

**REGIONE SARDEGNA
COMUNE DI SANTA GIUSTA
E PALMAS ARBOREA**
Provincia di Oristano



Titolo del Progetto

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO FOTOVOLTAICO
DENOMINATO "GREEN AND BLUE SA TANCA MANNA"
DELLA POTENZA DI 56.904,120 kW IN LOCALITÀ "SA TANCA MANNA"
NEL COMUNE DI SANTA GIUSTA E PALMAS ARBOREA

Identificativo Documento

REL_SP_03_IDRA

ID Progetto	GBTM	Tipologia	R	Formato	A4	Disciplina	AMB
-------------	------	-----------	---	---------	----	------------	-----

Titolo

RELAZIONE IDRAULICA

SCALA: Varie	FILE: REL_SP_03_IDRA.pdf
--------------	--------------------------

IL PROGETTISTA
Arch. Andrea Casula



GRUPPO DI PROGETTAZIONE
Arch. Andrea Casula
Geom. Fernando Porcu
Dott. in Arch. J. Alessia Manunza
Geom. Vanessa Porcu
Dott. Agronomo Giuseppe Vacca
Archeologo Alberto Mossa
Geol. Marta Camba
Ing. Antonio Dedoni
Ing. Fabio Ledda
Green Island Energy SaS

COMMITTENTE

SF MADDALENA SRL

SF MADDALENA SRL
Via Cantorrivo, N 44/C - 01021 Viterbo
P.Iva 02349460564
pec: sfmaddalena@pec.it

Rev.	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
Rev.	Settembre 2021	Prima Emissione	Green Island Energy	Green Island Energy	SF Maddalena srl

PROCEDURA

Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art.23 del D.Lgs.152/2006

GREEN ISLAND ENERGY SAS
Via S.Mele, N 12 - 09170 Oristano
tel&fax(+39) 0783 211692-3932619836
email: greenislandenergysas@gmail.com

NOTA LEGALE: Il presente documento non può
tassativamente essere diffuso o copiato
su qualsiasi formato e tramite qualsiasi
mezzo senza preventiva autorizzazione
formale da parte di Green Island Energy SaS



1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	INQUADRAMENTO	5
3.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	5
3.2	INQUADRAMENTO P.A.I.	6
3.3	INQUADRAMENTO P.S.F.F.....	6
3.4	INQUADRAMENTO DELLE MISURE DI SALVAGUARDIA NELLE AREE ALLUVIONATE	6
4	PORTATE DI PIENA	7
5	VERIFICHE IDRAULICHE	13
6	CONCLUSIONI.....	19

ALLEGATO 1: MODELLO DEL TERRENO NELLA CONDIZIONE ATTUALE (ANTE OPERAM)

ALLEGATO 2: MODELLO DEL TERRENO NELLA CONDIZIONE DI PROGETTO (POST OPERAM)

ALLEGATO 3: PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI E DELLE AREE ALLAGATE (ANTE OPERAM)

ALLEGATO 4: PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI E DELLE AREE ALLAGATE (POST OPERAM)

ALLEGATO 5: ELABORATI HEC-RAS

Indice Figure

Figura 1 Strutture di supporto pannelli	3
Figura 2 – Inquadramento geografico e foto aerea dell'area.	5
Figura 3 – Bacino idrologico con l'individuazione dell'area di progetto in rosso	9
Figura 4 – Carta uso suolo.....	12
Figura 5 –Localizzazione delle sezioni e del tratto di corso d'acqua analizzato.....	14
Figura 6 Localizzazione delle sezioni e dell'alveo su ortofoto	14
Figura 7 Aree allagate condizione ante-operam, tempo di ritorno 20 anni	16
Figura 8 Aree allagate condizione post-operam, tempo di ritorno 20 anni	18

Indice Tabelle

Tabella 1 Caratteristiche morfologiche del bacino	9
Tabella 2 Tempi di corrivazione	10
Tabella 3 Calcolo del Curve Number CN III	12
Tabella 4 Portate di piena.....	13
Tabella 5 Portate di piena simulazione.....	13
Tabella 6 Altezze idriche e velocità idrauliche sezioni (ante operam)	15
Tabella 7 Altezze idriche e velocità idrauliche sezioni (post operam)	17

1 PREMESSA

I sottoscritti Dott. Ing. Antonio Dedoni e Dott. Geol. Marta Camba hanno ricevuto incarico professionale dalla Società SF Maddalena Srl, per la verifica idraulica necessaria all'installazione di un impianto agro fotovoltaico denominato "Green ad Blue Sa Tanca Manna" della potenza di 56.904,120 kW in località "Sa Tanca Manna" nel Comune di Santa Giusta e Palmas Arborea.

La realizzazione dell'impianto sarà eseguita mediante l'installazione di moduli fotovoltaici a terra installati su sistema ad inseguimento monoassiale che raggiunge +/- 55°G di inclinazione rispetto al piano di calpestio sfruttando interamente un rapporto di copertura non superiore al 50% della superficie totale.

L'impianto in progetto, del tipo ad inseguimento monoassiale (inseguitori di rollio), prevede l'installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (realizzate in materiale metallico), disposte in direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 8,5 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti.

Le strutture di supporto sono costituite fondamentalmente da tre componenti:

- 1) I pali in acciaio zincato, direttamente infissi nel terreno;
- 2) La struttura porta moduli girevole, montata sulla testa dei pali, composta da profilati in alluminio, sulla quale vengono posate due file parallele di moduli fotovoltaici;
- 3) L'inseguitore solare monoassiale, necessario per la rotazione della struttura porta moduli. L'inseguitore è costituito essenzialmente da un motore elettrico che tramite un'asta collegata al profilato centrale della struttura di supporto, permette di ruotare la struttura durante la giornata, posizionando i pannelli nella perfetta angolazione per minimizzare la deviazione dall'ortogonalità dei raggi solari incidenti, ed ottenere per ogni cella un surplus di energia fotovoltaica generata.

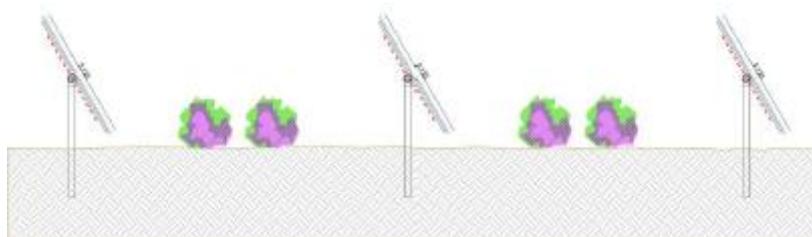


Figura 1 Strutture di supporto pannelli

L'impianto fotovoltaico proposto prevede complessivamente una potenza d'installazione nominale pari 56 904.120 kW e una produzione di energia annua pari a 89 611 727.26 kWh (equivalente a 1 574.78 kWh/kW), derivante da 97 272 moduli che occupano una superficie di 265 941.65 m², ed è composto da 6 generatori.

Poiché il progetto non sono previste reti per lo smaltimento delle reti di acque bianche, il presente studio ha lo scopo di verificare se sono presenti delle criticità connesse allo smaltimento delle acque meteoriche, con tempi di ritorno di 20 anni (tipico per il dimensionamento delle reti di smaltimento).

Prima della realizzazione dell'impianto è prevista una leggera modellizzazione del terreno, con lo spianamento delle zone interessate dal deflusso superficiale tale da ridurre le altezze idriche e la velocità di deflusso, a scapito di una maggiore area inondata (contenuta all'interno dell'area dell'impianto); la modellizzazione del terreno non determinerà la modifica del naturale deflusso delle acque meteoriche.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Legge 267 del 03/08/1998 "Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia".
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992 Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Legge 18 Maggio 1989, n. 183 – Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo (e successive modificazioni ed integrazioni).
- D.M. LL.PP. n. 47 dell'11/03/1988 recante "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione".
- Legge n. 64 del 02/02/1974 recante "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- R.D. 25 Luglio 1904, n. 523 – Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie
- D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. – "Norme in materia ambientale"
- D.M. 17 Gennaio 2018 – Nuove Norme Tecniche per Le Costruzioni
- Art. 24 delle Norme di attuazione del P.A.I., allegato E.
- Artt. n. 4, n. 8 (commi 8, 9, 10 e 11) delle Norme di attuazione del P.A.I..
- Art. 17, comma 6 Legge n. 183 del 19 Maggio 1989, Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale)
- Delibera n. 1 del 31/03/2011 "Predisposizione del complesso di 'Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello Studio denominato Progetto di Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)'".
- Delibera n. 1 del 20.06.2013 e n. 1 del 05.12.2013 "Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)".
- Delibera n. 2 del 17.12.2015 "Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)".

3 INQUADRAMENTO

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata ricade interamente nel territorio del comune di Santa Giusta e Palmas Arborea, provincia di Oristano, in località denominata "Tanca Manna" ed è inquadrata nella cartografia IGM nel foglio 528 Sez. II di Oristano.

Coordinate geografiche area in esame:
1471799, 4010222

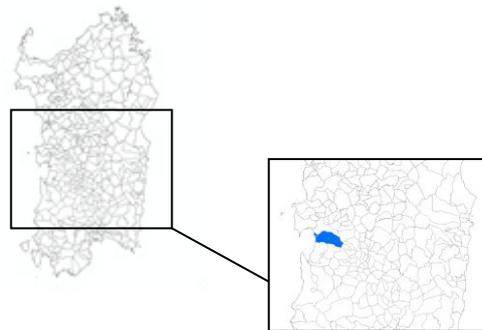


Figura 2 – Inquadramento geografico e foto aerea dell'area.

3.2 INQUADRAMENTO P.A.I.

Dall'esame della cartografia relativa alle fasce d'inondabilità emerge l'area dell'impianto, oggetto di intervento, non ricade all'interno della perimetrazione del Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI).

3.3 INQUADRAMENTO P.S.F.F.

Dall'esame della cartografia relativa alle fasce d'inondabilità emerge che l'area oggetto di intervento non ricade all'interno della perimetrazione delle fasce fluviali.

3.4 INQUADRAMENTO DELLE MISURE DI SALVAGUARDIA NELLE AREE ALLUVIONATE

Dall'analisi della cartografia delle aree allagate, allegata alla Delibera del Comitato istituzionale n.1 del 27.02.2014 "Definizione delle misure di salvaguardia nelle aree alluvionate del territorio regionale colpite dall'evento calamitoso, denominato Cleopatra, è stato possibile determinare che l'area in esame è non stata interessata da tale evento.

4 PORTATE DI PIENA

Si è proceduto ad una analisi idrologica finalizzata alla valutazione alle portate di piena di riferimento associata al tempo di ritorno di 20 anni, tipica per la verifica ed il dimensionamento di reti di smaltimento delle acque meteoriche.

La portata sarà stimata simulando, mediante un modello deterministico a fondamento cinematico, il processo di trasformazione afflussi-deflussi che avviene nel bacino idrografico.

Le ipotesi di base del metodo sono:

- la formazione della piena è dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione in cui essa è caduta;
- la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna scorre indipendentemente dalle altre;
- la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.

La portata di massima piena che scaturisce dalle suddette ipotesi è fornita dalla relazione:

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot \psi \cdot \frac{h_{T_c}}{T_c} \cdot S \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

dove:

- T_c = tempo di corrivazione [ore]
- S = superficie del bacino [km²]
- h_{T_c} = pioggia critica di durata T_c [mm]
- Ψ = coefficiente di deflusso.

Lo ietogramma di progetto per la stima del coefficiente di afflusso F è di tipo rettangolare, ovvero l'intensità della pioggia si suppone costante durante tutta la durata dell'evento meteorico. Questa ipotesi è applicabile al regime idrologico della Sardegna poiché le piogge presentano prevalentemente breve durata e alta intensità. Le perdite del bacino nella trasformazione afflussi-deflussi verranno pertanto stimate sotto forma di percentuale dell'afflusso meteorico totale, utilizzando il metodo del Curve Number (CN) sviluppato dal Soil Conservation Service nel 1985, e il coefficiente F assumerà un valore nell'intervallo $0 \div 1$.

Il metodo cinematico solitamente ben si adatta alle stime di portata di piena dei piccoli bacini, fra i quali, con un criterio del tutto empirico possono essere classificati i bacini di estensione massima pari a qualche centinaio di Km², mentre per bacini di maggiori dimensioni fornisce risultati che in genere risultano sovrastimati.

Il tempo di corrivazione t_c può essere stimato utilizzando varie formule esistenti in letteratura, ognuna applicabile in misura maggiore o minore a seconda delle caratteristiche del bacino.

In fase progettuale verrà adottato il valore di t_c più idoneo in relazione alle caratteristiche morfometriche del tipo di bacino in esame.

Per la determinazione del tempo di corrivazione T_c sono state utilizzate le formule sotto elencate:

- Soil Conservation Service $T_c = 0,00227 * (1000L)^{0,8} \cdot [(1000/CN) - 9]^{0,7} i_{VERSANTE}^{-0,5}$ [ore]

$$T_c = 1,67 \cdot 2,587 * \frac{1000L^{0,8}}{1900 \cdot i_{VERSANTE\%}^{0,5}} \cdot [(1000/CN) - 9]^{0,7} \text{ [ore]}^1$$

- Formule di Ventura: $T_c = 0,1272 \left(\frac{S}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}}$ [ore]

- Formula di Giandotti: $T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{(H_m - H_0)}}$ [ore]

- Formula di Viparelli: $T_c = \frac{L}{3,6V}$ [ore]

(dove V è la velocità media di scorrimento variabile a seconda delle caratteristiche dell'asta fluviale)

- Formula di Pasini: $T_c = \frac{0,108(SL)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{i_m}}$ [ore]

- Formula VAPI $T_c = 0,212S^{0,231} \left(\frac{H_m}{i_m} \right)^{0,289}$ [ore]

Per la definizione dei bacini si è fatto riferimento agli elementi cartografici disponibili nel Geoportale della R.A.S:

- Ortofoto;
- Carta Tecnica regionale in formato vettoriale;
- Modello digitale del terreno con passo 10 m.

All'interno dell'area di progetto è stato individuato il seguente bacino idrografico.

¹ Formula equivalente alla precedente riportata sulle "Metodologie di analisi" del PSFF

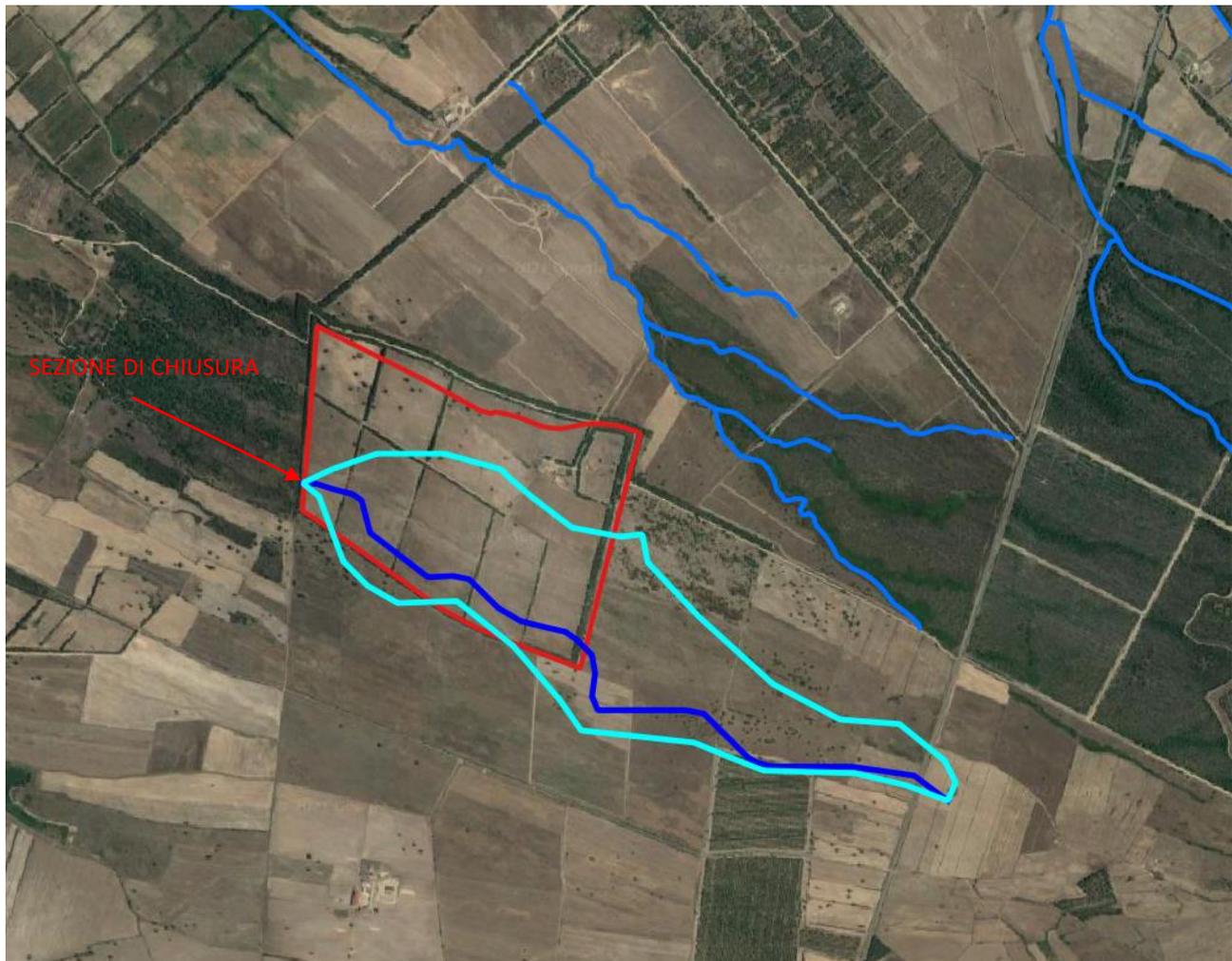


Figura 3 – Bacino idrologico con l'individuazione dell'area di progetto in rosso

Le caratteristiche morfologiche del bacino sono:

CARATTERISTICHE DEL BACINO BACINO COMPLETO			
Superficie bacino	S=	0.768	Km ²
Altitudine massima	H _{MAX} =	60	m s.l.m.
Altitudine minima	H ₀ =	29	m s.l.m.
Altitudine media	H _m =	40.63	m s.l.m.
Pendenza media del bacino drenante	i _{VERSANTE} =	1.42	%
Lunghezza asta principale	L=	2.590	Km
Pendenza media dell'asta principale	im=	0.0109	1.09%

Tabella 1 Caratteristiche morfologiche del bacino

I valori ricavati pertanto sono i seguenti:

TEMPO DI CORRIVAZIONE BACINO COMPLETO		
SCS	[ore]	1.653
Ventura	[ore]	1.066
Giandotti	[ore]	2.709
Viparelli	[ore]	0.480
Pasini	[ore]	1.299
VAPI	[ore]	2.146

Tabella 2 Tempi di corrivazione

Per la determinazione dell'altezza critica è stato utilizzato il tempo di corrivazione ottenuto dalla formula del Viparelli.

Determinazione dell'altezza di pioggia critica

Per quanto riguarda la determinazione dell'altezza di pioggia critica lorda h_{Tc} da utilizzare per l'applicazione della formula razionale si fa usualmente ricorso alle curve di possibilità pluviometrica ricavate utilizzando la distribuzione TCEV.

La pioggia lorda h viene ricavata dalla nota formula:

$$h(T_p) = a \cdot T_p^n$$

dove:

$$\begin{cases} a = a_1 \cdot a_2 \\ n = n_1 + n_2 \end{cases}$$

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata >1 ora
Sottozona 1	$a=0.46420+1.0376 \cdot \text{Log}(T)$ $n=-0.18488+0.22960 \cdot \text{Log}(T)-3.3216 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$a=0.46420+1.0376 \cdot \text{Log}(T)$ $n=-1.0469 \cdot 10^{-2}-7.8505 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.43797+1.0890 \cdot \text{Log}(T)$ $n=-0.18722+0.24862 \cdot \text{Log}(T)-3.36305 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$a=0.43797+1.0890 \cdot \text{Log}(T)$ $n=-6.3887 \cdot 10^{-3}-4.5420 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.40926+1.1441 \cdot \text{Log}(T)$ $n=-0.19060+0.264438 \cdot \text{Log}(T)-3.8969 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$a=0.40926+1.1441 \cdot \text{Log}(T)$ $n=1.4929 \cdot 10^{-2}+7.1973 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$

I valori di a_1 e n_1 si determinano in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g data dalla media dei massimi annui di precipitazione giornaliera; tali valori sono stati calcolati per diverse zone della Sardegna secondo la carta delle Isoiete.

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0,886 \cdot 24^{n_1}}$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \cdot \log \mu_g$$

Per quanto riguarda a_2 e n_2 si determinano con relazioni differenti per tempi di ritorno TR maggiori o minori di 10 anni, per durate di pioggia T_p maggiori o minori di 1 ora e a seconda delle 3 sottozone omogenee (SZO) in cui è stata suddivisa la Sardegna.

I bacini dei corsi d'acqua che interessano i territori comunali di Santa Giusta e Palmas Arborea ricadono nella SZO 1, dalla tabella sopra riportata le espressioni di a_2 e n_2 per T_p , che nel metodo cinematico è posto pari al T_c , inferiore di 1 ora sono:

per la sottozona 1

$$a_2 = 0,46420 + 1,0376 \log TR$$

$$n_2 = -0,18488 + 0,22960 (\log TR) - 3,3216^2 \log^2 (TR)$$

Determinazione della pioggia ragguagliata

La determinazione della pioggia ragguagliata, è stata effettuata secondo la formula proposta dal Department of Environment Water Council (DEWC) nel 1981, applicabile a bacini con area totale $1 \text{ [Km}^2] < A < 100 \text{ [Km}^2]$, e pertanto applicabile al bacino in esame. E' necessaria la stima di un coefficiente r da moltiplicare per l'altezza di pioggia lorda h .

$$r(\tau, A_b) = 1 - f_1 \tau^{-f_2}$$

dove

$$f_1 = 0.0394 A_b^{0.354}$$

$$f_2 = 0.4 - 0.0208 (4.6 - \ln A_b) \quad \text{per} \quad A_b < 20 \text{ [Km}^2]$$

A_b è l'area del bacino espressa in $[\text{Km}^2]$;

τ è la durata della pioggia lorda in ore.

R è il coefficiente di riduzione areale

Coefficiente di deflusso

Per la stima delle perdite si è applicato il metodo del Curve Number (CN) indicato dal Soil Conservation Service (SCS, 1975, 1985) considerando la condizione più critica di umidità antecedente del suolo, ovvero corrispondente alla condizione AMC (Antecedent Moisture Condition) di tipo III, indicativa di un suolo saturo. La classe di suolo considerata è di tipo C (suolo con piccola capacità di infiltrazione). L'uso suolo è stato ricavato dalla carta regionale d'uso del suolo suddivisa in 72 classi, contenute in 4 livelli gerarchici, secondo l'impostazione della Corine Land Cover, società che ha redatto la carta per la Regione Sardegna.

L'altezza $h_{n,r}$ di pioggia netta è stata pertanto calcolata secondo la seguente relazione (SCS):

$$h_{n,r} = \frac{(h_{l,r}(\tau) - I_a)^2}{h_{l,r}(\tau) - I_a + S}$$

dove l'altezza ragguagliata delle perdite iniziali la ed il parametro S, sono forniti, in mm, dalle seguenti espressioni:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

$$I_a = 0.2S$$

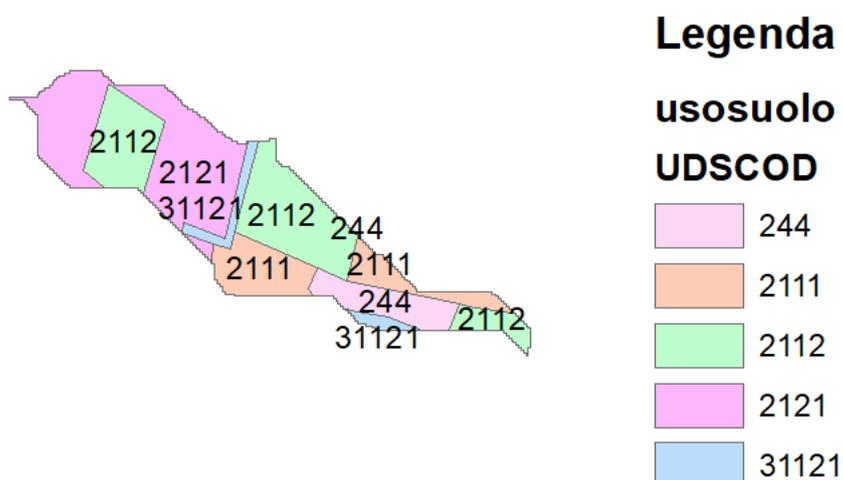


Figura 4 – Carta uso suolo

USO DEL SUOLO	DESCRIZIONE	TIPO DI SUOLO CN II	TIPO DI SUOLO CN III	AREA [kmq ²]	AREA [%]	Fs
244	AREE AGROFORESTALI	83.00	91.82	0.013	1.70	22.62
31121	PIOPPETH, SALICETH, EUCALITTETH ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	70.00	84.29	0.270	35.20	47.33
2112	PRATH ARTIFICIALI	89.00	94.90	0.090	11.66	13.65
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	85.00	92.87	0.025	3.22	19.49
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	89.00	94.90	0.370	48.22	13.65
244	AREE AGROFORESTALI	83.00	91.82	0.013	1.70	22.62
31121	PIOPPETH, SALICETH, EUCALITTETH ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	70.00	84.29	0.270	35.20	47.33
2112	PRATH ARTIFICIALI	89.00	94.90	0.090	11.66	13.65
	CURVE NUMBER PONDERATO	82.08	91.05	0.768	100.00	24.97

Tabella 3 Calcolo del Curve Number CN III

Di seguito si riporta la tabella, riassuntiva dei risultati ottenuti col metodo cinematico:

Calcolo delle Portate di Piena [mc/s]	
	Tempi di ritorno
	20
Bacino completo	4.647

Tabella 4 Portate di piena

5 VERIFICHE IDRAULICHE

Le simulazioni idrauliche sono state eseguite sulla base dei risulti riportati nel paragrafo dei calcoli idrologici. La portata di piena calcolata per un tempo di ritorno di 20 anni è pari a:

Tempo di ritorno	Portata [mc/s]
Tr 50 anni	4.647

Tabella 5 Portate di piena simulazione

Ipotesi di moto e condizioni al contorno

La simulazione del moto di un liquido all'interno di un alveo può essere eseguita ricorrendo a tre modelli:

- Regime di moto uniforme;
- Regime di moto permanente;
- Regime di moto vario

La scelta del modello da utilizzare va fatta in base alle informazioni richieste dallo studio e al livello di approfondimento che si vuole ottenere, consapevoli che tanto più il modello di calcolo è raffinato tanto più dovrà essere precisa e peculiare la ricostruzione fisica e morfologica dell'ambiente e tanto più onerosa sarà la mole di indagini conoscitive e di calcoli richiesti per giungere alla soluzione.

Nel caso in esame la verifica idraulica in condizioni di piena è stata effettuata con l'ausilio di un modello monodimensionale in moto permanente che ben si adatta alla geometria dell'alveo in oggetto e alla determinazione dell'eventuale insufficienza idraulica dello stesso.

La modalità di deflusso dell'alveo è stata analizzata mediante un modello di calcolo semplificato in moto permanente-monodimensionale, implementato dal software Hec-Ras (River Analysis System) sviluppato dal U.S. Army Corps of Engineers.

Schematizzazione alveo e sezioni

Per l'implementazione dell'alveo sul modello sono state utilizzate 17 sezioni rappresentative, schematizzate in Figura 5, per uno sviluppo complessivo del tracciato planimetrico pari a circa 1200 m. La simulazione idraulica è stata condotta imponendo l'altezza critica nelle sezioni di monte e di valle ed una portata lungo tutto l'alveo corrispondente a quella di sezione di chiusura del bacino principale precedentemente studiato. E' stata effettuata la simulazione nelle condizioni ante-operam e post-operam, al fine di verificare gli effetti riconducibili alla modellizzazione del terreno.

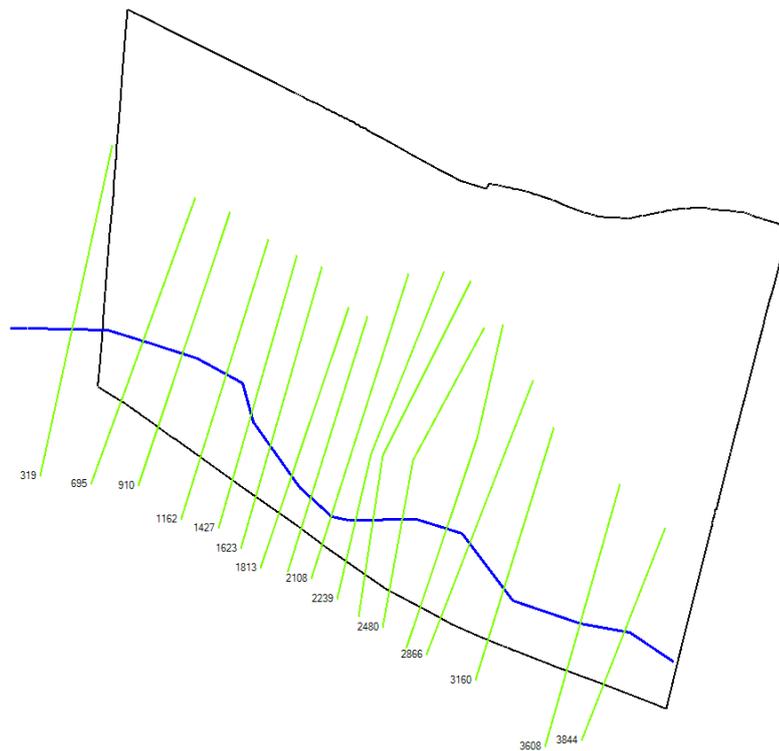


Figura 5 –Localizzazione delle sezioni e del tratto di corso d’acqua analizzato

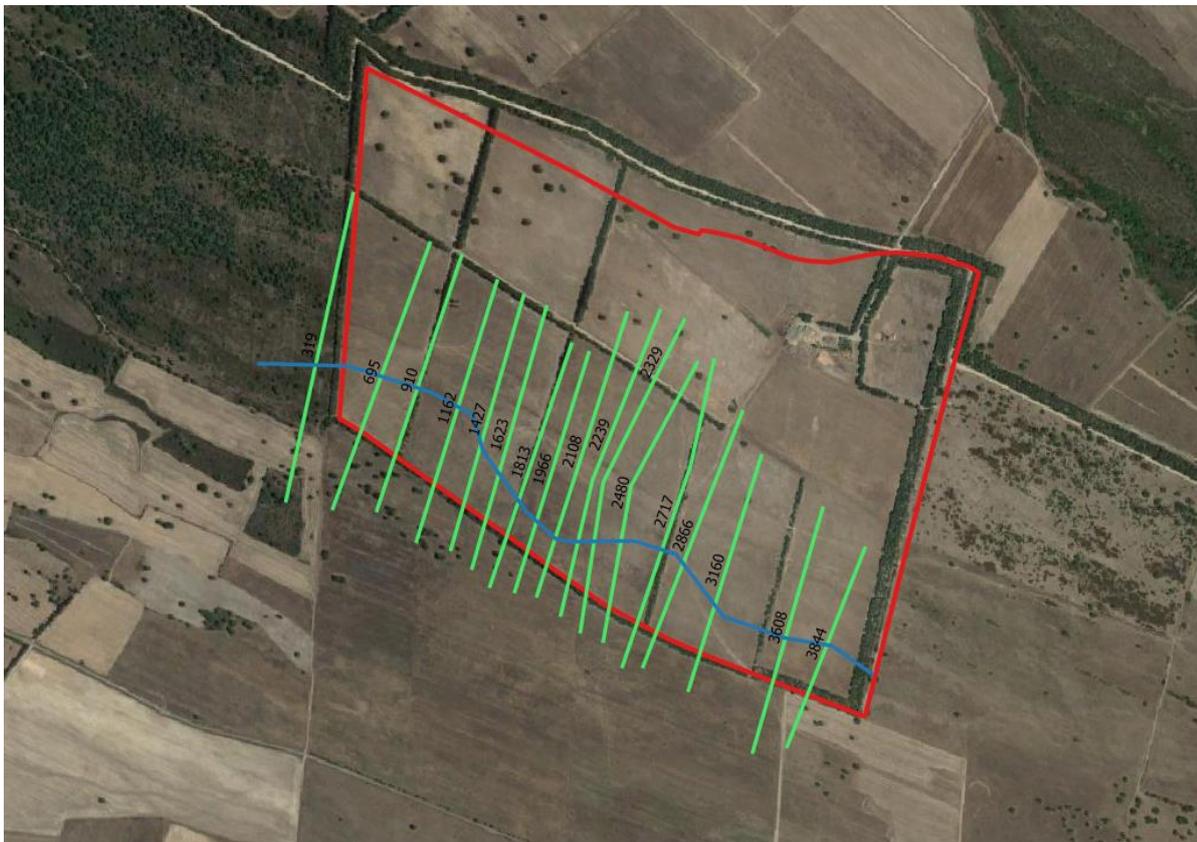


Figura 6 Localizzazione delle sezioni e dell'alveo su ortofoto

Per quanto concerne il coefficiente di Manning, è stato utilizzato un valore pari a 0.036.

Dalla simulazione ante-operam si hanno le seguenti altezze idriche e velocità:

Sezione idrica	Altezza idrica [m]	Velocità [m/s]
3844	0.12	0.39
3608	0.11	0.42
3160	0.1	0.5
2866	0.13	0.45
2717	0.11	0.48
2480	0.17	0.47
2329	0.12	0.52
2239	0.08	0.4
2108	0.08	0.54
1966	0.1	0.62
1813	0.12	0.69
1623	0.14	0.93
1427	0.46	0.29
1162	0.3	0.25
910	0.18	0.37
695	0.14	0.35
319	0.11	0.73

Tabella 6 Altezze idriche e velocità idrauliche sezioni (ante operam)

Dall'analisi della tabella si può verificare che le altezze idriche sono sempre inferiori a 50 cm e le velocità inferiori ad un metro al secondo.

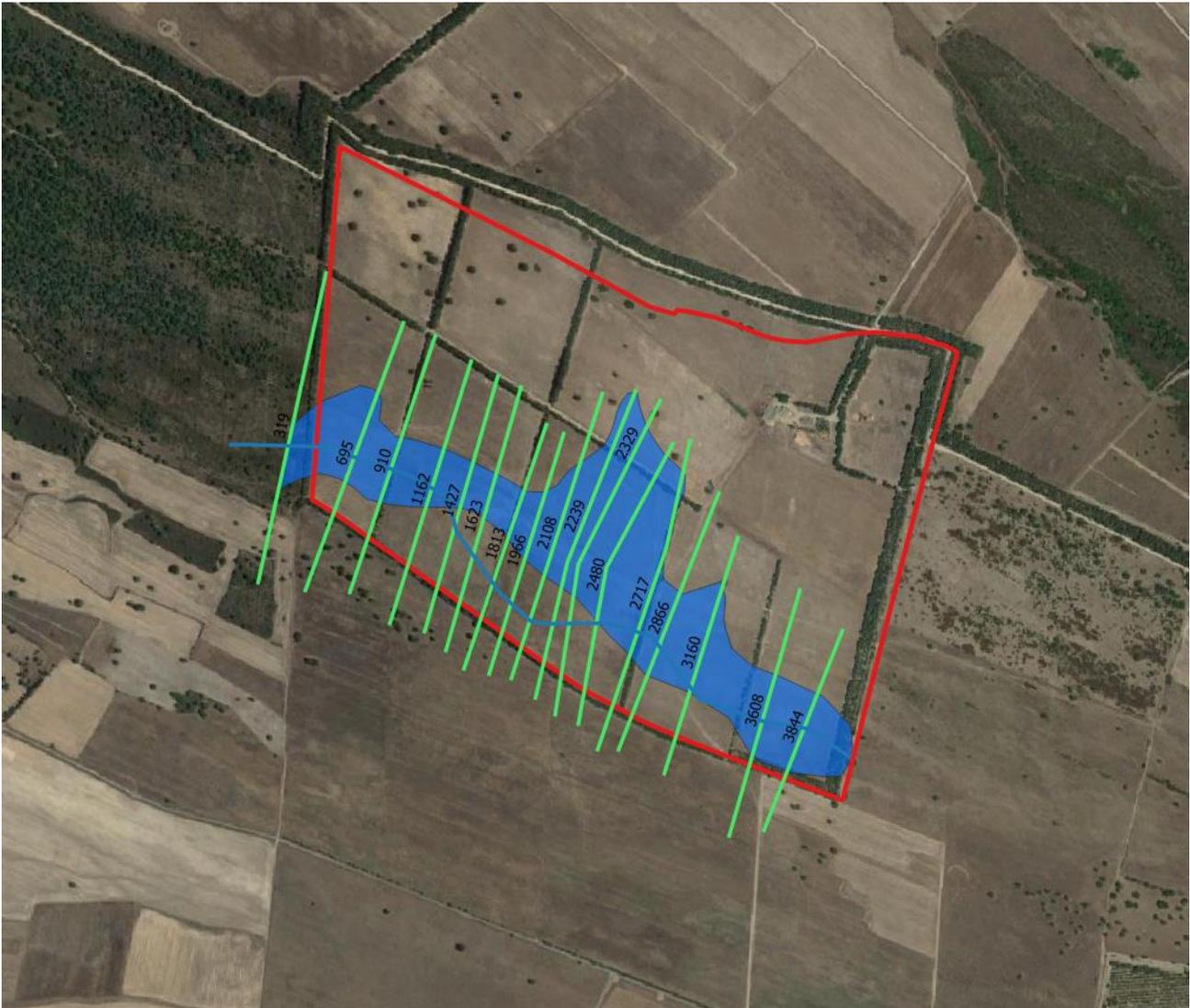


Figura 7 Aree allagate condizione ante-operam, tempo di ritorno 20 anni

Nella condizione post-operam, a seguito della modellizzazione del terreno, si hanno le seguenti altezze idriche:

Verifica idraulica per la realizzazione di impianto agro fotovoltaico denominato "Green ad Blue Sa Tanca Manna"

Sezione idrica	Altezza idrica [m]	Velocità [m/s]
3844	0.12	0.37
3608	0.11	0.39
3160	0.07	0.41
2866	0.08	0.39
2717	0.05	0.36
2480	0.06	0.34
2329	0.05	0.31
2239	0.06	0.32
2108	0.04	0.44
1966	0.07	0.55
1813	0.07	0.57
1623	0.07	0.73
1427	0.34	0.15
1162	0.25	0.15
910	0.15	0.32
695	0.11	0.33
319	0.11	0.73

Tabella 7 Altezze idriche e velocità idrauliche sezioni (post operam)

Le aree allagate nella condizione post operam, a seguito della modellizzazione, sono riportate in Figura 8.



Figura 8 Aree allagate condizione post-operam, tempo di ritorno 20 anni

6 CONCLUSIONI

Nella condizione ante-operam, le altezze idriche sono inferiori ad 50 cm e le velocità inferiori ad un metro al secondo. A seguito della modellizzazione del terreno, nelle zone interessate dal deflusso superficiale delle acque meteoriche, si verifica la riduzione delle altezze idriche e delle velocità di scorrimento. La seguente tabella riporta un confronto tra la condizione ante operam e la fase post operam.

Sezione idrica	ANTE OPERAM		POST OPERAM	
	Altezza idrica [m]	Velocità [m/s]	Altezza idrica [m]	Velocità [m/s]
3844	0.12	0.39	0.12	0.37
3608	0.11	0.42	0.11	0.39
3160	0.1	0.5	0.07	0.41
2866	0.13	0.45	0.08	0.39
2717	0.11	0.48	0.05	0.36
2480	0.17	0.47	0.06	0.34
2329	0.12	0.52	0.05	0.31
2239	0.08	0.4	0.06	0.32
2108	0.08	0.54	0.04	0.44
1966	0.1	0.62	0.07	0.55
1813	0.12	0.69	0.07	0.57
1623	0.14	0.93	0.07	0.73
1427	0.46	0.29	0.34	0.15
1162	0.3	0.25	0.25	0.15
910	0.18	0.37	0.15	0.32
695	0.14	0.35	0.11	0.33
319	0.11	0.73	0.11	0.73

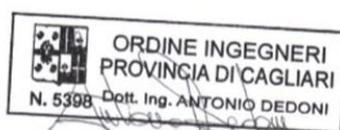
Nelle sezioni più critiche evidenziate in giallo si ha una riduzione della velocità di 0,20 m/s (sezione 1623) e di quasi 15 cm dell'altezza idrica (sezione 1427).

Per il dimensionamento delle fondazioni delle strutture, il progettista dovrà tenere conto della presenza di umidità relativa nel terreno e di un livello idrico massimo di 35 cm con una velocità massima di 0,75 m/s (nella condizione post-operam).

Cagliari 11/10/2021

Il Tecnico

Dott. Ing. Antonio Dedoni



Dott. Geol. Marta Camba



ALLEGATO 1: MODELLO DEL TERRENO NELLA CONDIZIONE ATTUALE (ANTE OPERAM)

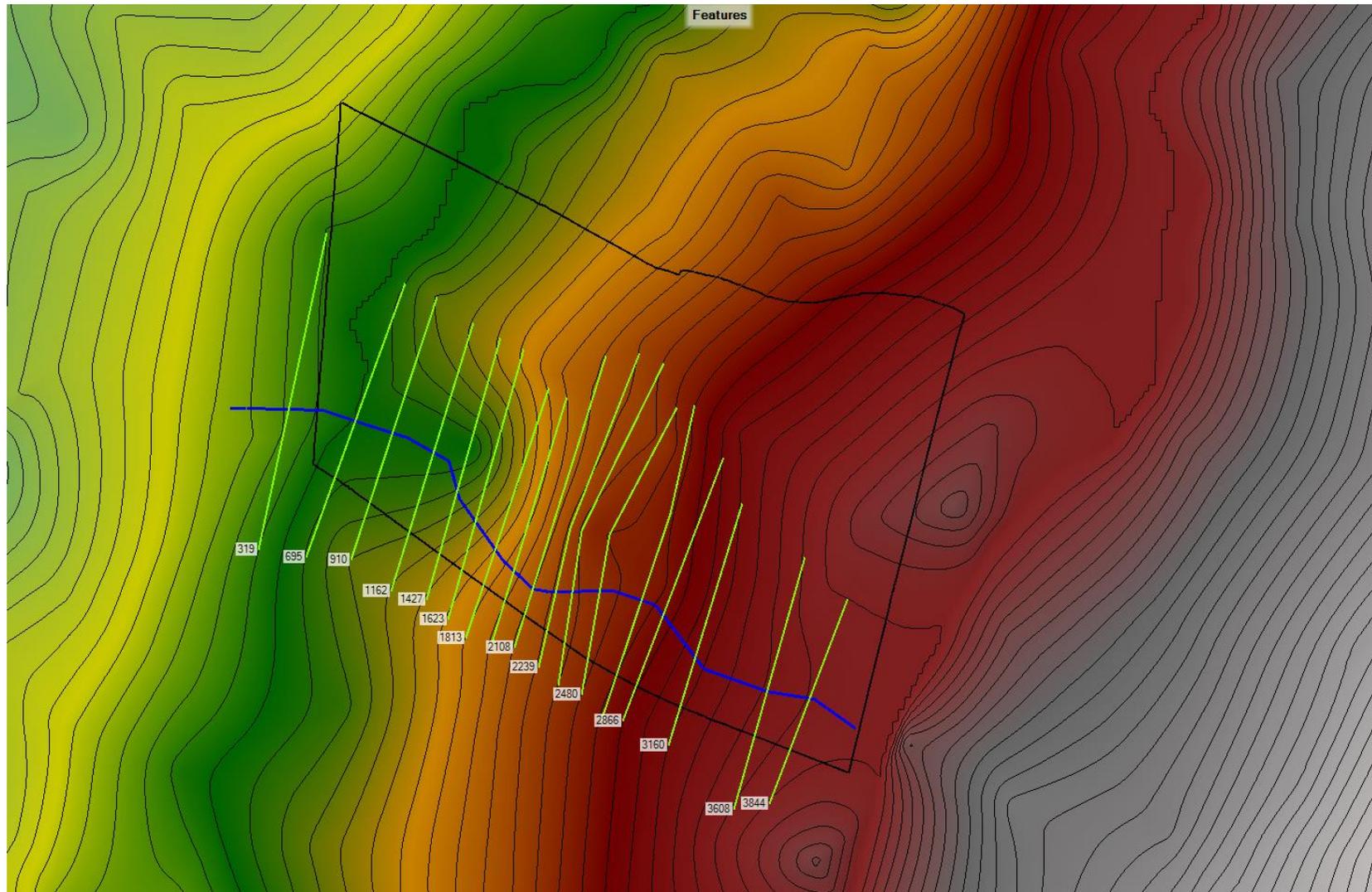
ALLEGATO 2: MODELLO DEL TERRENO NELLA CONDIZIONE DI PROGETTO (POST OPERAM)

ALLEGATO 3: PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI E DELLE AREE ALLAGATE (ANTE OPERAM)

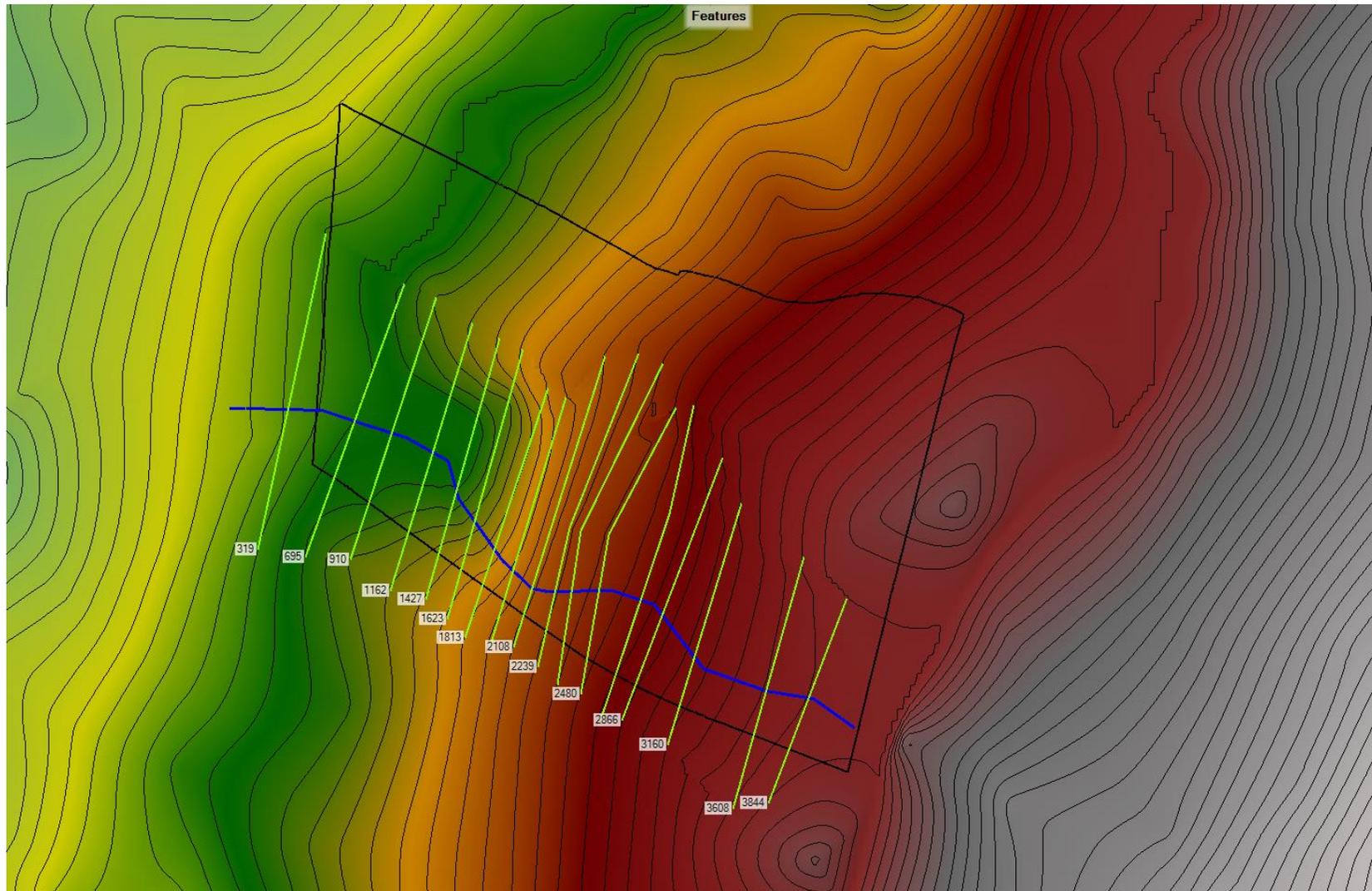
ALLEGATO 4: PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI E DELLE AREE ALLAGATE (POST OPERAM)

ALLEGATO 5: ELABORATI HEC-RAS

ALLEGATO 1: PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI E DELLE AREE ALLAGATE (ANTE OPERAM)



ALLEGATO 2: MODELLO DEL TERRENO NELLA CONDIZIONE DI PROGETTO (POST OPERAM)



ALLEGATO 3: PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI E DELLE AREE ALLAGATE (ANTE OPERAM)



ALLEGATO 4: PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI E DELLE AREE ALLAGATE (POST OPERAM)

In rosso è evidenziata l'area inondata nella condizione ante-operam.



ALLEGATO 5: ELABORATI HEC-RAS

SIMULAZIONI ANTE OPERAM

SIMULAZIONI POST OPERAM

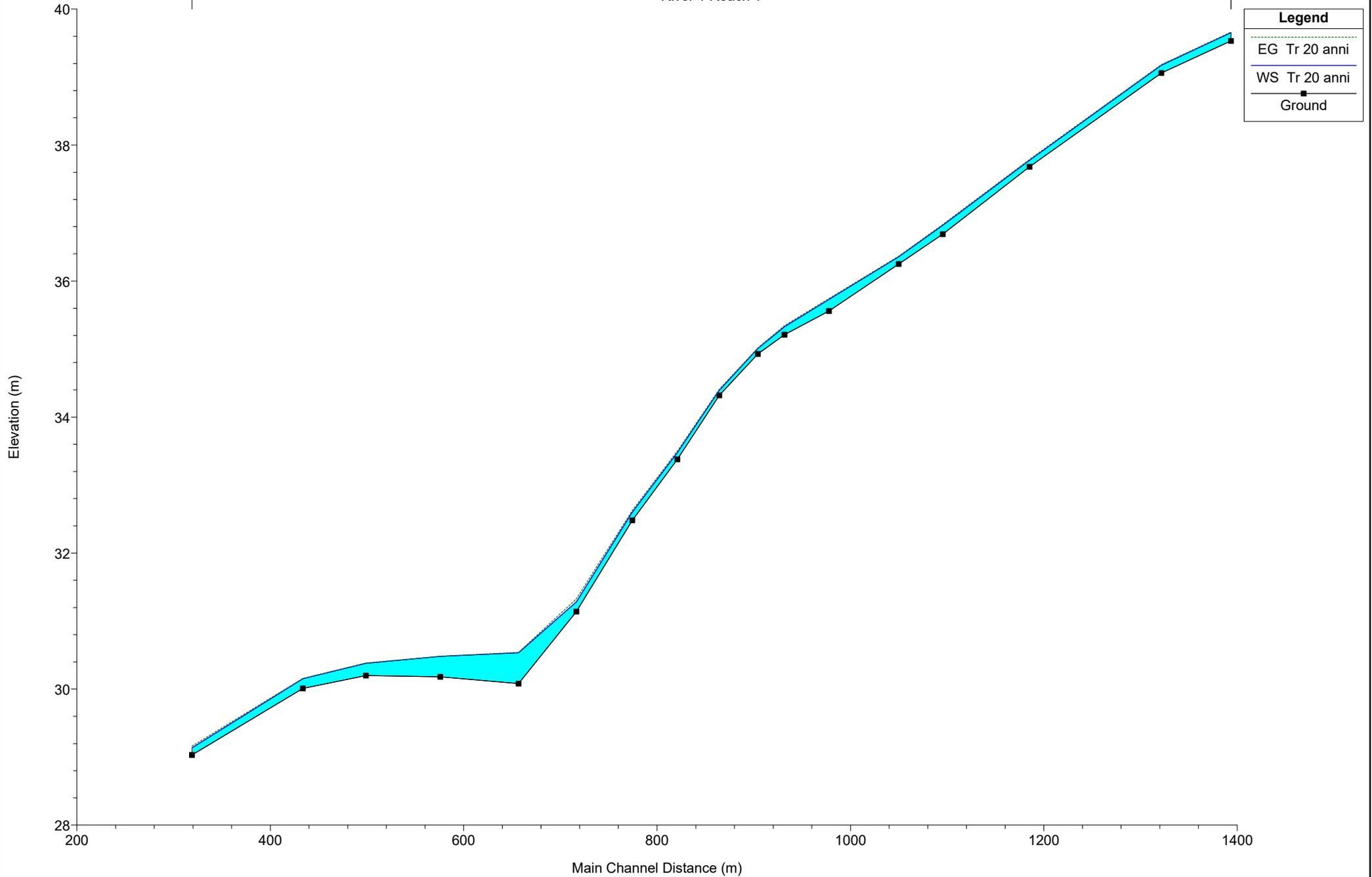
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River 1 Reach: Reach 1 Profile: Tr 20 anni

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	3844	Tr 20 anni	4.65	39.53	39.65	39.61	39.66	0.005775	0.39	12.03	153.79	0.44
Reach 1	3608	Tr 20 anni	4.65	39.06	39.17	39.14	39.18	0.007758	0.42	11.01	153.76	0.50
Reach 1	3160	Tr 20 anni	4.65	37.68	37.78		37.79	0.013994	0.50	9.21	153.10	0.66
Reach 1	2866	Tr 20 anni	4.65	36.69	36.82		36.83	0.008405	0.45	10.39	141.02	0.53
Reach 1	2717	Tr 20 anni	4.65	36.25	36.36	36.34	36.37	0.012661	0.48	10.28	194.78	0.62
Reach 1	2480	Tr 20 anni	4.65	35.56	35.73		35.74	0.006297	0.47	9.90	100.75	0.48
Reach 1	2329	Tr 20 anni	4.65	35.21	35.33		35.34	0.012592	0.52	9.01	133.99	0.63
Reach 1	2239	Tr 20 anni	4.65	34.93	35.01		35.02	0.010823	0.40	11.52	220.84	0.56
Reach 1	2108	Tr 20 anni	4.65	34.32	34.40		34.41	0.023137	0.54	8.60	187.94	0.81
Reach 1	1966	Tr 20 anni	4.65	33.38	33.48	33.47	33.50	0.019127	0.62	7.46	114.31	0.78
Reach 1	1813	Tr 20 anni	4.65	32.48	32.60		32.63	0.018300	0.69	6.74	85.81	0.79
Reach 1	1623	Tr 20 anni	4.65	31.14	31.28	31.28	31.33	0.028296	0.93	5.00	56.48	1.00
Reach 1	1427	Tr 20 anni	4.65	30.08	30.54	30.29	30.54	0.000681	0.29	15.95	62.54	0.18
Reach 1	1162	Tr 20 anni	4.65	30.18	30.48		30.48	0.000696	0.25	18.91	97.45	0.18
Reach 1	910	Tr 20 anni	4.65	30.20	30.38		30.39	0.003116	0.37	12.56	107.79	0.35
Reach 1	695	Tr 20 anni	4.65	30.01	30.15		30.16	0.003901	0.35	13.36	148.81	0.37
Reach 1	319	Tr 20 anni	4.65	29.03	29.14	29.14	29.16	0.033208	0.73	6.38	116.93	1.00

202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

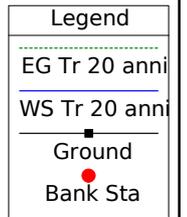
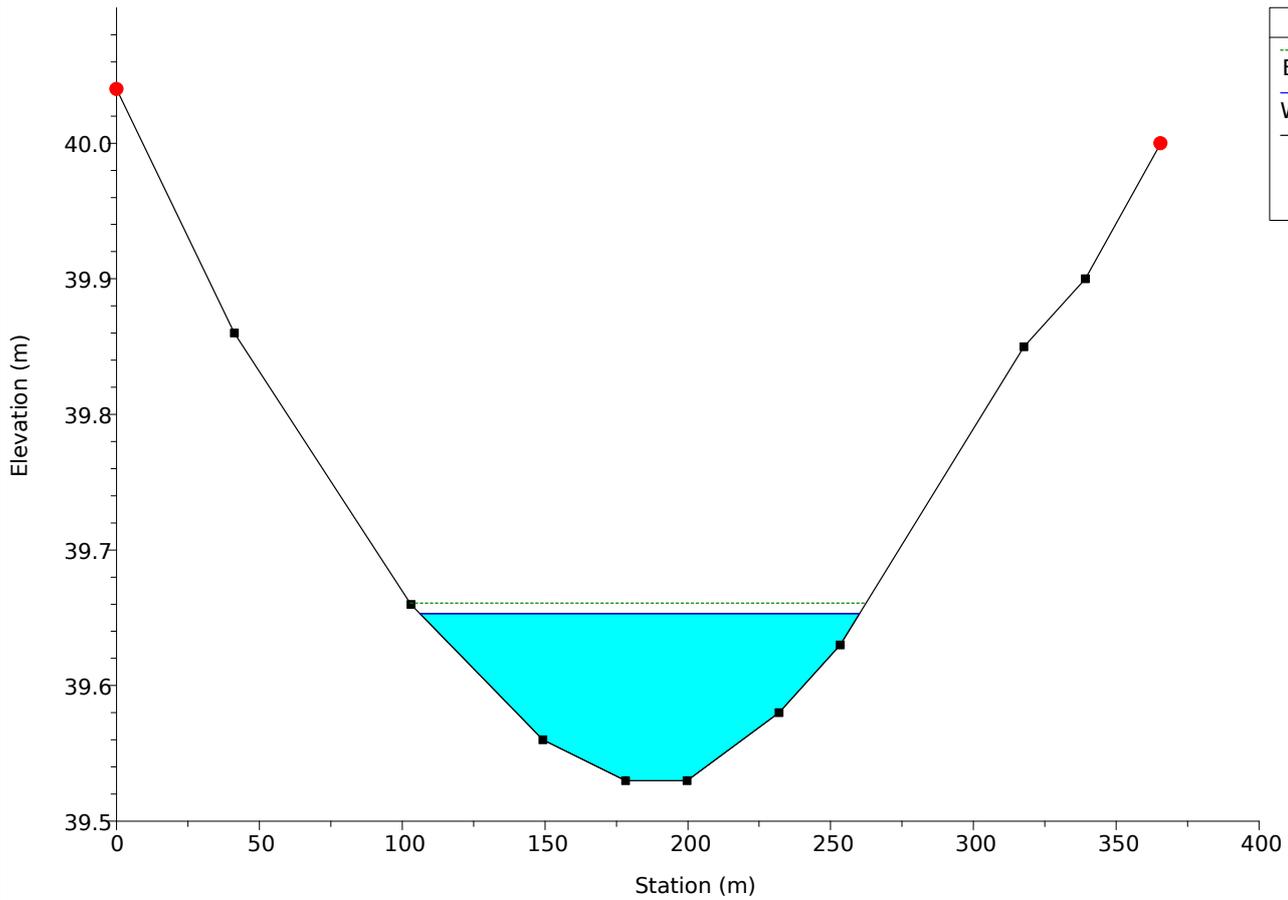
River 1 Reach 1



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

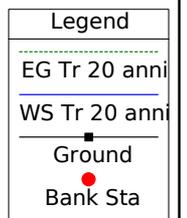
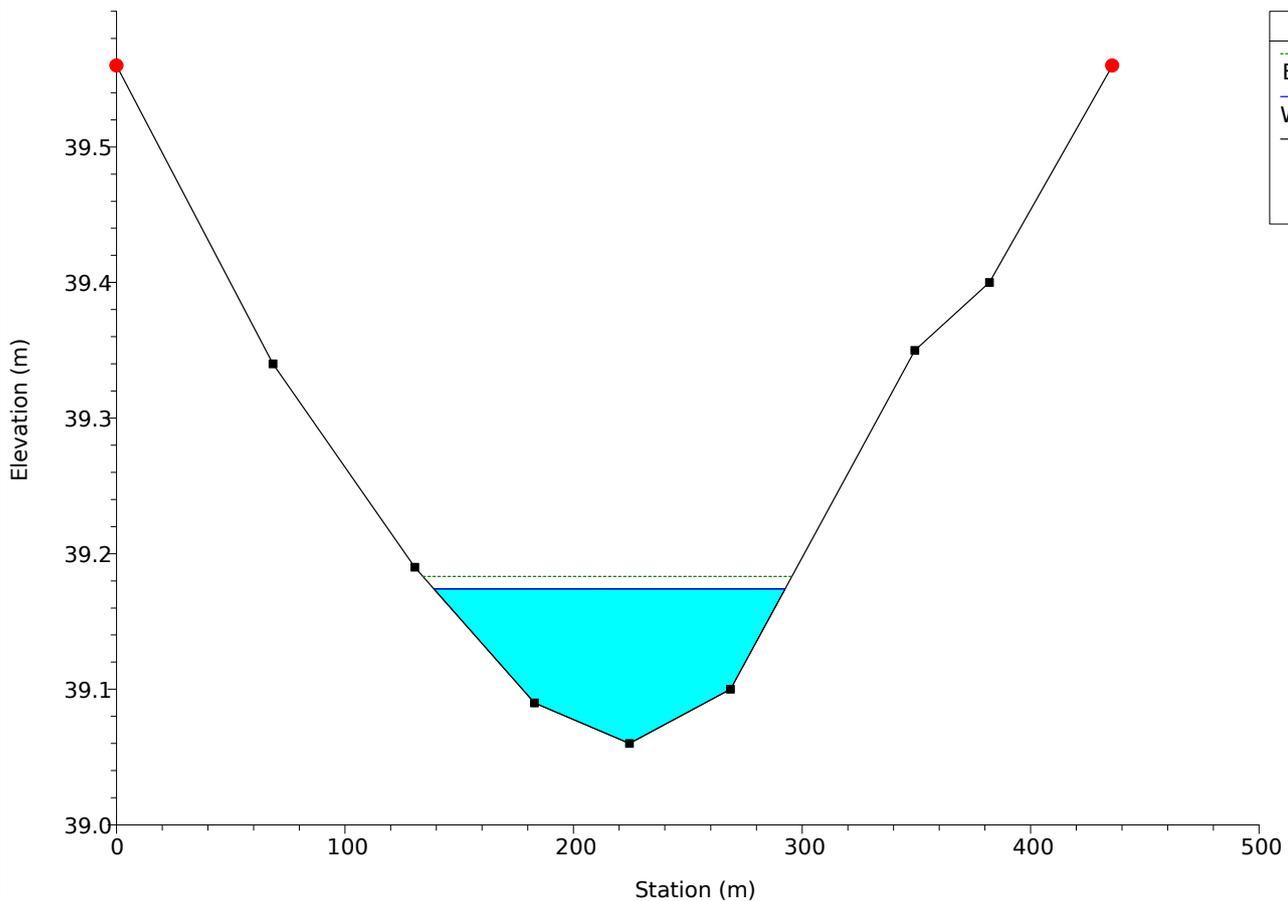
RS = 3844



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

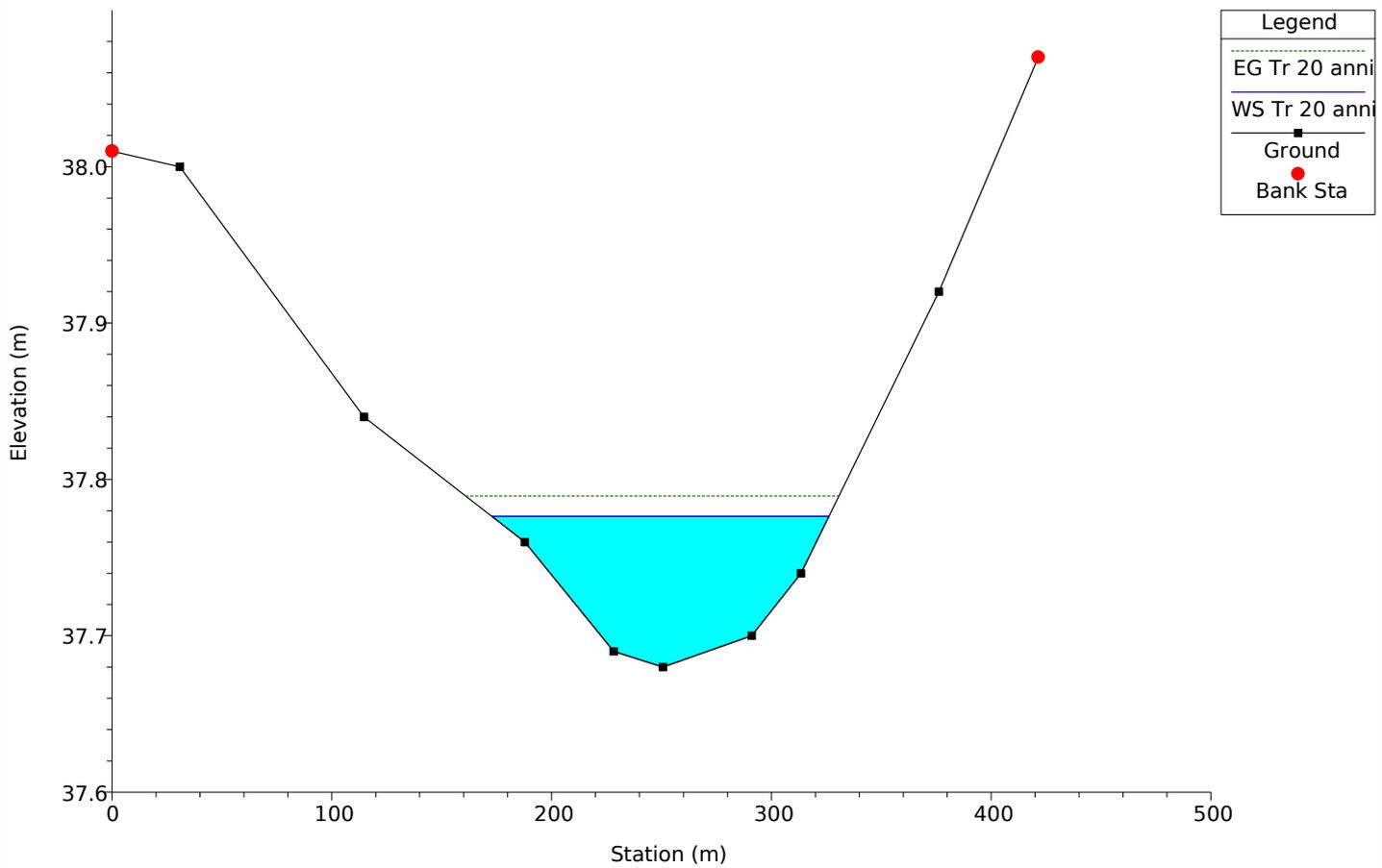
RS = 3608



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

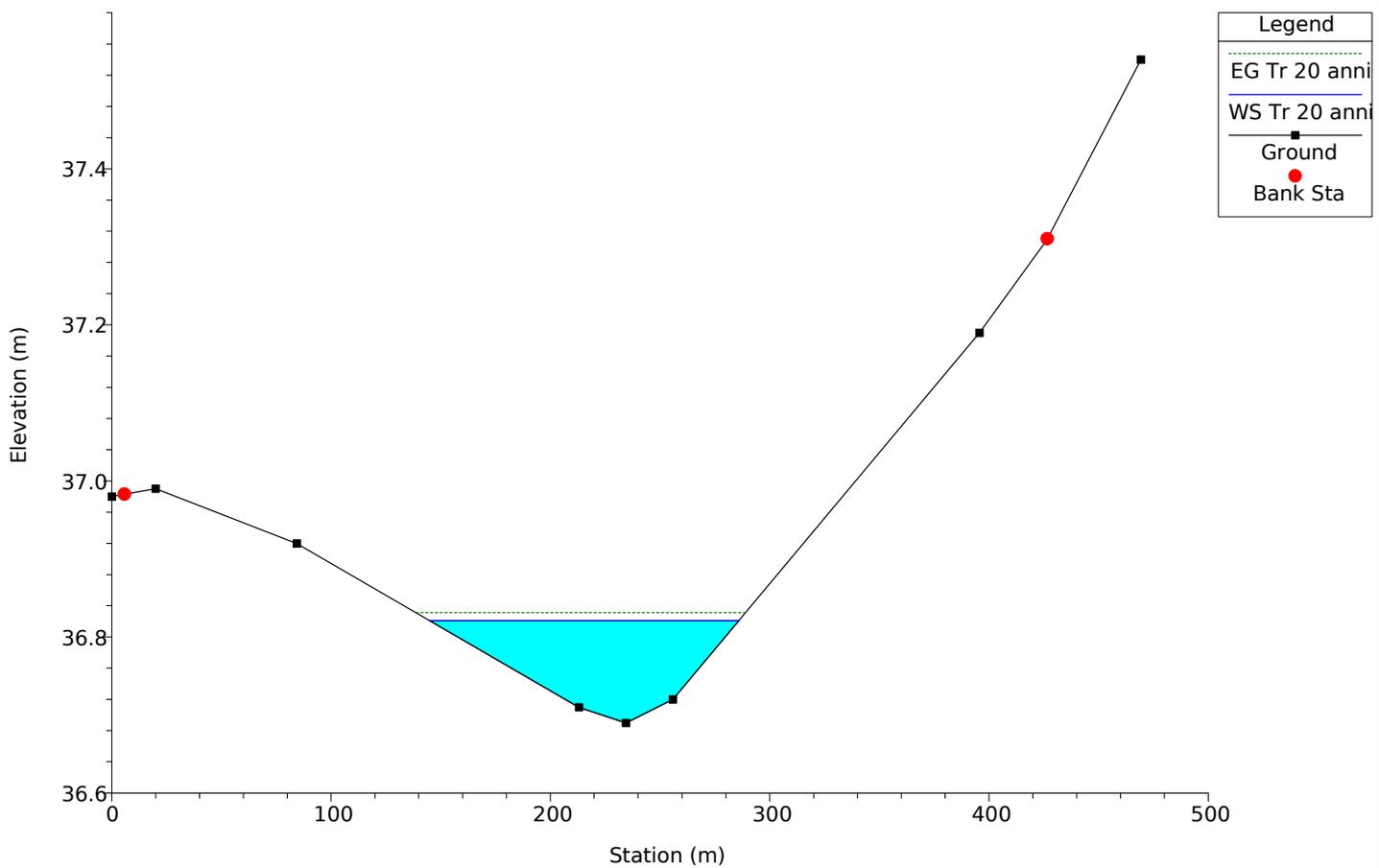
RS = 3160



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

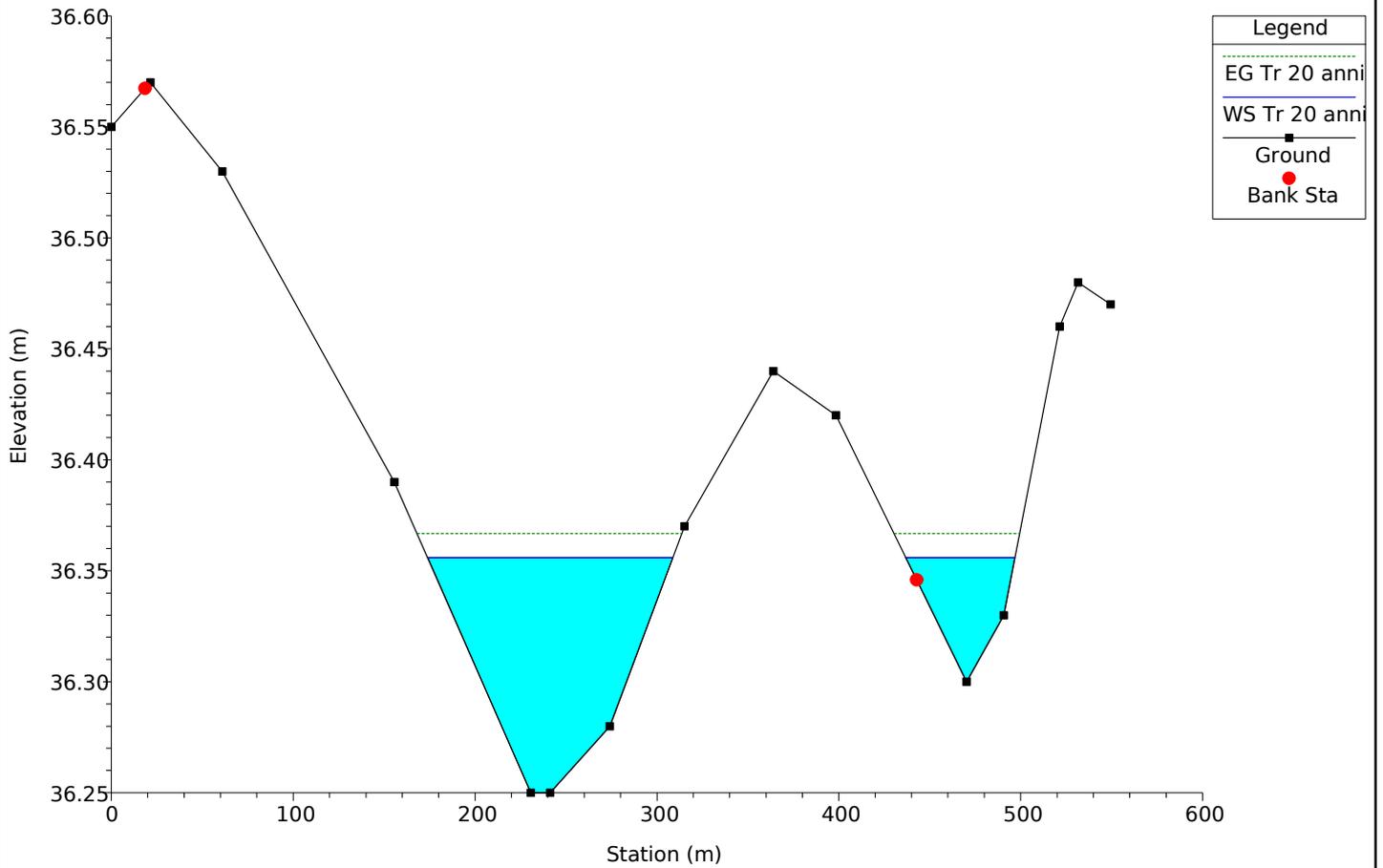
RS = 2866



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

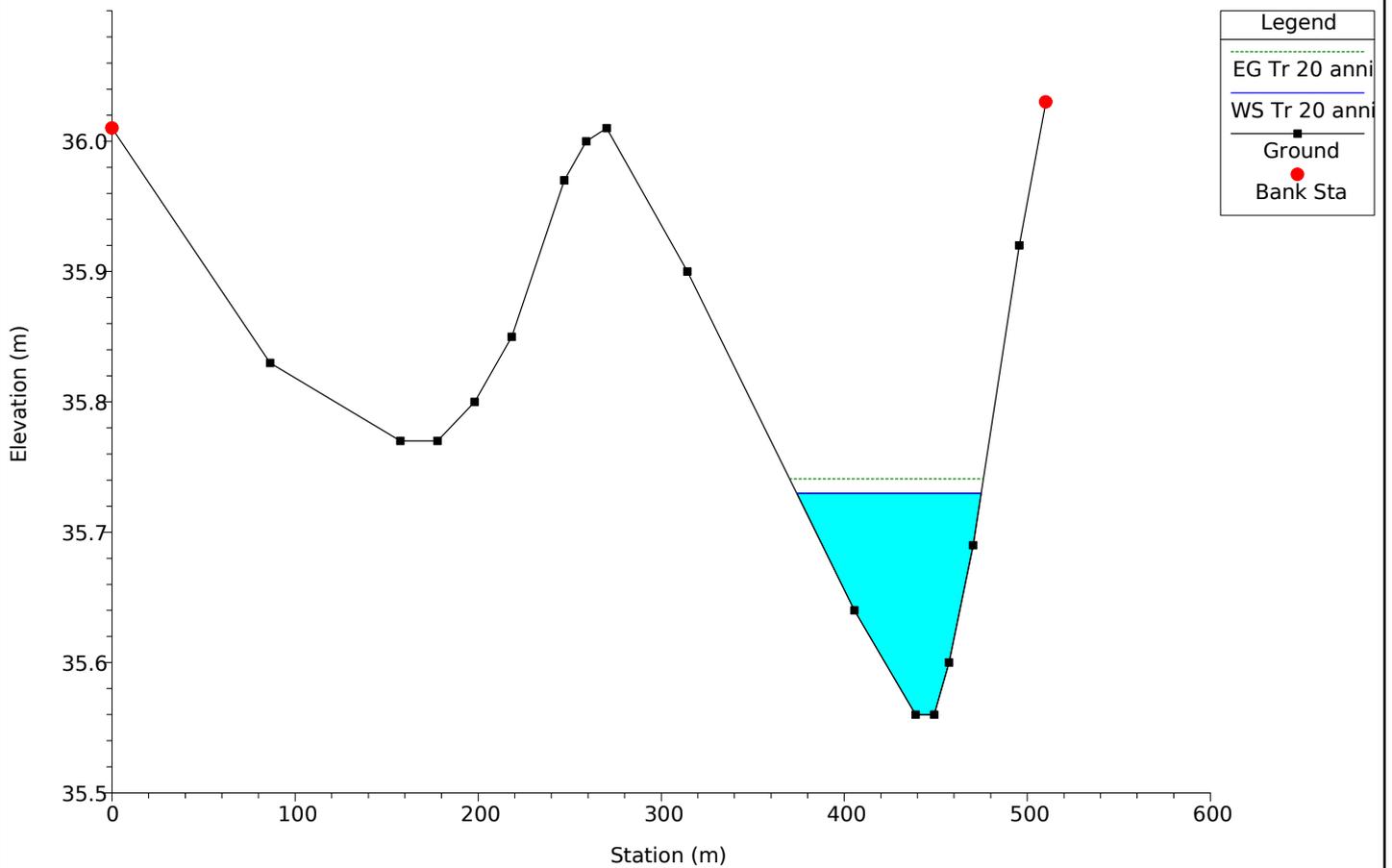
RS = 2717



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

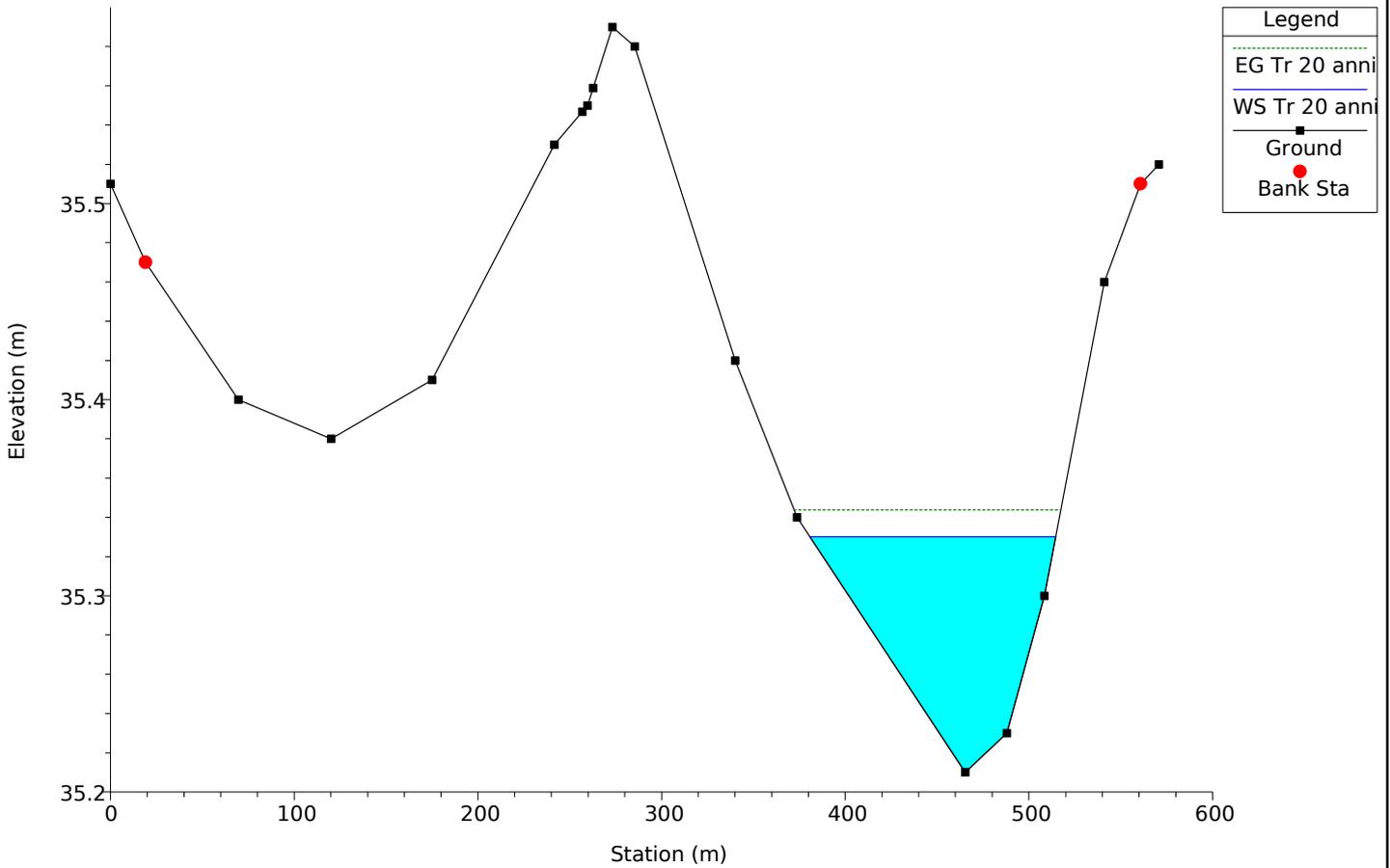
RS = 2480



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

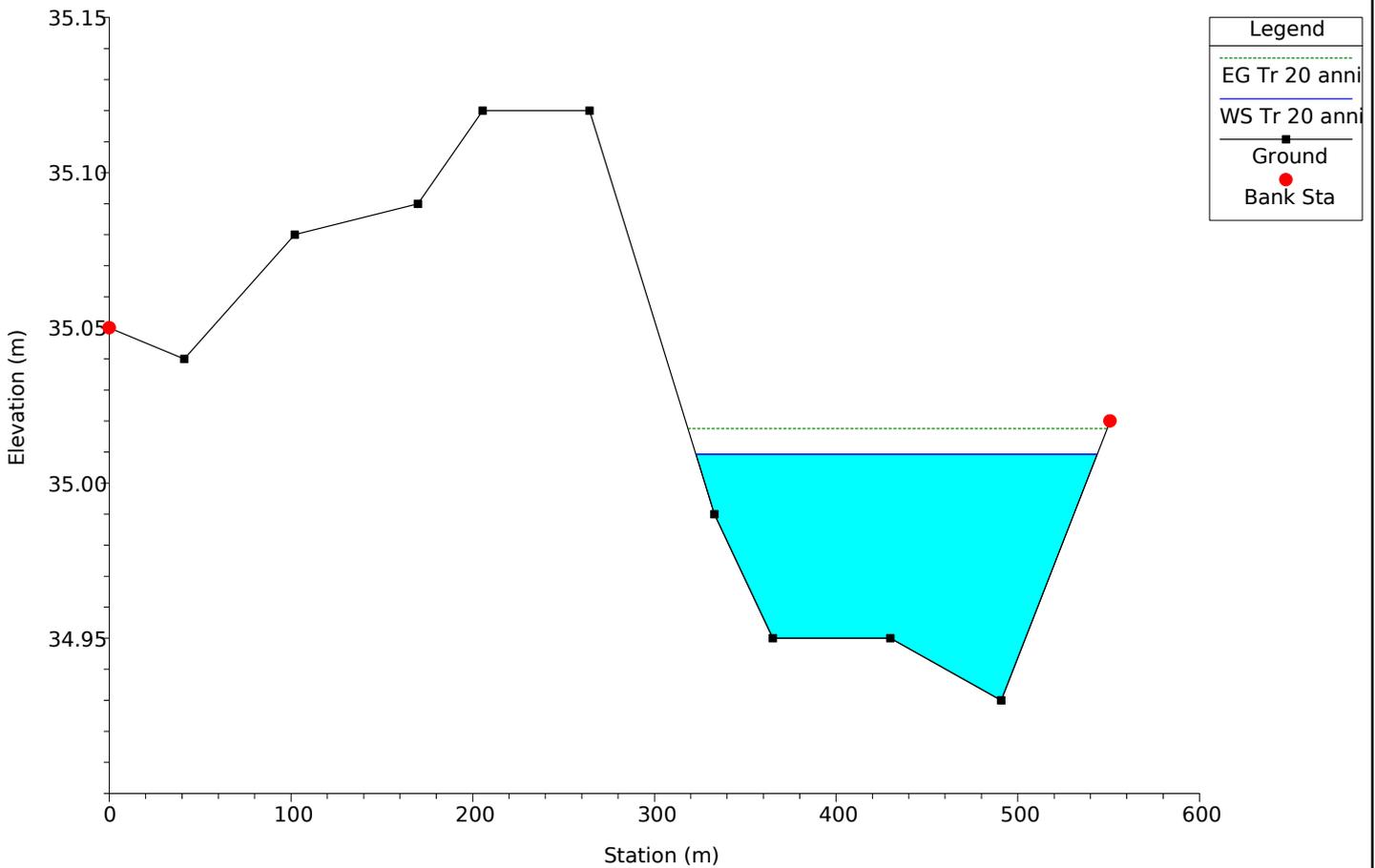
RS = 2329



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

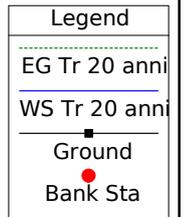
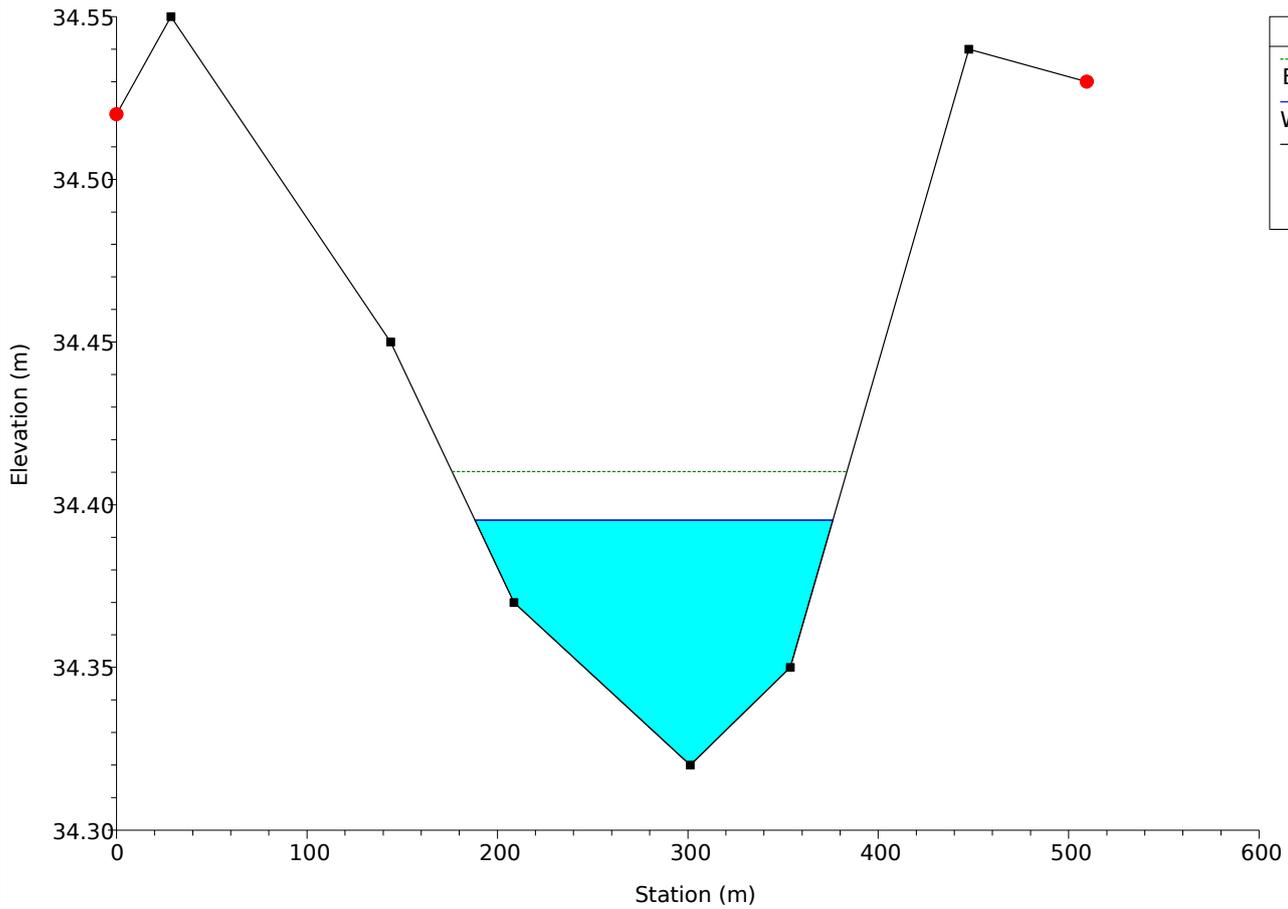
RS = 2239



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

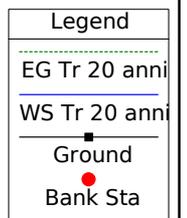
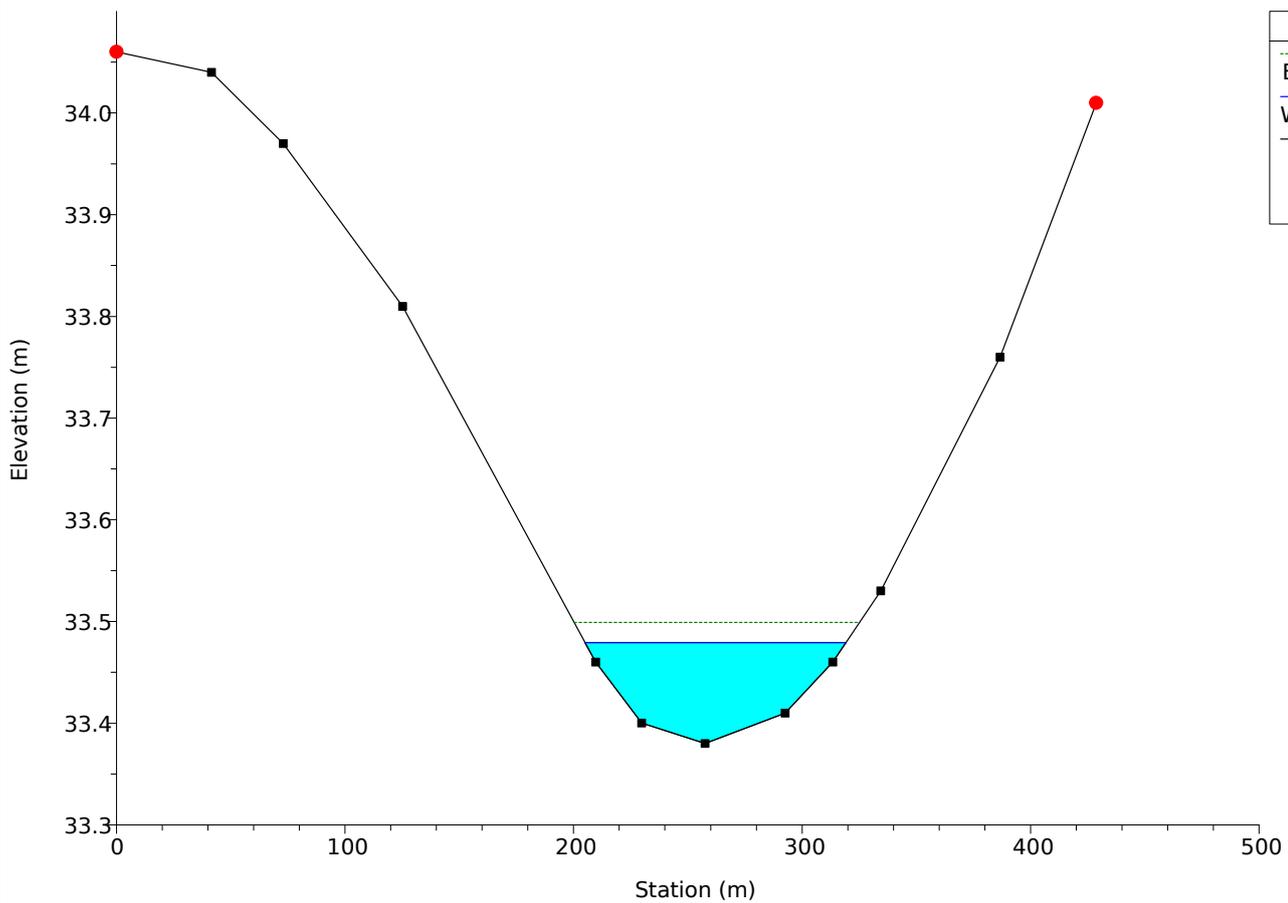
RS = 2108



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

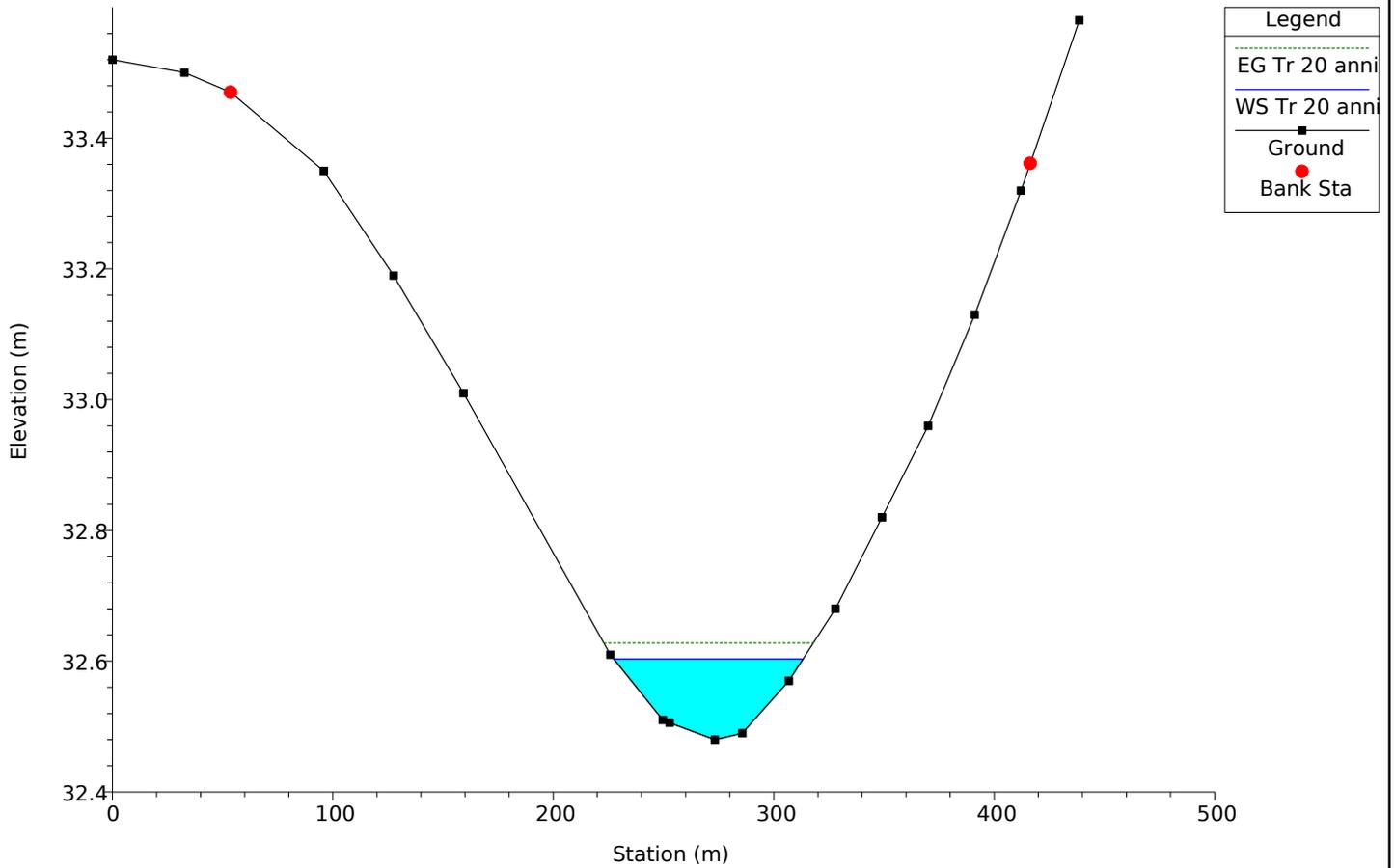
RS = 1966



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

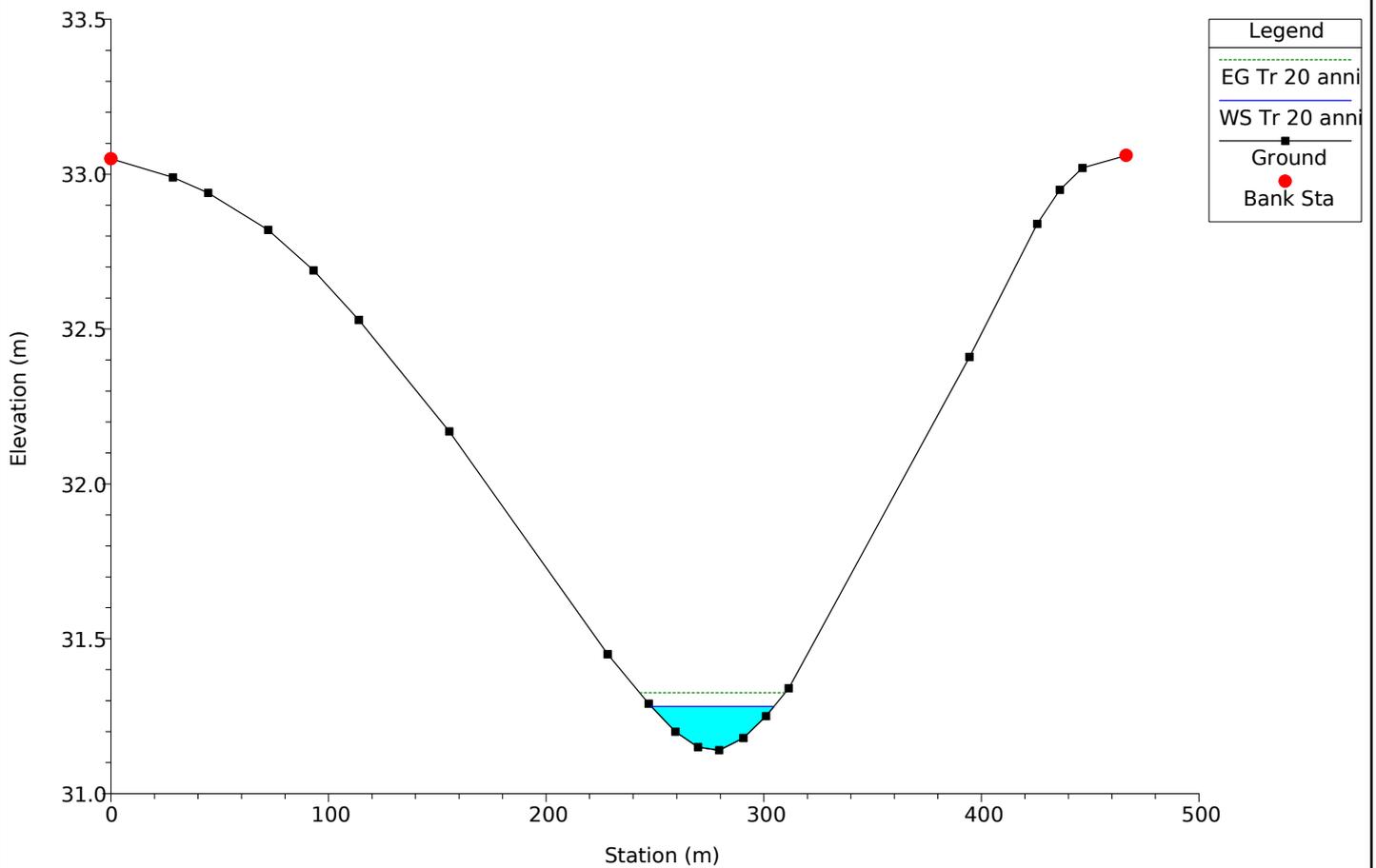
RS = 1813



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

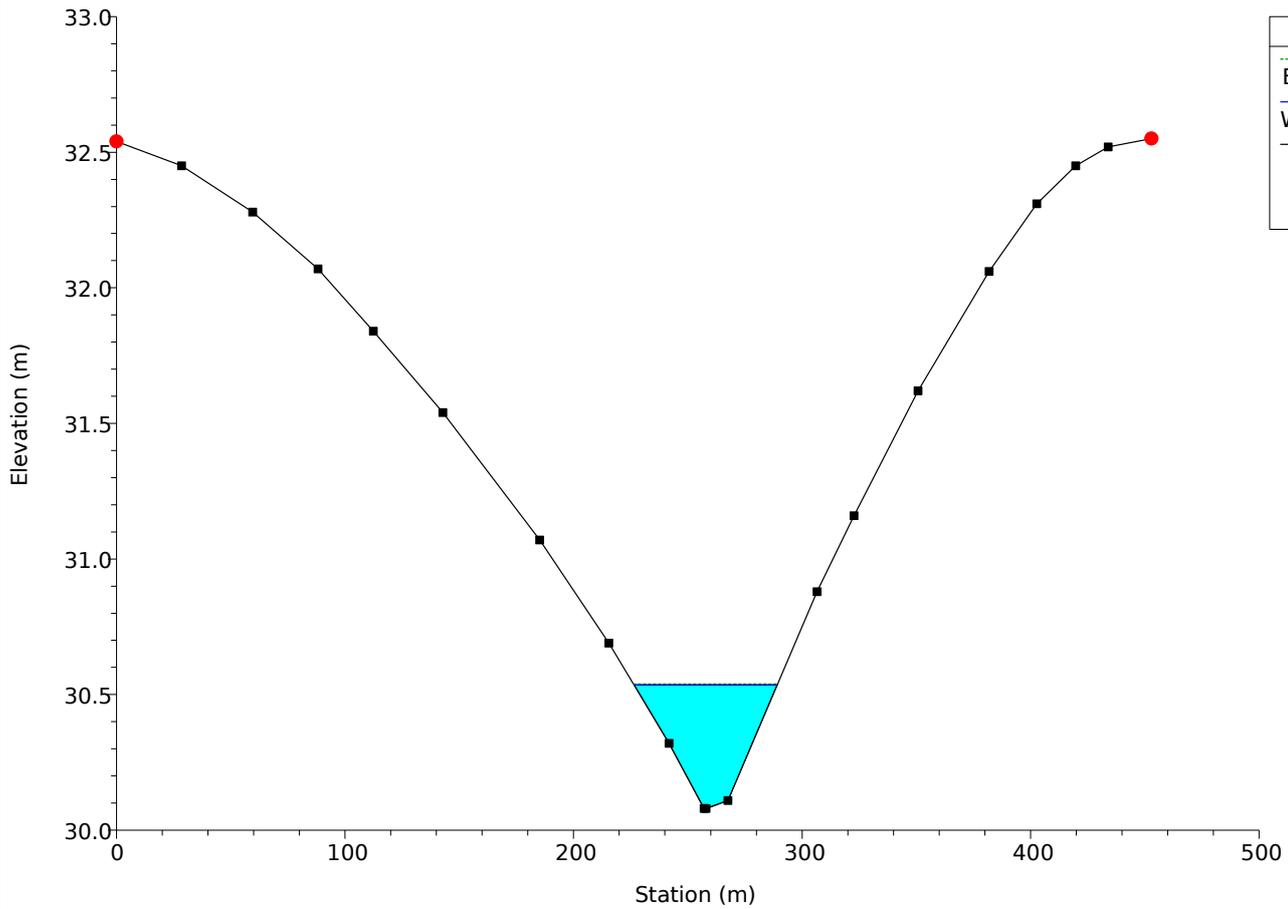
RS = 1623



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

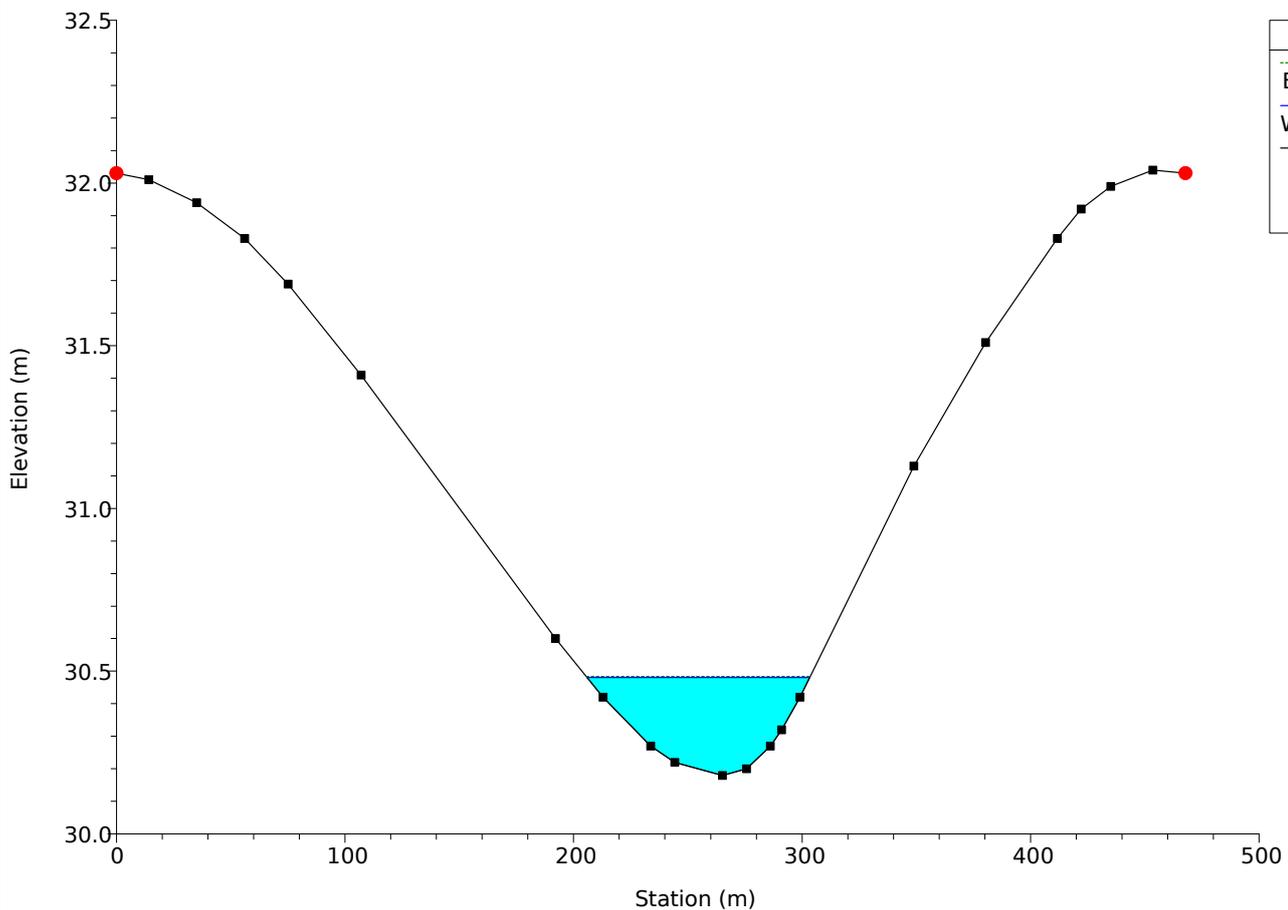
RS = 1427



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

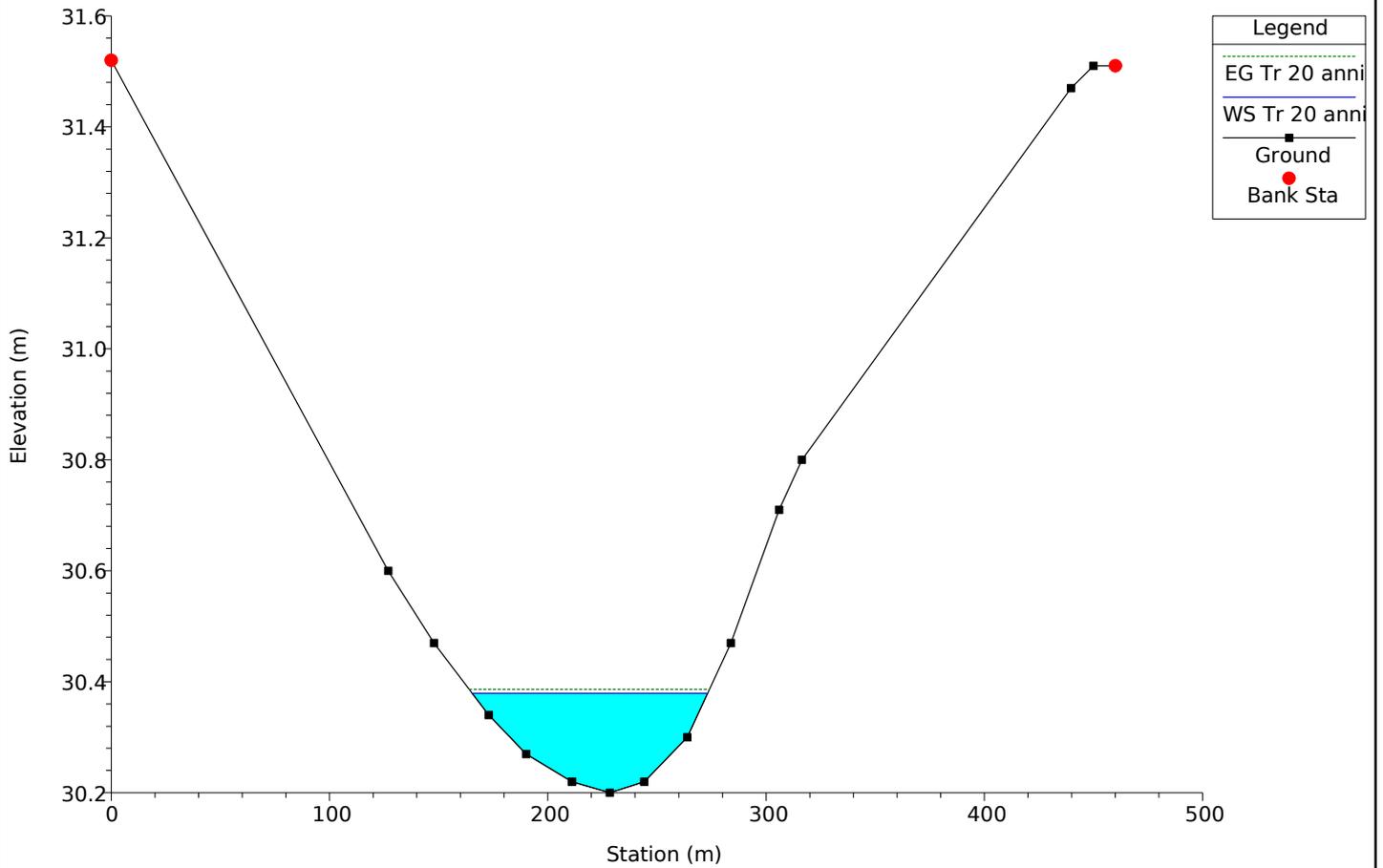
RS = 1162



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

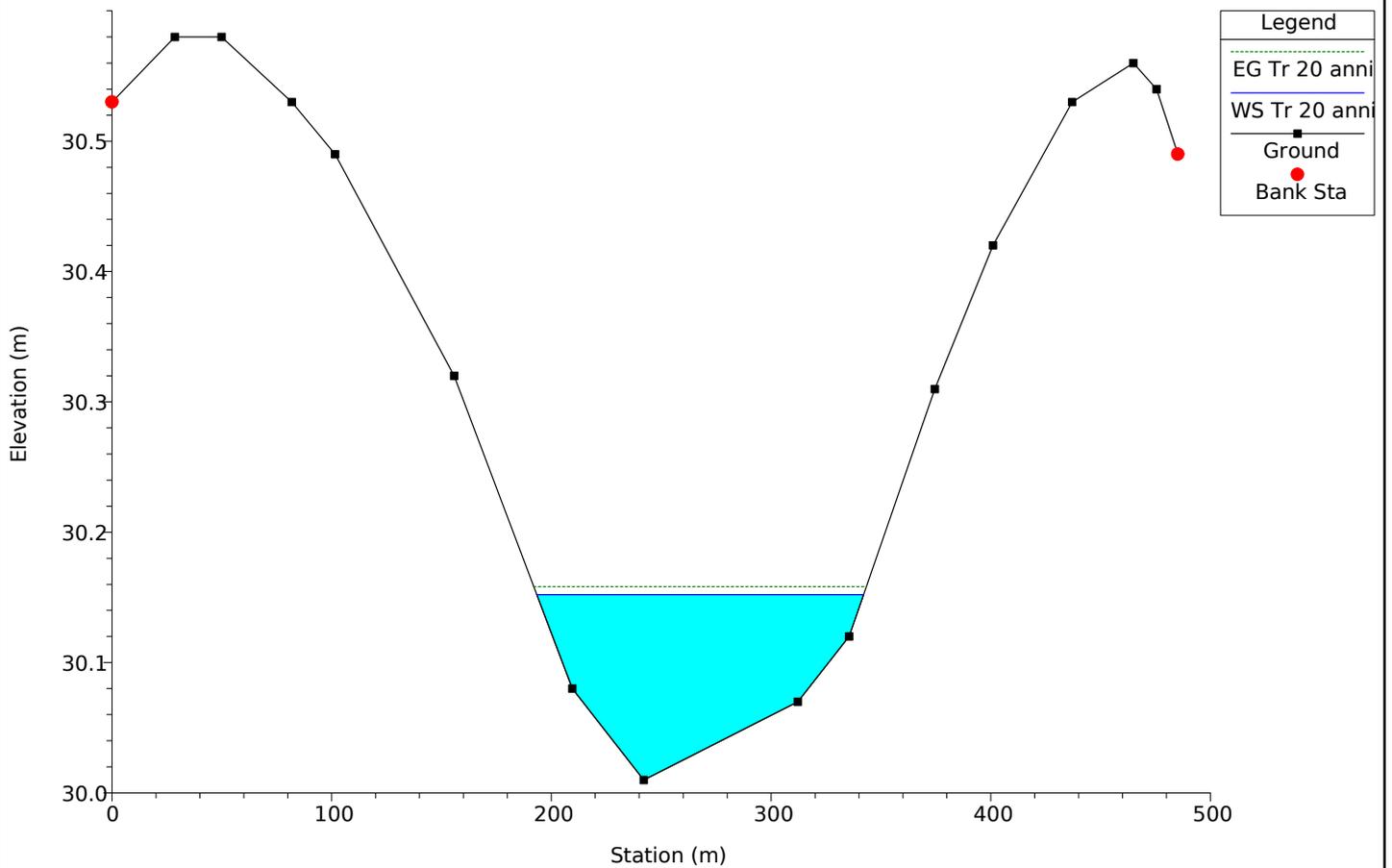
RS = 910



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

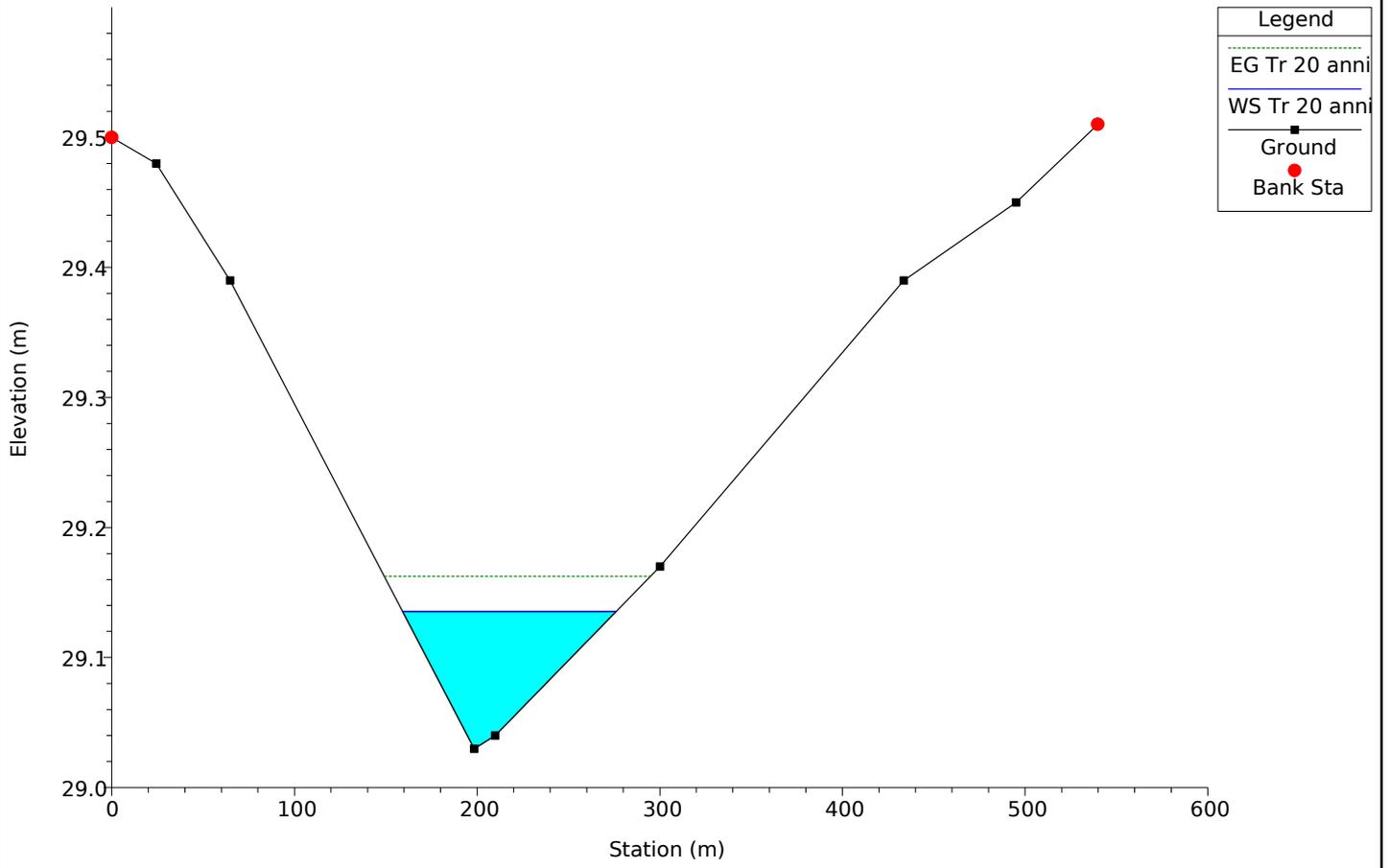
RS = 695



202111011 Plan: Plan 01 11/10/2021

Geom: STATO ATTUALE

RS = 319



SIMULAZIONI POST OPERAM

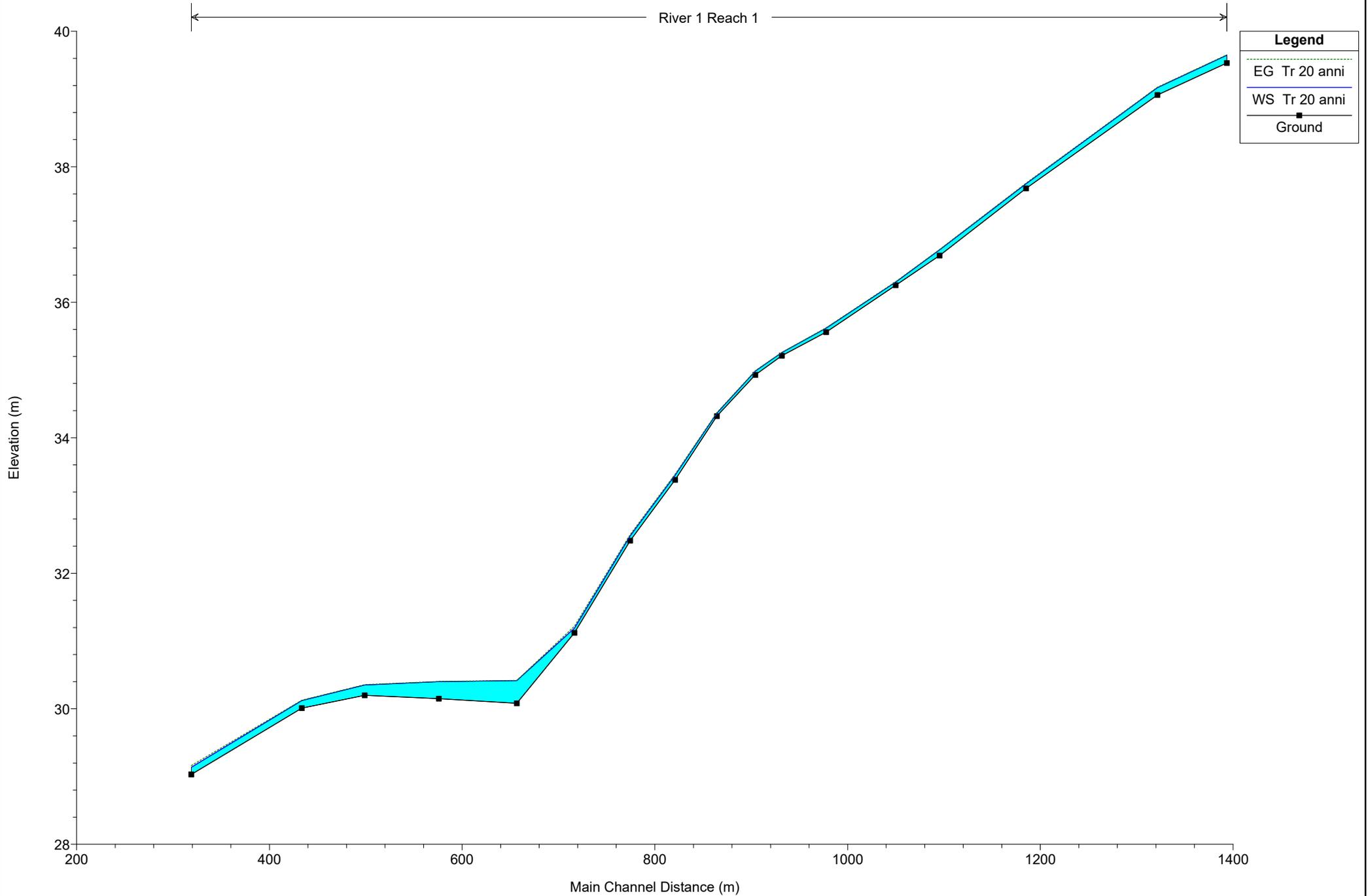
HEC-RAS Plan: Plan 02 River: River 1 Reach: Reach 1 Profile: Tr 20 anni

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	3844	Tr 20 anni	4.65	39.53	39.65	39.60	39.65	0.005243	0.37	12.60	160.46	0.42
Reach 1	3608	Tr 20 anni	4.65	39.06	39.17	39.14	39.17	0.008792	0.39	11.85	202.64	0.52
Reach 1	3160	Tr 20 anni	4.65	37.68	37.75		37.76	0.012469	0.41	11.33	235.84	0.60
Reach 1	2866	Tr 20 anni	4.65	36.69	36.77		36.78	0.009523	0.39	11.80	213.17	0.53
Reach 1	2717	Tr 20 anni	4.65	36.25	36.30		36.31	0.011641	0.36	12.78	302.16	0.56
Reach 1	2480	Tr 20 anni	4.65	35.56	35.62		35.63	0.007793	0.34	13.55	258.88	0.48
Reach 1	2329	Tr 20 anni	4.65	35.21	35.26	35.24	35.26	0.008064	0.31	15.06	345.87	0.47
Reach 1	2239	Tr 20 anni	4.65	34.93	34.99	34.97	34.99	0.012311	0.32	14.49	433.34	0.56
Reach 1	2108	Tr 20 anni	4.65	34.32	34.36		34.37	0.020262	0.44	10.62	288.59	0.73
Reach 1	1966	Tr 20 anni	4.65	33.38	33.45		33.46	0.021589	0.55	8.47	171.98	0.79
Reach 1	1813	Tr 20 anni	4.65	32.48	32.55		32.57	0.017084	0.57	8.22	133.79	0.73
Reach 1	1623	Tr 20 anni	4.65	31.12	31.19	31.19	31.22	0.033895	0.73	6.37	118.25	1.00
Reach 1	1427	Tr 20 anni	4.65	30.08	30.42	30.16	30.42	0.000173	0.15	31.05	118.47	0.09
Reach 1	1162	Tr 20 anni	4.65	30.15	30.40		30.40	0.000240	0.15	30.27	142.15	0.11
Reach 1	910	Tr 20 anni	4.65	30.20	30.35		30.36	0.003276	0.32	14.45	158.70	0.34
Reach 1	695	Tr 20 anni	4.65	30.01	30.12		30.13	0.003724	0.33	14.02	162.02	0.36
Reach 1	319	Tr 20 anni	4.65	29.03	29.14	29.14	29.16	0.033208	0.73	6.38	116.93	1.00

202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

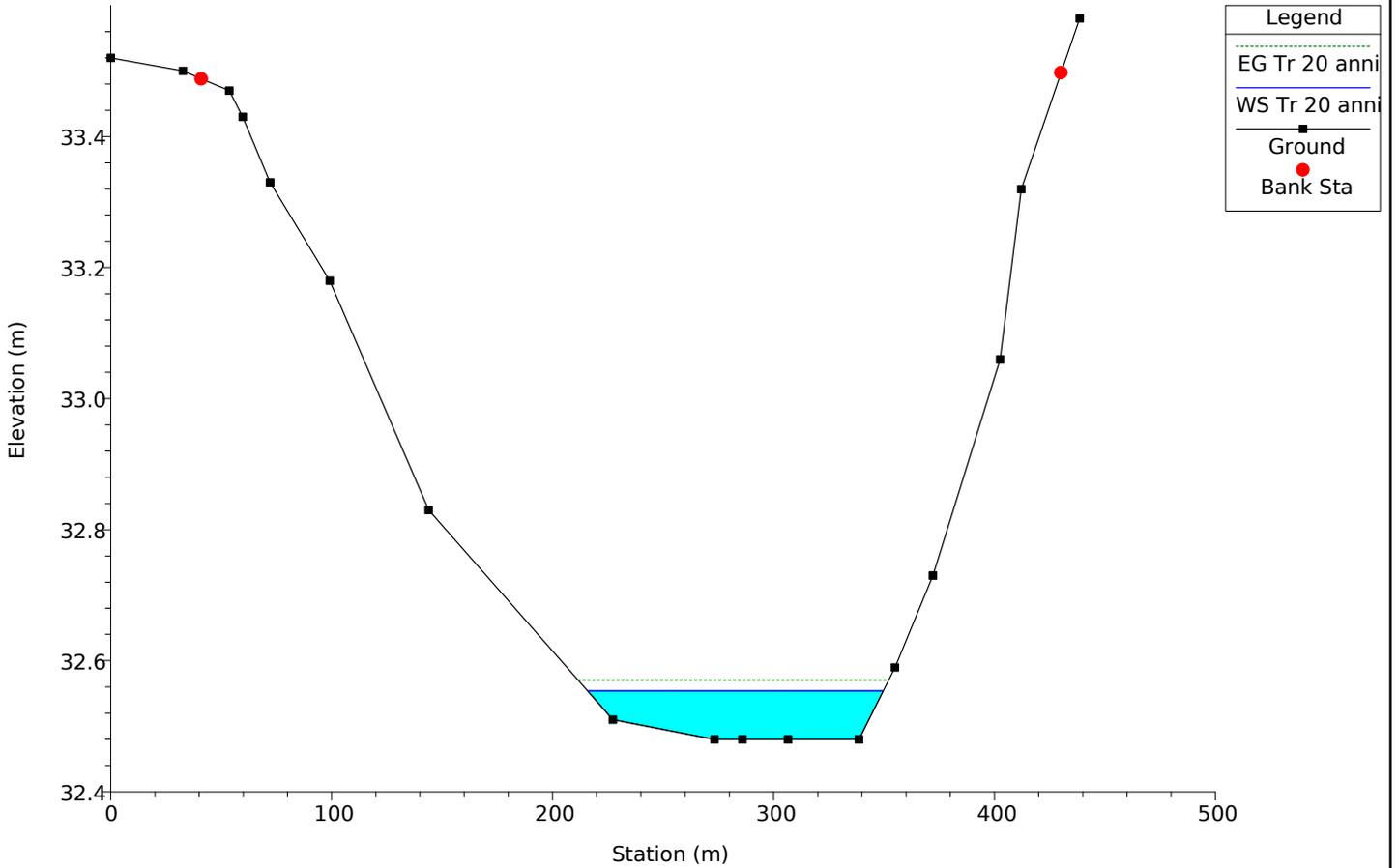
River 1 Reach 1



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

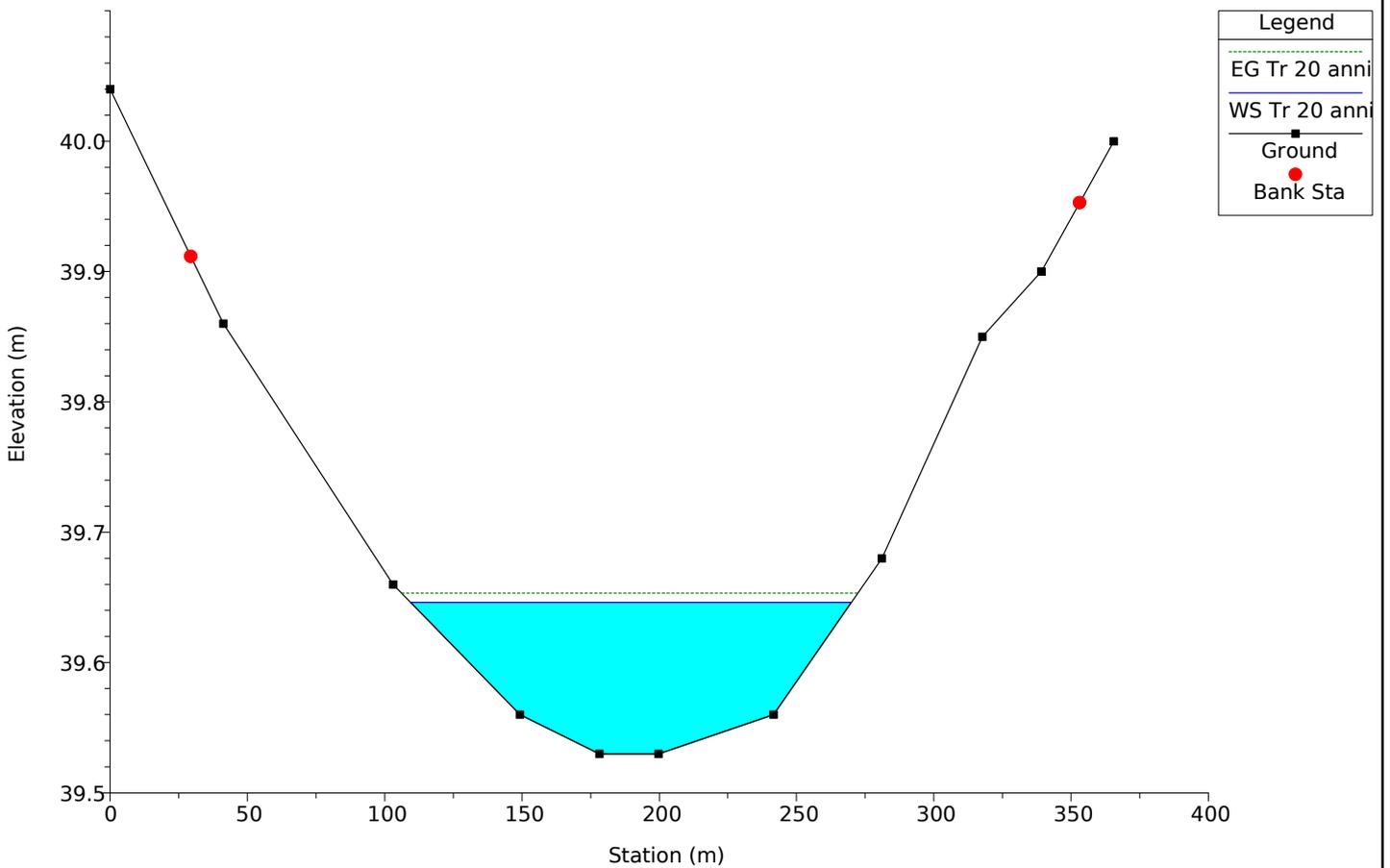
RS = 1813



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

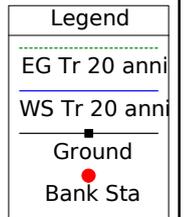
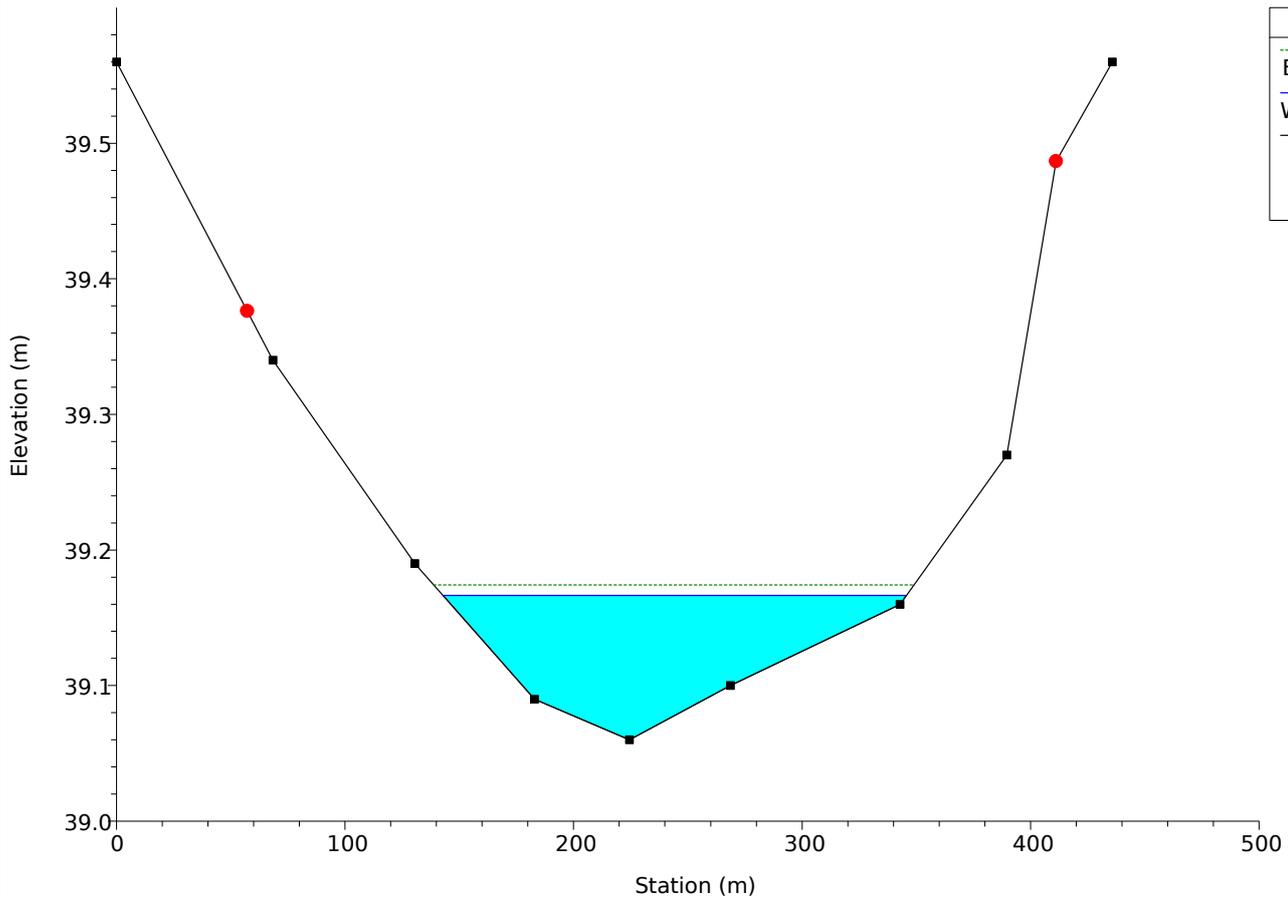
RS = 3844



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

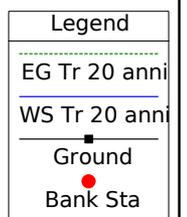
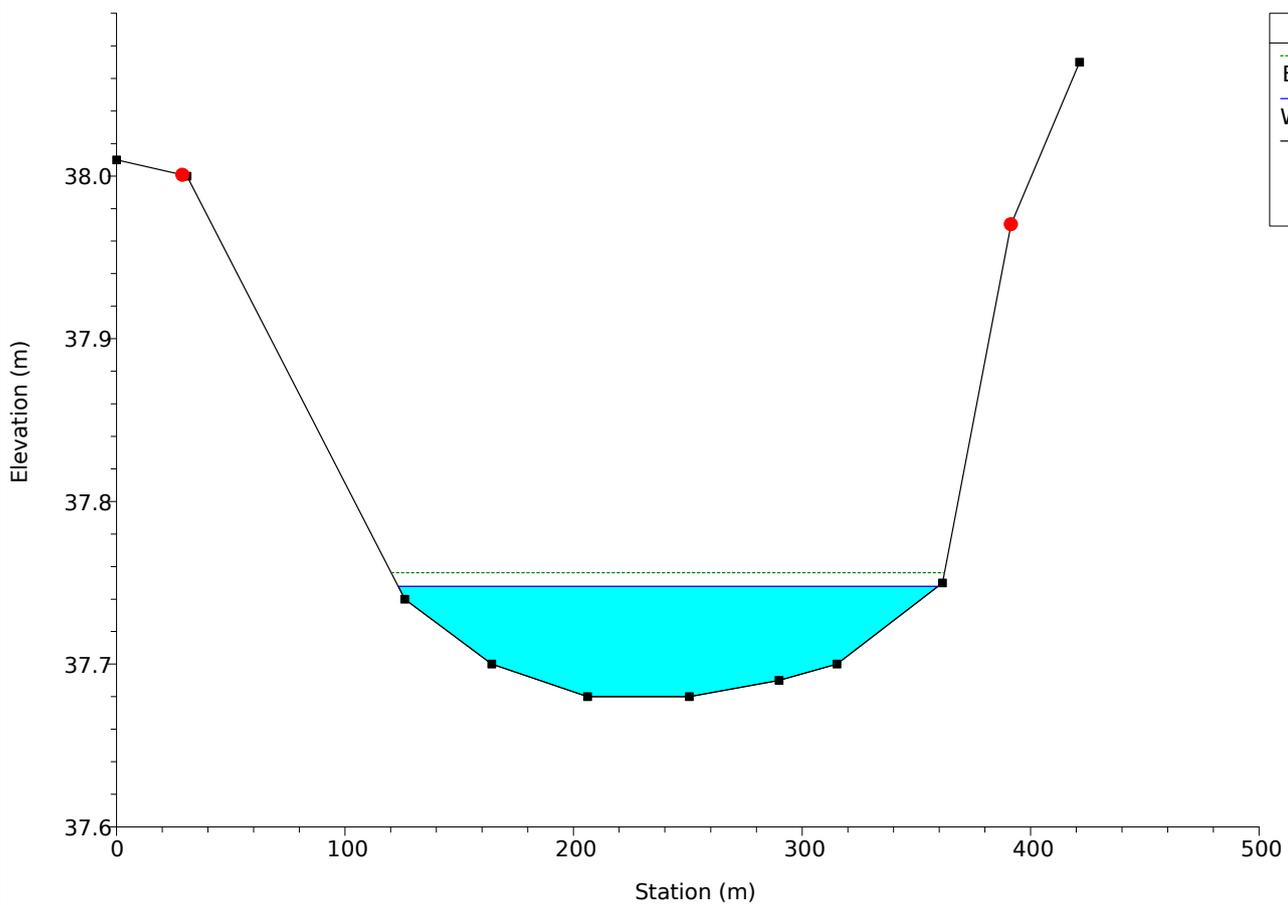
RS = 3608



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

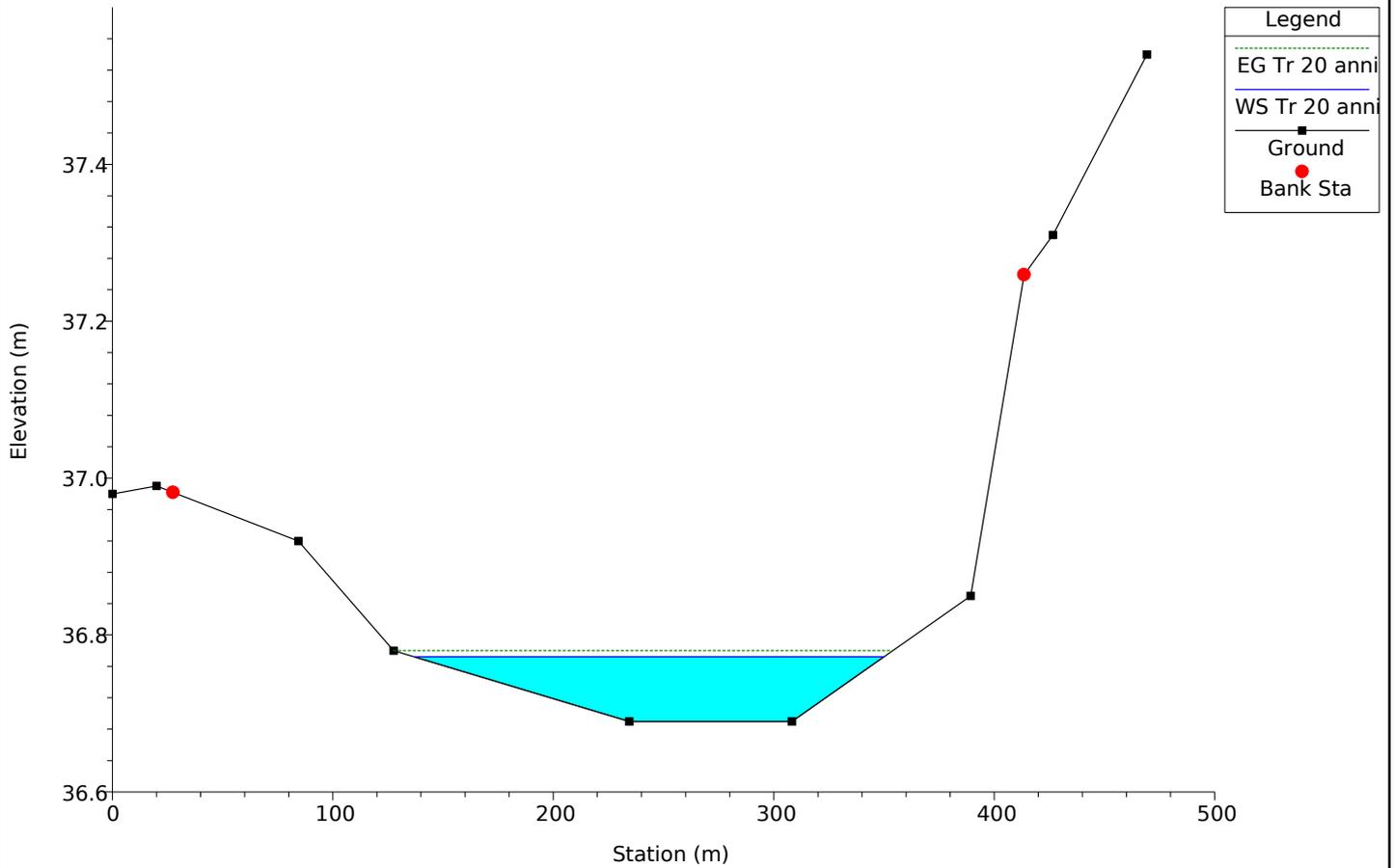
RS = 3160



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

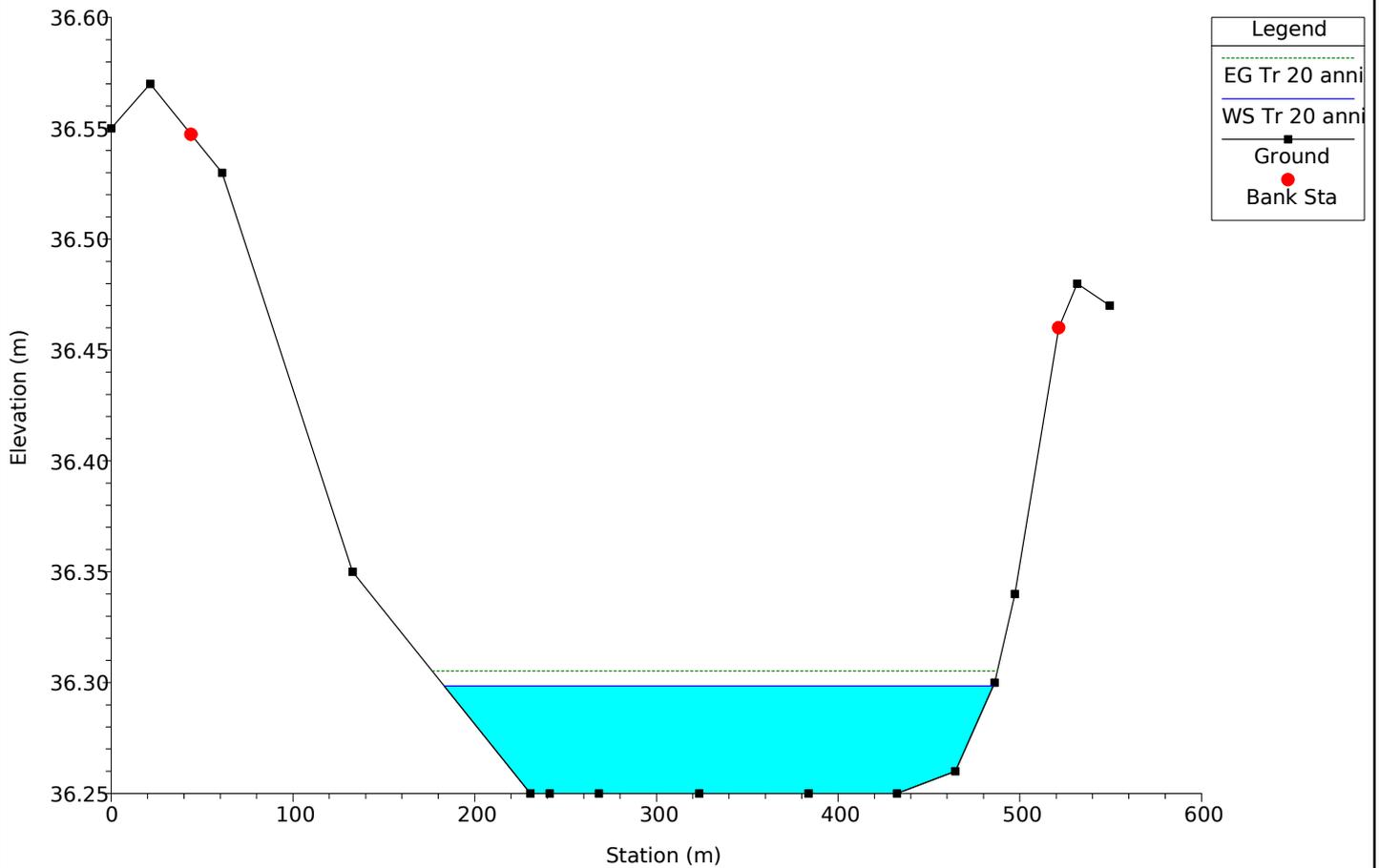
RS = 2866



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

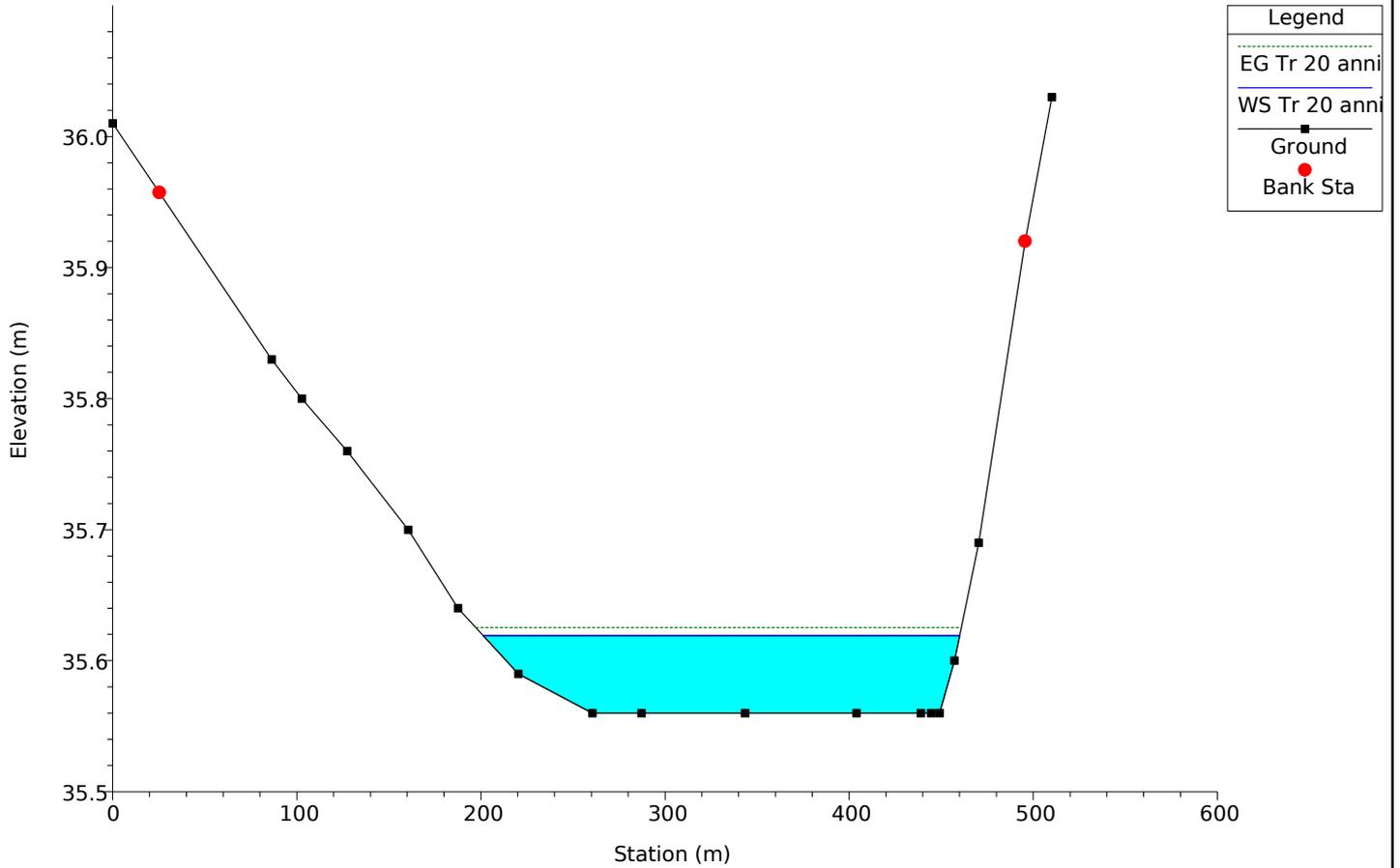
RS = 2717



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

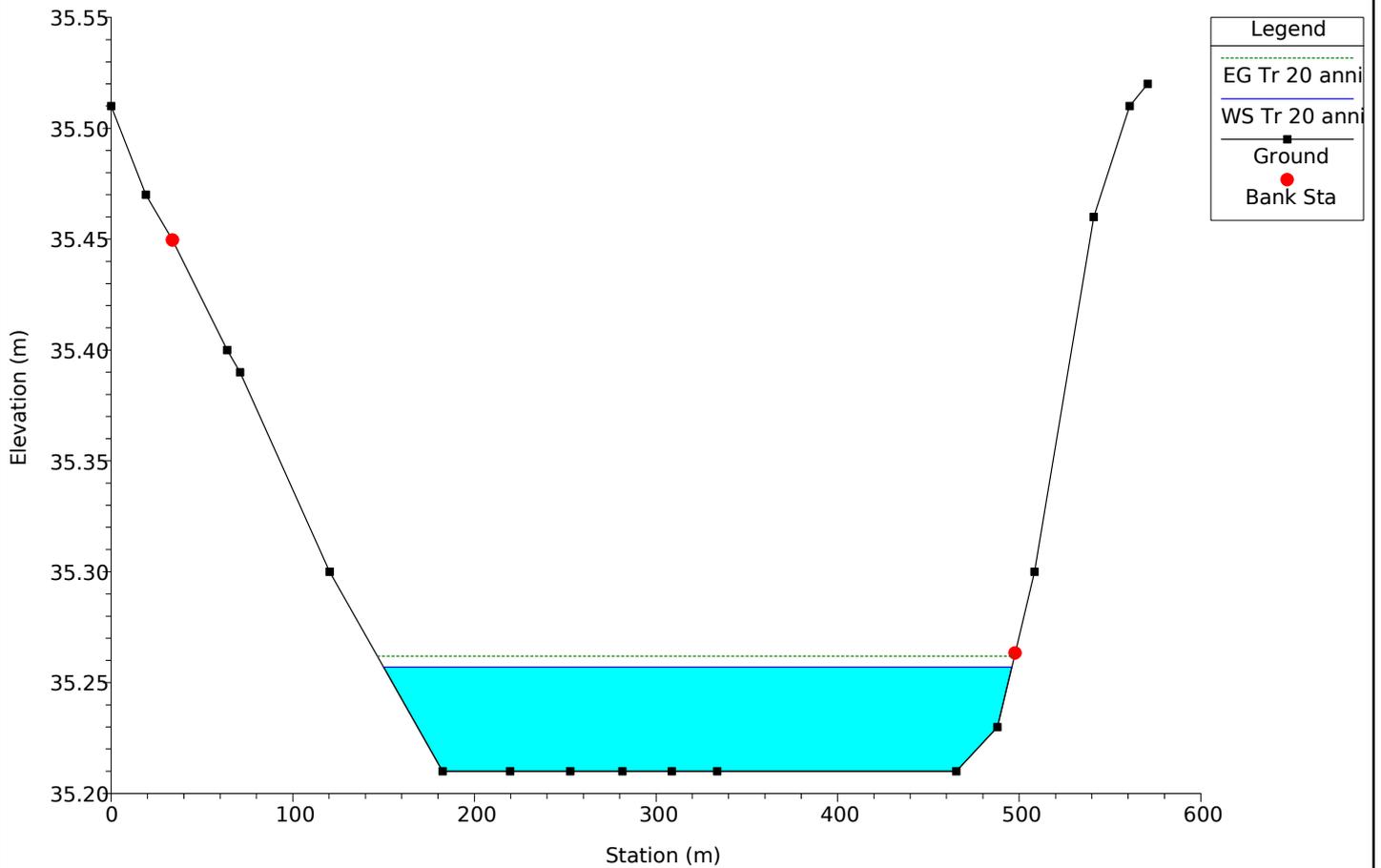
RS = 2480



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

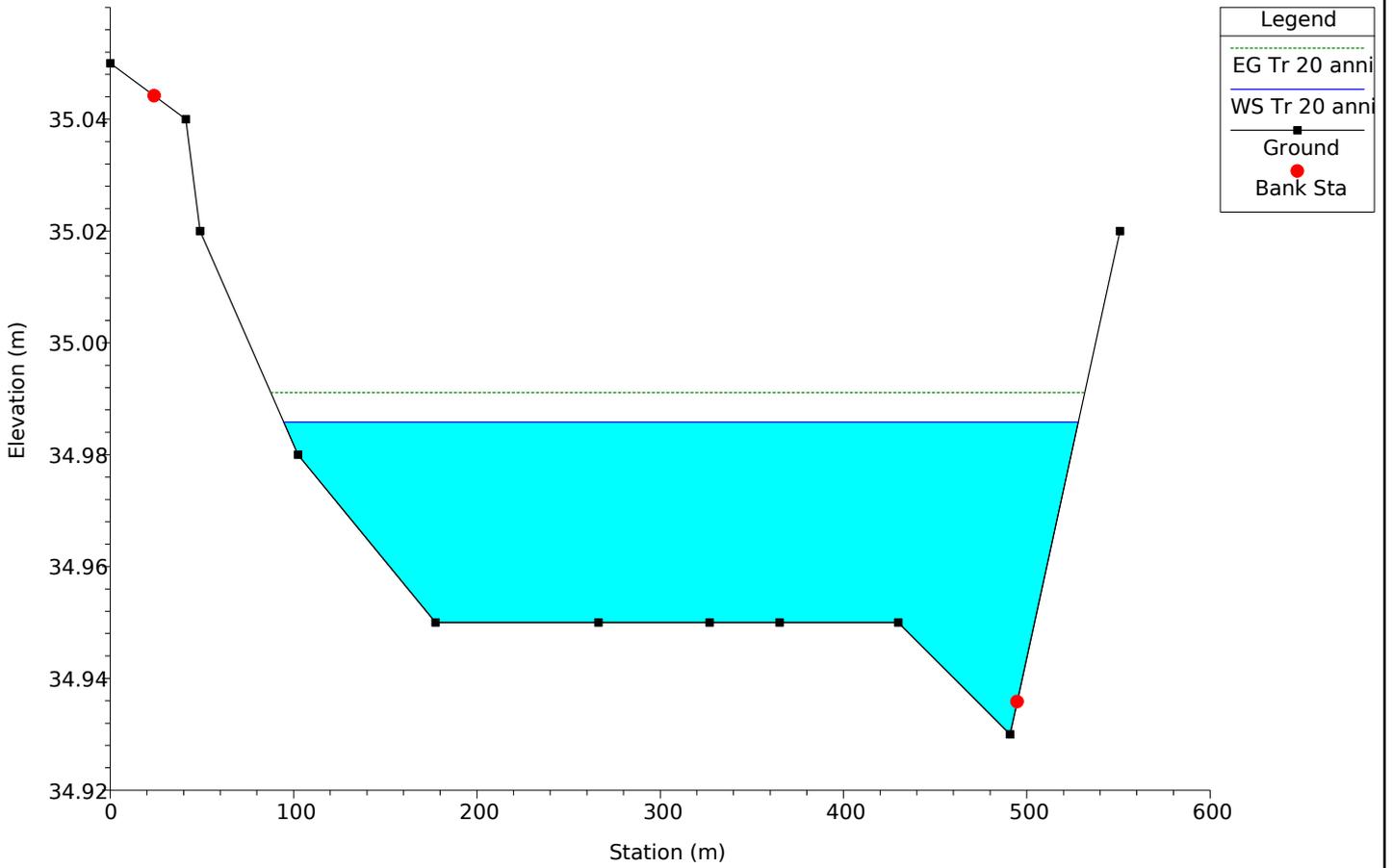
RS = 2329



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

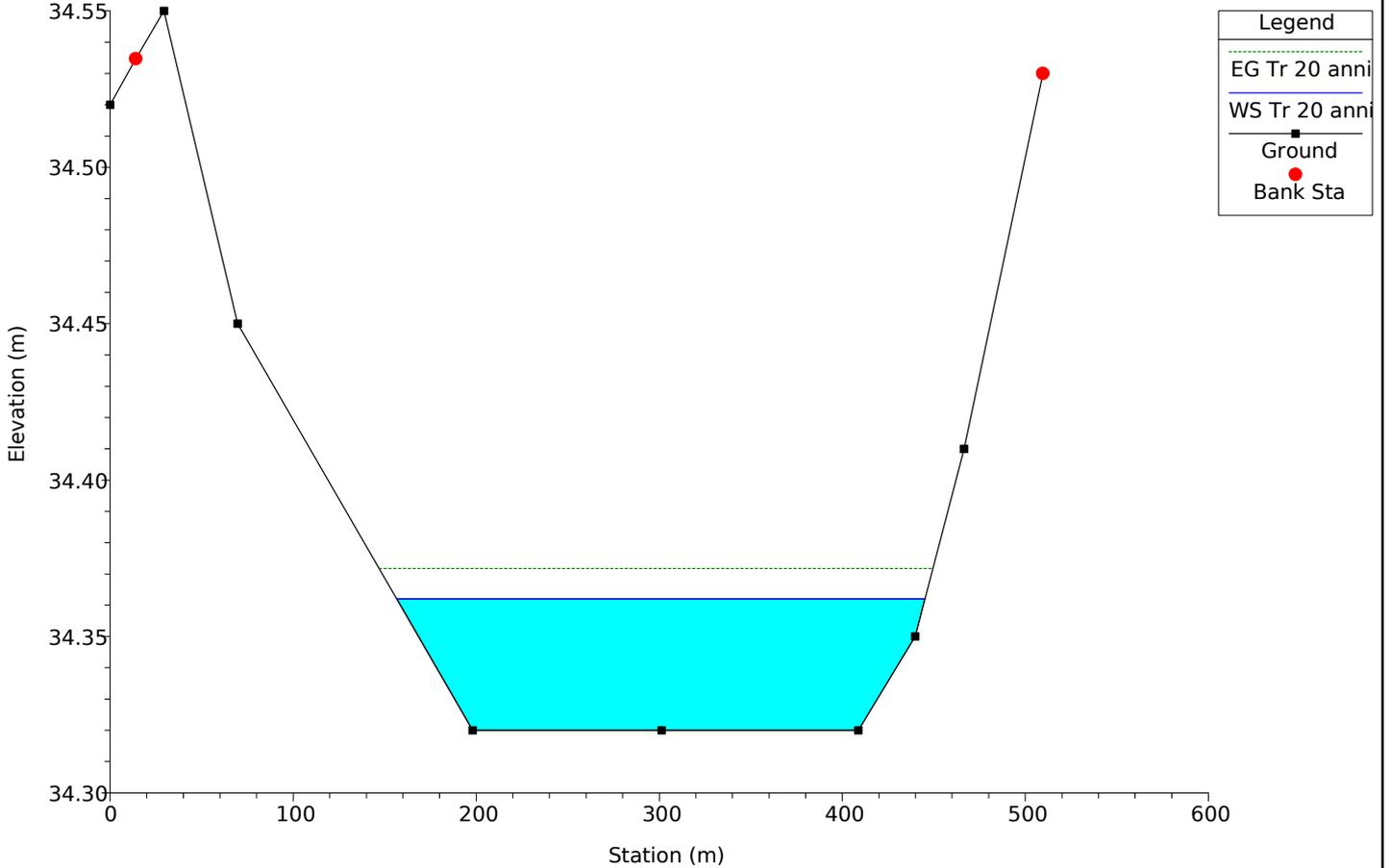
RS = 2239



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

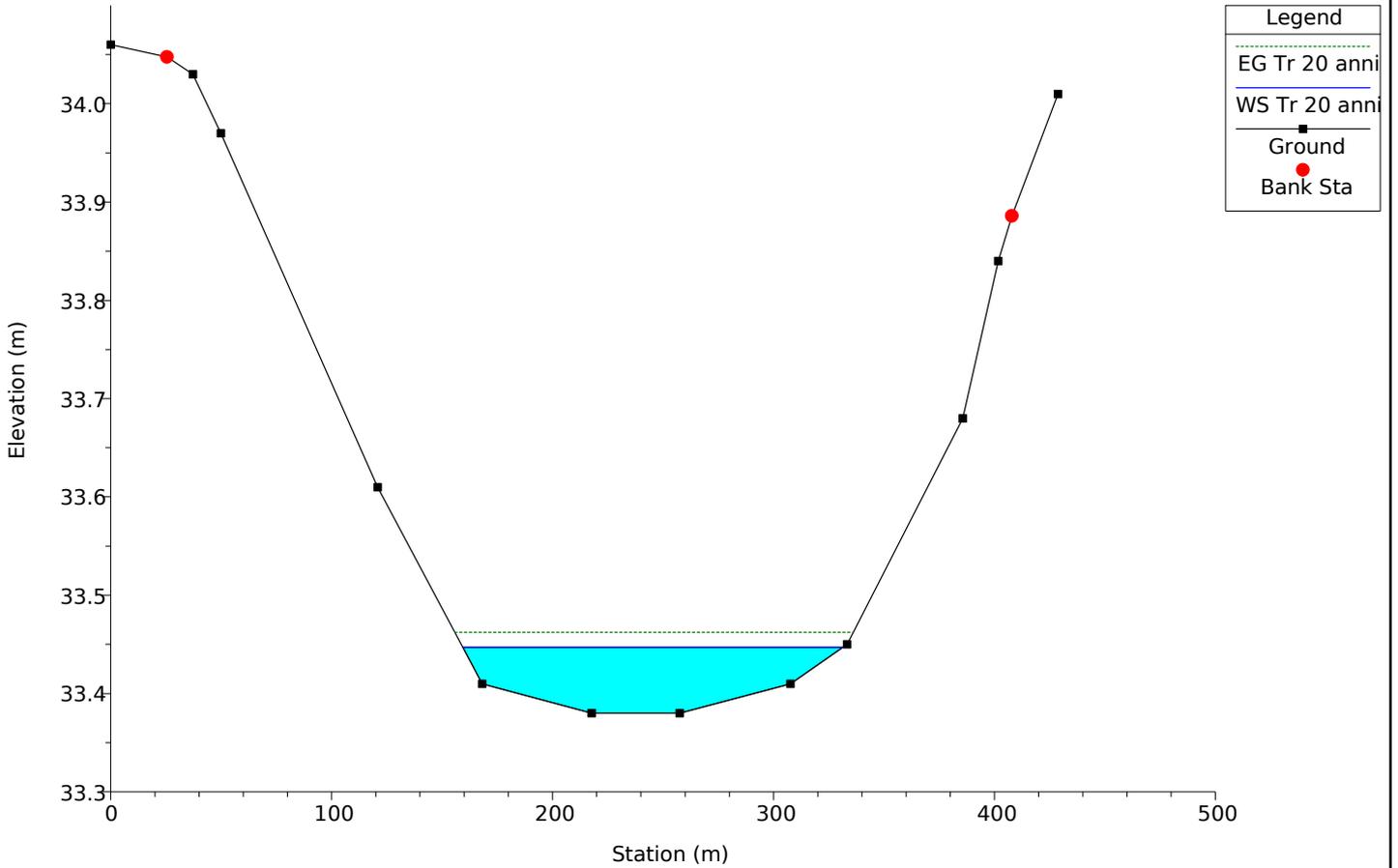
RS = 2108



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

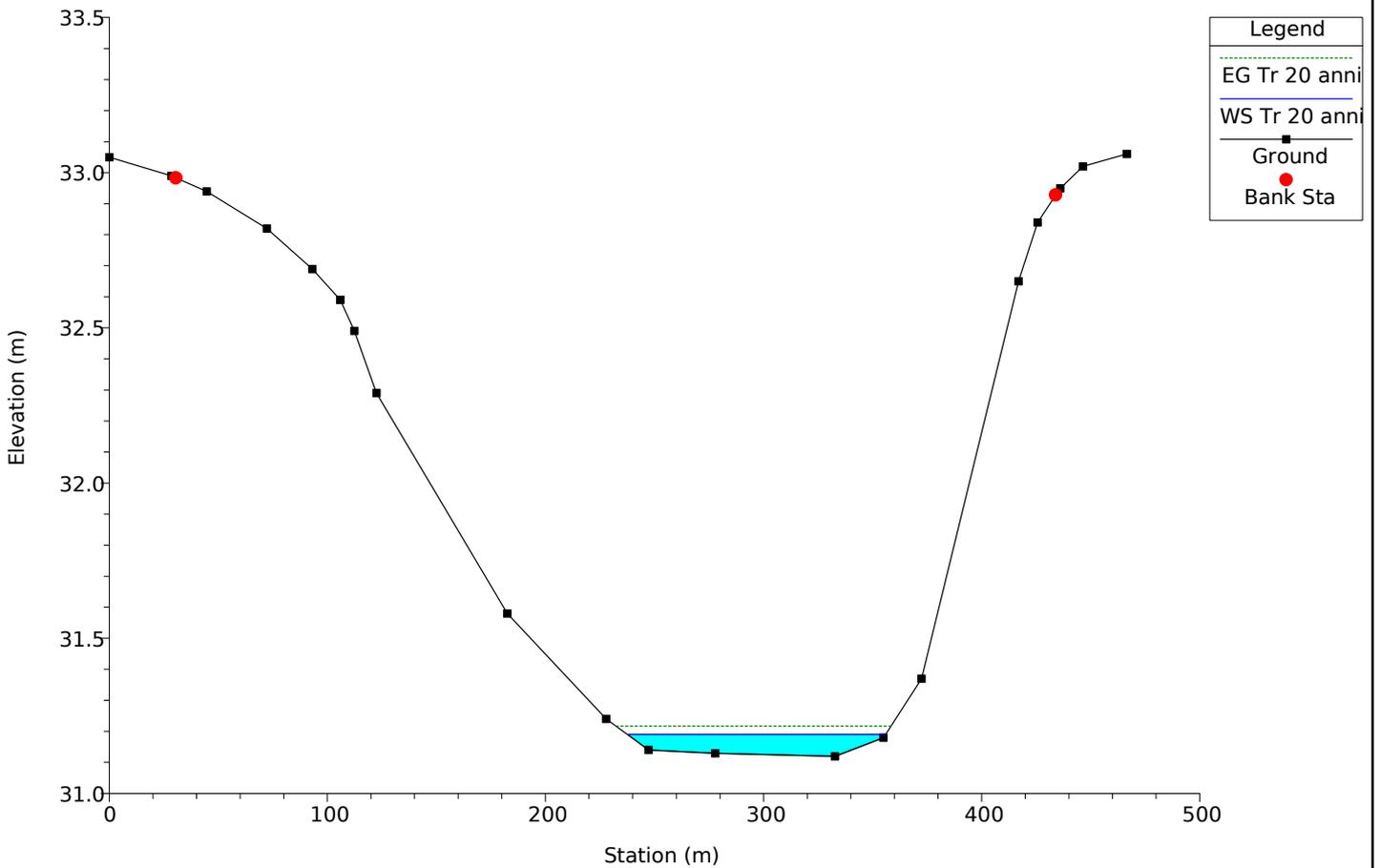
RS = 1966



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

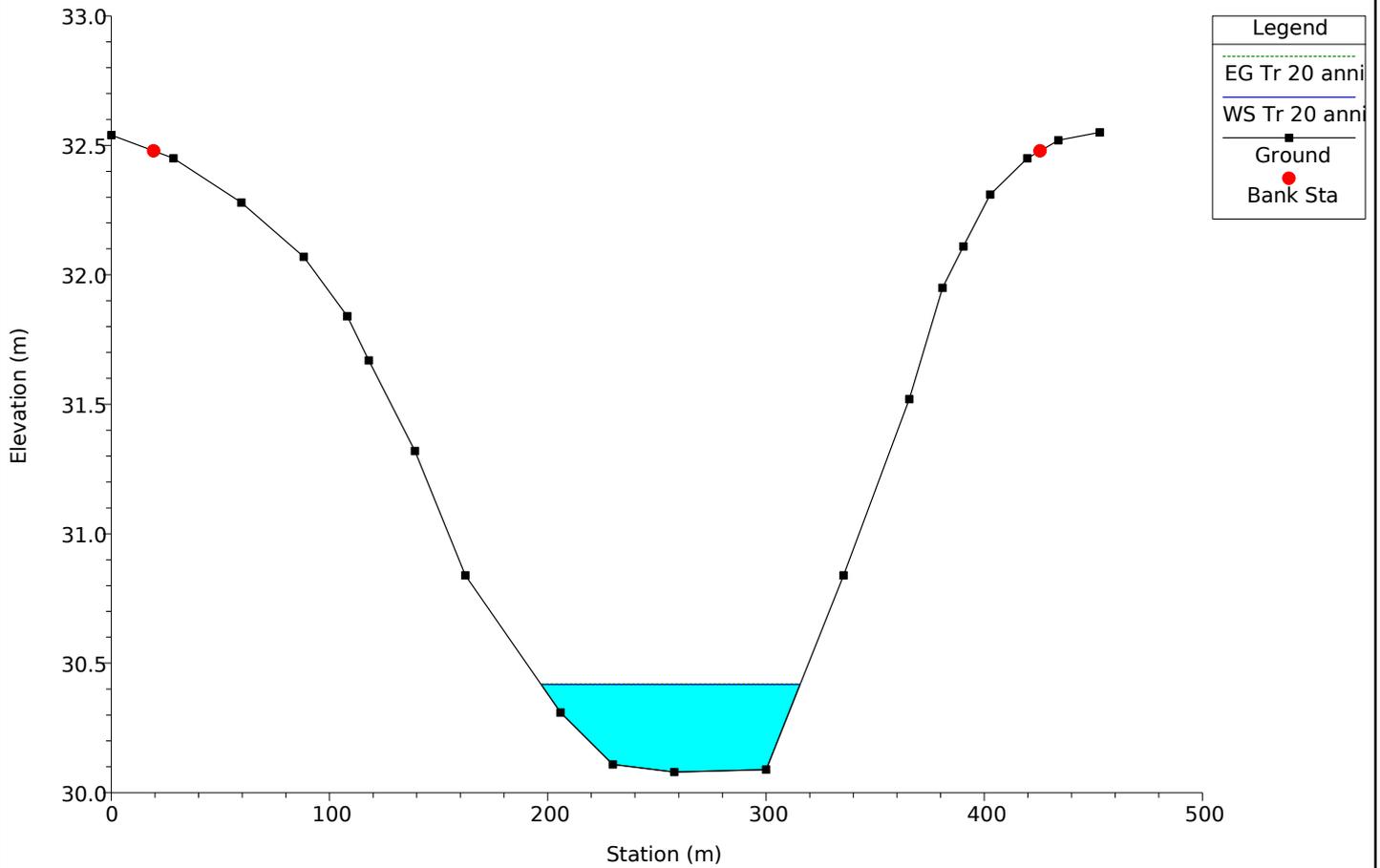
RS = 1623



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

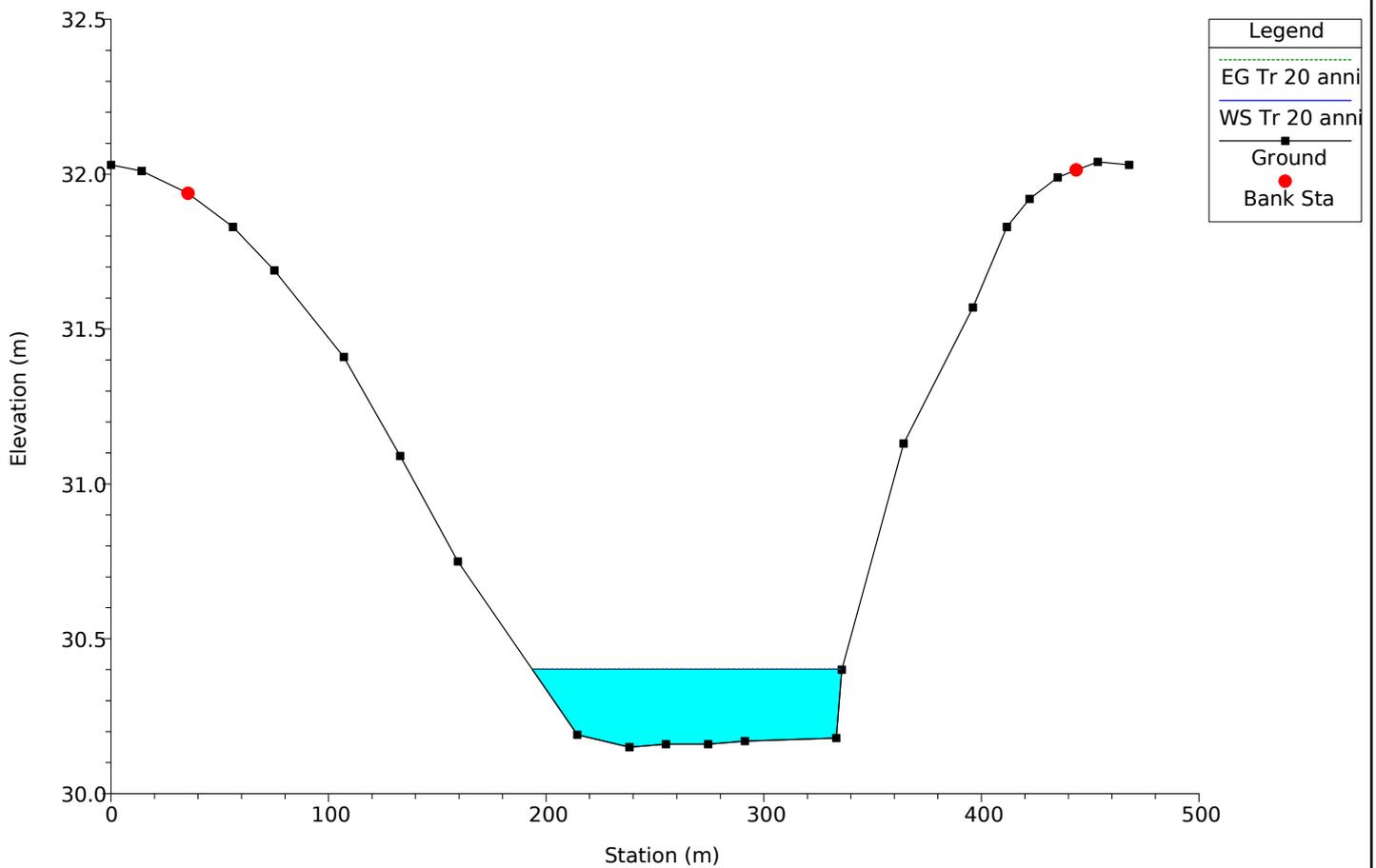
RS = 1427



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

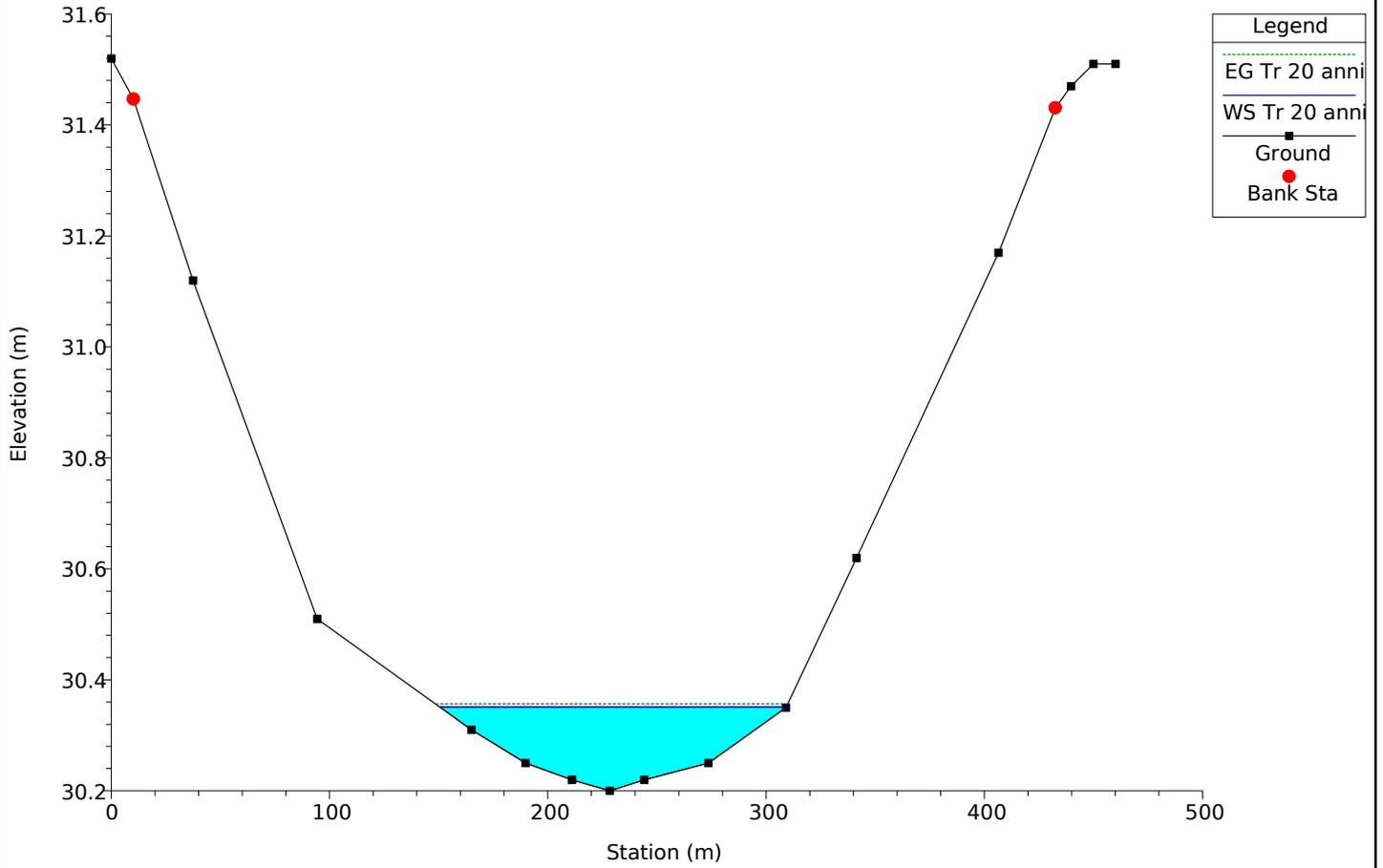
RS = 1162



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

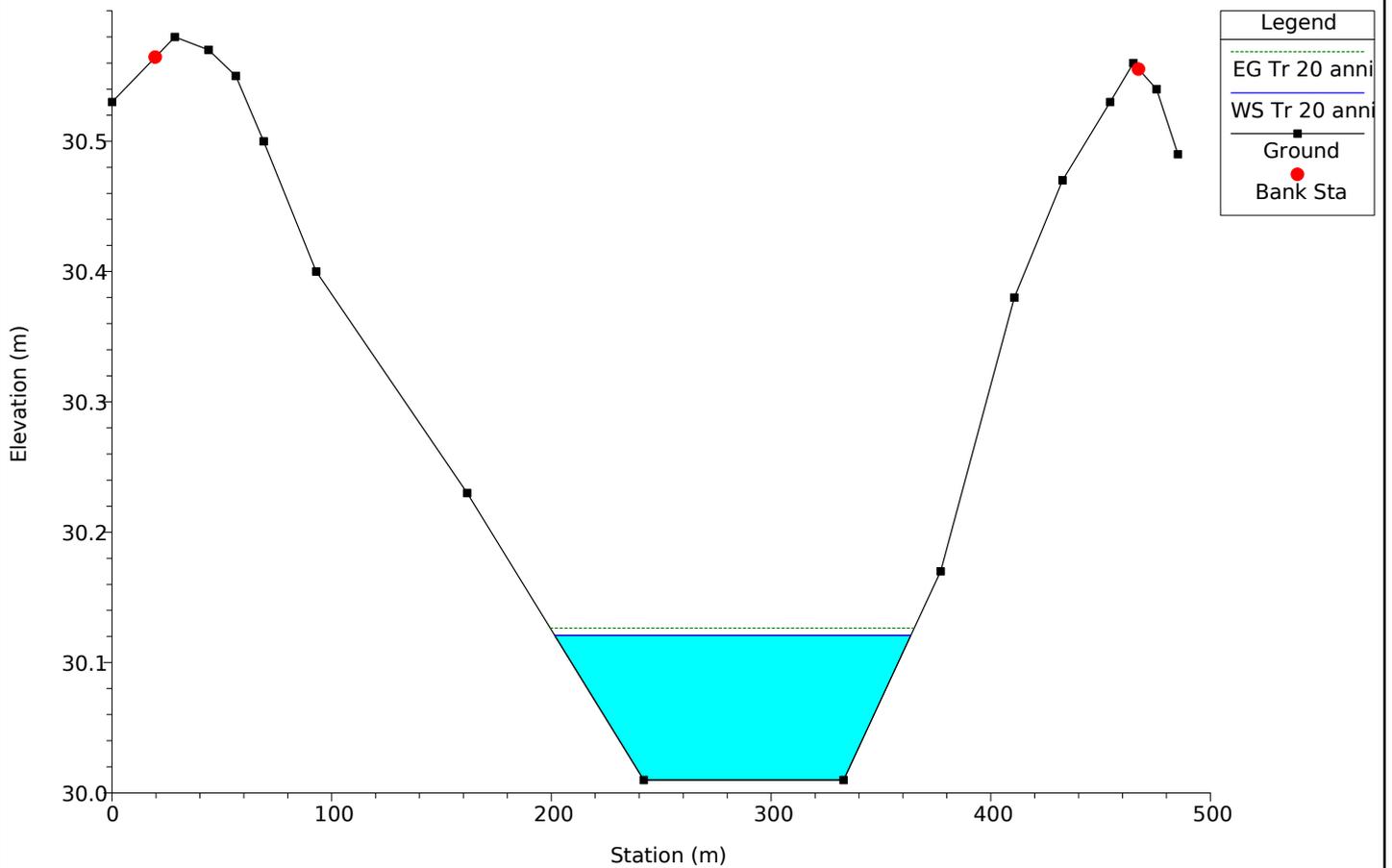
RS = 910



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

RS = 695



202111011 Plan: Plan 02 11/10/2021

Geom: STATO FUTURO01

RS = 319

