.53	8.44	52.75	0.43
principale	monte	3103.059	200 anni	4.50	303.95	304.16		304.18	0.010242	0.60	7.49	54.21	0.52
principale	monte	3005.466	200 anni	4.50	302.17	302.34	302.34	302.39	0.041611	1.06	4.24	37.40	1.01
principale	monte	2905.068	200 anni	4.50	300.72	301.27	300.93	301.27	0.000489	0.25	18.31	51.76	0.13
principale	monte	2734.967	200 anni	4.50	300.77	300.94	300.94	301.00	0.041654	1.05	4.27	38.41	1.01
principale	monte	2608.74	200 anni	4.50	299.33	299.83	299.50	299.84	0.000353	0.20	22.57	68.32	0.11
principale	monte	2448.022	200 anni	4.50	299.42	299.58	299.58	299.64	0.043408	1.04	4.32	40.56	1.02
principale	monte	2289.568	200 anni	4.50	297.44	297.68	297.54	297.68	0.001222	0.25	17.66	93.96	0.19
principale	monte	2073.68	200 anni	4.50	296.68	296.85	296.85	296.91	0.042594	1.04	4.34	40.41	1.01
principale	valle	1913.76	200 anni	34.50	290.38	291.07	290.98	291.13	0.012309	1.04	33.13	120.61	0.63
principale	valle	1767.994	200 anni	34.50	289.03	290.31		290.36	0.002908	0.94	36.83	53.22	0.36
principale	valle	1694.403	200 anni	34.50	289.27	290.08		290.11	0.004055	0.94	36.71	68.19	0.41
principale	valle	1595.124	200 anni	34.50	288.69	289.44		289.53	0.008659	1.29	26.66	53.63	0.59
principale	valle	1484.823	200 anni	34.50	287.80	288.58		288.65	0.007324	1.18	29.28	60.02	0.54
principale	valle	1372.398	200 anni	34.50	286.69	287.49		287.60	0.012250	1.45	23.72	52.12	0.69
principale	valle	1329.927	200 anni	34.50	286.06	286.92		287.05	0.013655	1.60	21.63	44.88	0.73
principale	valle	1298.941	200 anni	34.50	285.74	286.70		286.77	0.005598	1.15	30.08	52.45	0.48
principale	valle	1254.547	200 anni	34.50	285.53	286.58		286.61	0.002221	0.78	44.36	69.28	0.31
principale	valle	1178.447	200 anni	34.50	285.45	286.39		286.42	0.002960	0.82	42.23	76.01	0.35
principale	valle	1108.422	200 anni	34.50	285.20	285.99		286.07	0.009198	1.31	26.38	54.87	0.60
principale	valle	985.0785	200 anni	34.50	284.33	285.01		285.05	0.007316	0.90	38.34	117.66	0.50
principale	valle	853.3413	200 anni	34.50	283.20	283.89		283.97	0.009217	1.22	28.20	64.95	0.59
principale	valle	696.4907	200 anni	34.50	282.14	282.79		282.83	0.005756	0.93	36.95	89.67	0.46
principale	valle	563.0356	200 anni	34.50	281.25	282.08	281.80	282.14	0.004741	1.02	33.68	61.45	0.44
principale	valle	447.3926	200 anni	34.50	280.33	280.84	280.84	281.01	0.029336	1.81	19.05	58.04	1.01
principale	valle	390.4045	200 anni	34.50	279.05	280.04	279.65	280.08	0.003194	0.90	38.30	63.01	0.37
principale	valle	221.0445	200 anni	34.50	278.12	278.67	278.67	278.84	0.029095	1.84	18.75	55.46	1.01
affluente	affi	1093.812	200 anni	30.00	299.54	300.16	299.86	300.18	0.002028	0.57	52.70	122.82	0.28
affluente	affi	914.3749	200 anni	30.00	298.73	299.11	299.11	299.23	0.032307	1.57	19.12	77.68	1.01
affluente	affi	757.6283	200 anni	30.00	297.36	298.13	297.75	298.15	0.001626	0.56	53.64	108.76	0.25
affluente	affi	616.6453	200 anni	30.00	296.59	297.32	297.32	297.54	0.026243	2.06	14.55	33.51	1.00
affluente	affi	526.5596	200 anni	30.00	294.47	295.13	295.04	295.24	0.014045	1.46	20.54	49.74	0.73
affluente	affi	456.8288	200 anni	30.00	294.02	294.74	294.46	294.76	0.003744	0.87	44.48	127.32	0.38
affluente	affi	299.0494	200 anni	30.00	292.67	293.31	293.31	293.44	0.031708	1.62	18.50	70.48	1.01

La foto in figura 26 (presente anche in allegato) restituisce una mappatura più accurata delle zone inondabili in quanto l'elaborazione raster fornisce un valore puntuale dell'altezza del tirante idraulico in un determinato punto.

Nella zona in cui il cavidotto interrato attraversa la fascia di allagamento (anche se in sicurezza con metodologia TOC), per avere garanzie sulla bontà della scelta della profondità per la posa del cavo al disotto del punto più depresso delle aree allagabili, è stato necessario calcolare l'entità dei fenomeni erosivi del fondo alveo in corrispondenza dell'attraversamento n. 4. Tale calcolo non è stato necessario per gli altri attraversamenti in quanto il fondo del canale in quei punti coincide con la sede stradale (asfalto).

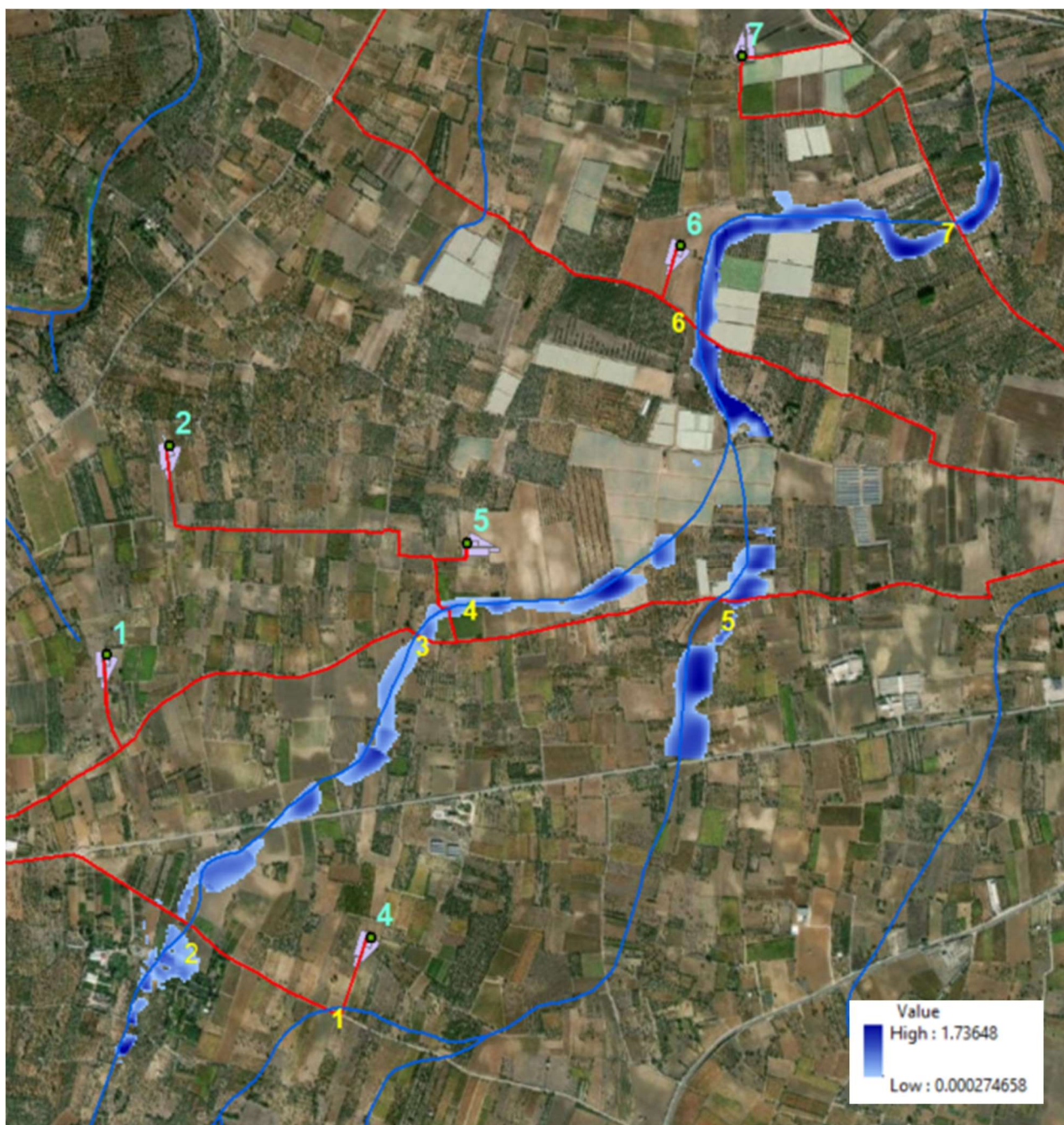


Fig. 26 – Stralcio Ortofoto con tratti di reticolo verificato idraulicamente. In rosso il tracciato dell'elettrodotto.

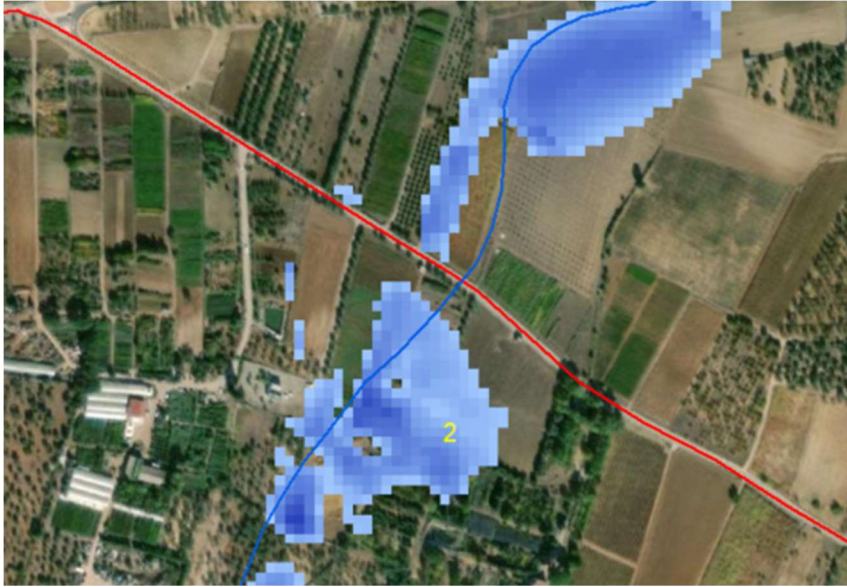


Fig. 27 – Particolare della distribuzione delle aree inondabili con tempo di ritorno dei 200 anni – intersezione 2.

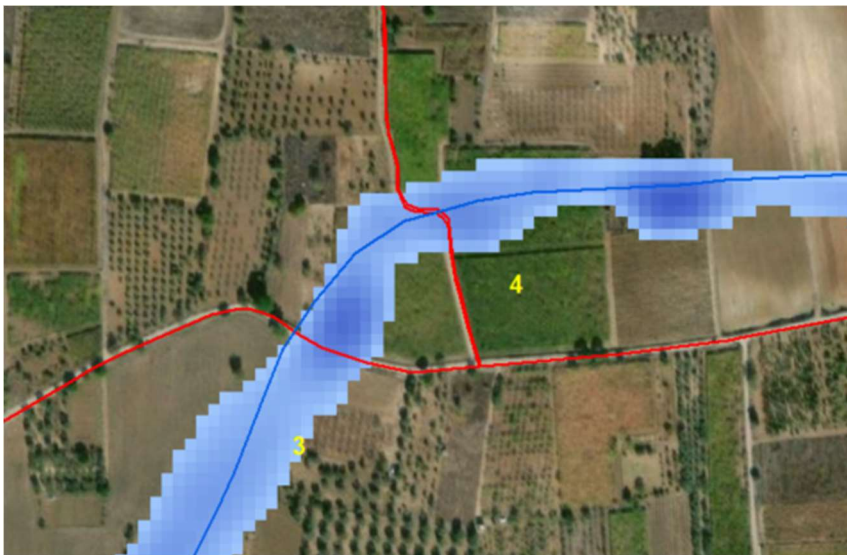


Fig. 28 – Particolare della distribuzione delle aree inondabili con tempo di ritorno dei 200 anni – intersezione 3-4.

In particolare, è stata calcolata l'erosione in corrispondenza della sezione n° 3103 (fig. 29), coincidente con il tratto di attraversamento, utilizzando la formula di Blench.

Tirante = 0.21 m

Velocità = 0.6 m/sec

$d_{50} = 0,0005$ (sabbie e limi)

Portata unitaria $q \approx 0.12$ m²/sec

$h_e = 0.4$ m

$\delta = 0.33 - 0.21 = 0,11$ m

La profondità di posa deve superare la profondità di escavazione esplicabile dalla corrente per non essere interessato da fenomeni erosivi.

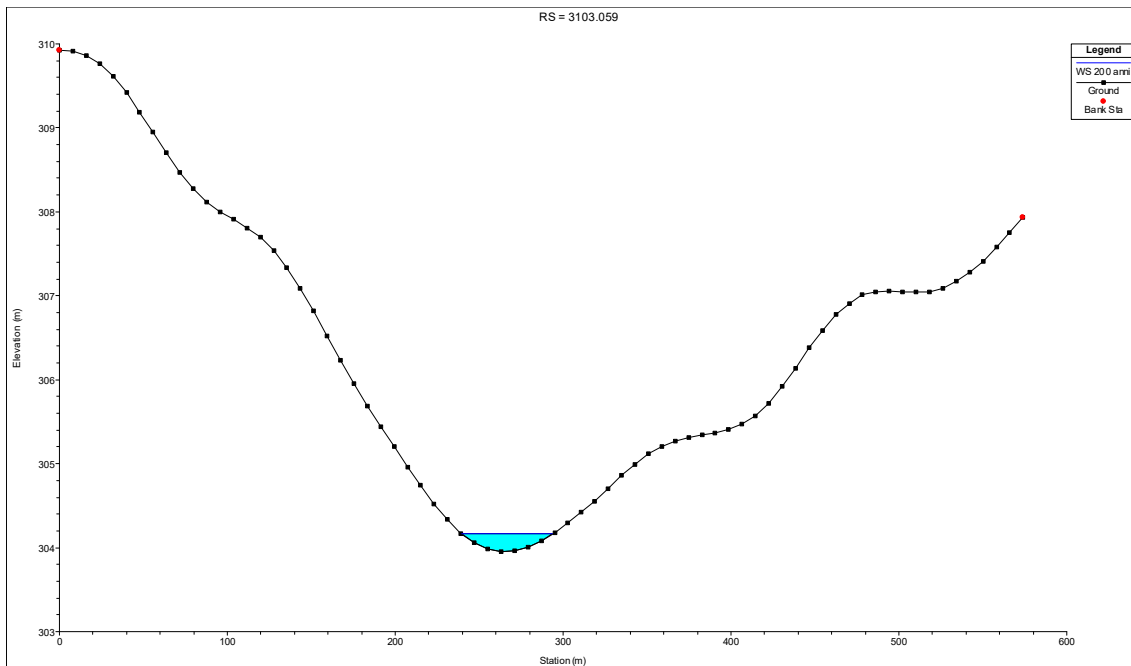


Fig. 29 – Sezione di intersezione tra fascia di allagamento e cavidotto interrato.

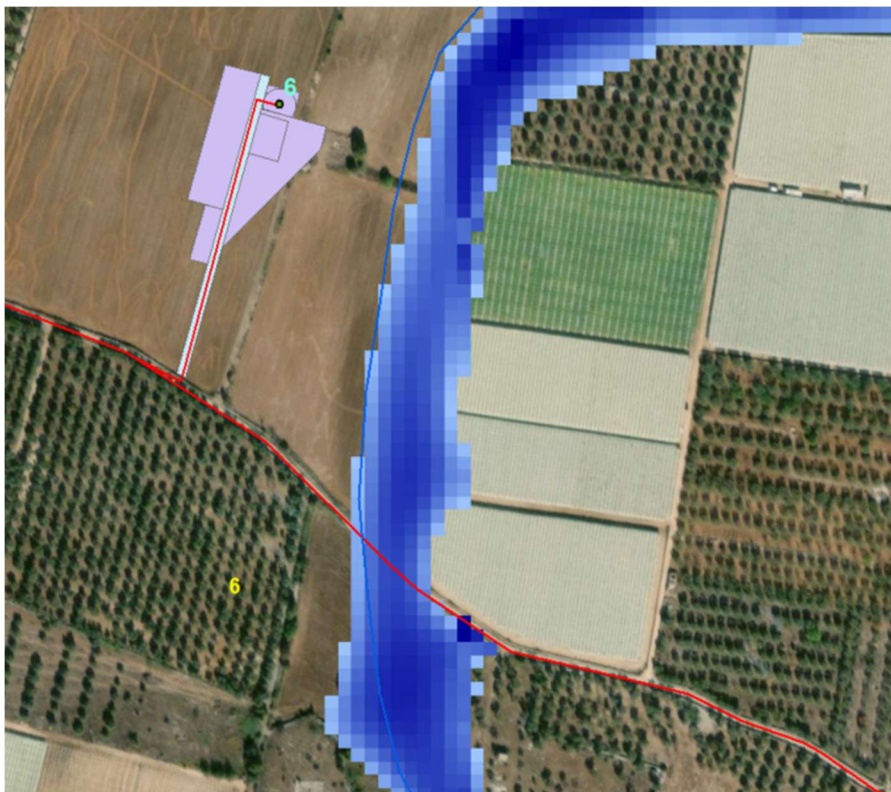


Fig. 30 – Particolare della distribuzione delle aree inondabili con tempo di ritorno dei 200 anni – intersezione 6 e aerogeneratore n. 6 con opere connesse.

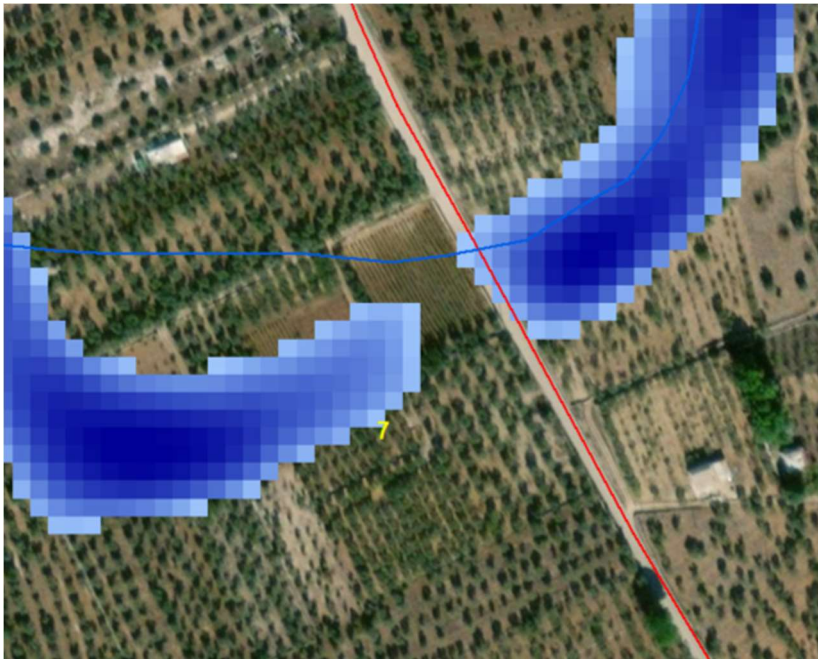
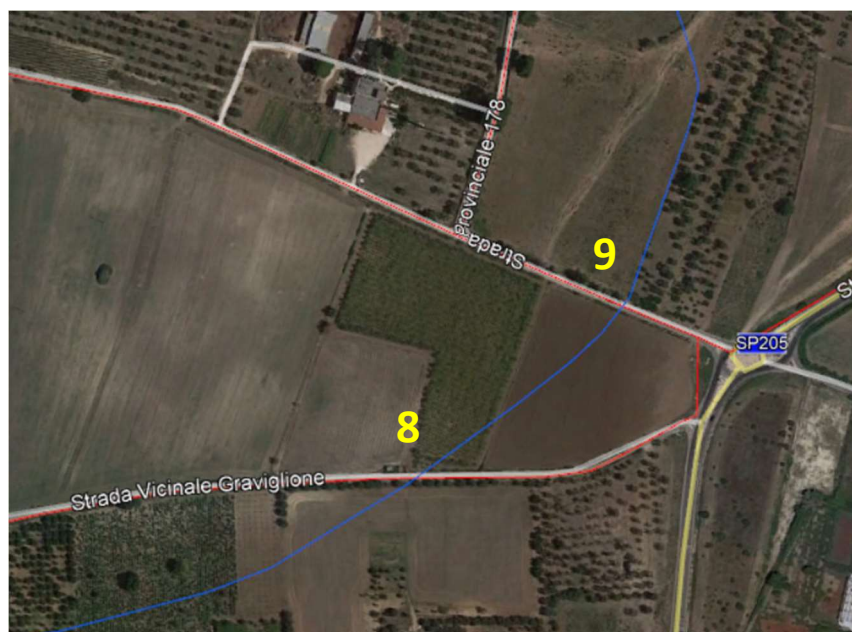


Fig. 31 – Particolare della distribuzione delle aree inondabili con tempo di ritorno dei 200 anni – intersezione 7.

ATTRAVERSAMENTO N. 8-9

Anche in questo caso siamo in presenza di intersezioni a raso in corrispondenza della sede stradale, asfaltata. In particolare, l'intersezione n. 8 si trova lungo la Strada Vicinale Graviglione, mentre l'intersezione n. 9 lungo la SP 178. Per verificare la compatibilità idraulica dell'intervento e la profondità di attraversamento dell'elettrodotto, è stato eseguito lo studio idrologico-idraulico del canale i cui risultati vengono di seguito riportati. Non è stato necessario calcolare la capacità erosiva in corrispondenza della sezione di intersezione in quanto il fondo del canale in quei punti coincide con la sede stradale (asfalto).



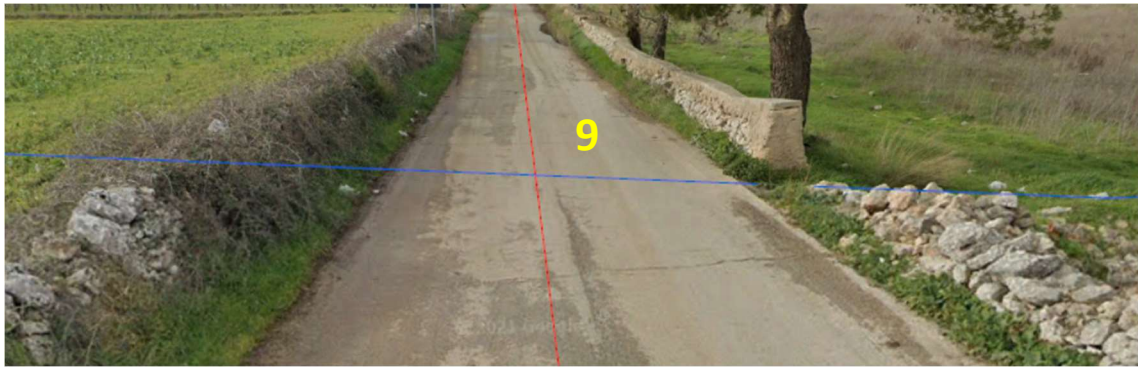


Fig. 32 – Foto google dell'intersezione n. 8 - 9 e particolare tra cavidotto (tracciato in rosso) e il reticolo idrografico (blu).

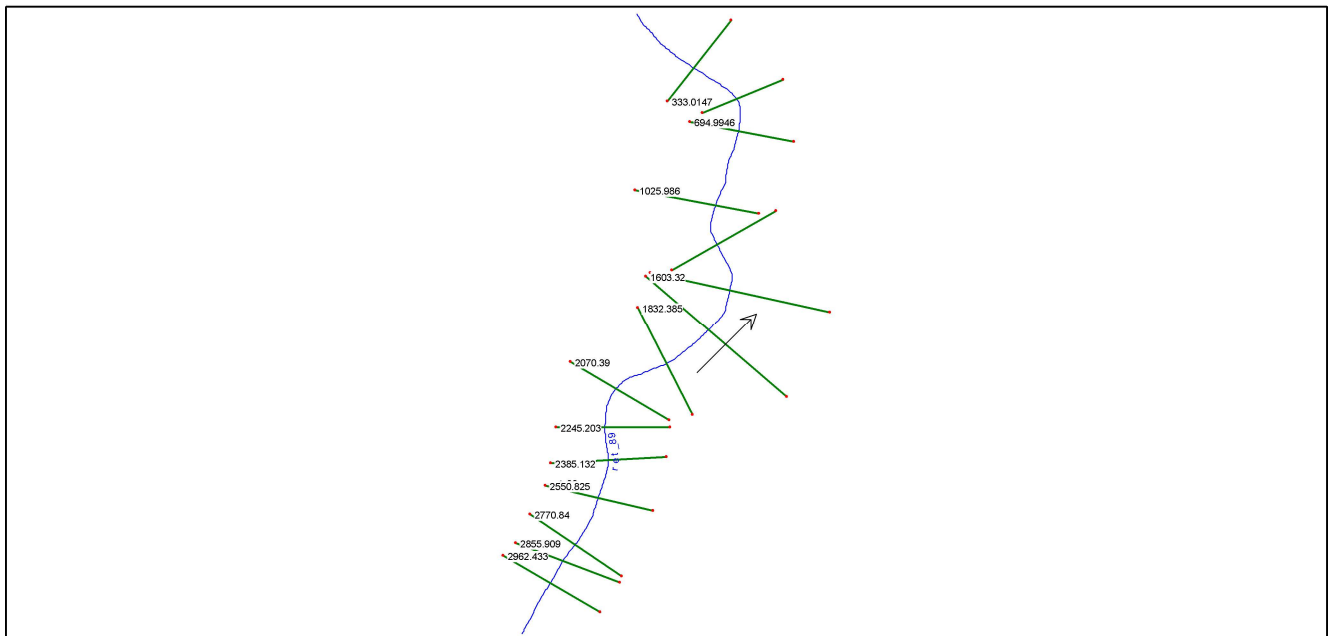


Fig. 33 – Profilo planimetrico.

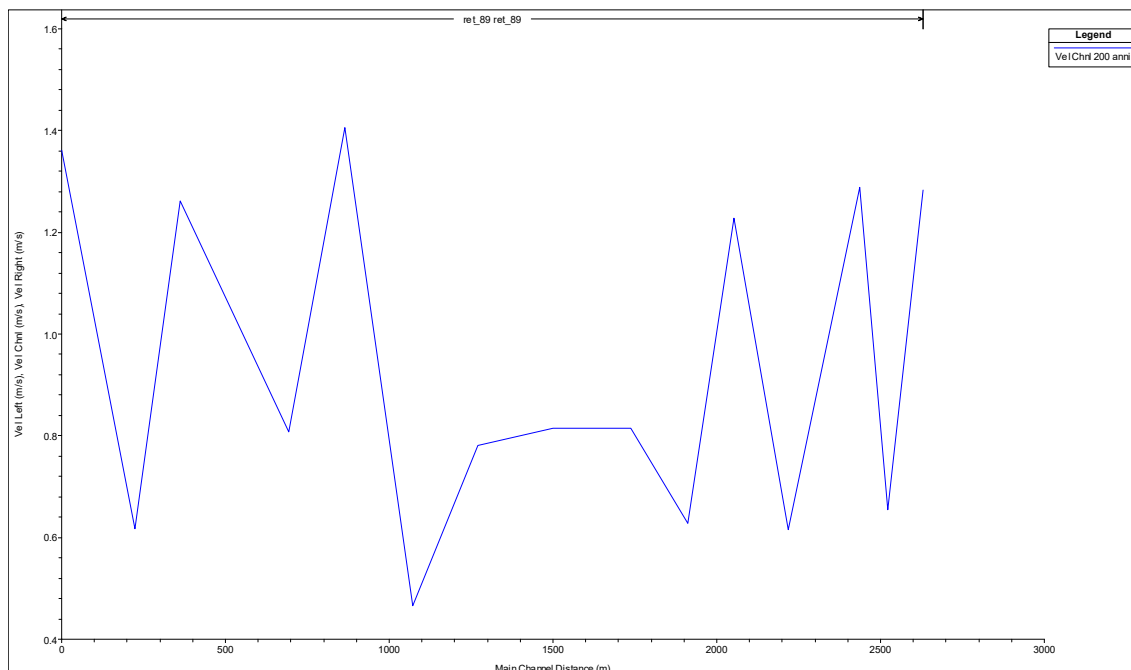


Fig. 36 – Profilo velocità.

La distribuzione delle aree di ruscellamento, una volta tracciati gli argini, tende ad adattarsi all'ampiezza dell'alveo.

Nella tabella successiva, si riportano le informazioni, ottenute dall'elaborazione che si riferiscono a grandezze significative quali: altezza critica, velocità, numero di Froude, il livello idrico per ogni sezione e per ciascun profilo.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
ret_89	2962.433	200 anni	11.50	305.86	306.11	306.11	306.20	0.036956	1.28	8.96	54.44	1.01
ret_89	2855.909	200 anni	11.50	303.94	304.37	304.21	304.39	0.004840	0.66	17.56	63.64	0.40
ret_89	2770.84	200 anni	11.50	303.14	303.41	303.41	303.49	0.036841	1.29	8.93	53.82	1.01
ret_89	2550.825	200 anni	11.50	299.99	300.32	300.20	300.34	0.005323	0.62	18.66	79.64	0.41
ret_89	2385.132	200 anni	11.50	298.17	298.40	298.40	298.48	0.037443	1.23	9.36	61.35	1.00
ret_89	2245.203	200 anni	11.50	296.56	296.96		296.98	0.004934	0.63	18.32	71.79	0.40
ret_89	2070.39	200 anni	11.50	295.39	295.75		295.78	0.010139	0.81	14.12	64.29	0.55
ret_89	1832.385	200 anni	11.50	293.26	293.67		293.70	0.007604	0.81	14.12	51.84	0.50
ret_89	1603.32	200 anni	11.50	291.32	291.63		291.66	0.010539	0.78	14.71	73.36	0.56
ret_89	1405.877	200 anni	11.50	290.27	290.71		290.72	0.002679	0.47	24.64	95.36	0.29
ret_89	1197.969	200 anni	11.50	288.93	289.24	289.24	289.34	0.034783	1.41	8.18	41.38	1.01
ret_89	1025.986	200 anni	11.50	286.22	286.69	286.54	286.72	0.006341	0.81	14.24	46.21	0.46
ret_89	694.9946	200 anni	11.50	282.68	283.04		283.12	0.022722	1.26	9.12	39.47	0.84
ret_89	556.9316	200 anni	11.50	281.63	282.16	281.93	282.18	0.003163	0.62	18.63	53.63	0.33
ret_89	333.0147	200 anni	11.50	280.12	280.40	280.40	280.49	0.035410	1.36	8.44	45.42	1.01

La foto in figura 37 (presente anche in allegato) restituisce una mappatura più accurata delle zone inondabili in quanto l'elaborazione raster fornisce un valore puntuale dell'altezza del tirante idraulico in un determinato punto. L'intersezione 8 non è interessata da allagamento.

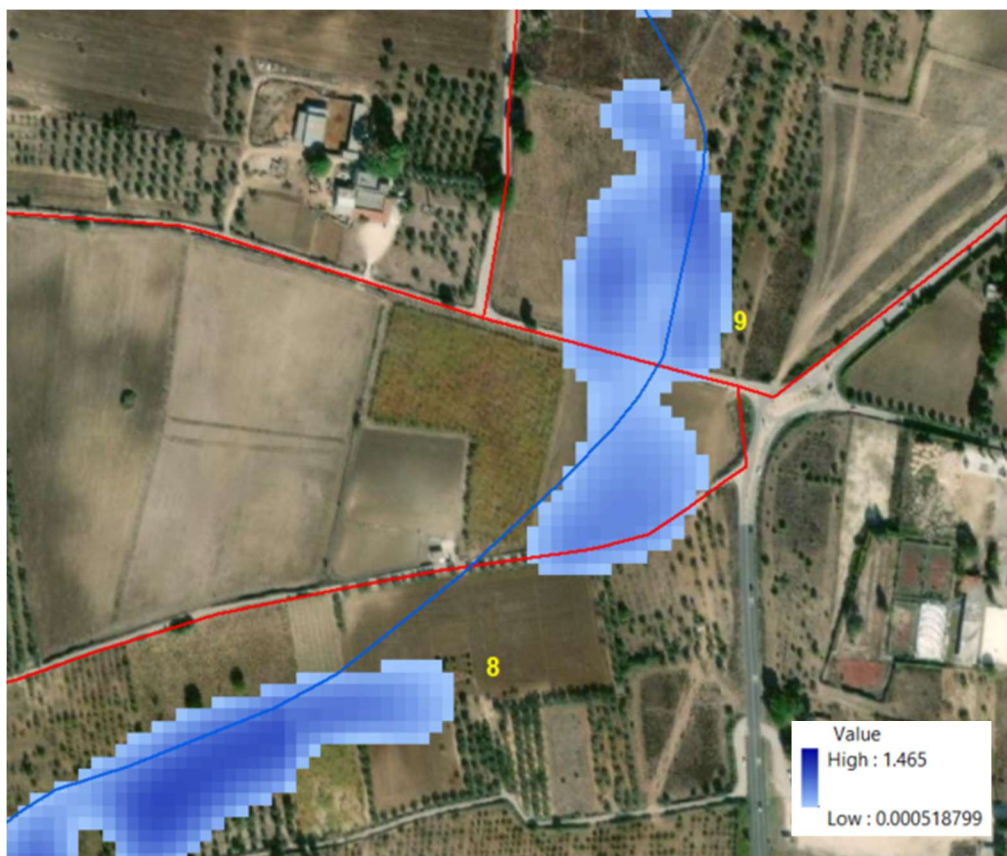


Fig. 37 – Ortofoto con fascia di allagamento dei 200 anni che interessa l'elettrodotto.

CONCLUSIONI

A conclusione dell'indagine idraulica eseguita nell'aera in oggetto, è possibile esprimere le seguenti considerazioni:

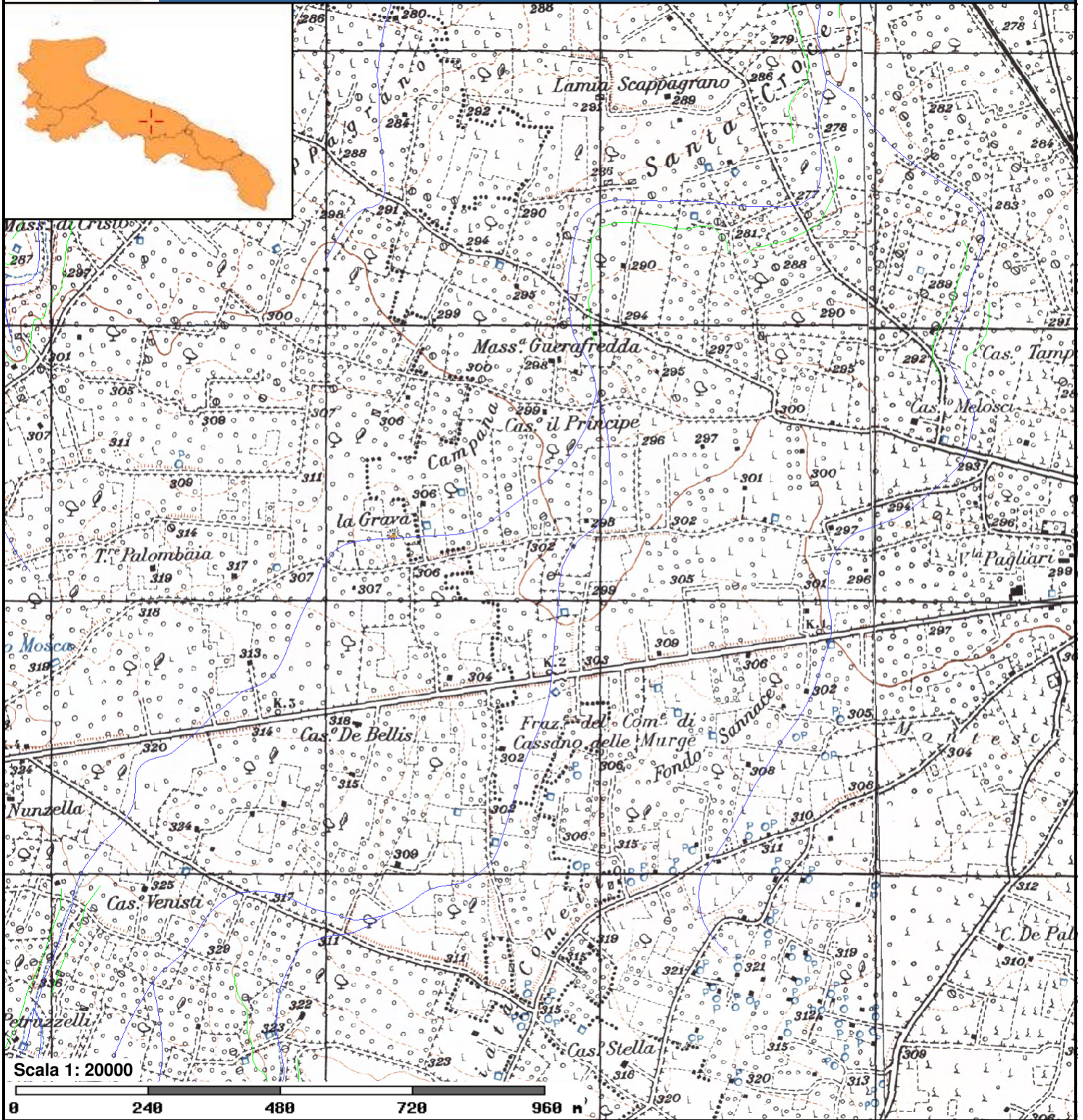
- in ciascuna delle aree interessate dall'intervento l'alveo smaltisce ampiamente la piena dei 200 anni;
- le sezioni trasversali sono caratterizzate da scarpate fluviali abbastanza pronunciate. Solo n. 1 aerogeneratore rientra nella fascia di pertinenza fluviale essendo ubicato a 82 m dal reticolo idrografico e risulta esterno alla fascia di allagamento con tempo di ritorno di 200 anni;
- tutti gli attraversamenti in corrispondenza delle aree inondabili saranno eseguiti mediante la tecnica della Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC). È stato svolto uno studio idrologico-idraulico per i vari tratti di reticolo interessati, verificando la profondità di attraversamento del cavidotto in relazione alla capacità erosiva del canale. Il suddetto studio ha portato alle seguenti conclusioni: non ci sono interferenze tra l'area a pericolosità idraulica e la zona occupata per le operazioni di attraversamento in TOC a patto che la profondità di posa del cavo dovrà superare la profondità di escavazione esplicabile dalla corrente per non essere interessato da fenomeni erosivi (nella maggior parte dei casi si ha erosione nulla poiché i reticoli sono individuati lungo la sede stradale asfaltata). Per ulteriori dettagli progettuali si rimanda agli elaborati dedicati.

Monopoli, 21 giugno 2021

geol. Angela Indiveri




ALLEGATO 1



CARTA IDROGEOMORFOLOGICA
AUTORITA' DI BACINO




FORME DI VERSANTE

Linee

-  Orlo di scarpata delimitante forme semispianate
-  Cresta smussata
-  Nicchia di distacco


-  Cresta affilata
-  Asse di displuvio


Poligoni

-  Corpo di frana
-  Cono di detrito
-  Area interessata da dissesto diffuso
-  Area a calanchi e forme similari

FORME DI MODELLAMENTO DI CORSO D'ACQUA


Cigli e ripe


 Ciglio di sponda


 Ripa di erosione


FORME ED ELEMENTI LEGATI ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Corsi d'acqua

 Corso d'acqua

 Corso d'acqua episodico

 Corso d'acqua obliterato

 Corso d'acqua tombato

 Recapito finale di bacino endoreico

 Sorgenti

 Canali lagunari

FORME CARSIICHE

 Doline

 Grotte naturali

 Orlo di depressione carsica

 Voragini

Cartografia di base

ALLEGATO 2

CARTA RISCHIO E PERICOLOSITA' IDRAULICA
E GEOMORFOLOGICA (PAI)



Pericolosità e Rischio

Peric. Geomorf.

- media e moderata (PG1)
- elevata (PG3)

elevata (PG2)

Peric. Idraulica

- bassa (BP)
- alta (AP)

media (MP)

Rischio

- R1
- R3

R2

R4

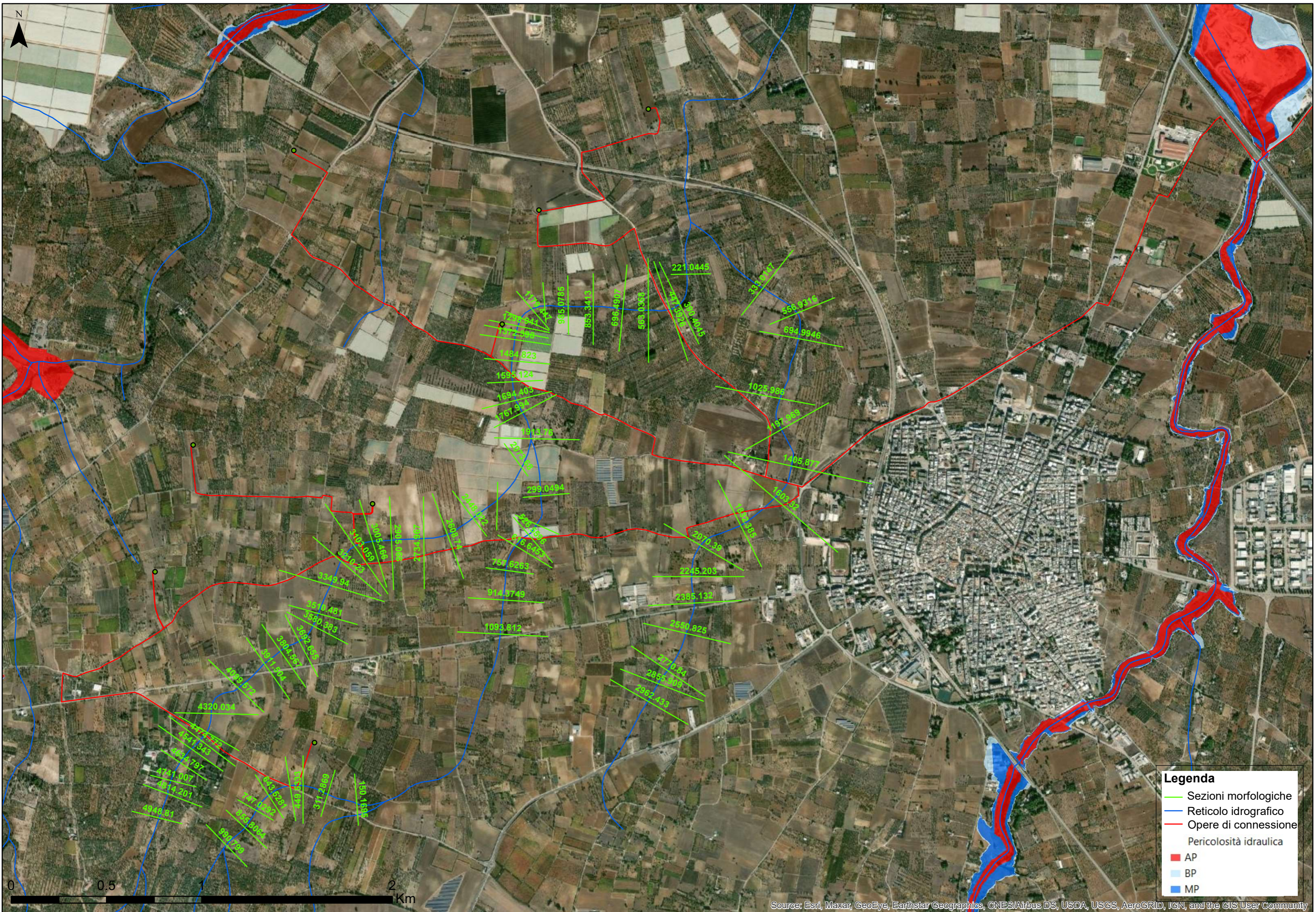
Scala 1: 53000

0 0.6 1.2 1.8 2.4 km

Cartografia di base

ALLEGATO 3

STRALCI ORTOFOTO CON SEZIONI STUDIATE



Legenda

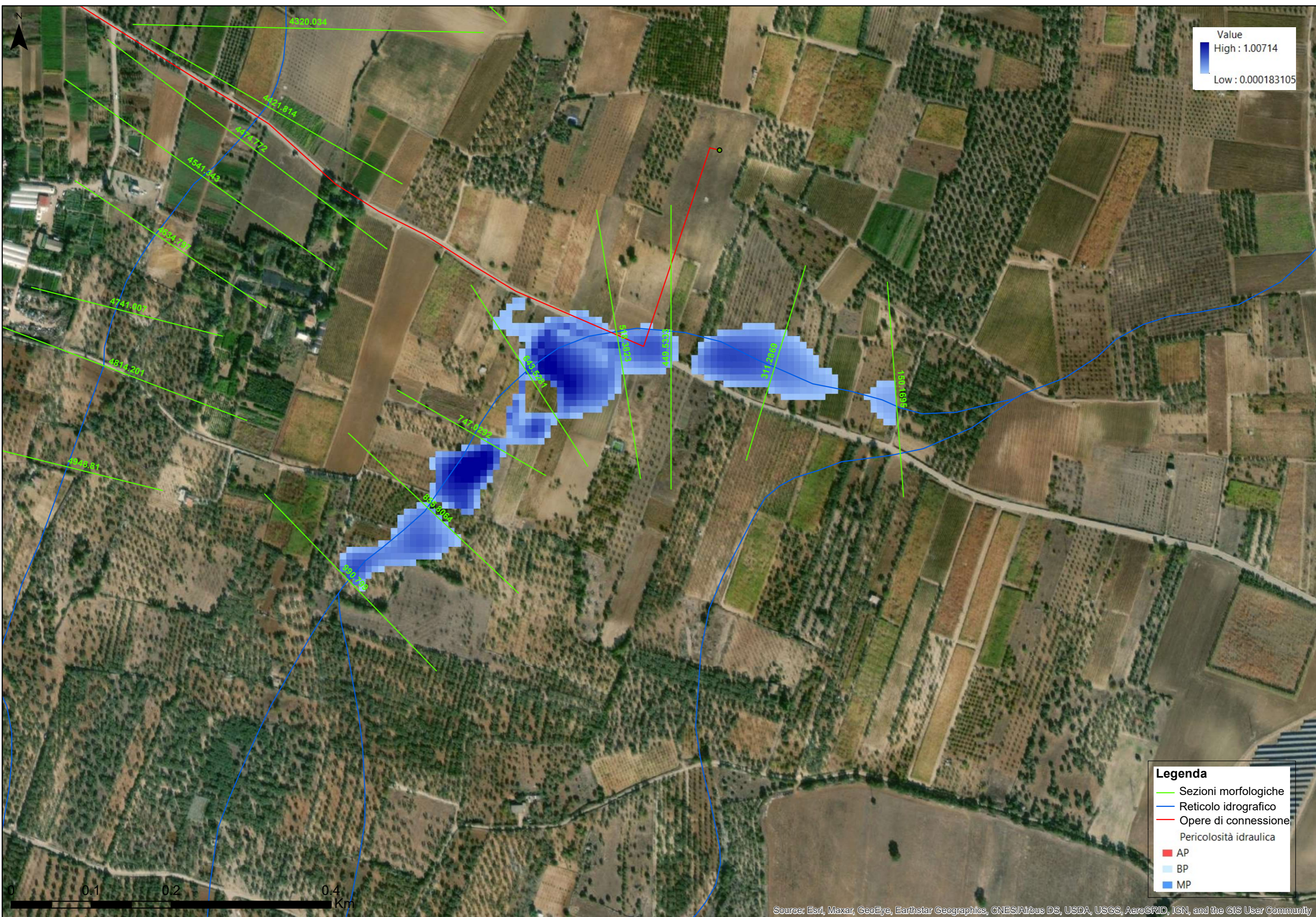
- Sezioni morfologiche
- Reticolo idrografico
- Opere di connessione

Pericolosità idraulica

- AP
- BP
- MP

ALLEGATO 4

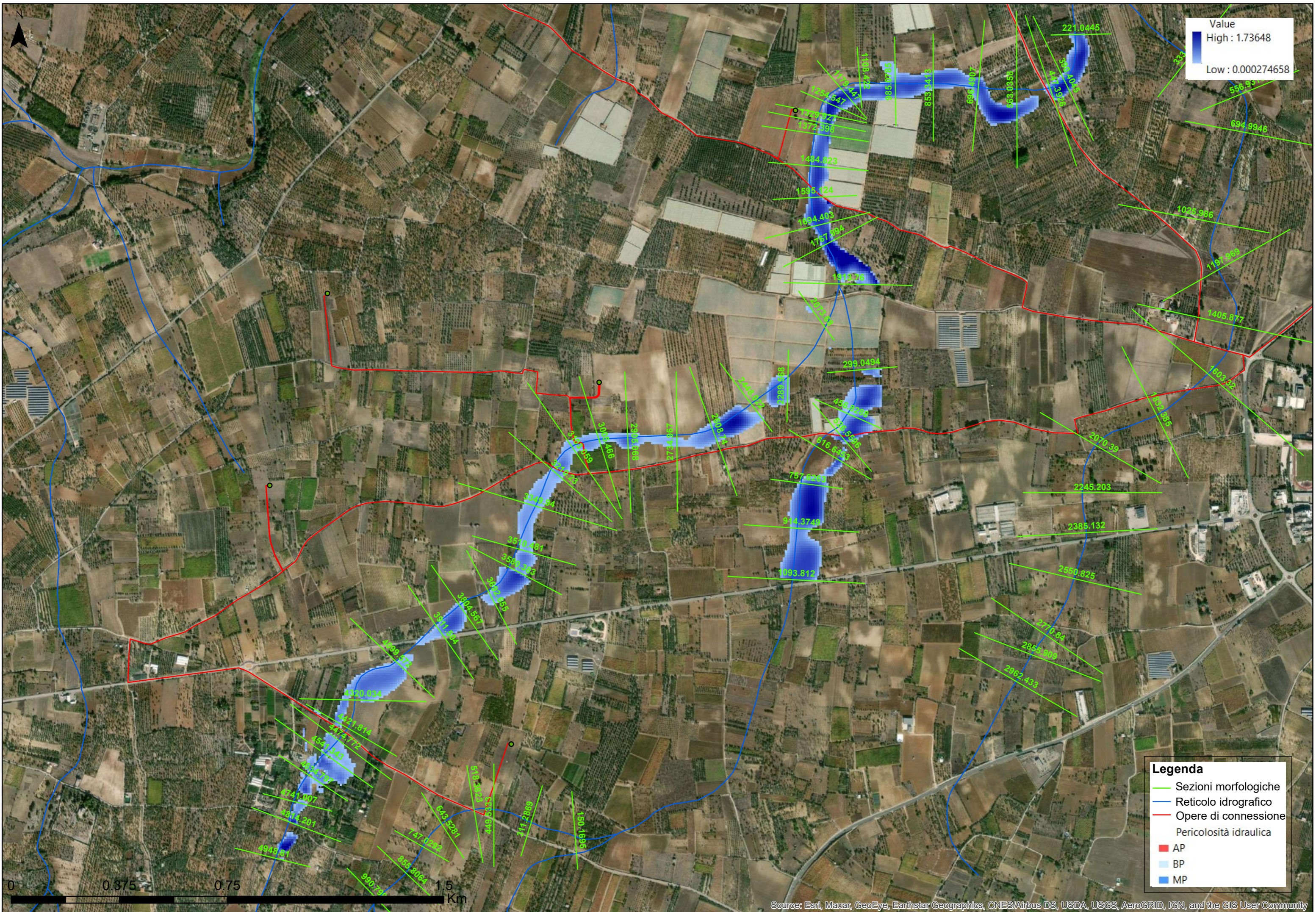
STRALCI ORTOFOTO CON TRATTI DI
RETICOLI VERIFICATI IDRAULICAMENTE



Value
 High : 1.00714
 Low : 0.000183105

- Legenda**
- Sezioni morfologiche
 - Reticolo idrografico
 - Opere di connessione
 - Pericolosità idraulica
 - AP
 - BP
 - MP

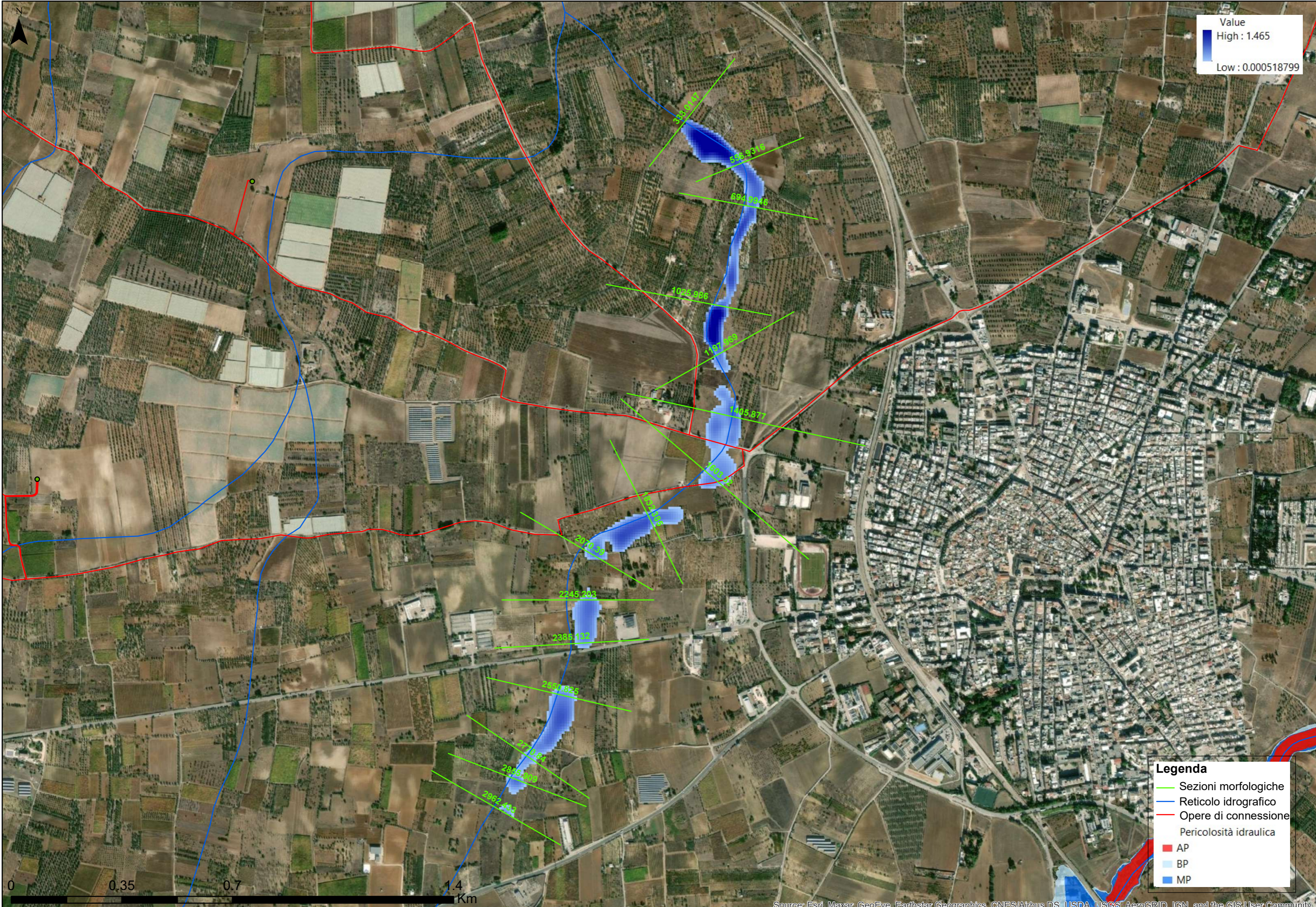
0 0.1 0.2 0.4 Km



Value
 High : 1.73648
 Low : 0.000274658

Legenda

- Sezioni morfologiche
- Reticolo idrografico
- Opere di connessione
- Pericolosità idraulica
- AP
- BP
- MP



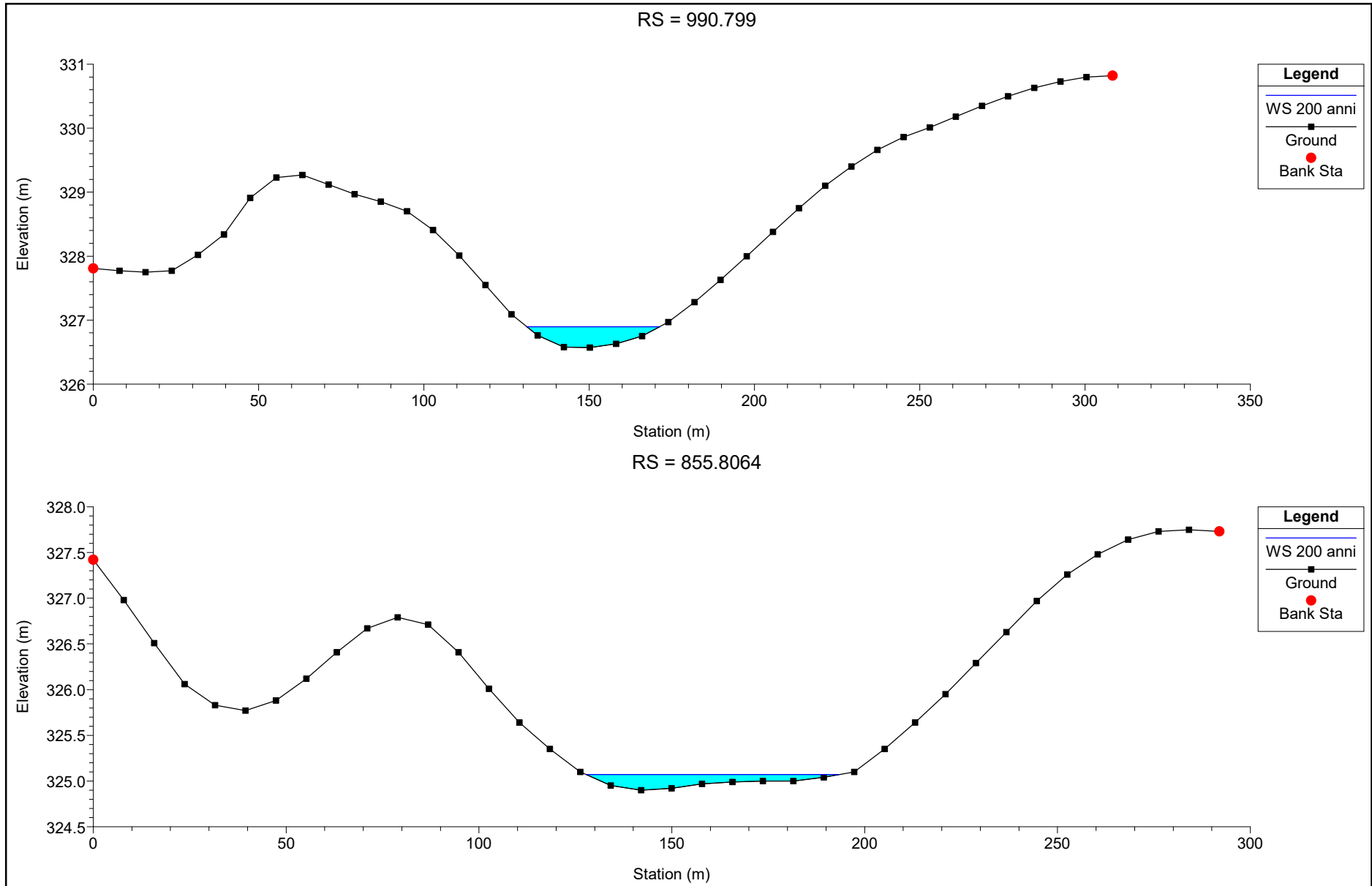
Value
 High : 1.465
 Low : 0.000518799

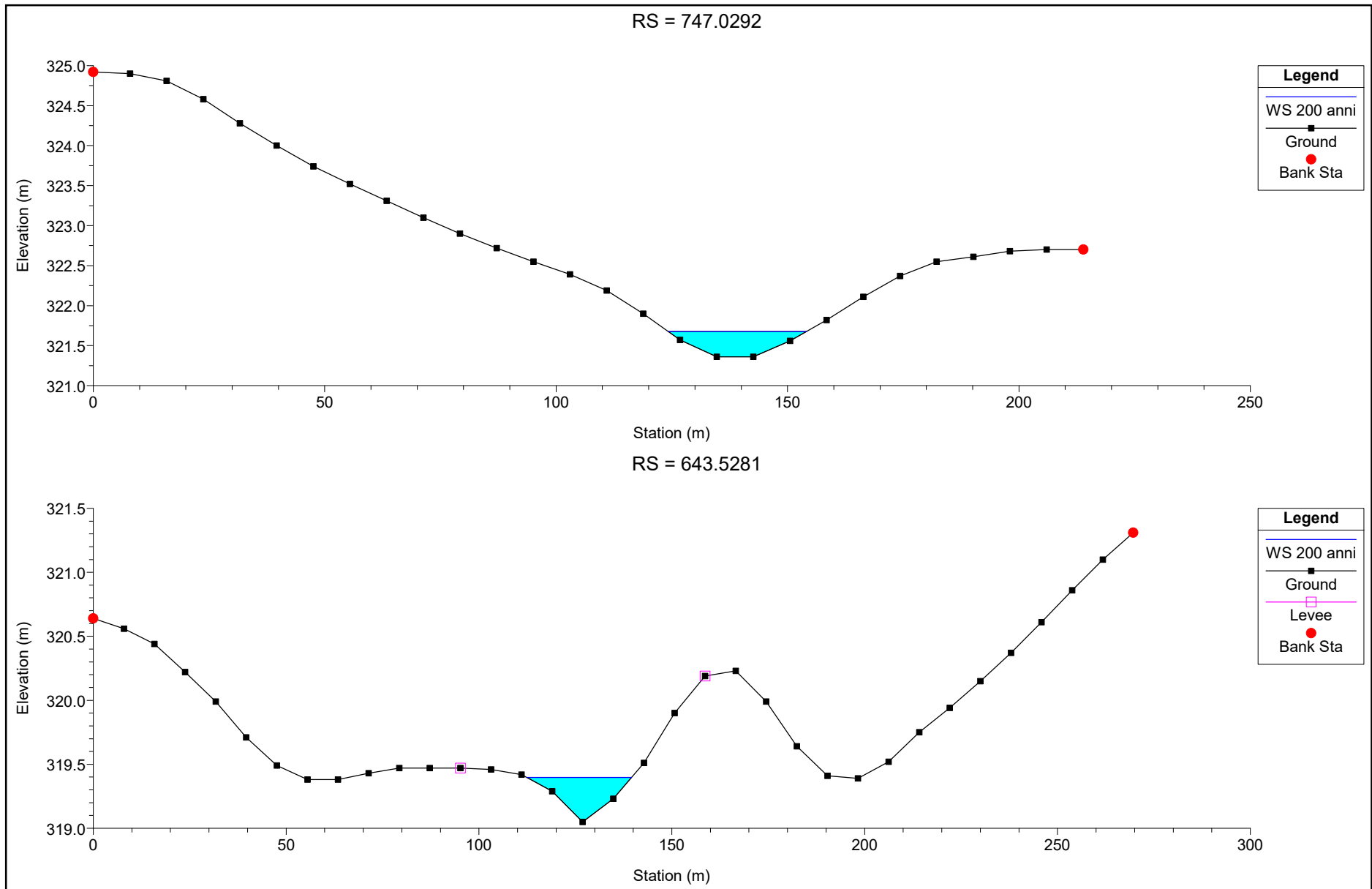
- Legenda**
- Sezioni morfologiche
 - Reticolo idrografico
 - Opere di connessione
 - Pericolosità idraulica
 - AP
 - BP
 - MP

0 0.35 0.7 1.4 Km

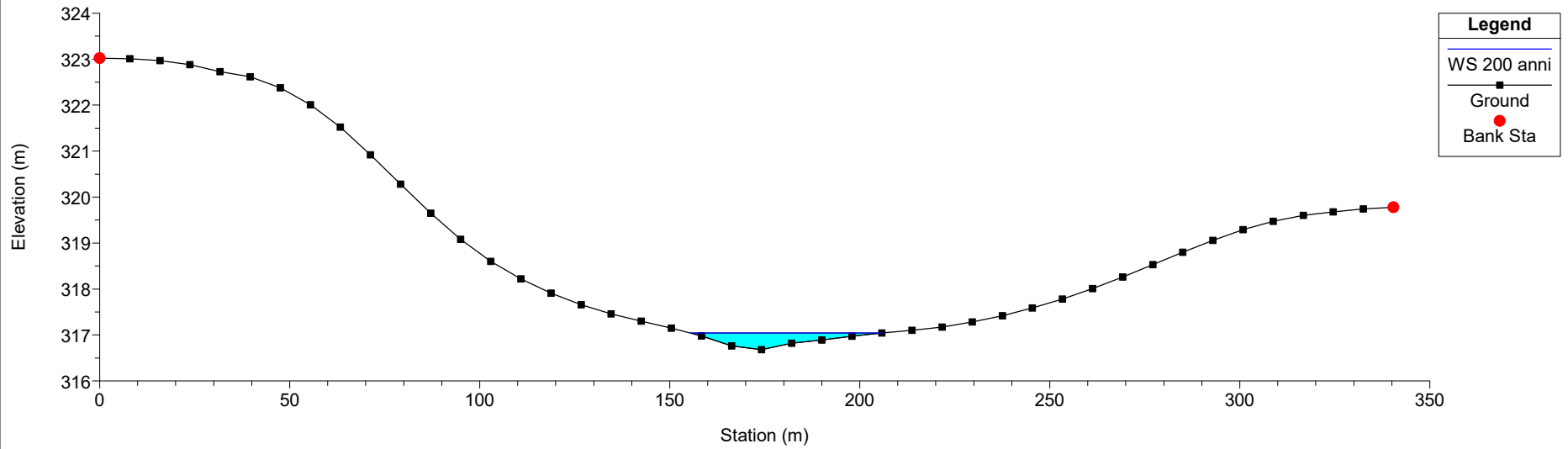
ALLEGATO 5
SEZIONI MORFOLOGICHE

SEZIONI MORFOLOGICHE INTERSEZIONE 1

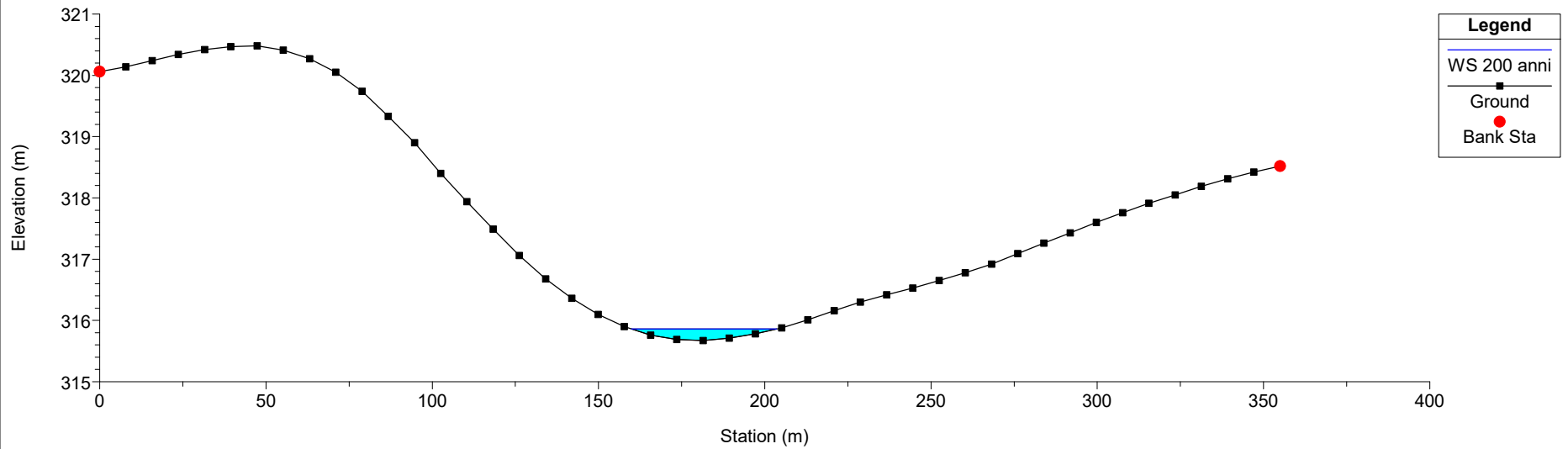


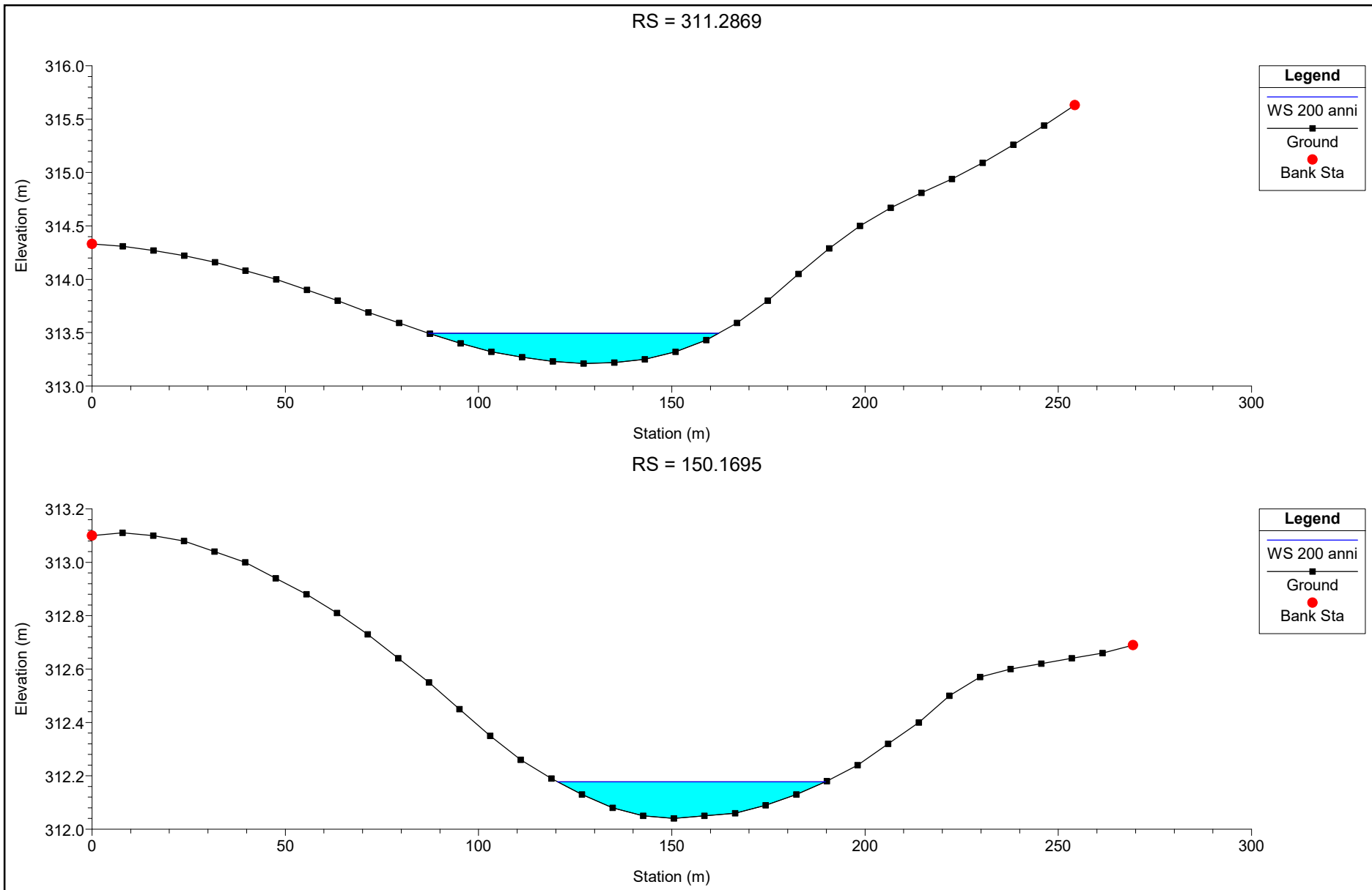


RS = 518.3823

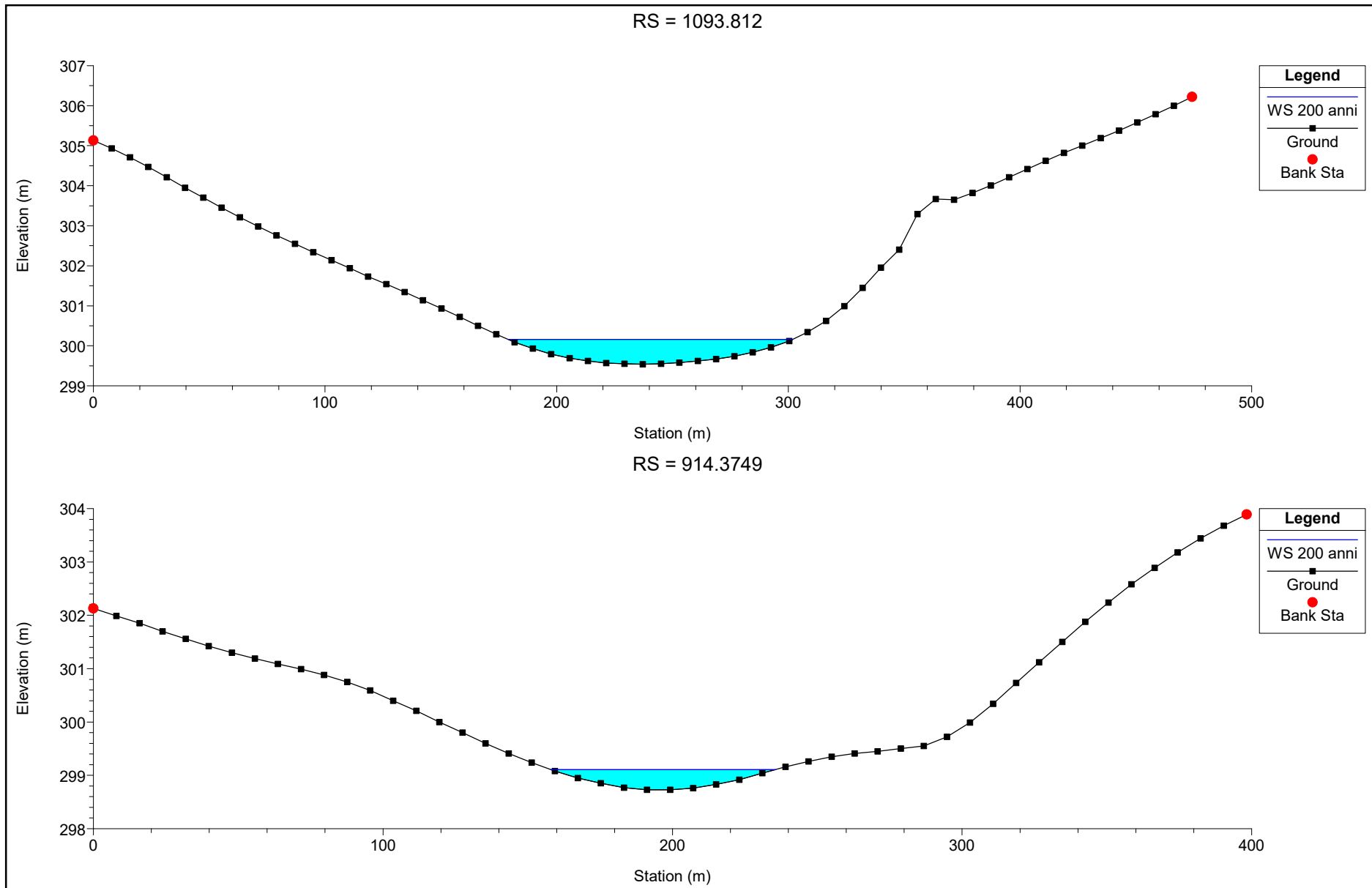


RS = 449.5333

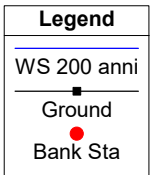
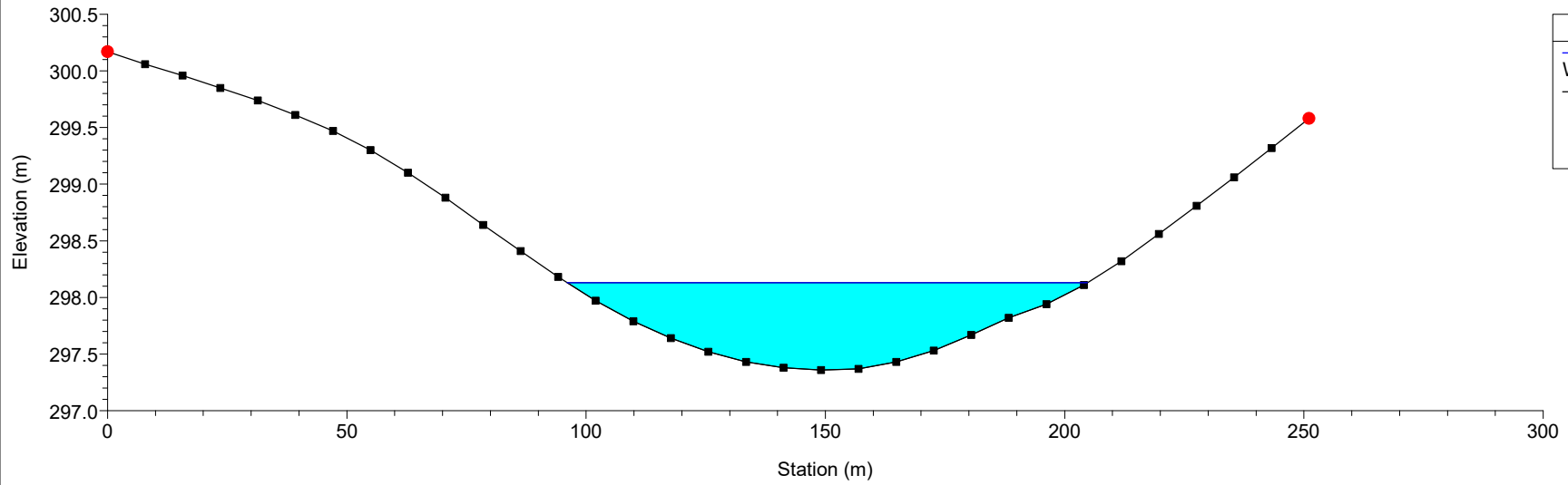




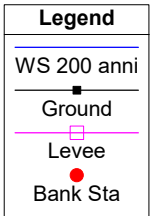
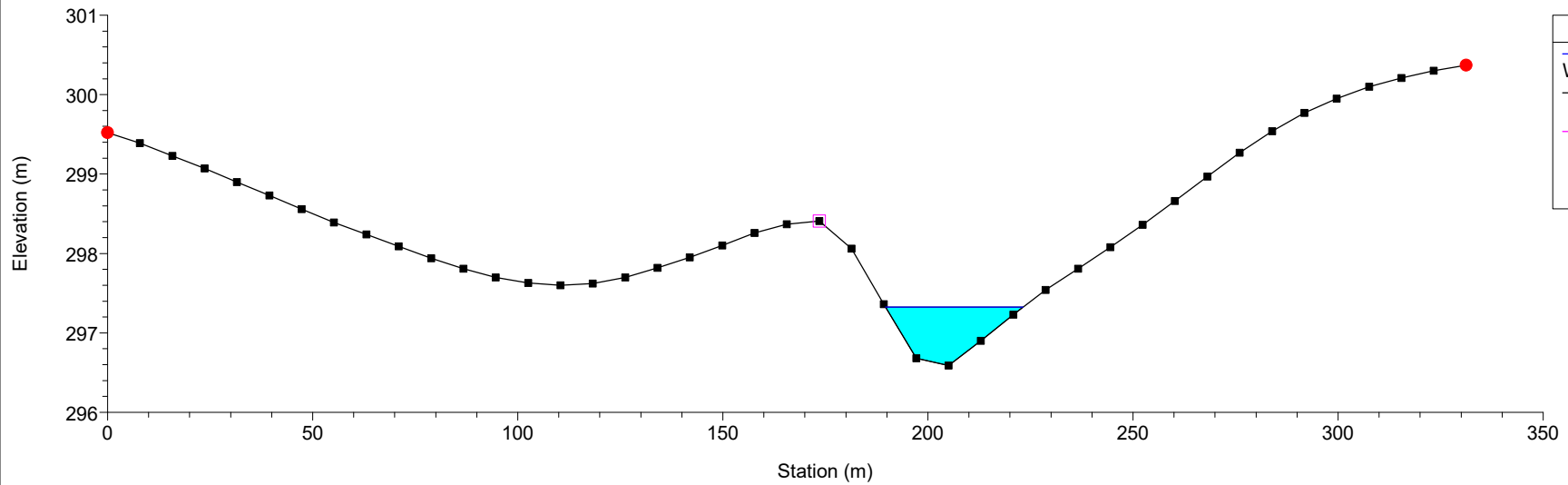
SEZIONI MORFOLOGICHE INTERSEZIONE 2-7 E AEROGENERATORE 6

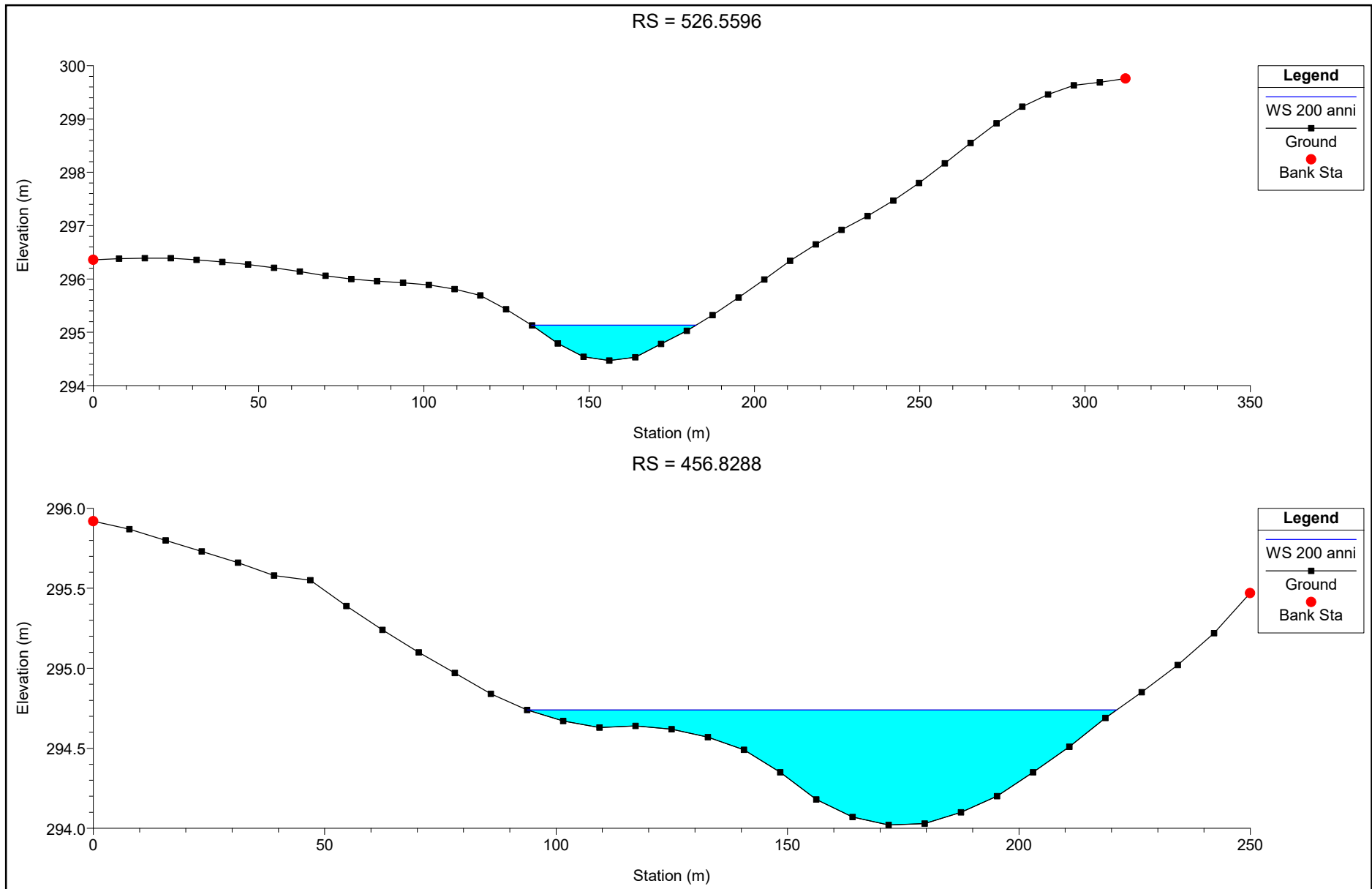


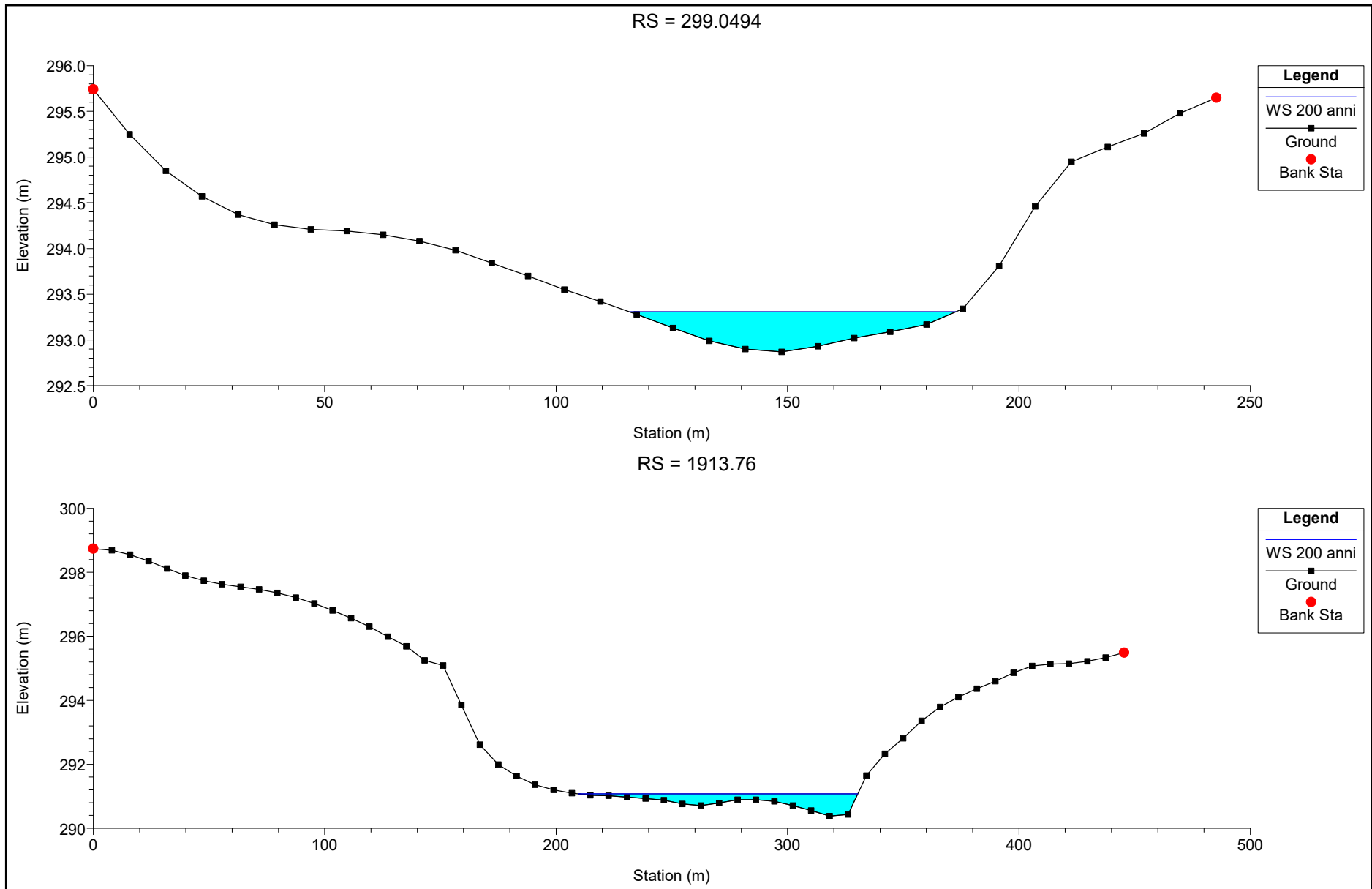
RS = 757.6263



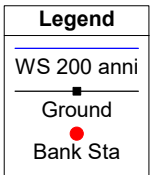
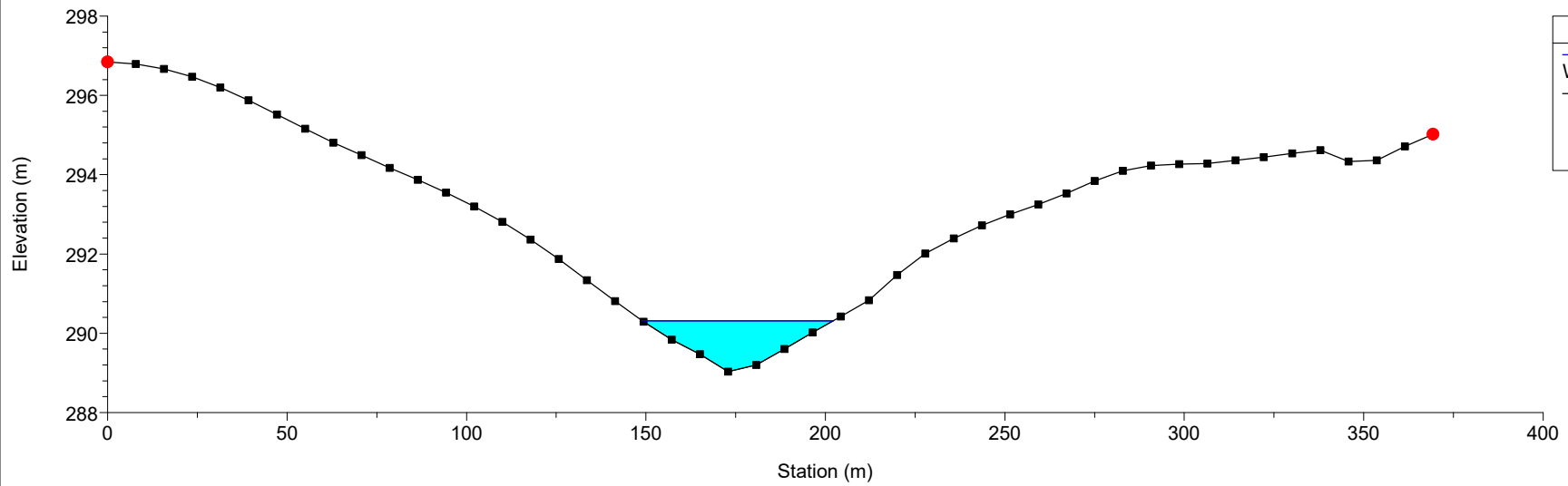
RS = 616.6453



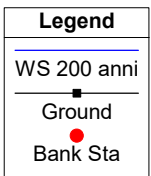
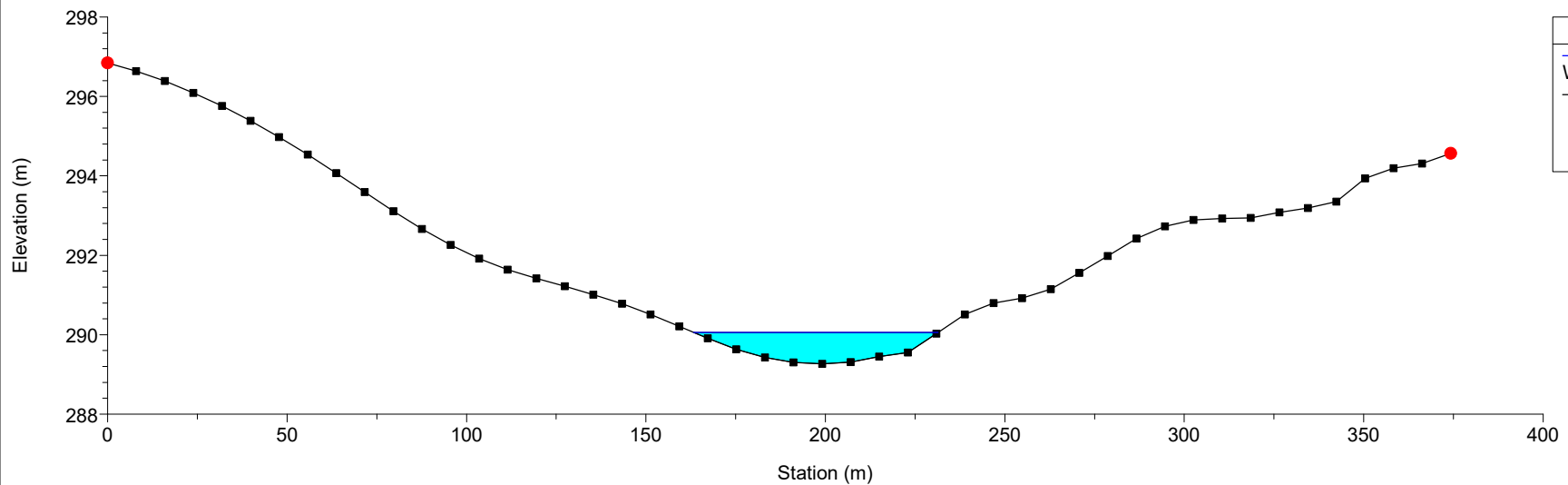




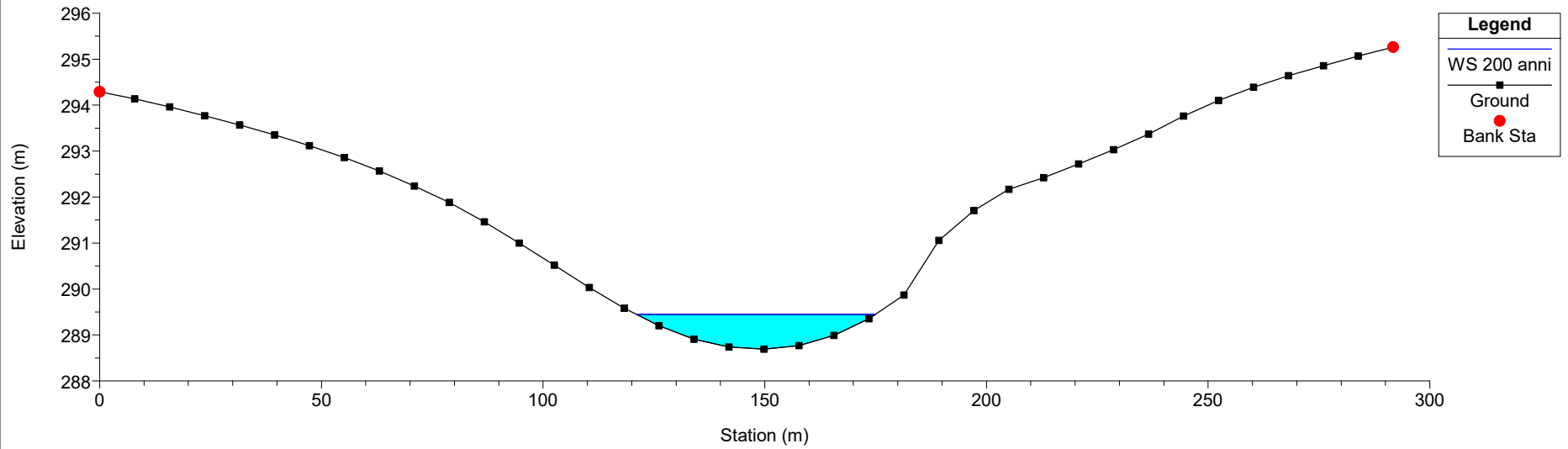
RS = 1767.994



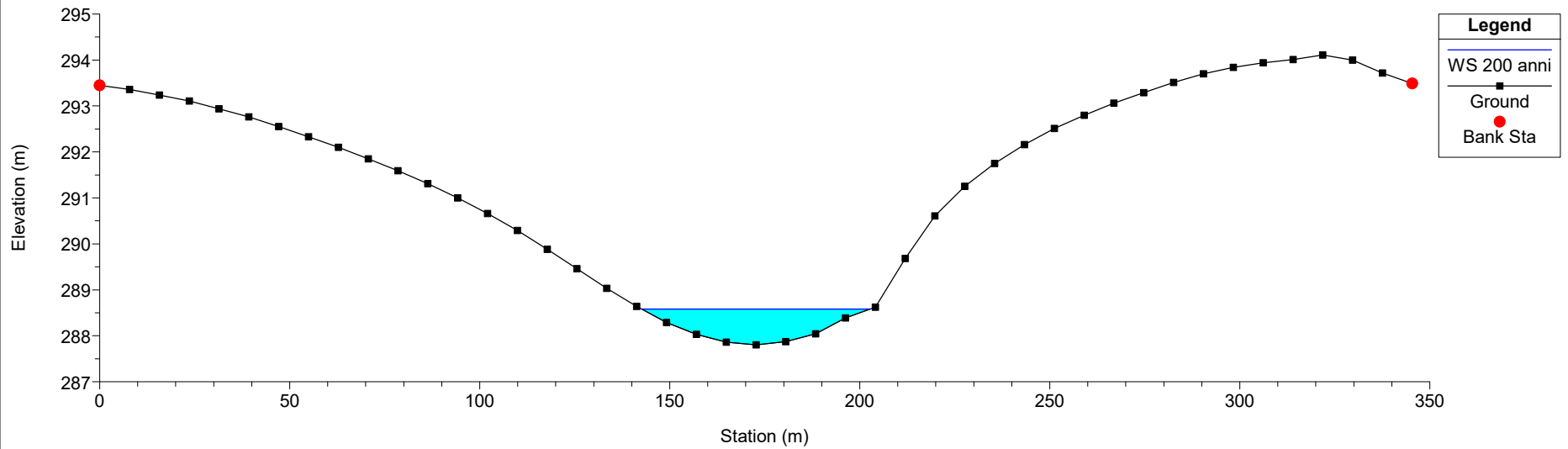
RS = 1694.403

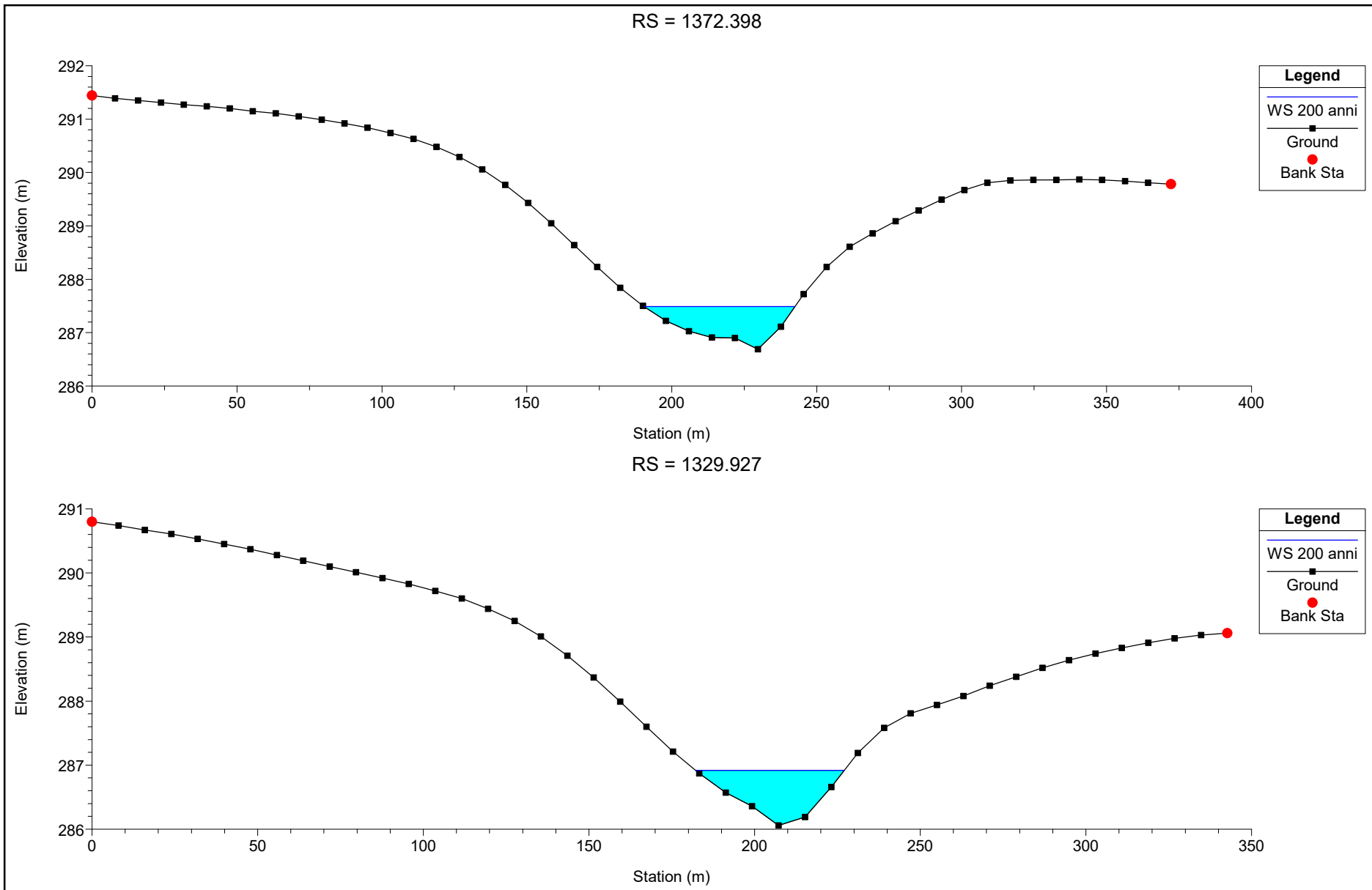


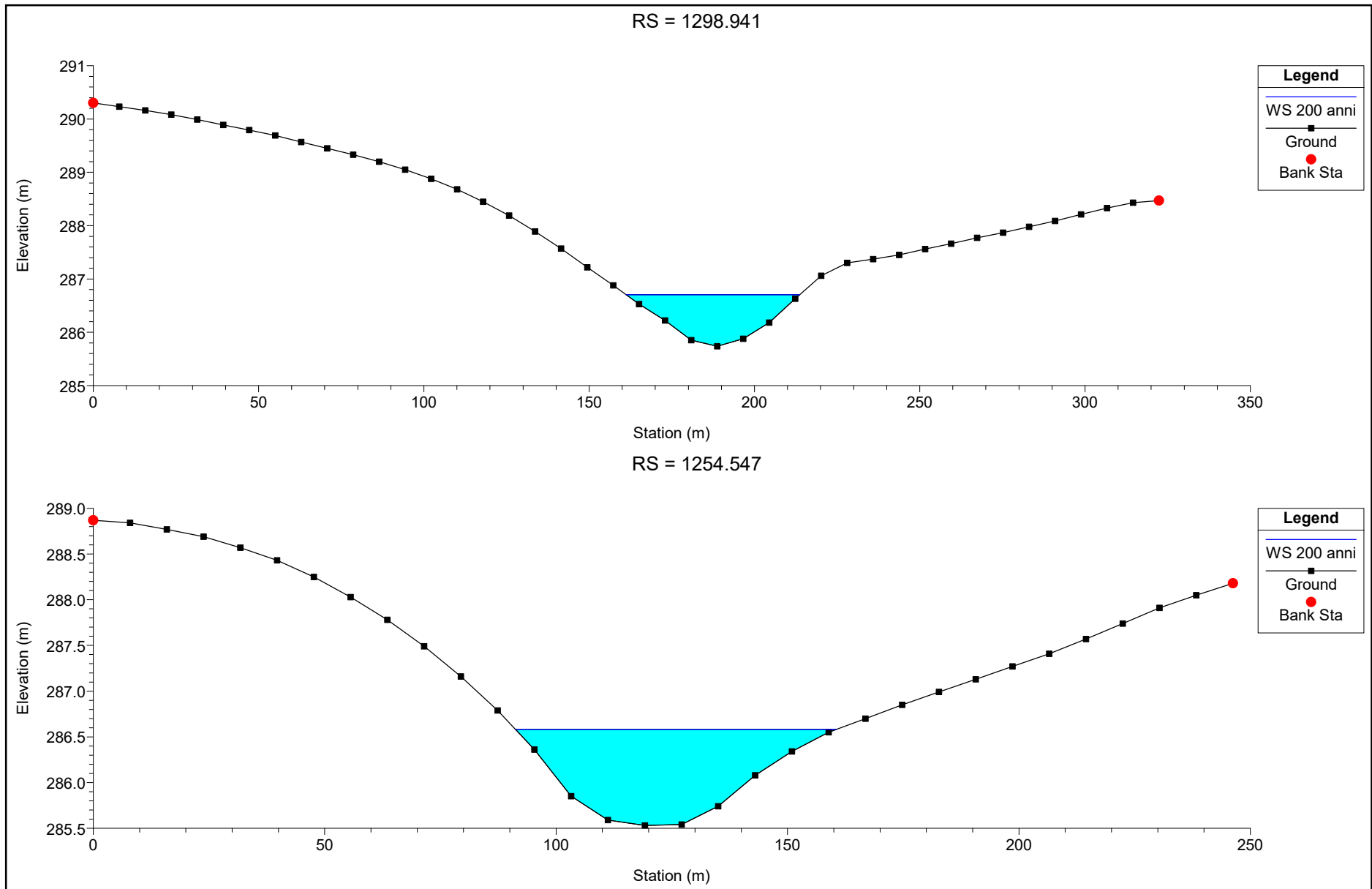
RS = 1595.124

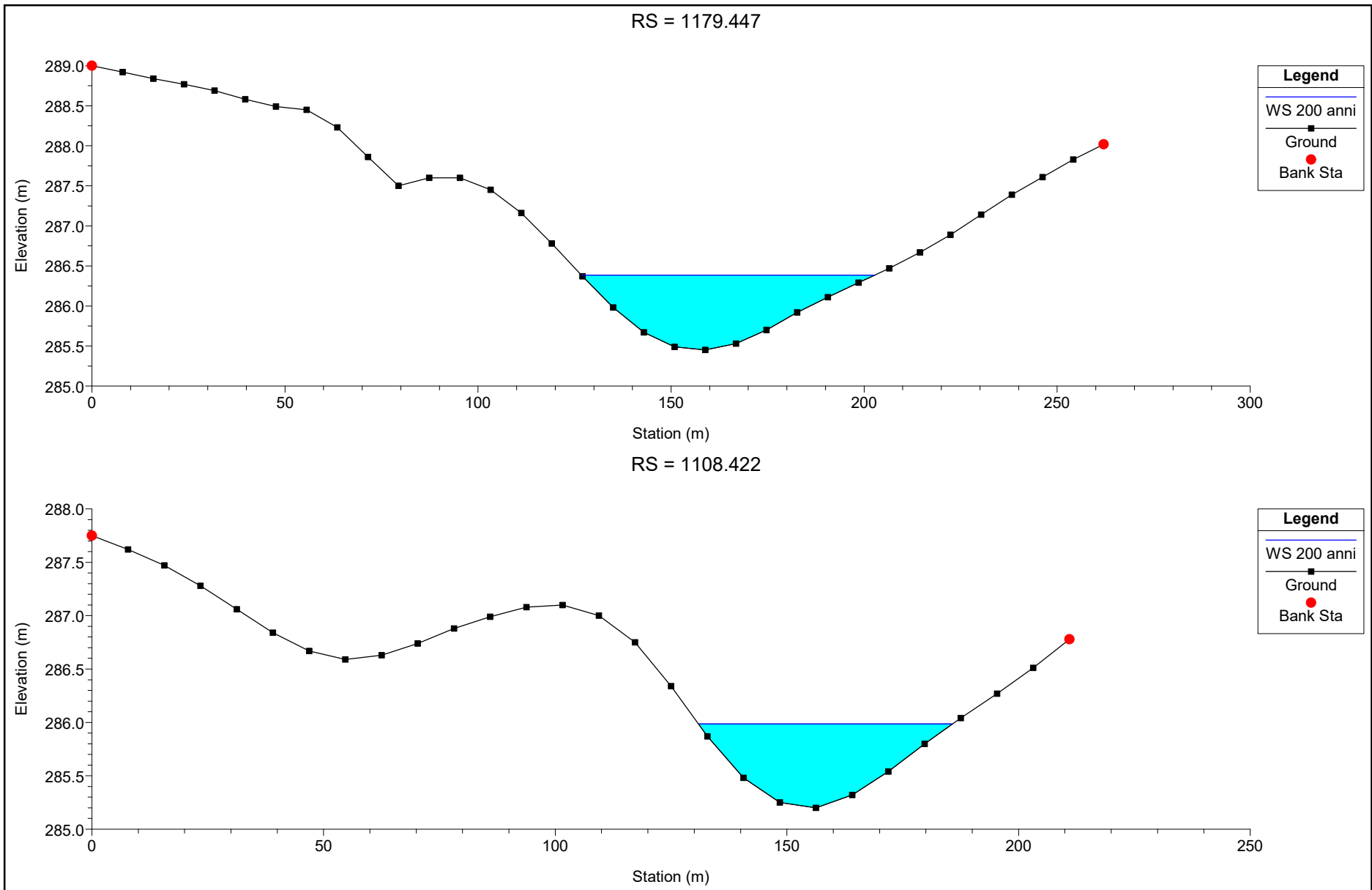


RS = 1484.823

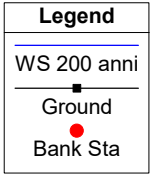
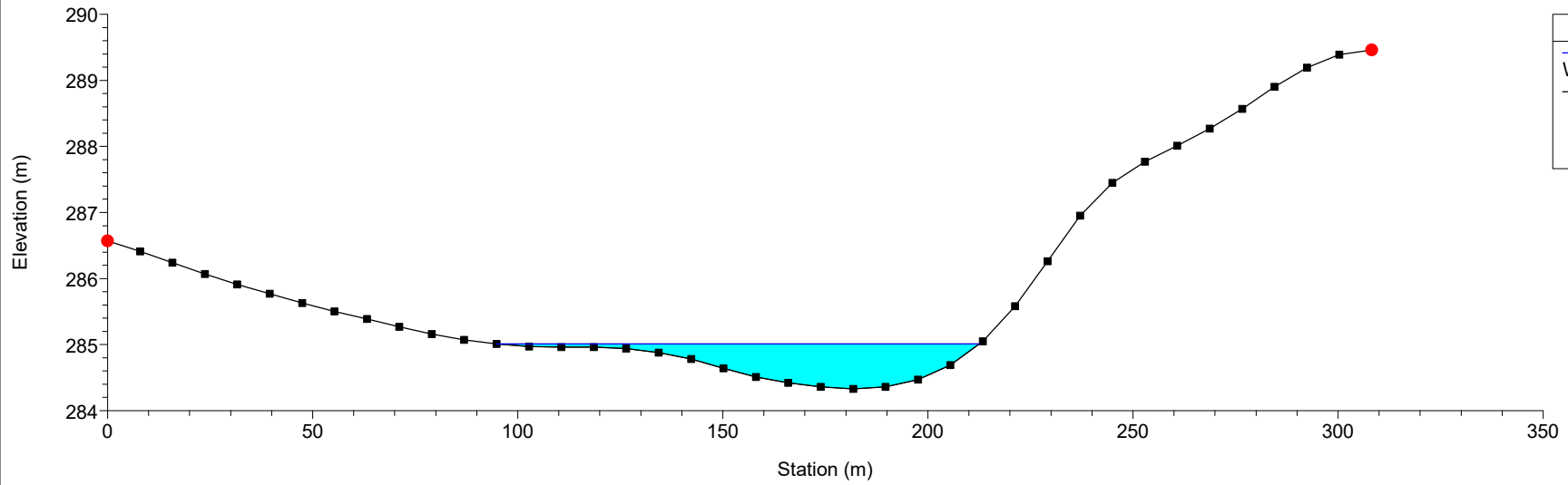




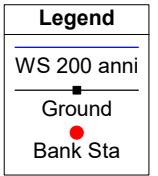
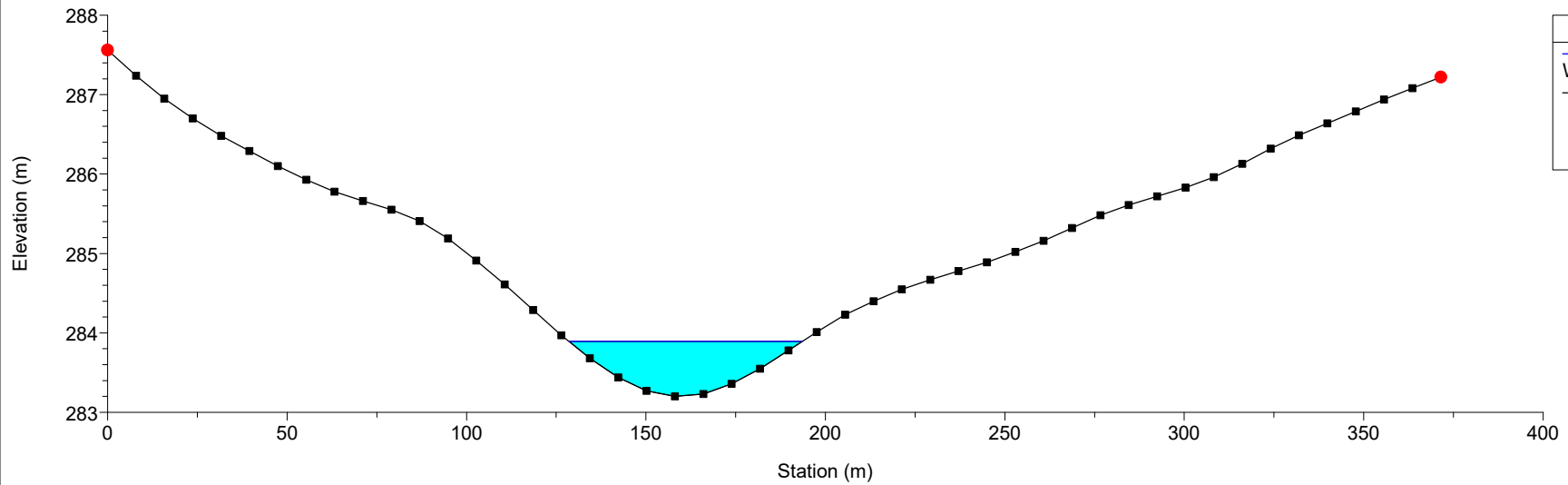


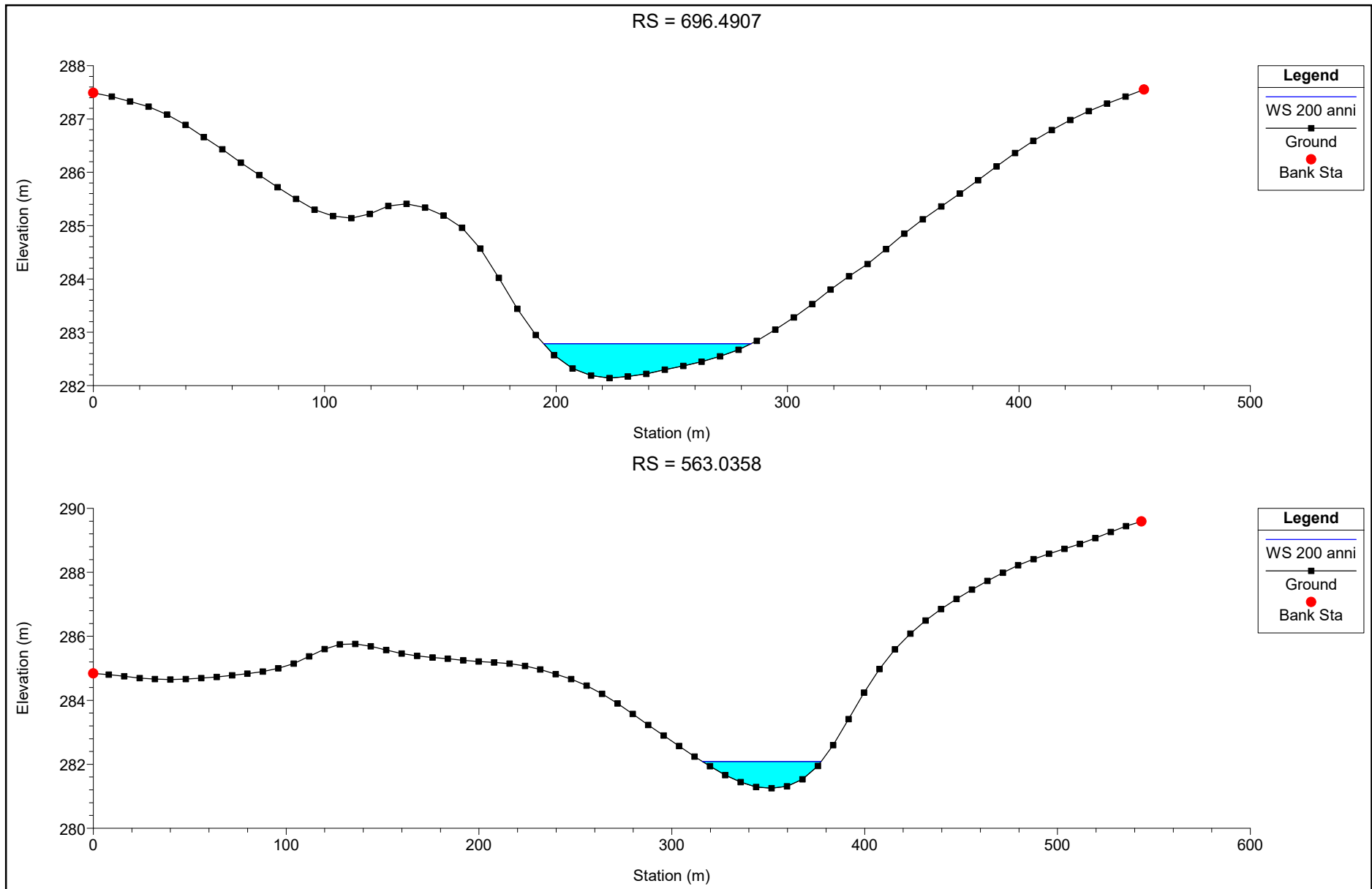


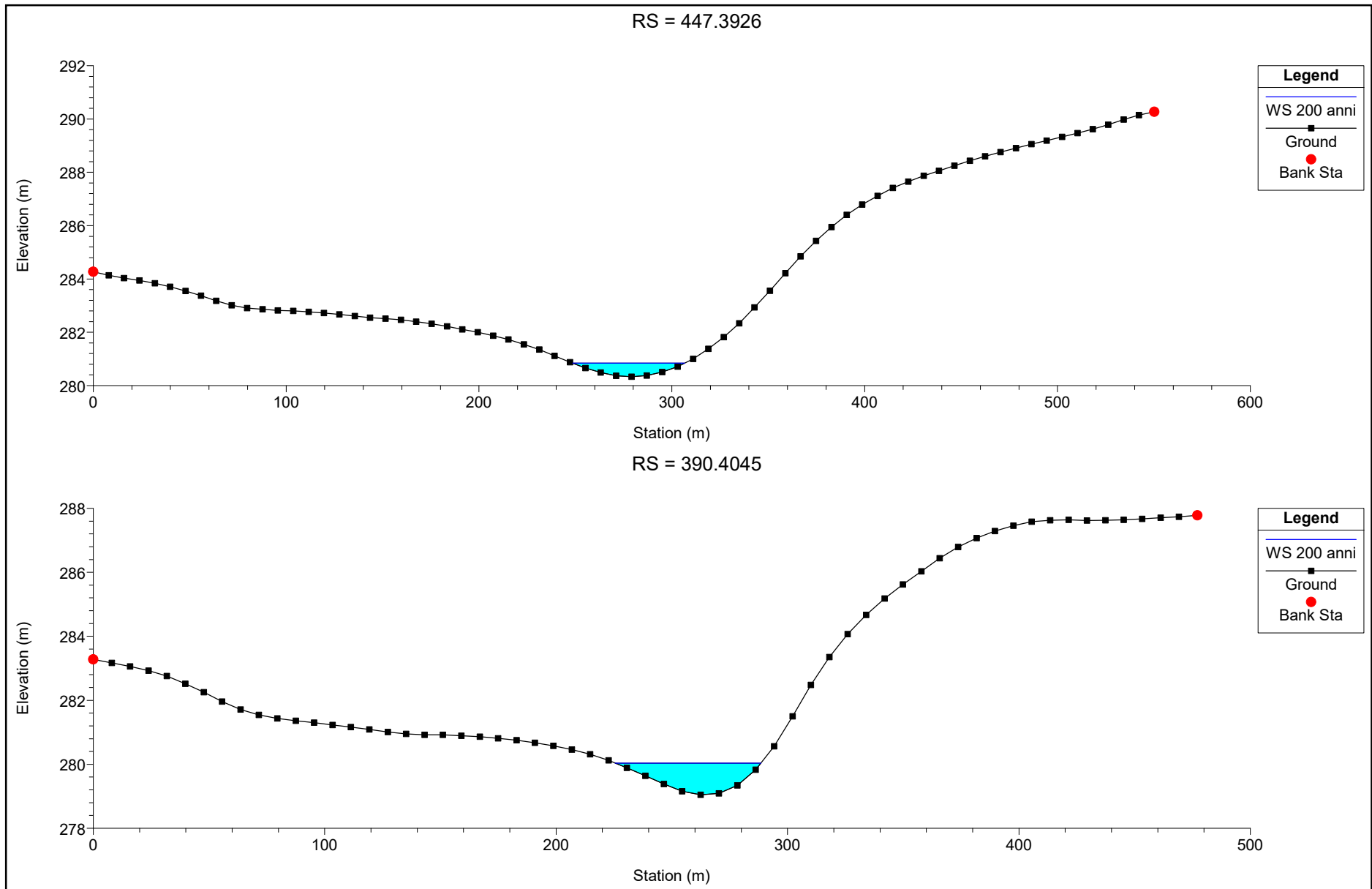
RS = 985.0785

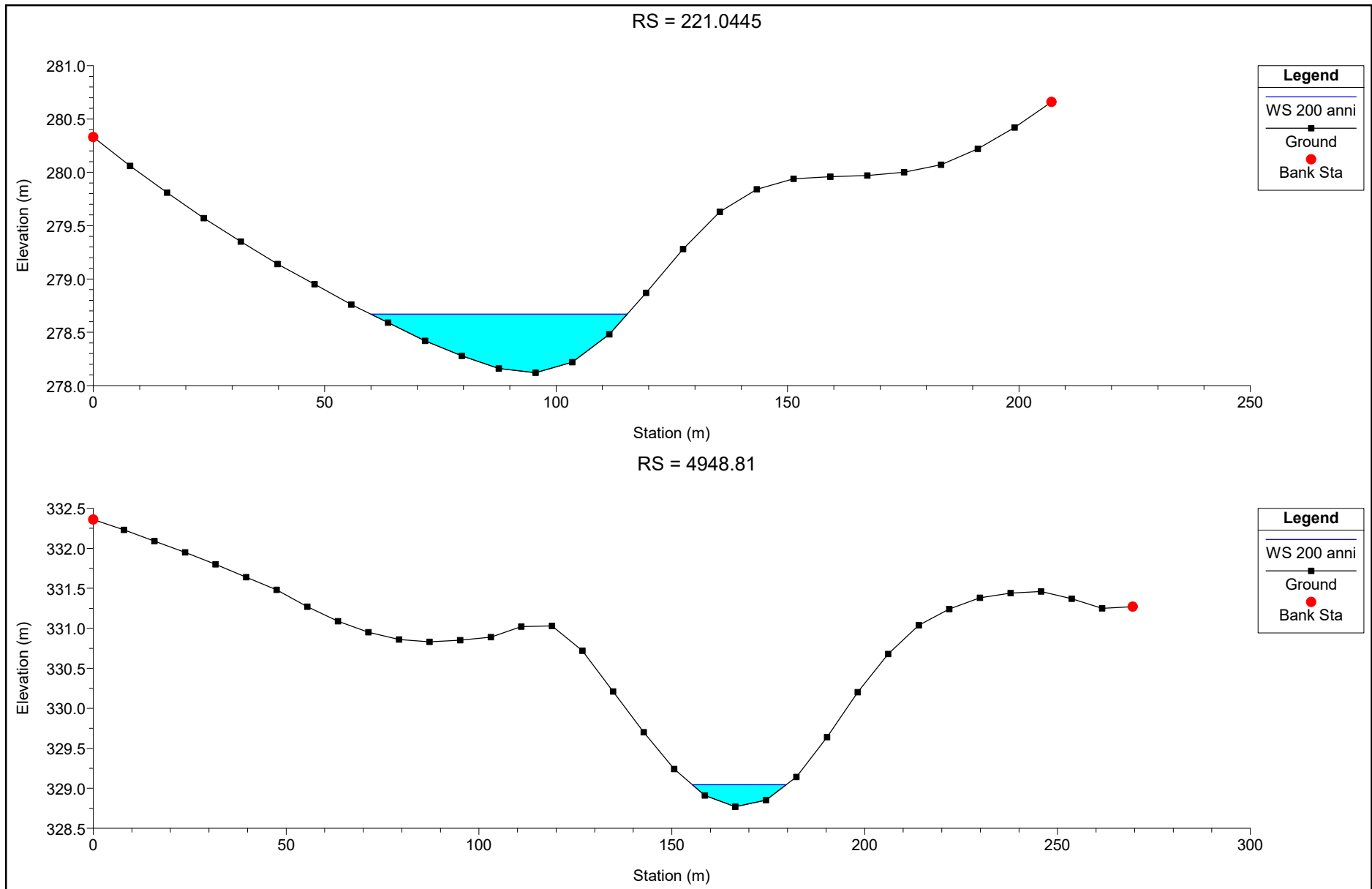


RS = 853.3413

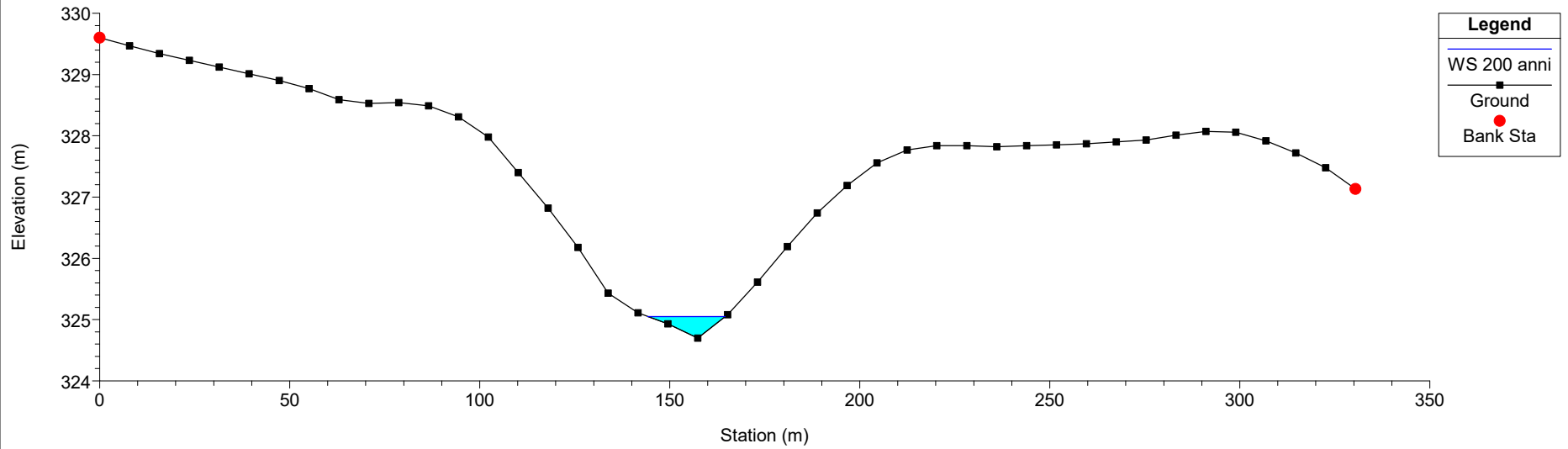




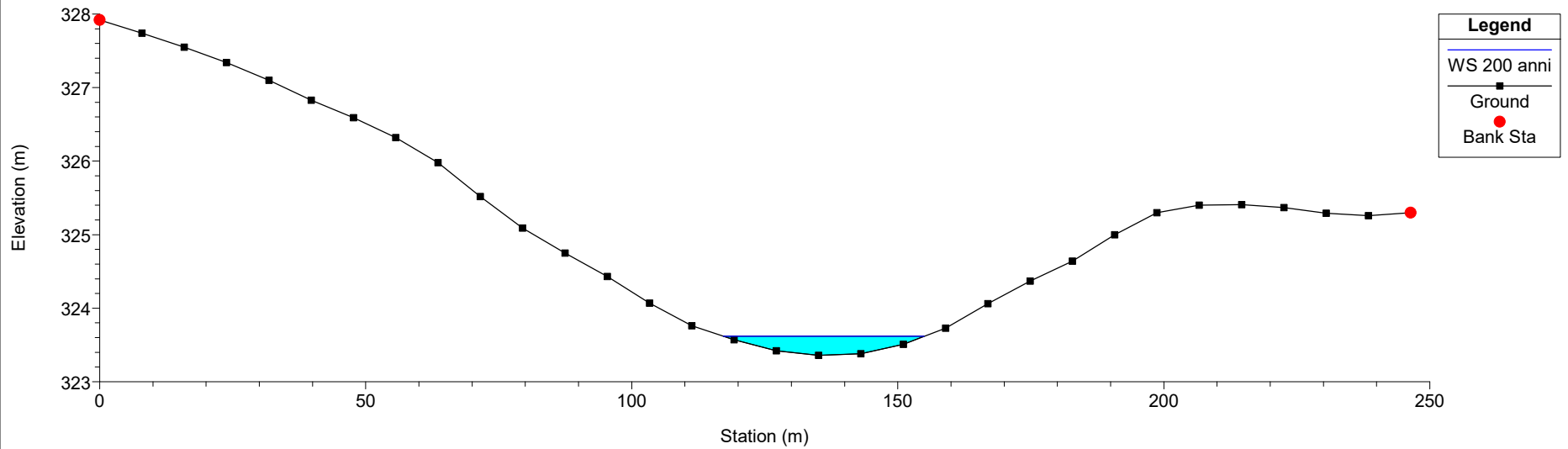


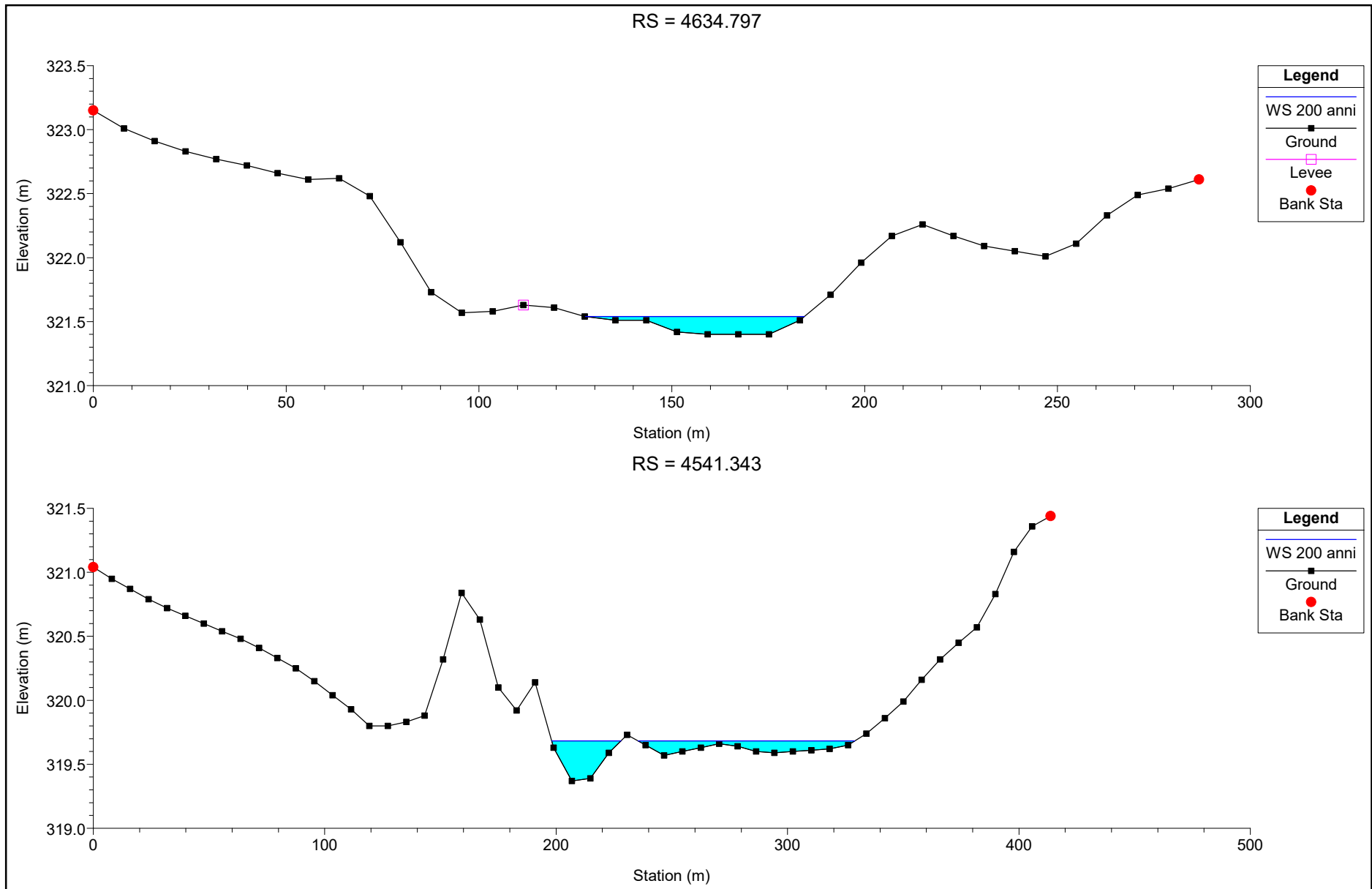


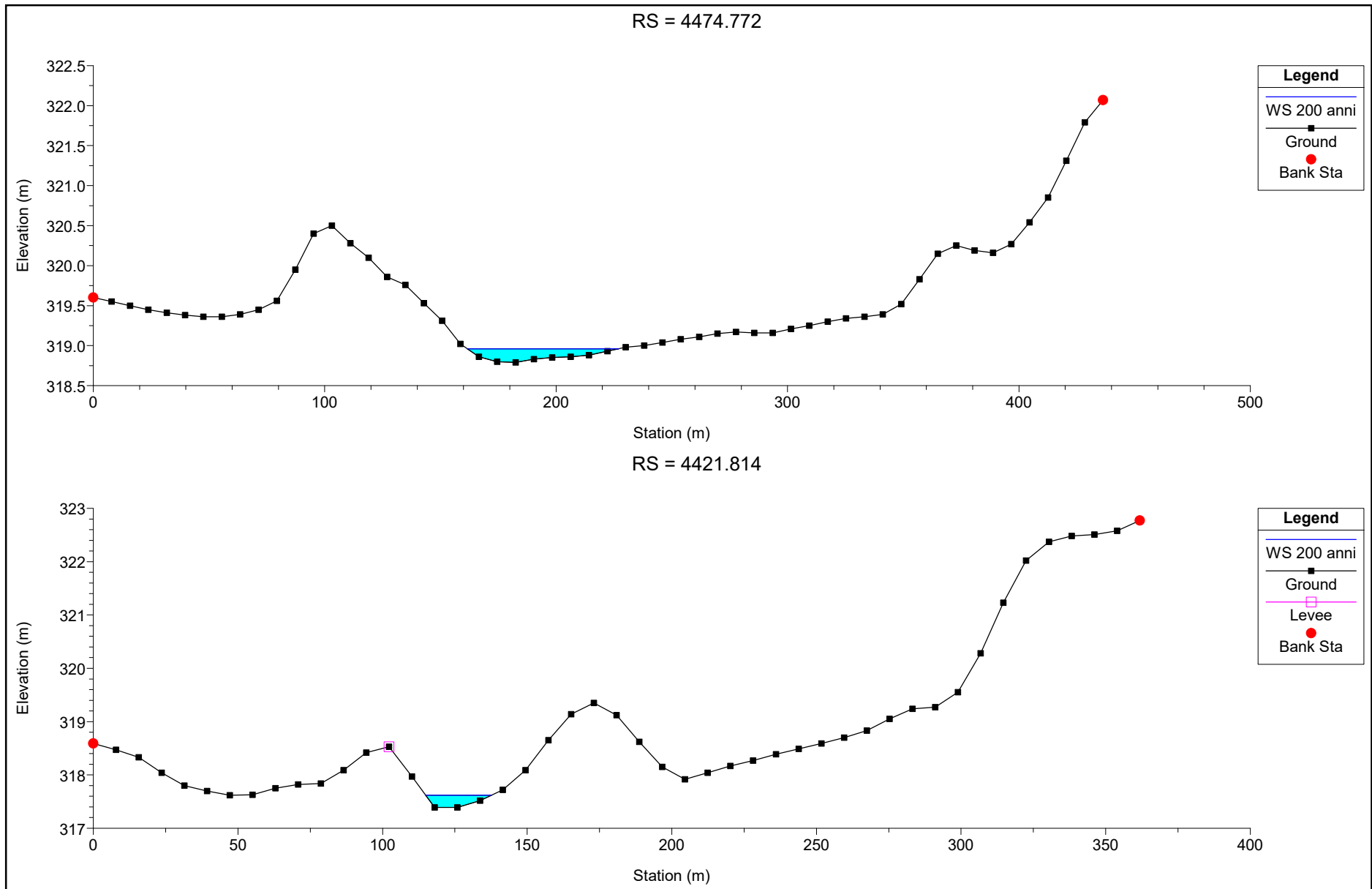
RS = 4814.201

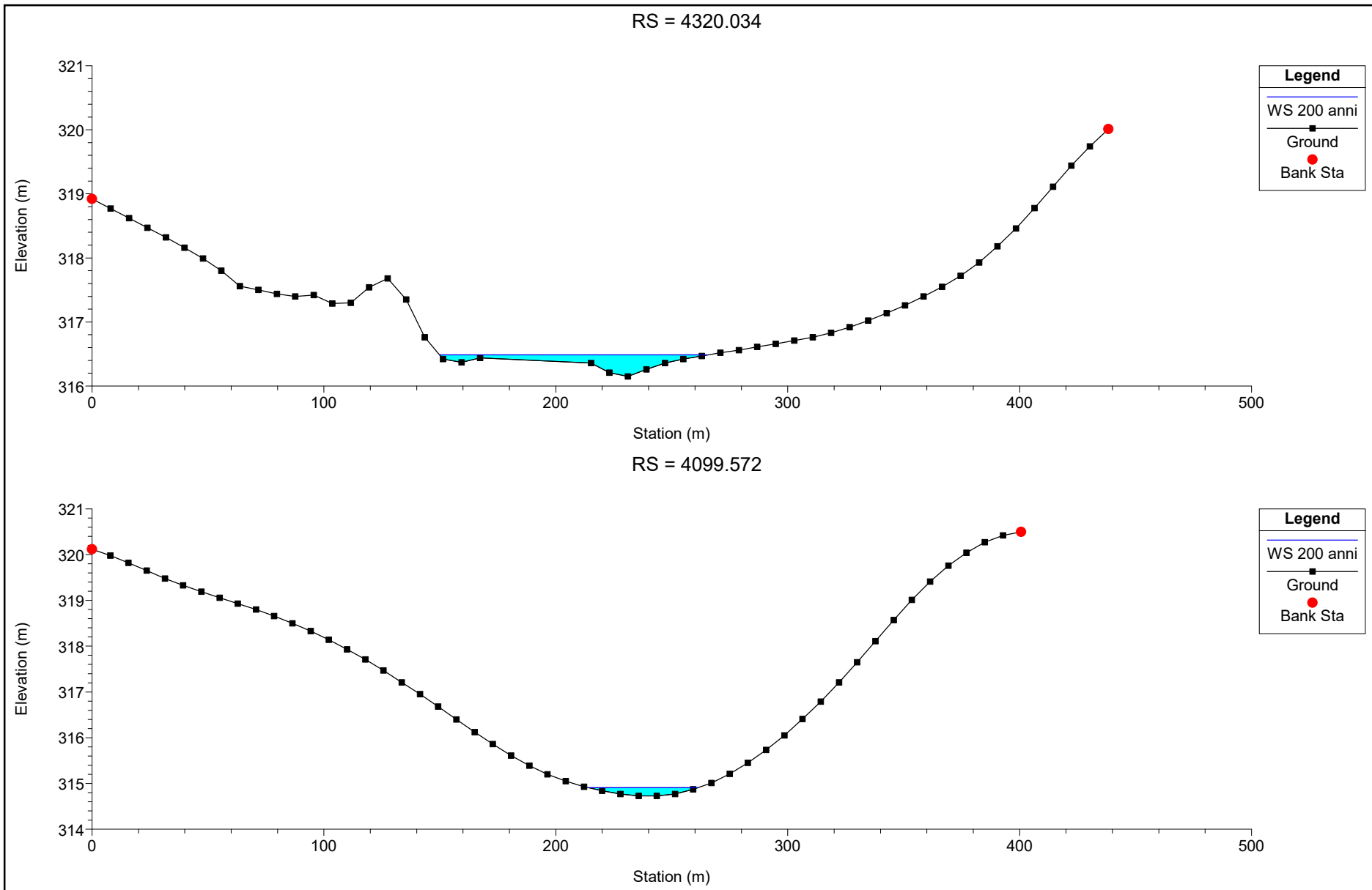


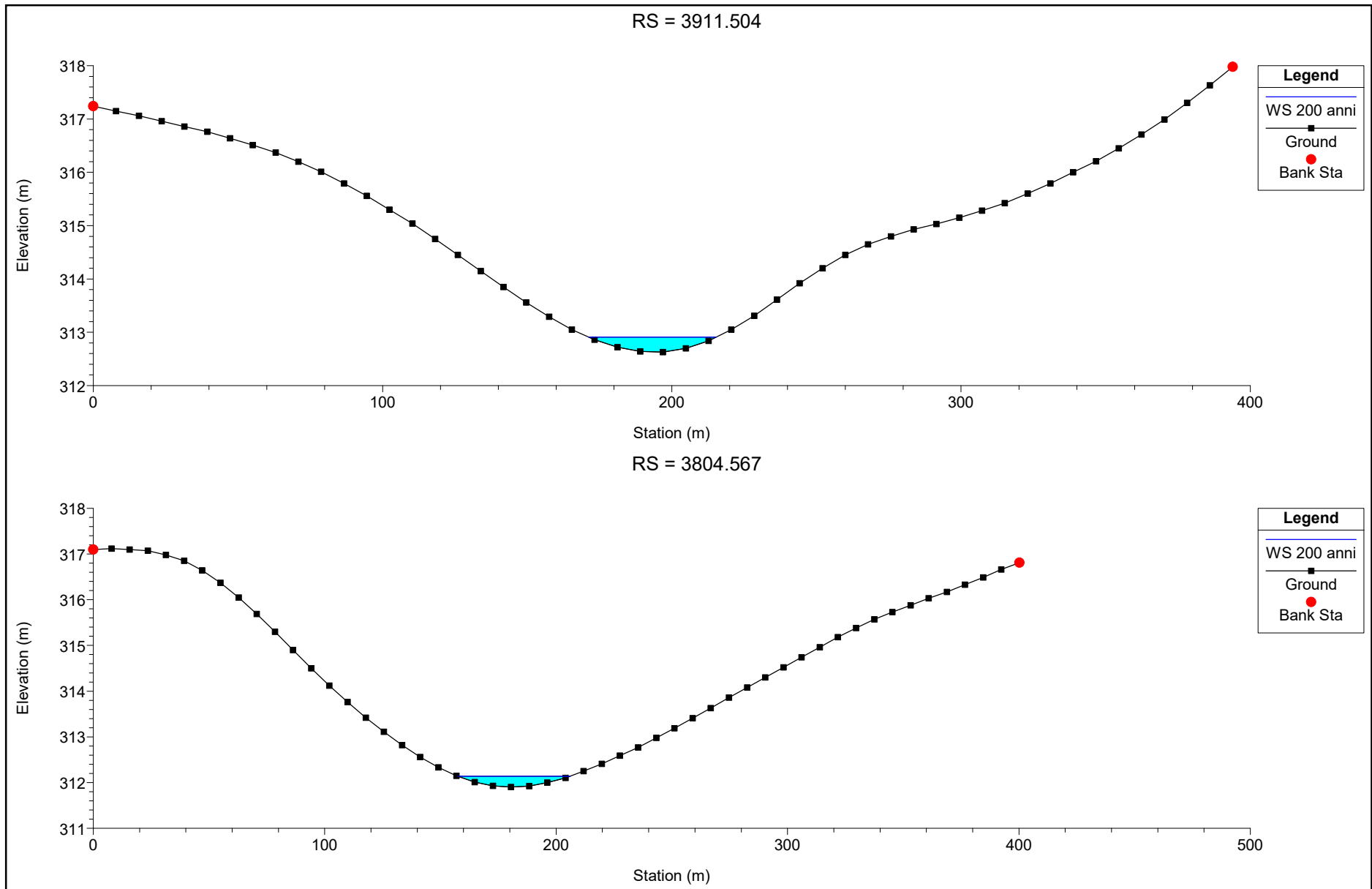
RS = 4741.007

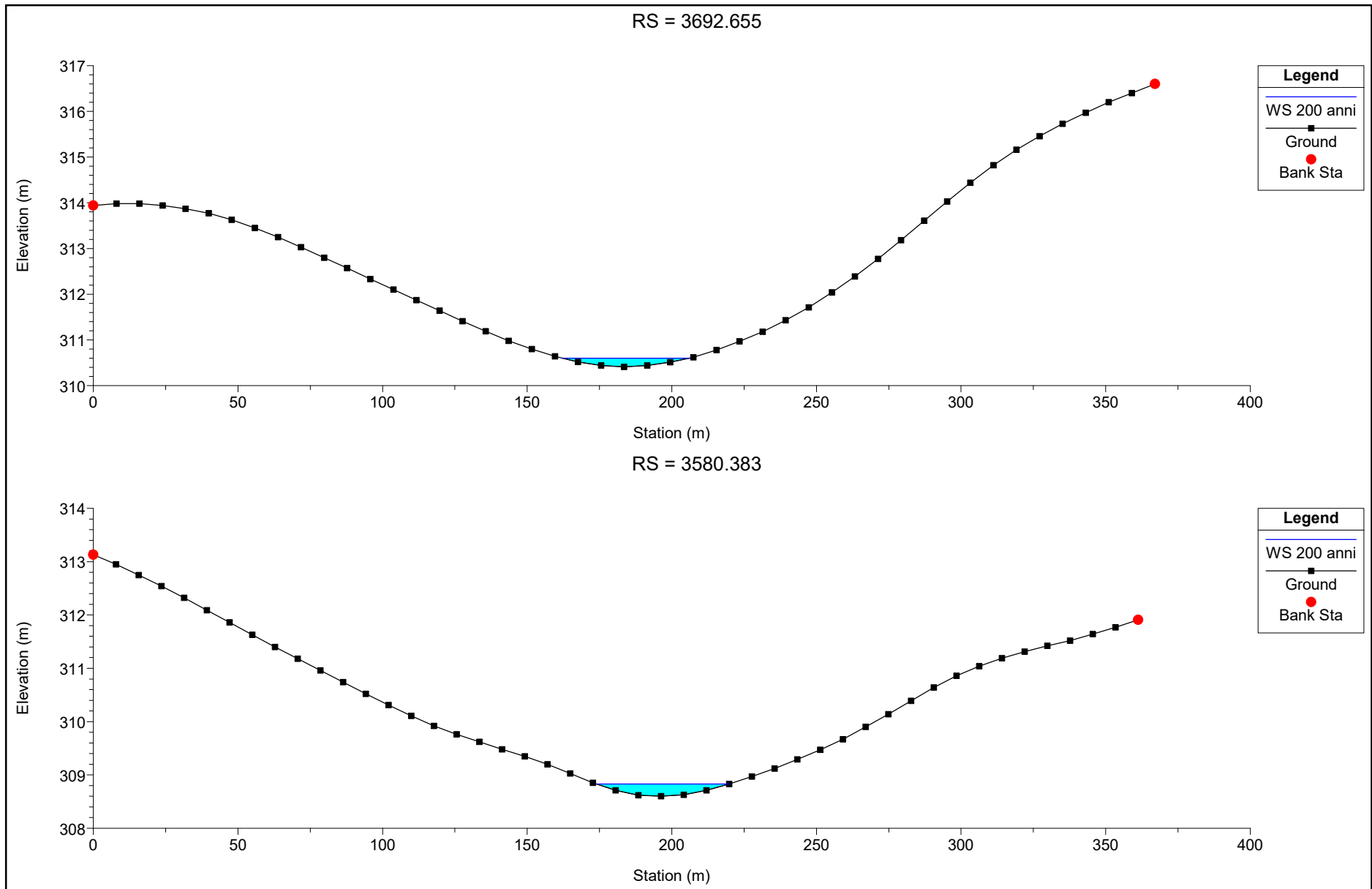


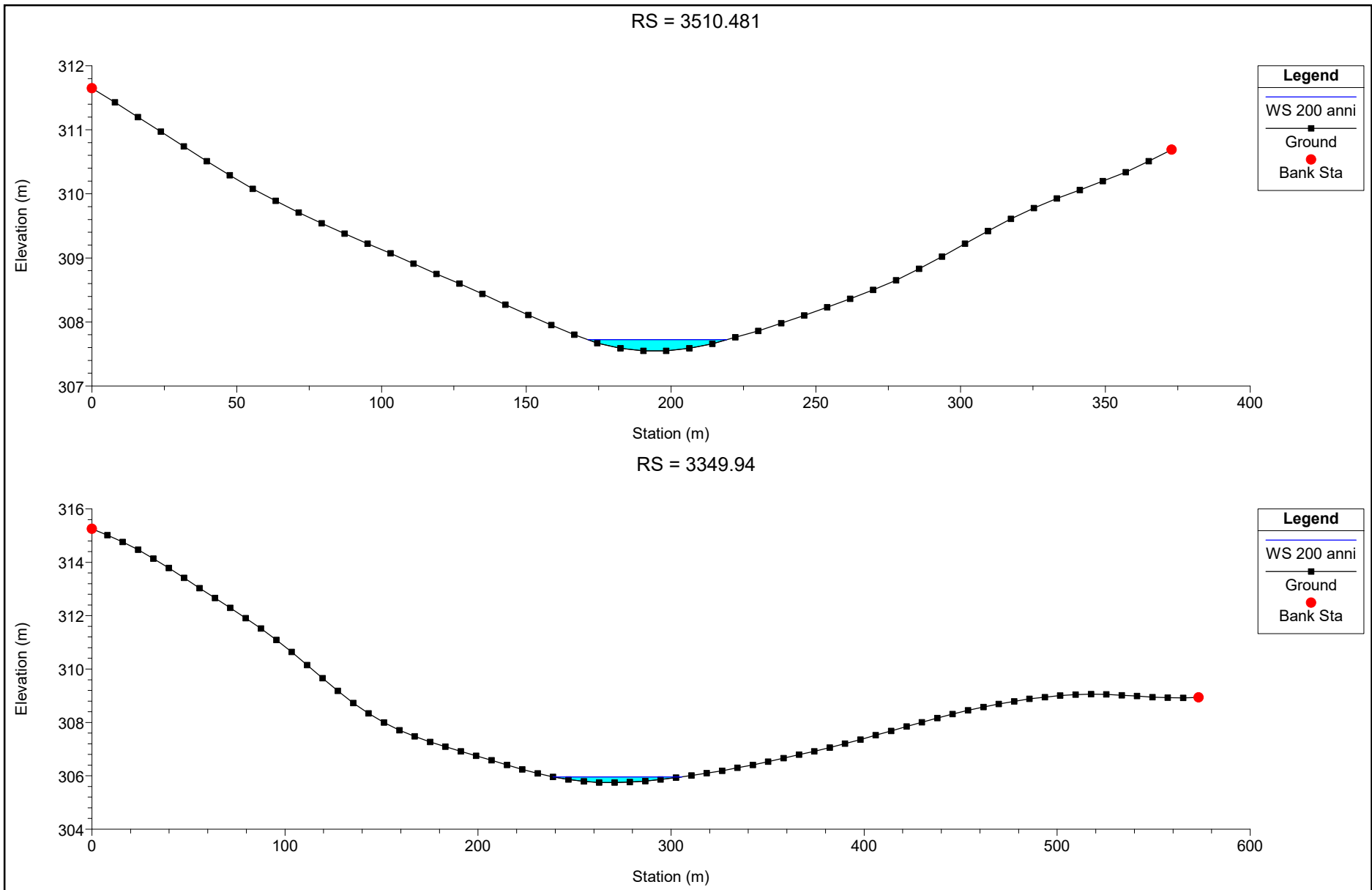




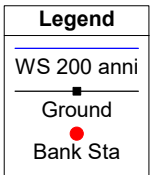
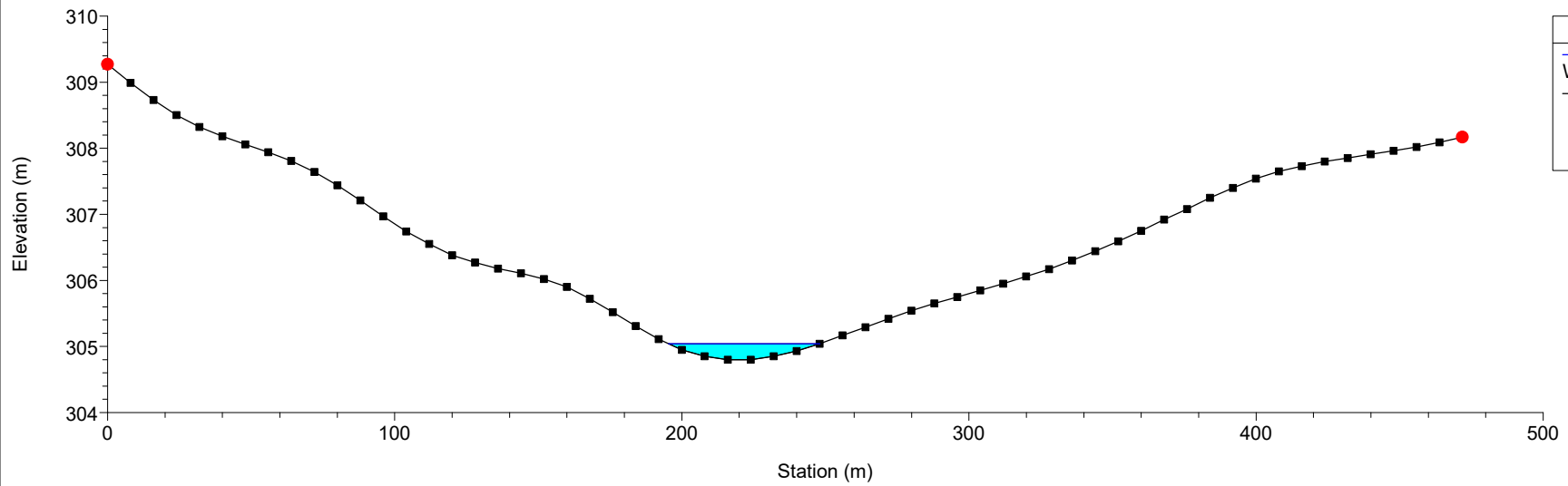




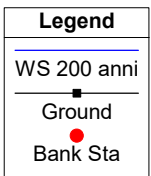
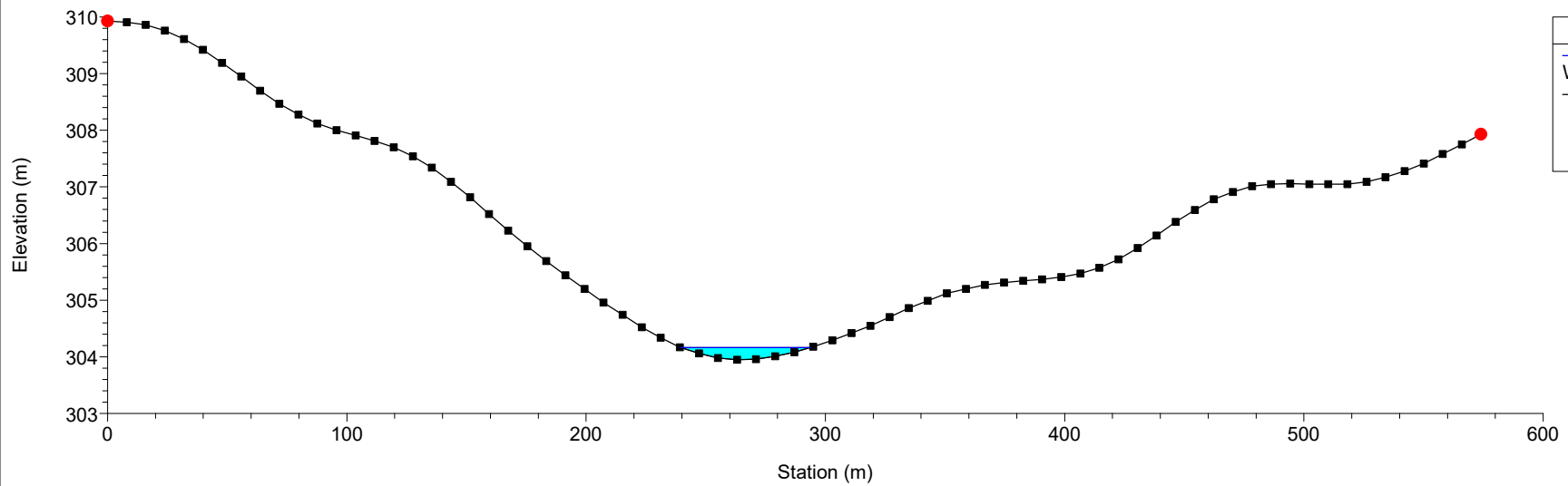


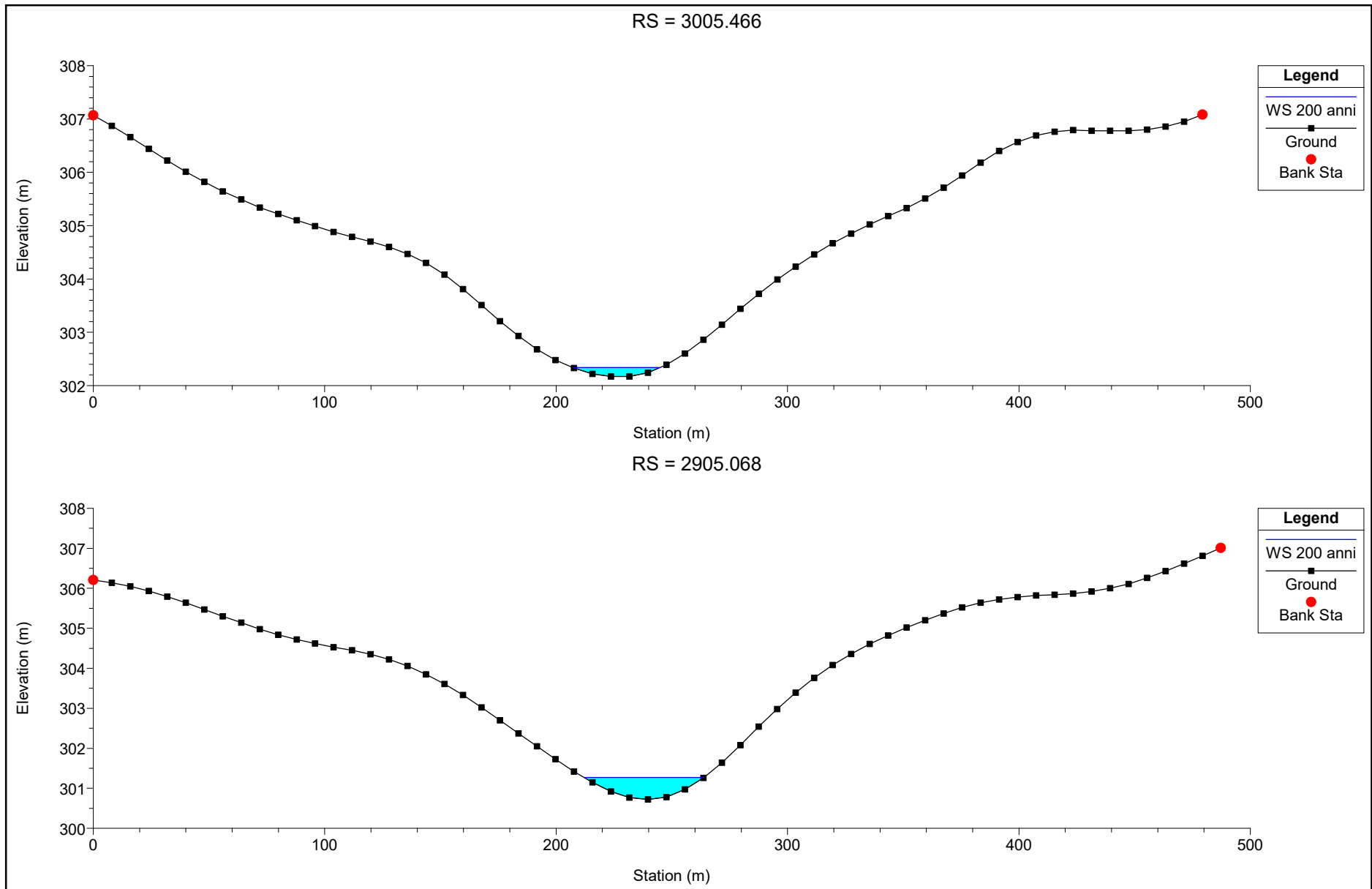


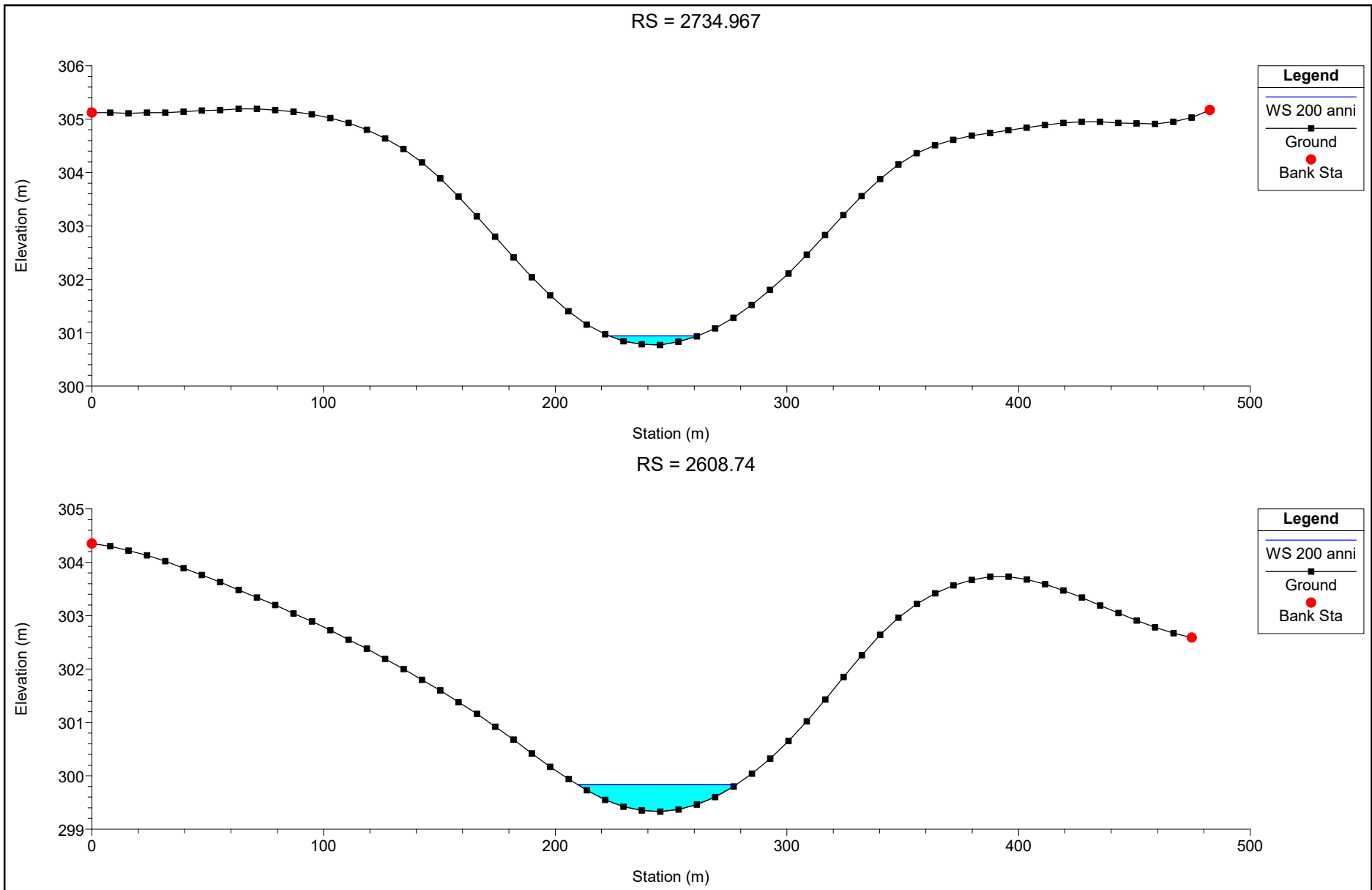
RS = 3210.23



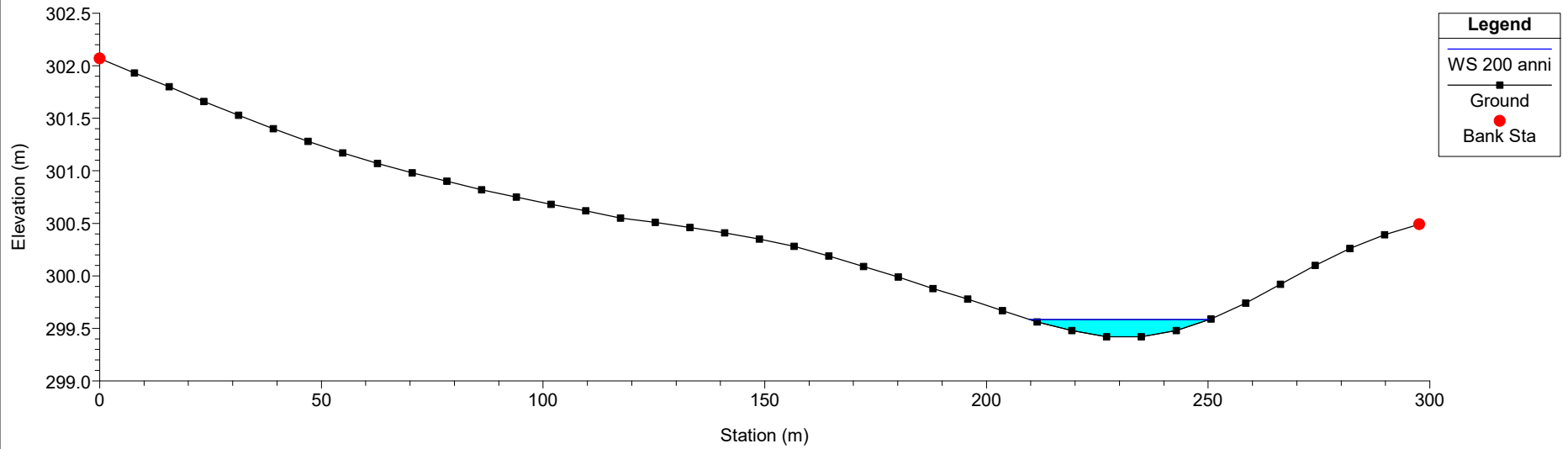
RS = 3103.059



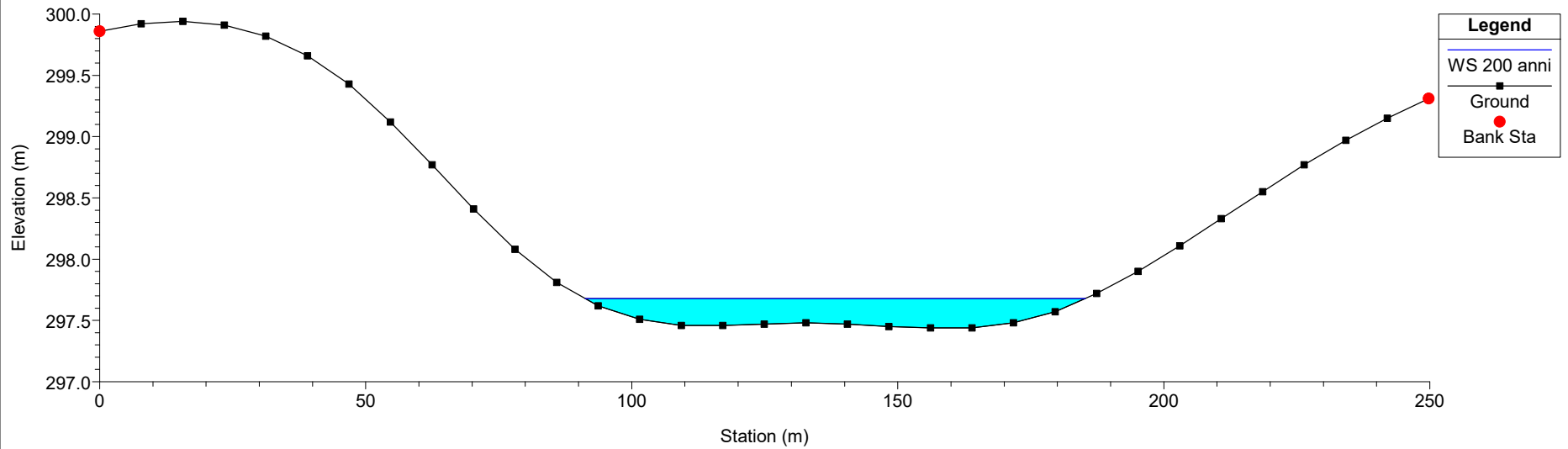




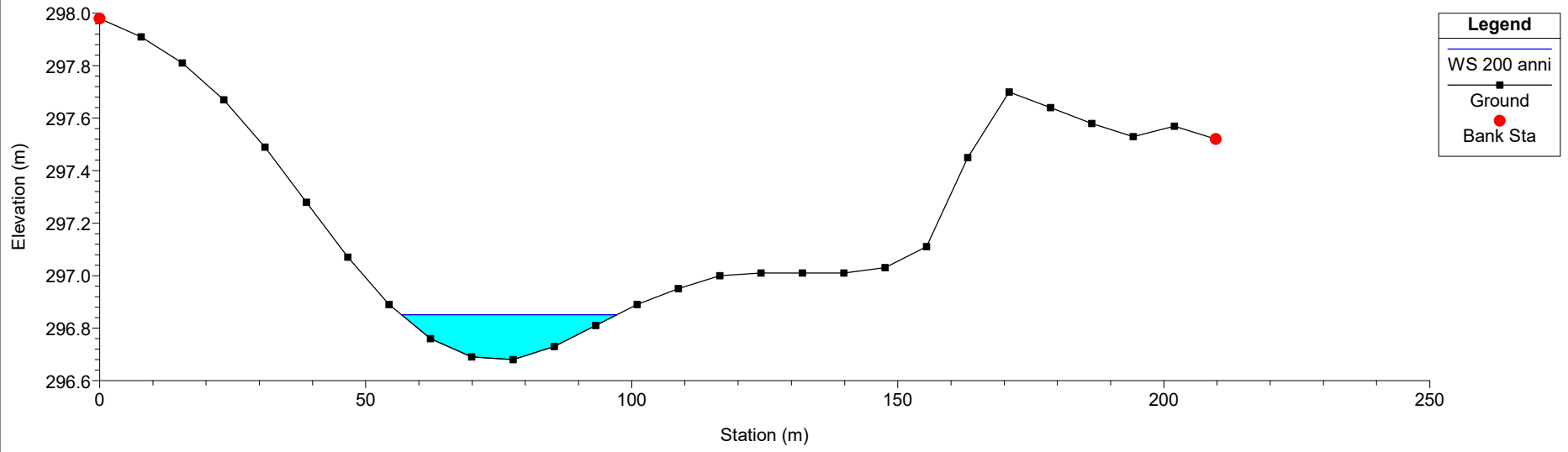
RS = 2448.022



RS = 2289.568



RS = 2073.68



SEZIONI MORFOLOGICHE INTERSEZIONE 8 E 9

