



CITTÀ METROPOLITANA
DI FIRENZE

DIPARTIMENTO SVILUPPO
AREA TERRITORIALE

Progettazione per la realizzazione della
"Rotatoria in riva sinistra del Fiume Elsa
all'intersezione tra la SP 64 e la SP 1".

CIG: ZDD2673765



PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA

TAVOLA N.
R.03

NOME FILE: R.01-R12

Data redazione elaborato:

C.U.P.:

PRATICA N.

Settembre 2020

R.U.P.: Ing. Carlo Ferrante

PROGETTISTA:

Ing. Iacopo Ceramelli
Via Catani 28/c
59100 Prato

COLLABORATORI:

ACS Ingegneri
Via Catani 28/c 59100 Prato
BFIngegneria
Via Vasco de Gama Firenze 89 -50129 Firenze

CSP (SICUREZZA):

Ing. Alberto Antonelli

GEOLOGIA:

Dr. Gianni Focardi

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	2
2. INTRODUZIONE.....	2
3. PERICOLOSITÀ IDRAULICA	3
3.1 STUDIO DI SUPPORTO AL PIANO OPERATIVO DEL COMUNE DI SAN GIMIGNANO	3
3.2 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI	4
3.3 REGOLAMENTO URBANISTICO COMUNE DI CERTALDO	5
4. IL MODELLO IDRAULICO	5
4.1 IL MODELLO IDRAULICO: GEOMETRIA.....	6
4.2 IL MODELLO IDRAULICO: MODELLAZIONE DEL DEFLUSSO	7
4.3 IL MODELLO IDRAULICO: CONDIZIONI AL CONTORNO E CONDIZIONI INIZIALI.....	8
5. RISULTATI DELLE VERIFICHE	9
6. CONCLUSIONI	10
7. ALLEGATO.....	11

Allo stato attuale l'intersezione si presenta con una viabilità principale che da via dei Platani curva verso il ponte sul fiume Elsa su via del Molino lato Est, su tale viabilità principale si innesta con una intersezione a "T", posta proprio in corrispondenza della suddetta curva, la via del Molino lato Ovest con l'attestazione di due corsie la prima per la svolta in sinistra verso il ponte e la seconda per la svolta in destra verso la via dei Platani.

Per quanto riguarda il progetto sia la disposizione planimetrica sia quella altimetrica sono pesantemente vincolate dalle preesistenze; in planimetria infatti sono presenti i vincoli costituiti da: il ponte sull'Elsa, l'abitato di Badia a Elmi e, per quanto riguarda la parte nord, dalla presenza di un campo pozzi acquedottistico. Anche le quote altimetriche risentono naturalmente delle viabilità esistenti da connettere, il ponte sull'Elsa ha quota di 68.74 m slm, la via dei Platani di 67.84 m slm e la via del Molino lato ovest (viale della Repubblica) di 67.53 m slm.

In quanto segue vengono esposti i risultati relativi alla pericolosità idraulica nell'area in esame derivanti: dallo studio di supporto al Piano Operativo del Comune di San Gimignano, dal Piano di Gestione del Rischio Alluvione dell'Autorità di Distretto Appennino Settentrionale ed infine dallo studio di supporto al RU del Comune di Certaldo. Verrà presentato inoltre il modello idraulico predisposto per indagare l'influenza delle opere in progetto sulla dinamica della corrente.

3. PERICOLOSITÀ IDRAULICA

3.1 STUDIO DI SUPPORTO AL PIANO OPERATIVO DEL COMUNE DI SAN GIMIGNANO



Figura 2: studio di supporto al POC – pericolosità idraulica

Lo studio redatto nel 2018 non presenta verifiche specifiche per il fiume Elsa ma si limita ad investigare il reticolo minore degli affluenti. Tuttavia all'interno degli elaborati è presente anche la carta di pericolosità del fiume Elsa della quale si riporta uno stralcio

3.2 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI

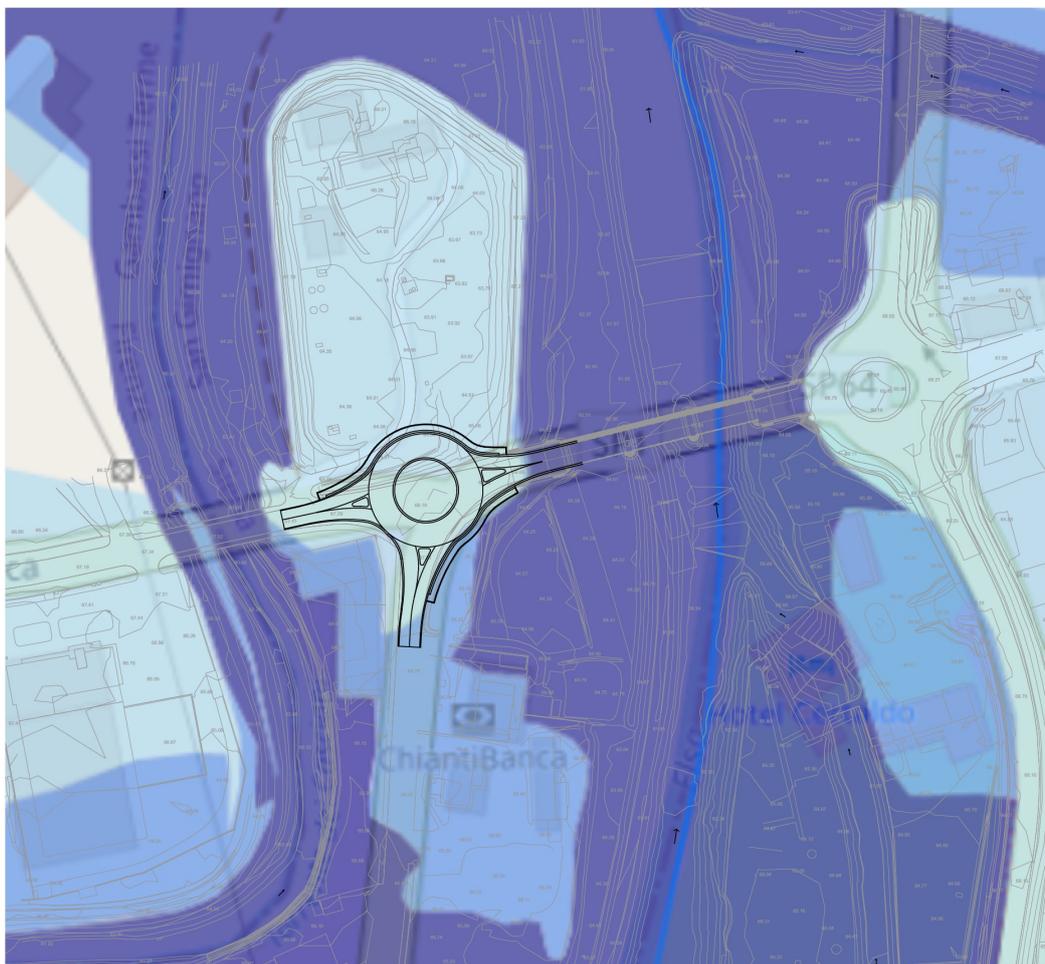


Figura 3: estratto di PGRA

Il PGRA vigente approvato nel 2016 per il periodo 2015-2021 riporta al suo interno la carta della pericolosità idraulica (in figura uno stralcio).

3.3 **REGOLAMENTO URBANISTICO COMUNE DI CERTALDO**



Figura 4: Regolamento Urbanistico comune di Certaldo

Lo studio di supporto per il RU del comune di Certaldo è stato redatto nel 2010, presenta uno studio approfondito sul fiume Elsa ed al suo interno riporta la carta della pericolosità idraulica secondo la vecchia classificazione PAI su quattro classi.

In figura se ne riporta per completezza uno stralcio; poiché lo studio era relativo al comune di Certaldo posto in destra idraulica del fiume Elsa la mappatura si ferma al confine comunale, se ne possono comunque trarre utili informazioni.

Da quanto esposto risulta evidente che l'area, nel suo complesso, è interessata da fenomeni di esondazione del fiume Elsa con tempi di ritorno anche brevi (30 anni), tuttavia l'area su cui insiste la rotatoria interessa una porzione di territorio classificata come PI 1 (secondo PGRA) ovvero non allagabile per eventi con tempi di ritorno di 200 anni, solo marginalmente l'intersezione occuperà aree PI2 mantenendo comunque sempre quote superiori al battente e rimanendo il piano strada in sicurezza idraulica.

4. **IL MODELLO IDRAULICO**

È stato approntato un semplice modello idraulico descritto nel seguito basato sul modello disponibile presso gli uffici della Regione Toscana. Il modello simula eventi di piena con tempo di ritorno di 200 anni tramite soluzione numerica delle equazioni di corrente monodimensionale in regime di moto vario.

4.1 IL MODELLO IDRAULICO: GEOMETRIA

La geometria del sistema è costruita attraverso 38 sezioni trasversali di cui 25 sezioni del modello della Regione Toscana e 13 sezioni derivanti da un rilievo di dettaglio realizzato nella zona del ponte. Complessivamente il modello simula l'asta principale del fiume Elsa per complessivi 2275 m dalla sezione 289 a monte alla sezione 265 a valle

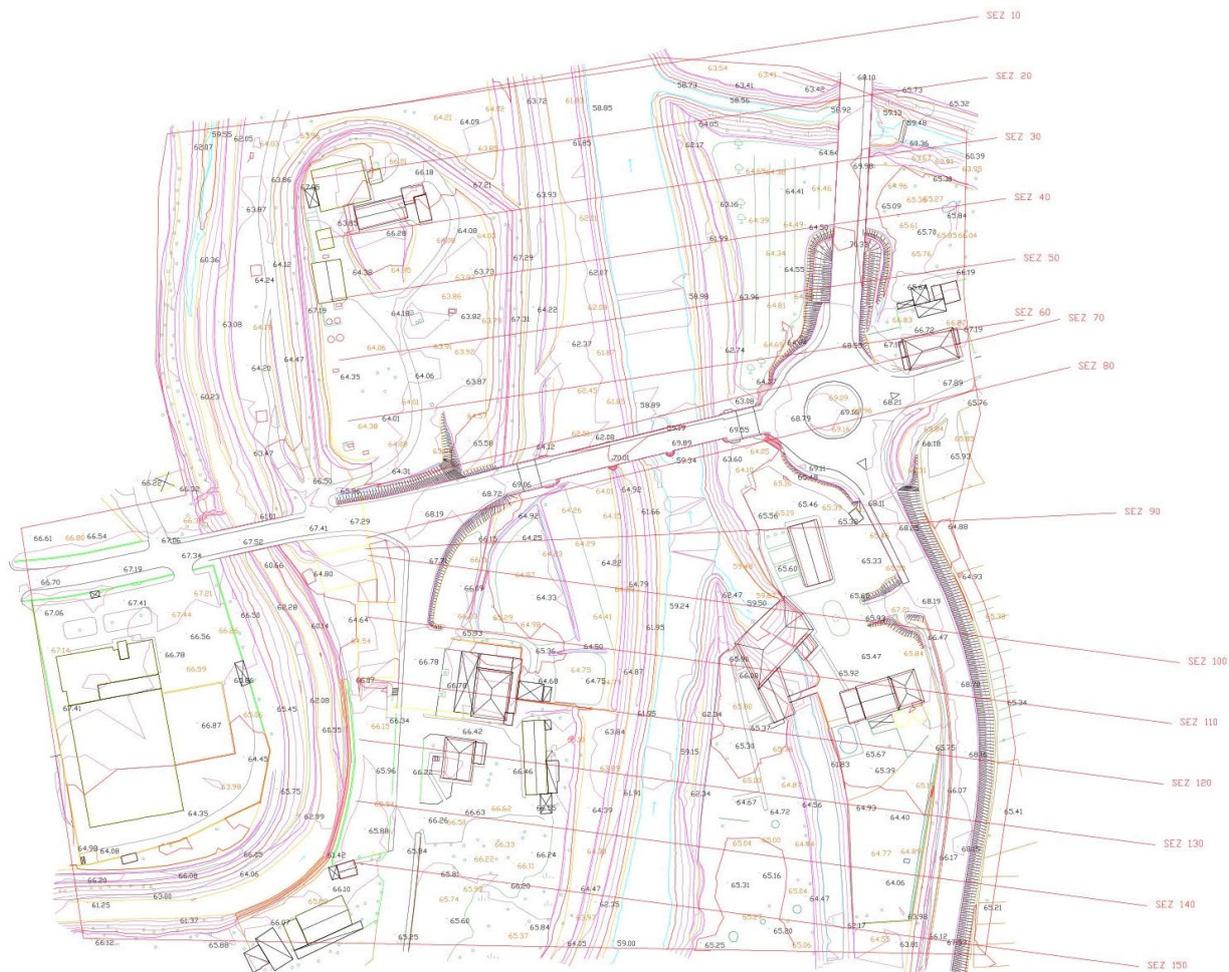


Figura 5: Rilievo di dettaglio dell'area e traccia delle sezioni estratte

All'interno del modello sono inoltre state inserite le aree di potenziale esondazione (Storage area), riprese dal modello del Genio Civile: 7 in destra idraulica e 3 in sinistra. Le Storage area sono connesse con il corso d'acqua da sfioratori laterali (in numero di 26). Inoltre all'interno del modello è presente una traversa (Inline structure) tra le sezioni 287.6 e 287.4 e naturalmente il ponte in prossimità della rotatoria di progetto.

Per descrivere lo stato di progetto è stato inserito l'ingombro della rotatoria che viene realizzata in rilevato attraverso l'introduzione, nelle sezioni interessate, di elementi denominati Blocked Obstruction.

4.2 IL MODELLO IDRAULICO: MODELLAZIONE DEL DEFLUSSO

Lo studio dei fenomeni di piena è stato condotto con l'utilizzo del software shareware Hec-Ras (versione 5.0.7 del 2019), che consente la simulazione numerica della dinamica della corrente in condizioni di moto permanente e di moto vario. Il software assume che la corrente sia monodimensionale e risolve, nel caso di moto vario, l'equazione di De Saint Venant e quella di continuità. La soluzione è ottenuta con un metodo numerico alle differenze finite per la discretizzazione spaziale ed un metodo implicito per l'avanzamento temporale, tramite successive iterazioni di calcolo.

La griglia spaziale è costruita a partire dalle sezioni rilevate per le quali vengono definite la geometria e le caratteristiche di resistenza al moto, stimate dalle proprietà dei materiali di rivestimento della sezione e dalle condizioni di manutenzione dell'alveo e delle sponde. Le resistenze al moto sono descritte con la formula monomia di Manning; sono qui utilizzati due valori del coefficiente di scabrezza n , $0.037 \text{ sm}^{-1/3}$ e $0.040 \text{ sm}^{-1/3}$, per le porzioni di contorno naturali o per l'alveo inciso. Il software permette una descrizione più fine della geometria dell'alveo con l'utilizzo di procedure di interpolazione dei dati descrittivi le sezioni rilevate, interpolazione congrua nel presente caso. Un soddisfacente compromesso tra stabilità della soluzione e tempo di calcolo è stato raggiunto con un passo di interpolazione pari a 10 m.

Per quel che concerne discontinuità del fondo alveo e ostacoli, i salti di fondo sono stati modellati con l'apposito modulo presente nel software. La descrizione geometrica dei ponti segue le modalità previste dal software, ovvero la definizione di quattro sezioni, di cui due descrittive la geometria dell'alveo immediatamente a monte e a valle dell'attraversamento, e due descrittive le caratteristiche di ingombro dell'impalcato, delle spalle e di eventuali pile in alveo per le sezioni di monte e di valle del ponte. Tra i possibili approcci per la soluzione delle equazioni proposti dal software, è stato utilizzato il metodo dell'energia (Energy Method) per tutto l'intervallo di portate defluenti, che ha mostrato di garantire una sufficiente stabilità e accuratezza della soluzione numerica. Per bassi valori delle portate, è stata selezionata la possibilità di ricorrere al bilancio di quantità di moto (Momentum Method), al quale il software ricorre automaticamente nel caso di sostenuti restringimenti di sezione in corrispondenza dei ponti.

Allo scopo di valutare la funzionalità idraulica degli interventi previsti, sono state introdotte nel modello alcune aree di laminazione (Storage Areas), le SA sono definite attraverso una curva di invaso ovvero una relazione che lega la quota del battente al volume invasato. Le Storage Areas sono connesse alla rete idraulica tramite soglie laterali di sfioro (Lateral Structures). Nel caso di aree libere per l'esonazione si è considerato che le sponde del tratto compreso tra due sezioni successive fossero esse stesse descrivibili come Lateral Structures, con lunghezza leggermente inferiore alla distanza tra le due sezioni limitanti il tratto. Gli sfioratori laterali sono quindi descritti dalla loro lunghezza, dall'andamento altimetrico delle soglie, desunto dalle quote delle sezioni rilevate e completato con l'utilizzo dei punti quotati di cartografia per le aree libere o fissato quale dato di progetto. È stato considerato un funzionamento a stramazzo in soglia larga, dove il coefficiente dimensionale di sfioro utilizzato dal programma di calcolo è assunto pari a $0.5 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ (corrispondente ad un coefficiente adimensionale di deflusso $\mu = 0.338$); essendo in presenza di soglie laterali, il battente idrico di riferimento per il calcolo della portata sfiorante è assunto pari al livello del pelo libero in alveo. Alcuni test hanno mostrato la sostanziale indipendenza dei risultati dal valore del coefficiente di sfioro, variato nell'intervallo $0.4-0.6 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ ($\mu \in [0.316 - 0.361]$). Il programma provvede automaticamente alla diminuzione del valore del coefficiente nel caso di deflusso rigurgitato.

4.3 IL MODELLO IDRAULICO: CONDIZIONI AL CONTORNO E CONDIZIONI INIZIALI

Per la risoluzione del sistema di equazioni è necessario imporre opportune condizioni al contorno e condizioni iniziali. Per quel che concerne le condizioni al contorno sono state adottate le seguenti:

fiume Elsa a monte (sezione 289):	idrogramma
fiume Elsa a valle (sezione 265):	livelli assegnati

Per quel che concerne gli idrogrammi in corrispondenza della sezione di monte, si è fatto riferimento allo studio redatto dal Genio Civile, per tutte le forzanti non sono stati considerati i valori più bassi delle portate, al fine di migliorare la stabilità della soluzione numerica; tali valori corrispondono a condizioni di deflusso totalmente contenuto in alveo. Gli andamenti delle forzanti, per diversi tempi di pioggia e tempi di ritorno, sono riportati di seguito.

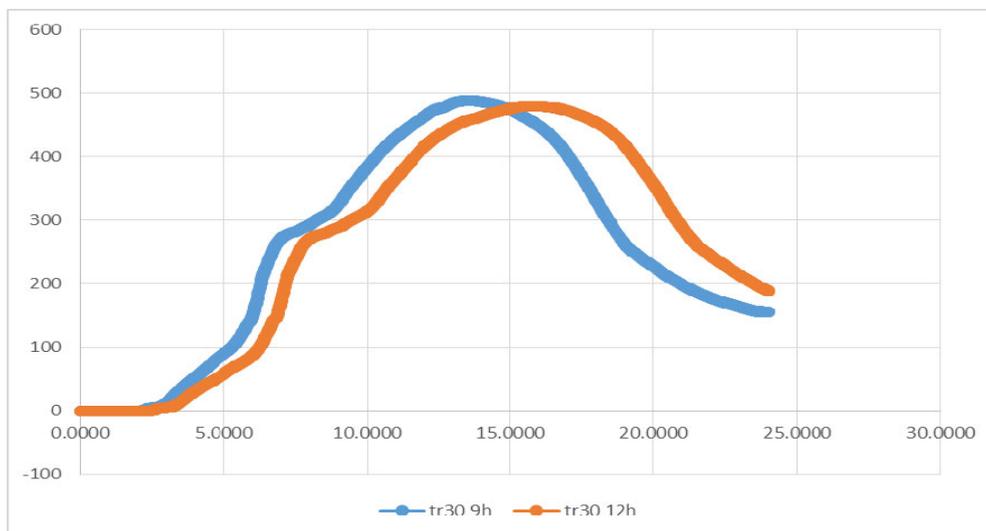


Figura 6: idrogrammi alla sezione di monte (sez 289) Tr 30 anni tp 9 e 12 ore

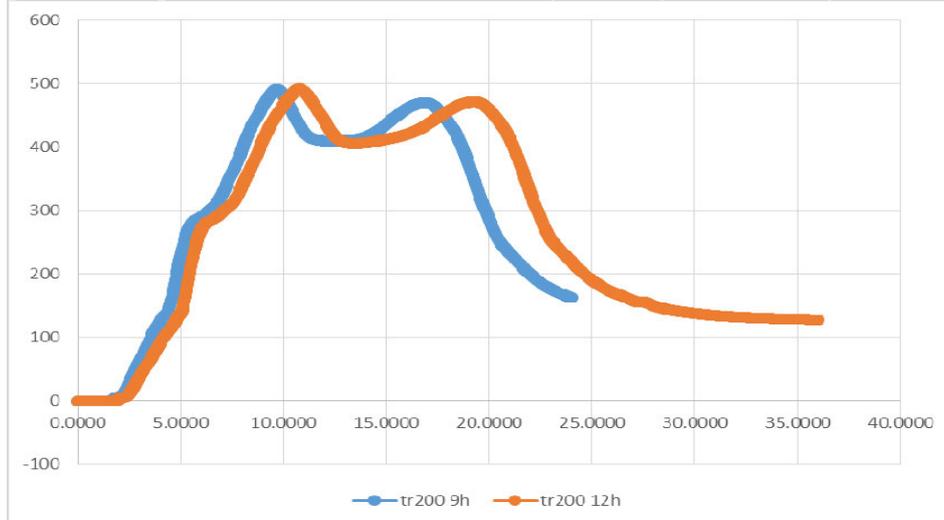


Figura 7: idrogrammi alla sezione di monte (sez 289) Tr 200 anni tp 9 e 12 ore

In corrispondenza della sezione di valle (sez 265) è stata la curva tempo/livelli assegnati riportata nella figura sottostante.

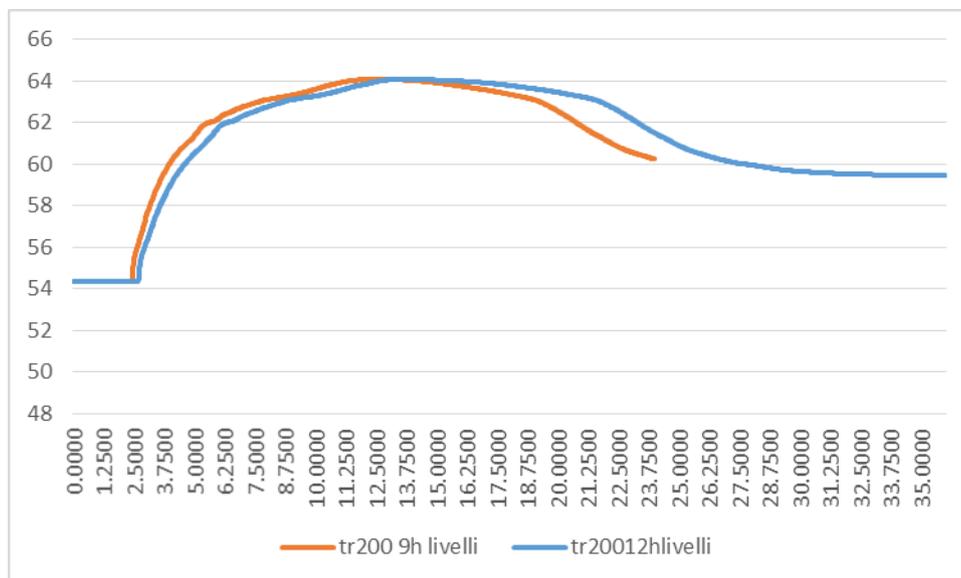


Figura 8: condizione al contorno di valle (sez 265) Tr 200 anni tp 9 e 12 ore

Quali condizioni iniziali, sono state assunte distribuzioni delle portate all'interno del reticolo congruenti con i valori iniziali degli idrogrammi di simulazione.

Un intervallo temporale di calcolo pari a 5 secondi è sufficiente a garantire la stabilità della soluzione numerica; la convergenza della soluzione è stata verificata i risultati ottenuti con valori inferiori dell'intervallo di calcolo. Per gli altri parametri computazionali sono stati assunti i valori di default del programma, fatta eccezione per il numero massimo di iterazioni per ogni step di calcolo, fissato a 40, e per la tolleranza sul calcolo dei livelli idrici in alveo e nelle casse di espansione (Storage Areas), fissata in 2 cm.

5. RISULTATI DELLE VERIFICHE

Sono state effettuate due diverse simulazioni una allo stato attuale ed una nella configurazione di progetto. Entrambe le simulazioni hanno riguardato eventi di piena con tempo di ritorno di 200 anni e durata di pioggia di 9 ore ovvero lo scenario più gravoso.

Tre le due diverse simulazioni, i cui risultati sono riportati in allegato in modo più dettagliato non si evidenziano differenze significative tra i due scenari per quanto riguarda il valore dei battenti idrici in alveo o nelle aree allagate (Storage areas).

Le analisi svolte mostrano inoltre che il franco tra il valore del tirante duecentennale e la quota dell'infrastruttura di progetto raggiunge valori superiori al metro, appare pertanto ampiamente sufficiente a determinare condizioni di sicurezza per l'opera.

6. CONCLUSIONI

A supporto della progettazione definitiva di una nuova intersezione a rotatoria nel comune di San Gimignano che collega la SP1 “ di San Gimignano” con la SP 64 “Certaldese II” sono state analizzate le possibili problematiche idrauliche dell’opera in progetto.

La progettazione dell’intersezione ha subito un forte condizionamento sia per quanto riguarda la posizione planimetrica sia per quella altimetrica dalla presenza delle viabilità esistenti, dell’edificato presente, dalla presenza di un campo pozzi ed infine dal fiume Elsa che scorre poco distante che hanno di fatto imposto le scelte progettuali poi adottate.

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica nell’area gli strumenti di pianificazione territoriale consultati evidenziano come l’area sia soggetta a fenomeni alluvionali anche frequenti, tuttavia la rotatoria si inserisce in un’area dove la pericolosità risulta bassa (PI1) poiché prossima al ponte della SP64.

All’interno della presente relazione è inoltre presente un modello idraulico che accerta come la realizzazione della rotatoria non influenzi in nessun modo la dinamica della corrente nel fiume Elsa e che la rotatoria stessa presenti un sufficiente grado di sicurezza idraulica garantito attraverso un franco oltre il metro.

Prato 11/09/2020

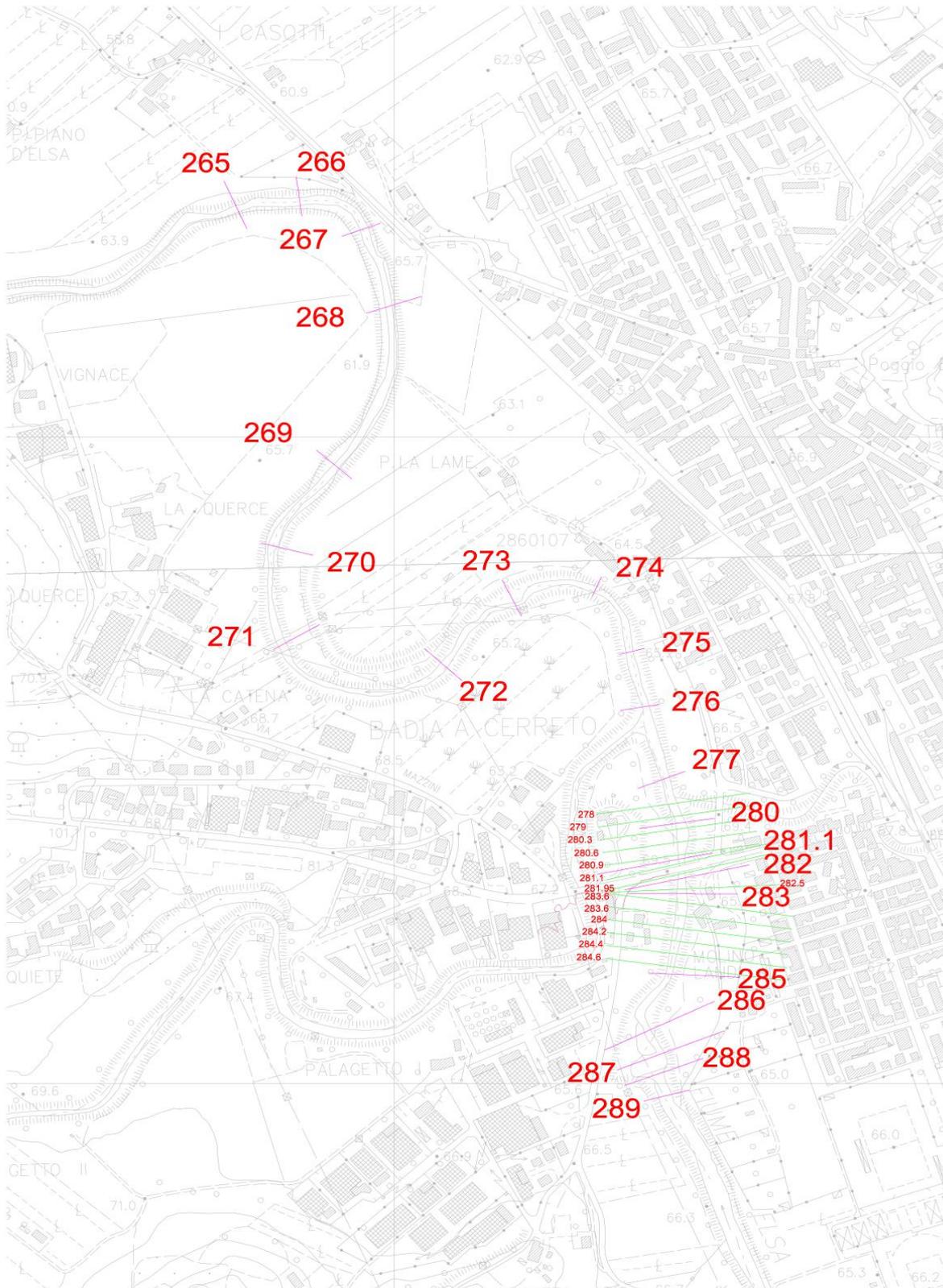
Ing. Daniele Storai

ACS ingegneri
via catani 28/c, 59100 prato
tel. 0574.527864 – fax 0574.568066
email: acs@acsingegneri.it

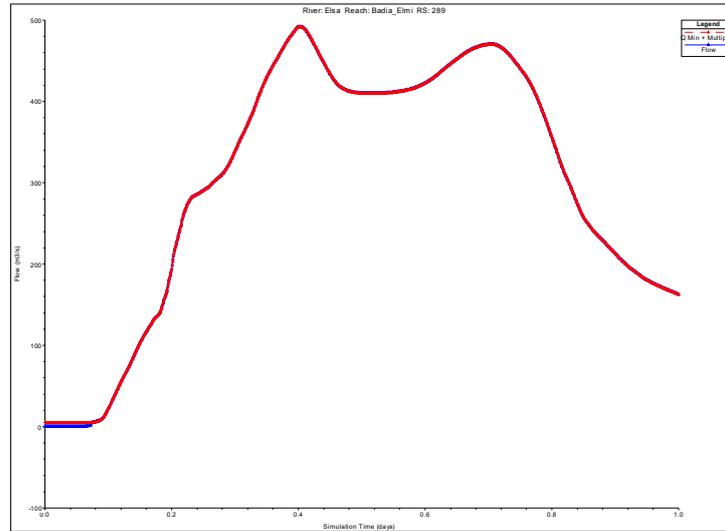
7. ALLEGATO

Individuazione delle sezioni
Condizioni al contorno e forzanti
Stato attuale: sezioni - massimi livelli
Stato di progetto: sezioni - massimi livelli

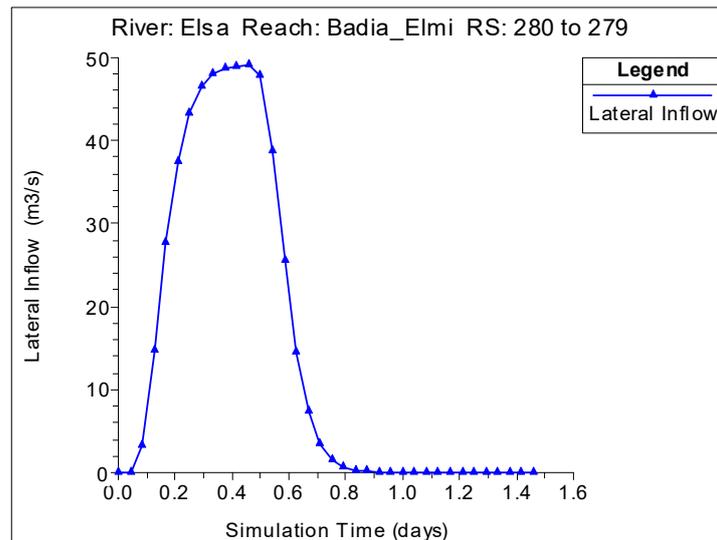
INDIVIDUAZIONE DELLE SEZIONI



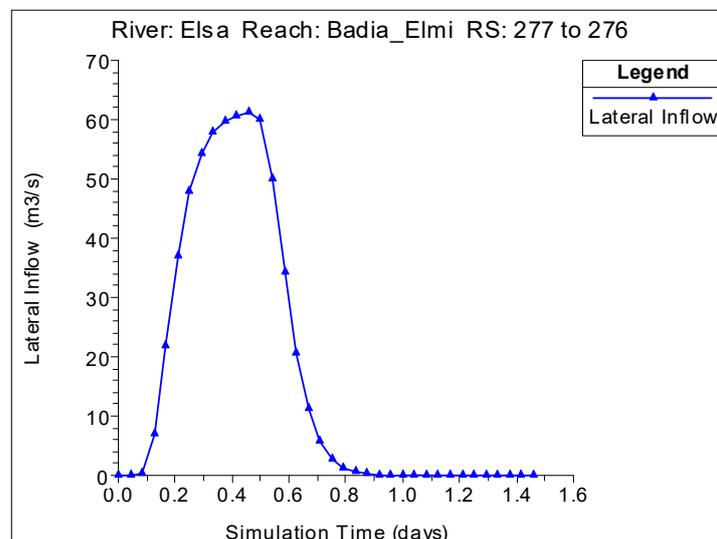
CONDIZIONI AL CONTORNO E FORZANTI



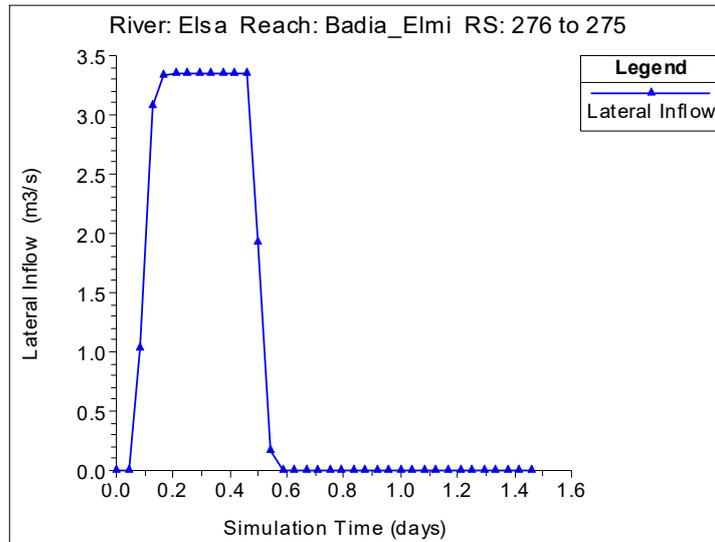
Idrogramma in ingresso sez di monte 289



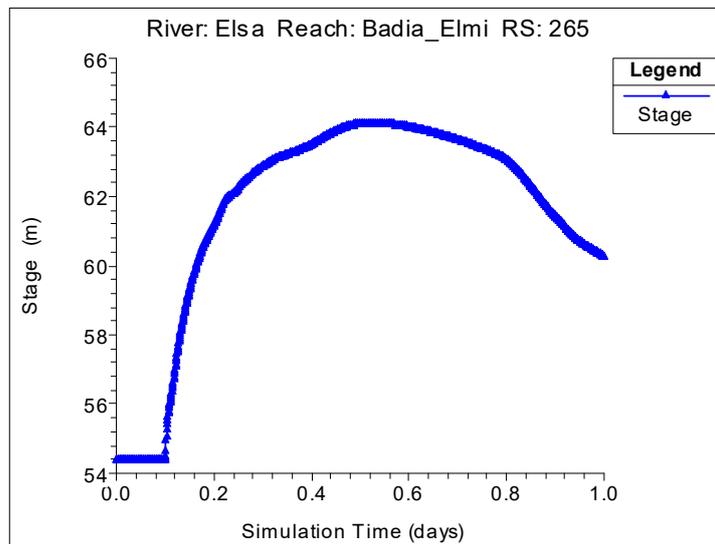
Afflusso laterale sezione 280



Afflusso laterale sezione 277



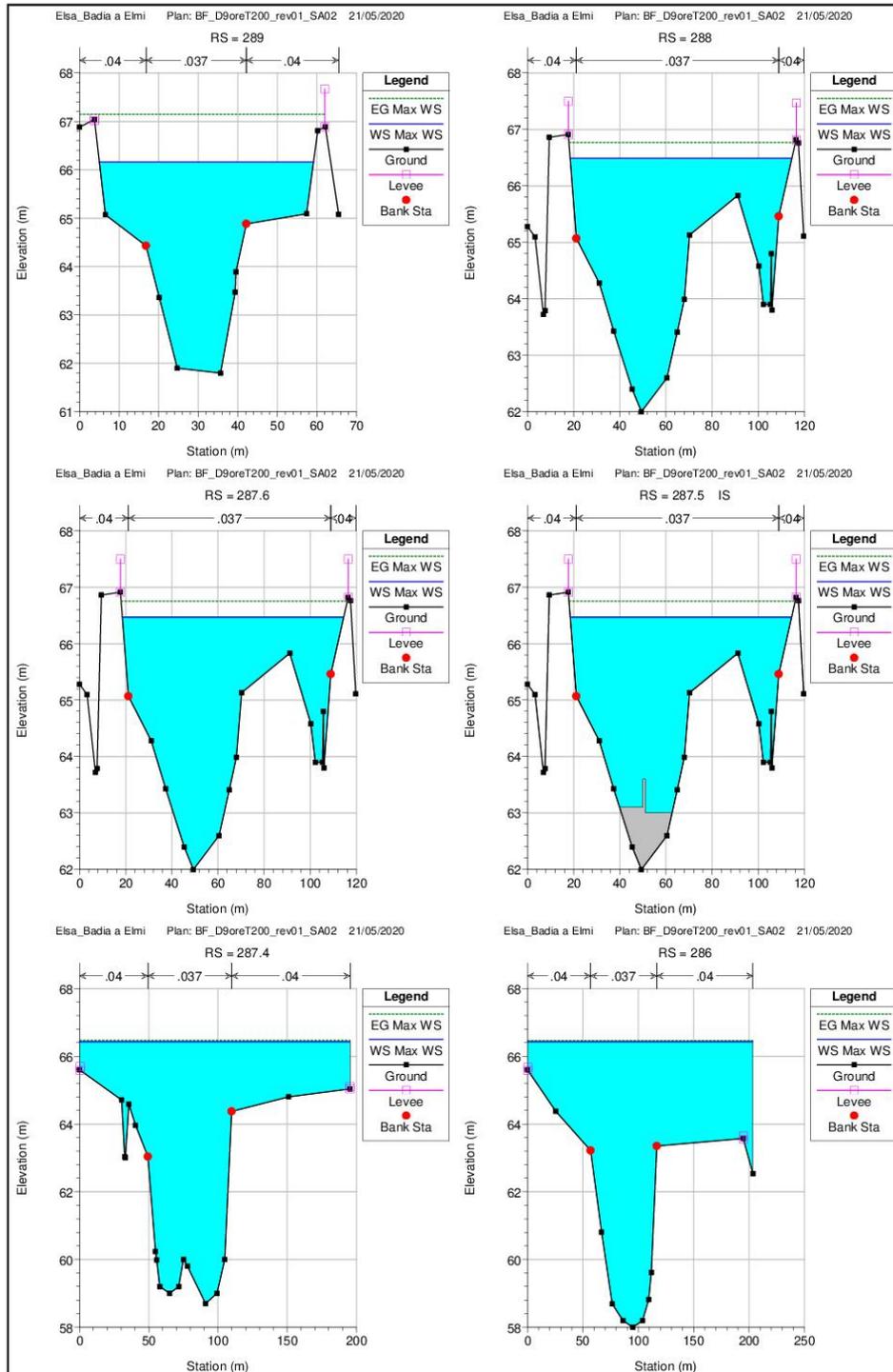
Afflusso laterale sezione 276

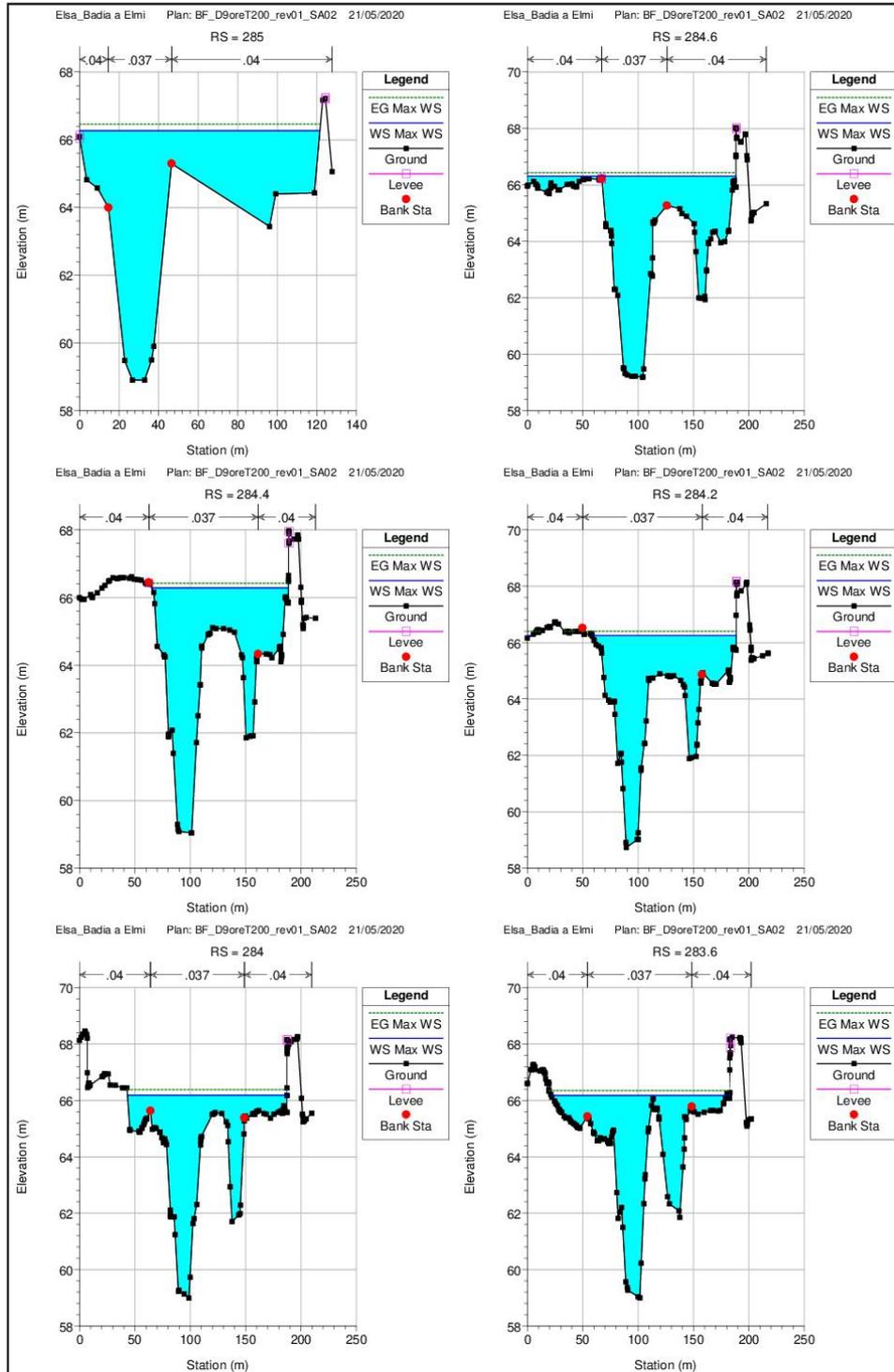


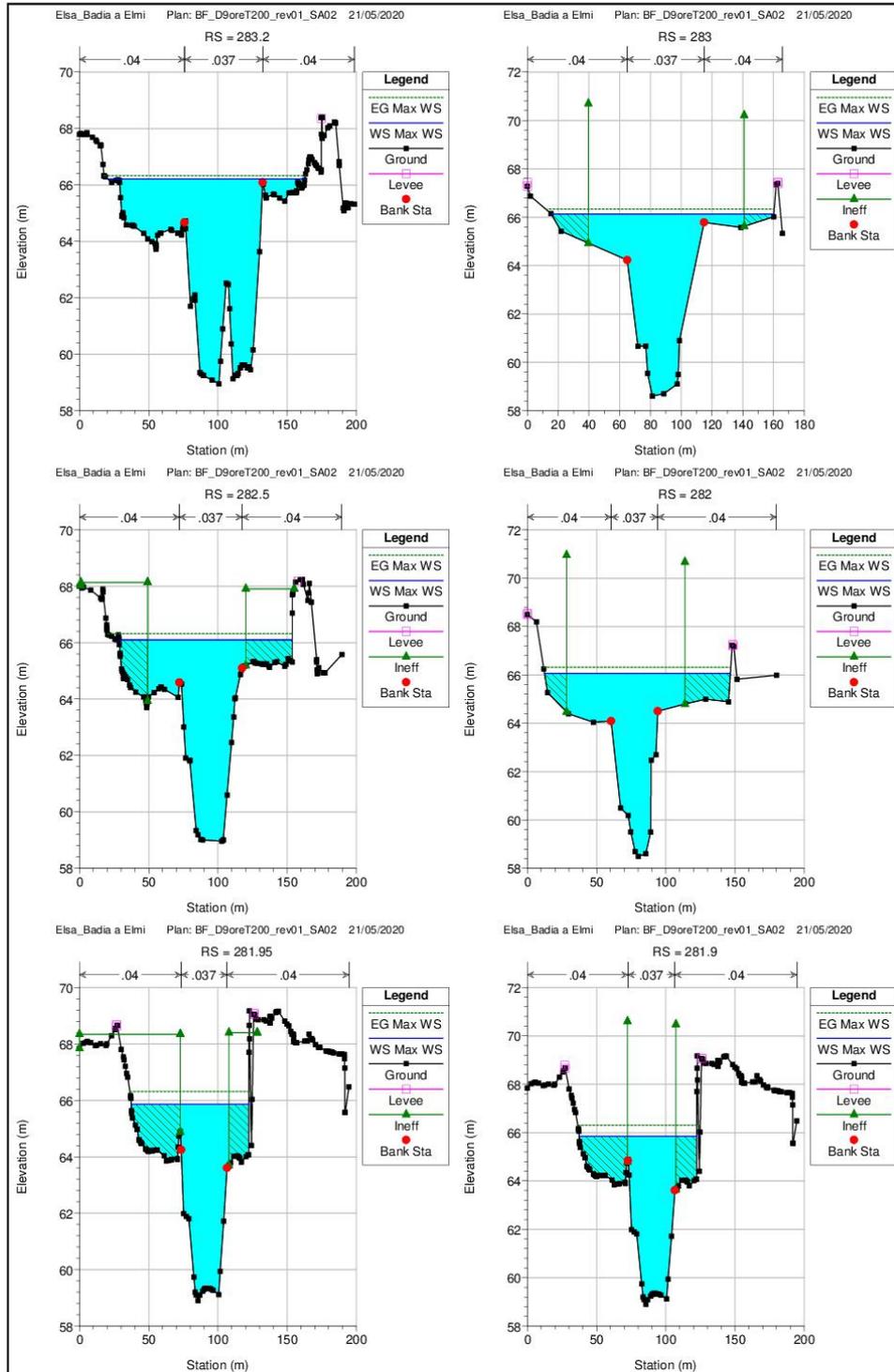
Condizione al contorno di valle sez 265

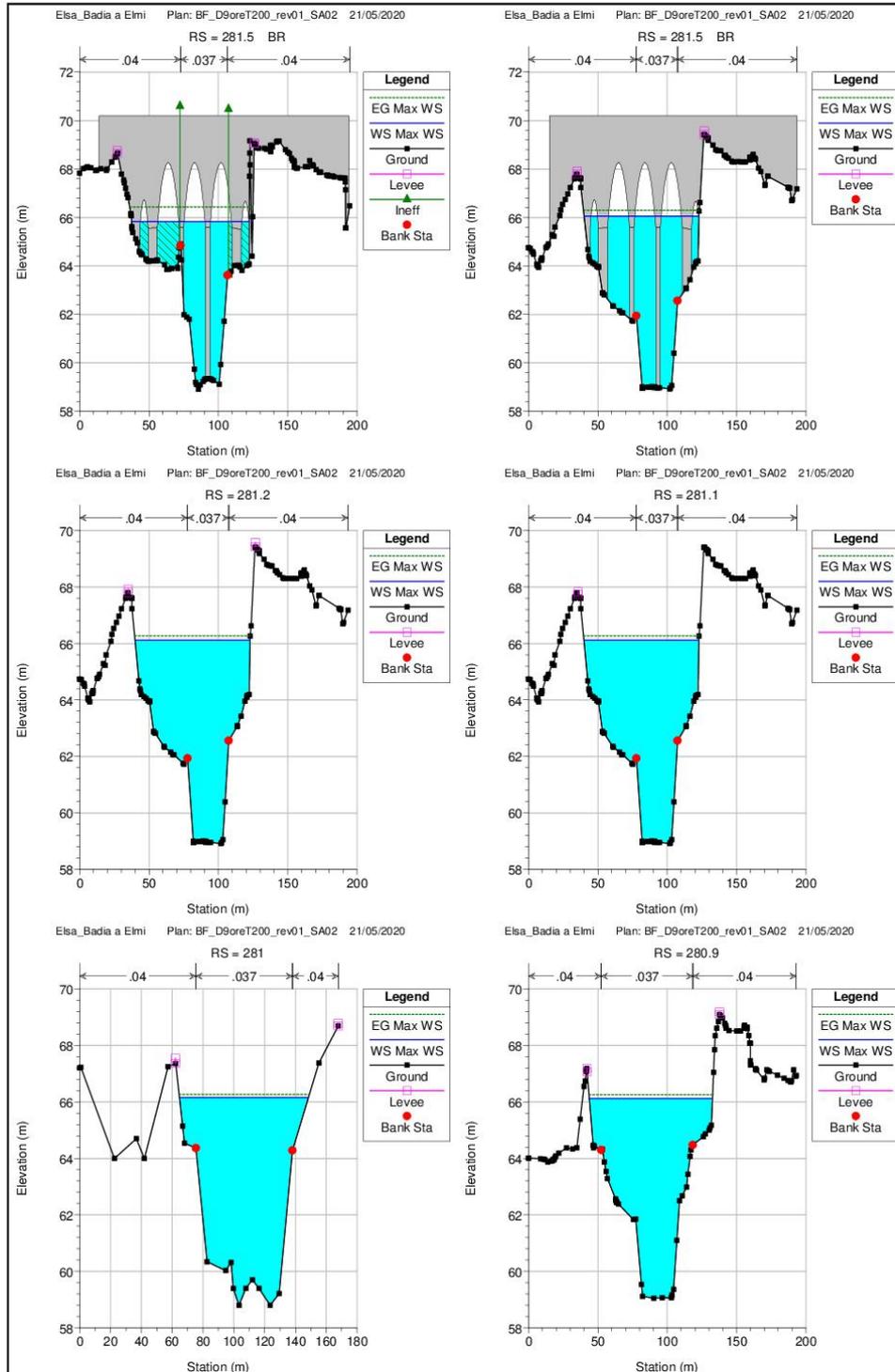
ACS ingegneri
via catani 28/c, 59100 prato
tel. 0574.527864 – fax 0574.568066
email: acs@acsingegneri.it

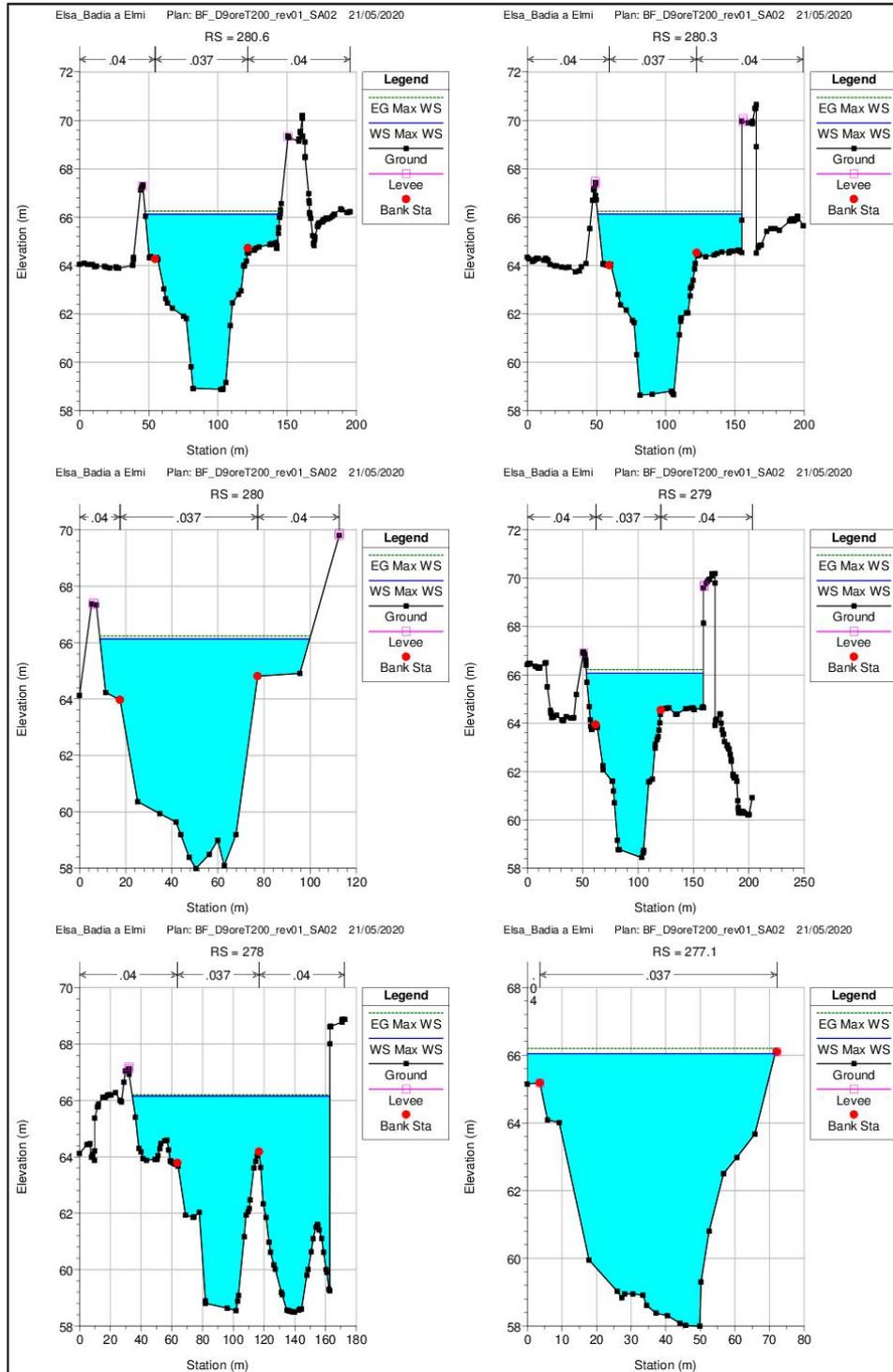
CONFIGURAZIONE STATO ATTUALE
TEMPO DI RITORNO 200 ANNI, DURATA DI PIOGGIA 9 ORE; SEZIONI: MASSIMI LIVELLI

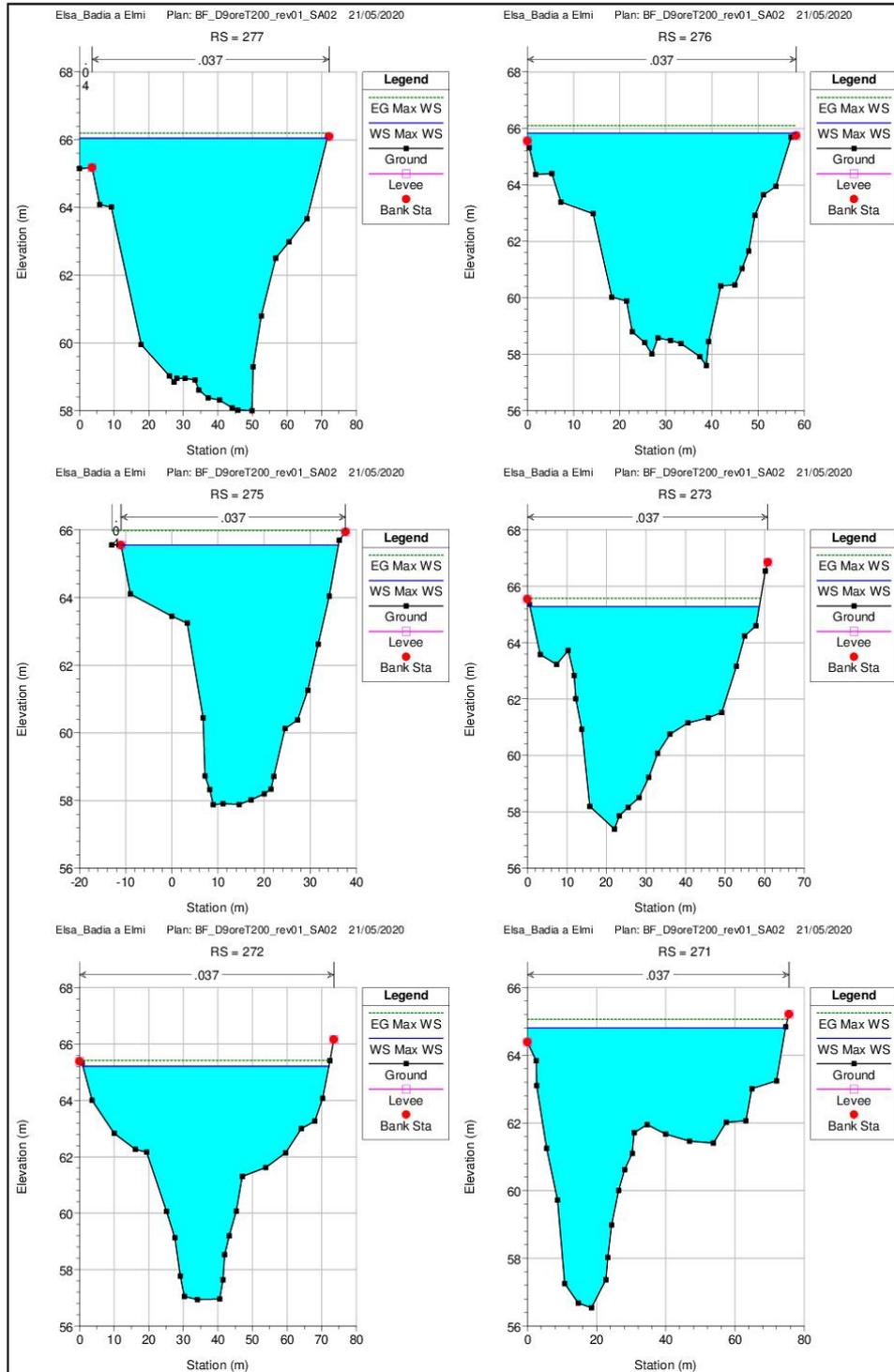


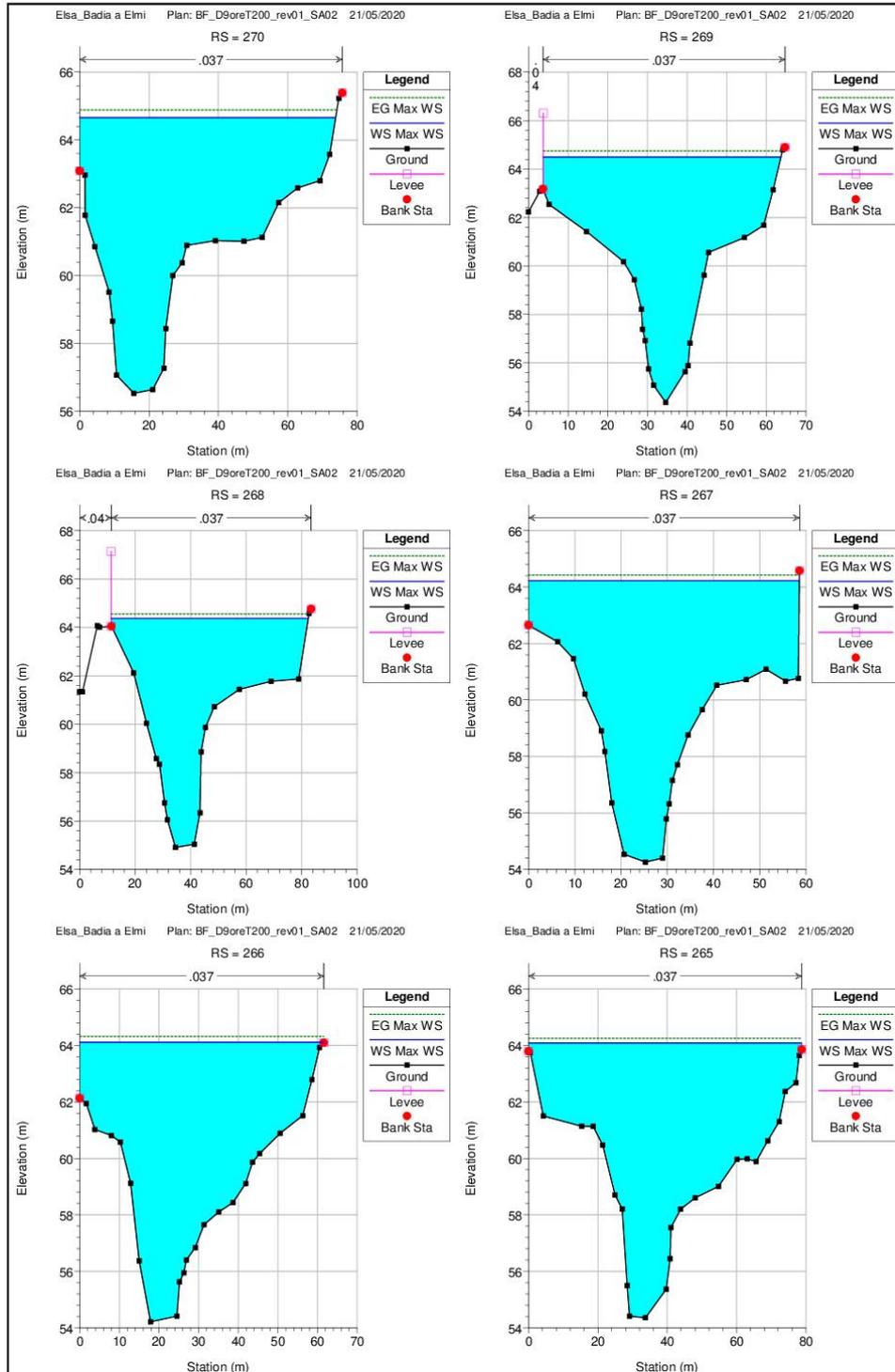












ACS ingegneri
via catani 28/c, 59100 prato
tel. 0574.527864 – fax 0574.568066
email: acs@acsingegneri.it

**CONFIGURAZIONE STATO DI PROGETTO
TEMPO DI RITORNO 200 ANNI, DURATA DI PIOGGIA 9 ORE; SEZIONI: MASSIMI LIVELLI**

