



**Sezione territoriale Basso Ferrarese
Centro Operativo Reparto Territoriale di Bando**

**Interventi alle opere di bonifica per contrastare il fenomeno della subsidenza
Esercizi 2018-2024**

**Riassetto idraulico e recupero funzionalità
del canale Veraglio
in Comune di Portomaggiore**

Progetto esecutivo

CUP: J95B18001440002

Relazioni

Oggetto dell'elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Elab. n°

1.2.1

Pos. arch.

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

IL PROGETTISTA

(Dott. Ing. Valeria Chierici)

Data:

9/4/2020

Scala:



Elab.:

**IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO
(Dott. Ing. Marco Volpin)**

Aggiornamenti:

I COLLABORATORI TECNICI

Geom. Marcello Nepoti

Geom. Federico Sarto

File:

Indice

1. INQUADRAMENTO	2
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	2
3. MODELLAZIONE IDROLOGICA	5
3.1 PIOGGE	5
3.2 CALCOLO DELLE PERDITE	6
3.3 LA TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI	8
3.4 RISULTATI	9
4. MODELLAZIONE IDRODINAMICA	9
4.1 COSTRUZIONE DEL MODELLO	9
4.2 RISULTATI	13

1. INQUADRAMENTO

L'area interessata dal progetto si trova nella zona totalmente pianeggiante prevalentemente agricola compresa tra l'abitato di Portomaggiore capoluogo e le frazioni di Ripapersico e Portorotta, in Provincia di Ferrara. (Figura 1)

Il progetto per il riassetto idraulico e recupero funzionalità del canale Veraglio nasce dall'esigenza di recuperare l'efficienza del canale consorziale ad uso promiscuo e si prefigge la realizzazione di un nuovo tracciato, al fine di poter dismettere il lungo tronco che oggi corre tombinato sotto l'abitato di Portomaggiore: questo tratto è sorto nel tempo in maniera disordinata e non sempre controllata e risulta oggi pressoché abbandonato a causa della difficoltà di raggiungerne i vari spezzoni, se non addirittura individuarli, per garantirne la necessaria manutenzione. Molti dei tombinamenti risultano quindi oggi ostruiti o comunque di sezione insufficiente. La prima conseguenza di questa situazione è senza dubbio la scarsa efficienza idraulica che genera allagamenti nelle aree più depresse a monte in fase di scolo e una scarsa efficacia dal punto di vista irriguo.

Il disegno di un nuovo tracciato in ambito rurale costituisce infatti un'opportunità di miglioramento anche di gestione della risorsa idrica in stagione secca, con l'alimentazione diretta di aree che oggi, pur essendo classificate quali zone servite da irrigazione, ricevono acqua solo indirettamente tramite sistemi di fossi privati.

Il vecchio canale è alimentato da un impianto irriguo in corrispondenza della sua confluenza con la Fossa di Portomaggiore. Lo sbocco del nuovo canale invece sarà collocato più a monte, nel canale ancora denominato "scolo Bolognese", con un nuovo impianto di sollevamento a servizio. La

Figura 4 riporta:

- La delimitazione delle aree scolanti nel condotto;
- L'uso del suolo (prevalentemente seminativi, con poche aree di tessuto residenziale rado);
- Il vecchio tracciato del canale in rosso;
- Il nuovo tracciato in azzurro.

La presente relazione valuta il funzionamento idraulico del nuovo condotto in progetto, con particolare riguardo alla fase di scolo e dunque della sicurezza idraulica.

NOTA SUL RIFERIMENTO ALTIMETRICO: è opportuno ricordare già in premessa che gli elaborati e anche le simulazioni idrodinamiche presentano il sistema di riferimento altimetrico consorziale, che aggiunge alle quote effettive +10 m s.l.m., per evitare l'utilizzo, nelle zone più depresse, di quote negative.

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto, denominato "Riassetto idraulico e recupero della funzionalità del canale Veraglio in Comune di Portomaggiore", riguarda quindi lo scavo del nuovo tracciato extraurbano del canale Veraglio, con tutti i sottopassi stradali e i tombinamenti necessari.

Il tracciato individuato mira a preservare il più possibile l'integrità dei lotti agricoli oggi unitari, prevede tratti tombinati in prossimità degli edifici di civile abitazione, evita la necessità di un

ulteriore sottopasso ferroviario e tiene conto delle interferenze con le principali reti di servizi esistenti.

Il canale da scavare ex novo avrà sezione trapezia in terra, con larghezza di fondo variabile da 2 a 2,30 m e scarpate della pendenza di 1/2 (per le sezioni tipo si veda in Figura 7). Eventuali rivestimenti sono previsti in sasso, solo localmente. La lunghezza complessiva dell'asta è circa 2125 m. La quota del fondo all'origine è di +10.47 m, la quota di scorrimento del tombinamento prevista allo sbocco di +9.30 m, per una pendenza media complessiva dello 0,5 per mille (0.0005, 50 cm/km).

Il tracciato prevede tre attraversamenti stradali rilevanti, da Sud a Nord: la SP per Consandolo, la SP68 "di Codigoro" più nota come Circonvallazione e la vecchia SP3 "Delle Anime" in corrispondenza dell'abitato di Portorotta. Per tali attraversamenti sono previsti in progetto:

- Attraversamento Strada per Consandolo: tubi cls sezione circolare diametro interno 1000 mm per una lunghezza complessiva di 76 m
- Attraversamento SP 68 "di Codigoro": 3 tubi in parallelo HDPE DN 900 mm, posati con trivellazione orizzontale controllata
- Attraversamento SP 3 delle Anime: tubo PRFV diametro interno 1500 mm, lunghezza 22 m.

Inoltre a valle di quest'ultimo attraversamento, il canale rimane tombinato sino allo sbocco per circa 90 m di lunghezza, con sezione 1500x2000 mm in cls.

L'impianto irriguo che oggi alimenta il Veraglio in stagione secca, posto in corrispondenza dell'attuale sbocco, verrà provvisoriamente mantenuto. Al nuovo sbocco sono previste due ipotesi attualmente, non rientranti nel progetto: la costruzione di una traversa sullo Scolo Bolognese che alzi la quota irrigua per alimentare il comparto a gravità, ovvero la costruzione di un nuovo impianto di sollevamento.

La quota estiva da mantenere è prevista in ogni caso a +10.85, analoga a quella mantenuta attualmente nel comparto.

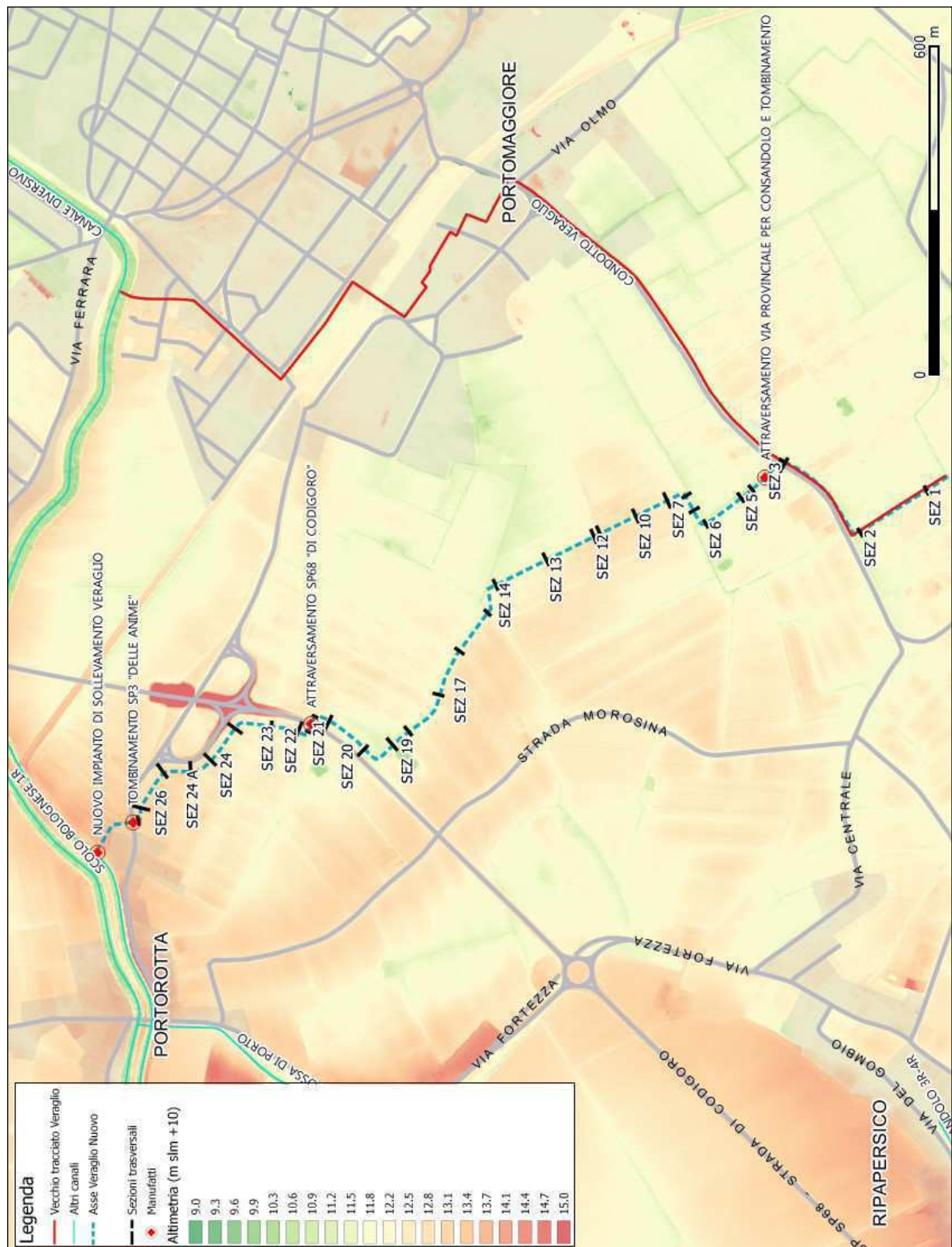


Figura 1: planimetria dell'area interessata dal progetto con dati altimetrici, vecchio e nuovo tracciato del canale, sezioni trasversali

3. MODELLAZIONE IDROLOGICA

3.1 Piogge

Si fa riferimento a tempi di ritorno comunemente utilizzati nelle opere di bonifica: 20 e 50 anni.

I bacini analizzati si collocano nella zona pluviometrica Ovest. La metodologia proposta cerca di individuare la condizione “più significativa”, che viene così descritta tenuto conto che per il calcolo della precipitazione efficace si adotta il metodo SCS-CN (si veda in proposito il paragrafo successivo):

- a. Piogge di durata fino a 48 ore
- b. Ietogramma tipo “Chicago” a blocchi di 10 minuti, in modo da prendere in considerazione tutte le precipitazioni più gravose per le durate da 10 minuti a 48 ore, aggiungendo eventuali configurazioni a pioggia costante solo se necessario. Questo è utile soprattutto per bacini che contengono territori urbanizzati, con durate critiche più brevi. Lo ietogramma scelto ha un rapporto tra il tempo di picco della precipitazione e la durata totale pari a 0.4
- c. Stagione secca o umida: da decidere caso per caso in base agli idrogrammi più gravosi. Generalmente e anche in questo caso, per i bacini agricoli la stagione umida rappresenta il caso più severo.

Lo studio delle precipitazioni a livello dell'intero comprensorio avviene previa suddivisione del territorio consortile in due zone pluviometriche più omogenee, Ovest ed Est, con linea di separazione nella parte mediana, nonché dell'anno solare in due periodi denominati per brevità stagione secca e stagione umida, ciascuno caratterizzato da diverse condizioni di regime pluviometrico, umidità del suolo e gestione dei canali di bonifica, come segue

- Stagione SECCA: piogge tendenzialmente più brevi ed intense, scarso contenuto d'acqua nel suolo, attività irrigua in corso;
- Stagione UMIDA: piogge di maggiore durata e minore intensità, contenuto d'acqua nel suolo sensibilmente superiore, assenza di attività irrigua.

Si considerano ai fini di questa idrologica e delle conseguenti simulazioni idrauliche, condizioni del suolo di STAGIONE UMIDA, più gravose per i bacini agricoli.

Per il tempo di ritorno di 20 anni si considera una precipitazione sintetica estratta dalle curve di possibilità climatica costruite sull'intero anno (condizione severa, infatti le piogge estive sono più brevi ed intense e concorrono alla determinazione di questo ietogramma).

Per il tempo di ritorno 50 anni si considera una precipitazione sintetica estratta dalle curve di possibilità climatica costruita sulla sola stagione umida (questo spiega il picco inferiore pur a fronte di una precipitazione complessiva maggiore).

I dati pluviometrici utilizzati provengono da 21 stazioni con dati validati dal 1946 al 2013.

Ecco gli ietogrammi utilizzati.

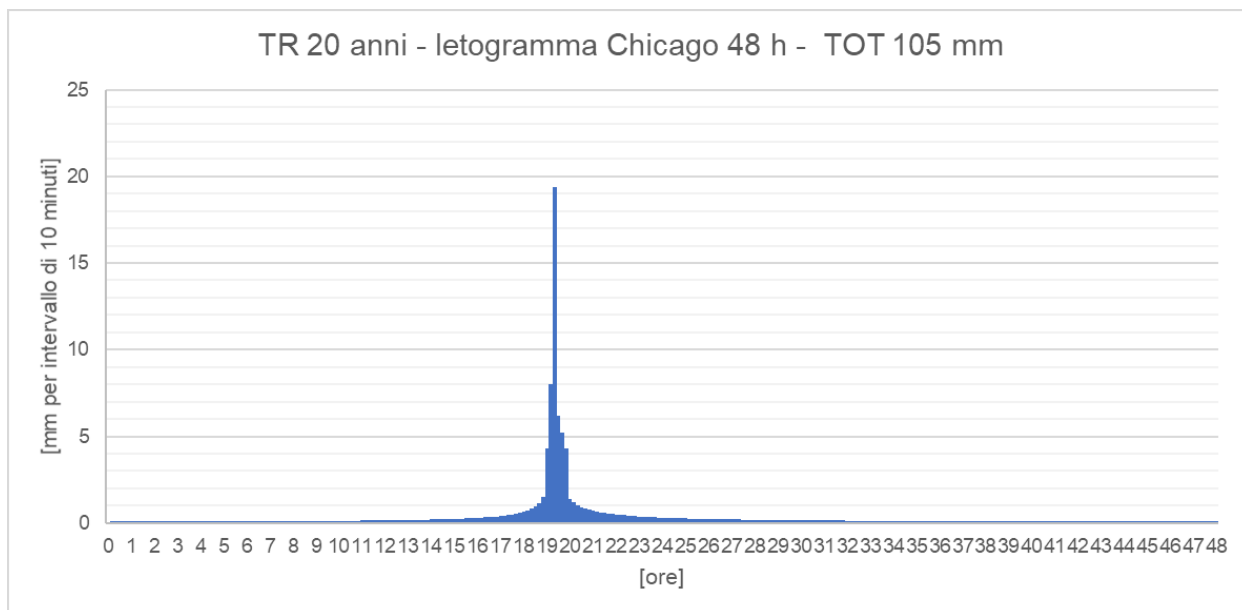


Figura 2: Ietogramma di pioggia annuale TR 20 anni

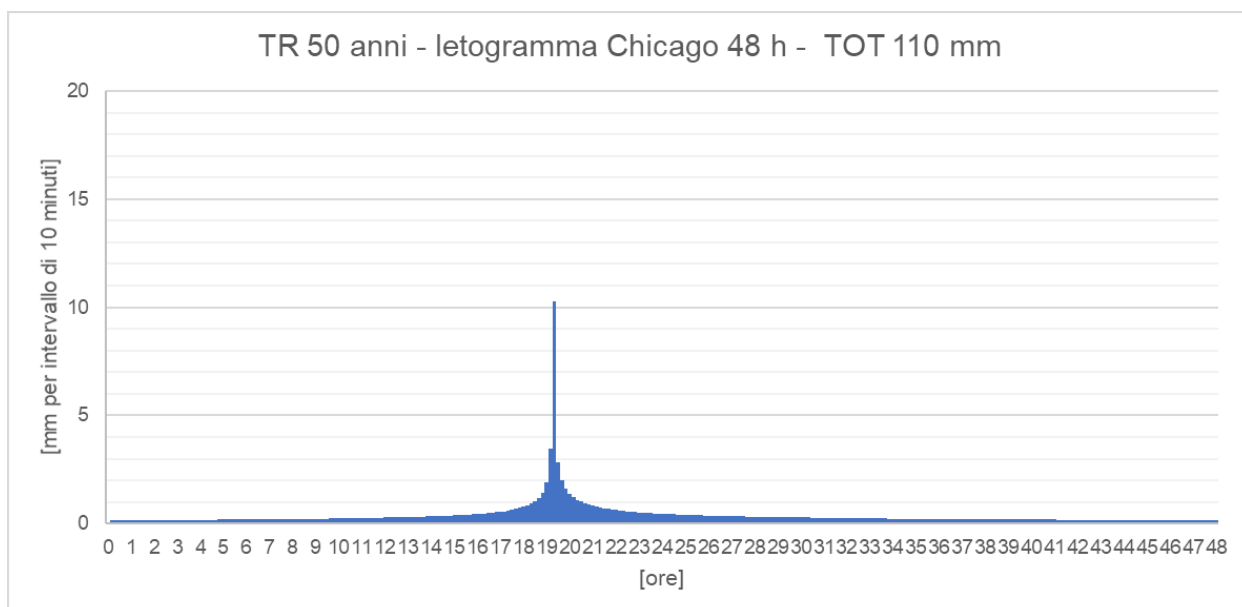


Figura 3: Ietogramma di pioggia stagione umida TR 50 anni.

3.2 Calcolo delle perdite

È necessario riuscire a determinare, in occasione di un evento, la precipitazione efficace o pioggia netta (indicata di solito con P_e o P_n), ossia quanta parte della precipitazione caduta dà origine al deflusso superficiale.

Le perdite, ossia la differenza tra la precipitazione totale e quella efficace, sono dovute principalmente all'infiltrazione nel suolo; tuttavia possono avere un ruolo anche l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo in superficie.

Per la quantificazione delle perdite è di largo impiego il metodo del Curve Number (CN), sviluppato dal Soil Conservation Service degli Stati Uniti (ora NRCS, Natural Resources Conservation Service), del quale si omettono i dettagli. Il metodo tiene conto di tre fattori che influenzano l'entità delle perdite:

- Litologia superficiale

- Uso del suolo
- Grado di umidità o contenuto d'acqua del suolo, AMC (Antecedent Moisture Conditions), in 3 differenti classi a seconda dei mm piovuti precedentemente all'evento.



Figura 4 – la planimetria ricavata sull'ortofoto riporta l'uso del suolo e i tracciati del canale attuale (rosso) e di progetto (azzurro), la delimitazione del bacino di scolo del Veraglio, di circa 1,97 kmq. L'intera asta idraulica dopo l'intervento avrà una lunghezza di circa 2.125 m. Direzione di scolo da S verso N.

Litologia e uso del suolo sono a disposizione dalla cartografia digitale del Consorzio: la carta litologica superficiale nelle 4 classi HSG (Hydrologic Soil Group) e la carta dell'uso del suolo regionale (classificazione CORINE, ultima versione 2008, si veda

Figura 4). Da questi si ricava attraverso una semplice media ponderata, un Curve Number medio. I CN sono differenti a seconda della stagione per alcune categorie di uso del suolo, come (ad es. i seminativi, che rappresentano una parte rilevante del territorio agricolo,

durante la stagione primaverile ed estiva hanno una capacità di ritenzione idrica notevolmente maggiore).

Quanto al contenuto d'acqua nel suolo (AMC), analisi statistiche precedenti (sino al 2014) su un largo numero di eventi piovosi verificatisi nel Consorzio suggeriscono che utilizzare una semplice condizione AMCII, cioè di umidità del suolo "normale", corrisponde ad una condizione improbabile e severa; si preferisce utilizzare appunto una combinazione delle 3 AMC, sulla base dell'analisi dei dati storici. Tale combinazione è differente a seconda della stagione estiva o invernale, ma si ottiene comunque una larga prevalenza di condizioni AMC I (suolo "secco") e una presenza residuale di AMC III (suolo molto imbibito).

	Stag. secca		Stag. umida	
	n. eventi	%	n. eventi	%
AMC I (secco)	257	93.5	187	66.1
AMC II (normale)	12	4.4	52	18.4
AMC III (quasi saturo)	6	2.2	44	15.5

Tabella 1: analisi sulle AMC, condizioni di umidità del suolo, per gli eventi piovosi nel Consorzio.

Nella tabella seguente sono riepilogati i CN per le stagioni secca e umida, in diverse condizioni AMC, per il bacino Veraglio.

SECCO			UMIDO		
CN(II)	CN(I)	CN(III)	CN(II)	CN(I)	CN(III)
72.3	52.3	85.7	82.1	65.8	91.3

Tabella 2: Valori di CN per il bacino Veraglio.

3.3 La trasformazione afflussi-deflussi

L'**idrogramma unitario** (Unit Hydrograph, UH) è un modello lineare comunemente usato per mettere in relazione il deflusso superficiale con la precipitazione efficace. E' definito come l'idrogramma in uscita dal bacino in seguito ad una precipitazione efficace unitaria (1 mm) che cade uniformemente su tutta l'area del bacino ad intensità costante per una unità di tempo selezionata (es: 1h).

Alla base del modello è la linearità, vale a dire che l'idrogramma di deflusso superficiale originato da precipitazioni efficaci maggiori o minori dell'unità può essere calcolato semplicemente come multiplo dell'idrogramma unitario.

L'idrogramma unitario può essere derivato sulla base di dati storici di precipitazione e portate in uscita; diversamente, esistono diversi tipi di idrogrammi unitari sintetici, ossia disegnati sulla base di parametri a loro volta connessi a caratteristiche del bacino considerato o ad analisi statistiche.

Per questo lavoro è stato impiegato l'**idrogramma unitario adimensionale SCS**, di largo utilizzo poiché necessita di un solo parametro: è il tempo di ritardo Tlag, ossia la differenza tra il centro di massa della precipitazione efficace e il picco dell'idrogramma unitario. Viene generalmente messo in diretta correlazione con il tempo di corrivazione del bacino, Tc, attraverso la semplice relazione $T_{lag} = 0.6 T_c$.

Il **tempo di corrivazione o concentrazione** è il tempo impiegato dalla goccia di pioggia che cade nel punto più lontano dalla sezione di chiusura a giungere alla sezione stessa.

Per calcolarlo è stata adottata una formulazione del tipo

$$T_c = T_a + \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2}$$

In cui si ipotizza un tempo di accesso T_a alla rete secondaria, una lunghezza di percorrenza della rete secondaria (fossi, scoline di piccola dimensione) L_1 con velocità V_1 , una percorrenza della rete principale L_2 (canali) con velocità V_2 .

Il T_c calcolato per il bacino Veraglio è di 5.04 ore (5 ore e 2 minuti).

3.4 Risultati

In figura sono riportati gli idrogrammi di piena in uscita dal bacino, per gli eventi piovosi del paragrafo 3.1 (tempi di ritorno di 20 e 50 anni).

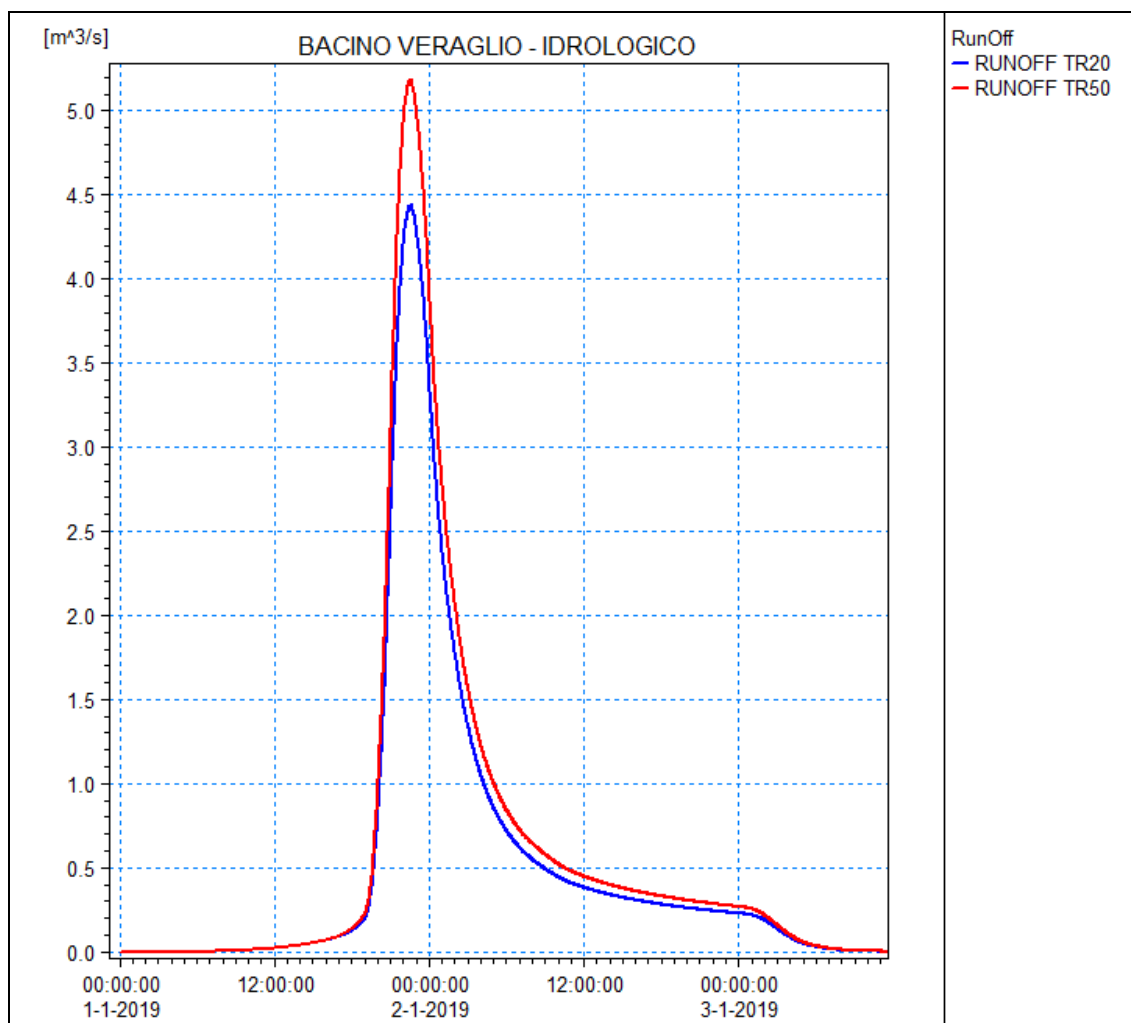


Figura 5 - Risultati del modello idrologico: idrogrammi in uscita bacino Veraglio, TR 50 anni, stagione secca e umida.

4. MODELLAZIONE IDRODINAMICA

4.1 Costruzione del modello

Le simulazioni vengono effettuate con il software MIKE 11. MIKE 11 (DHI) è un modello idraulico monodimensionale (qui utilizzato a fondo fisso) che risolve, su reti di canali di geometria irregolare, le due equazioni di continuità e di quantità di moto (eq. di de Saint

Venant) con uno schema computazionale implicito alle differenze finite in condizioni di moto vario, fornendo in ogni punto del sistema e nel tempo le due variabili incognite, ossia l'area bagnata A e la portata Q . Naturalmente è possibile inserire anche manufatti e regole di controllo dei medesimi.

Si sceglie a priori un coefficiente opportuno di resistenza al moto (Manning) per la superficie dei canali, posto cautelativamente pari a $n = 0.028 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$. (una condizione intermedia tra "Terra con erba sul fondo – corsi d'acqua naturali regolari, $n = 0.025$ " e "terra in cattive condizioni, corsi d'acqua naturali con ciottoli e ghiaia, $n = 0.03$ ".)

La condizione idrodinamica di valle per la stagione umida è posta pari a +10.1 m nello Scolo Bolognese, livello costante. Generalmente la quota invernale, periodo non irriguo, è pari a 10.0 m.

Di seguito (Figura 7) sono rappresentate alcune sezioni di progetto. Per la loro collocazione planimetrica si veda la Figura 1.

Non sono presenti strutture di controllo (travate – paratoie) lungo il percorso.

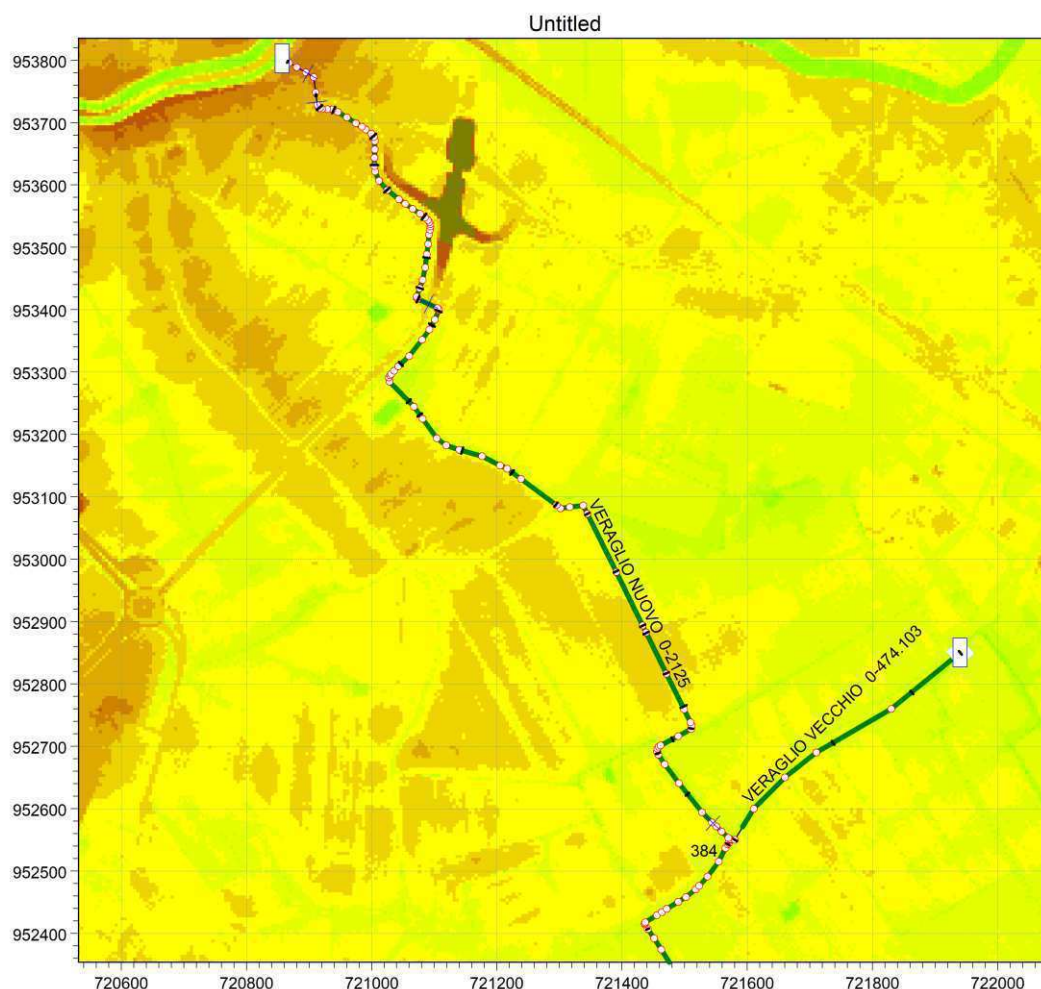
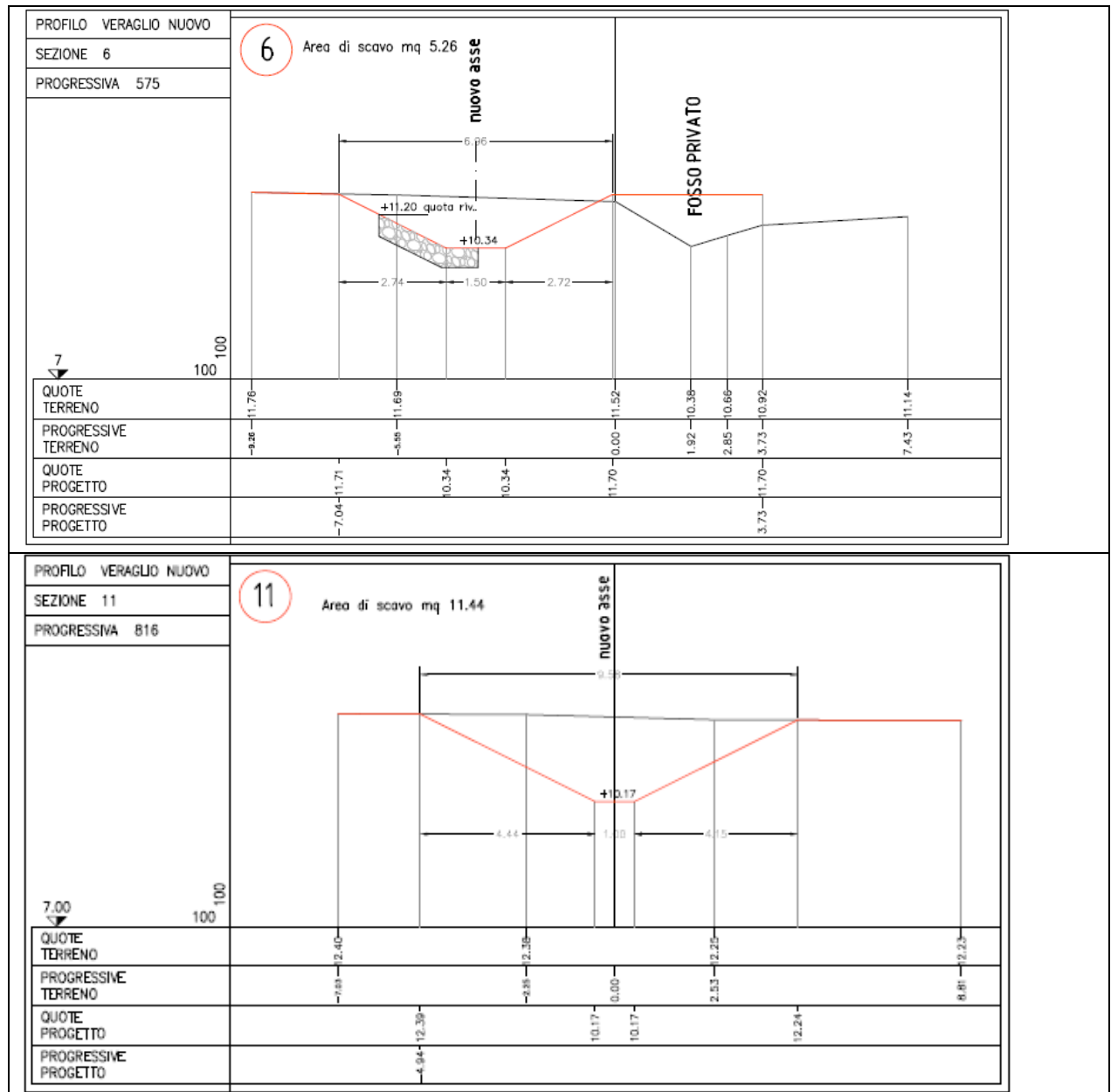


Figura 6 – Planimetria del modello idraulico. Il tracciato vecchio sino all'inizio del tombinamento sotto l'abitato viene incluso con pendenza invertita. A quel tratto competono 0.33 km^2 di area di deflusso su 1.97 totali.

- Attraversamento Strada per Consandolo: tubi cls sezione circolare diametro interno 1000 mm per una lunghezza complessiva di 76 m
- Attraversamento SP 68 "di Codigoro": 3 tubi in parallelo HDPE DN 900 mm, posati con trivellazione orizzontale controllata

- Attraversamento SP 3 delle Anime: tubo PRFV diametro interno 1500 mm, lunghezza 22 m.

Inoltre a valle di quest'ultimo attraversamento, il canale rimane tobinato sino allo sbocco per circa 90 m di lunghezza, con sezione 1500x2000 mm in cls.



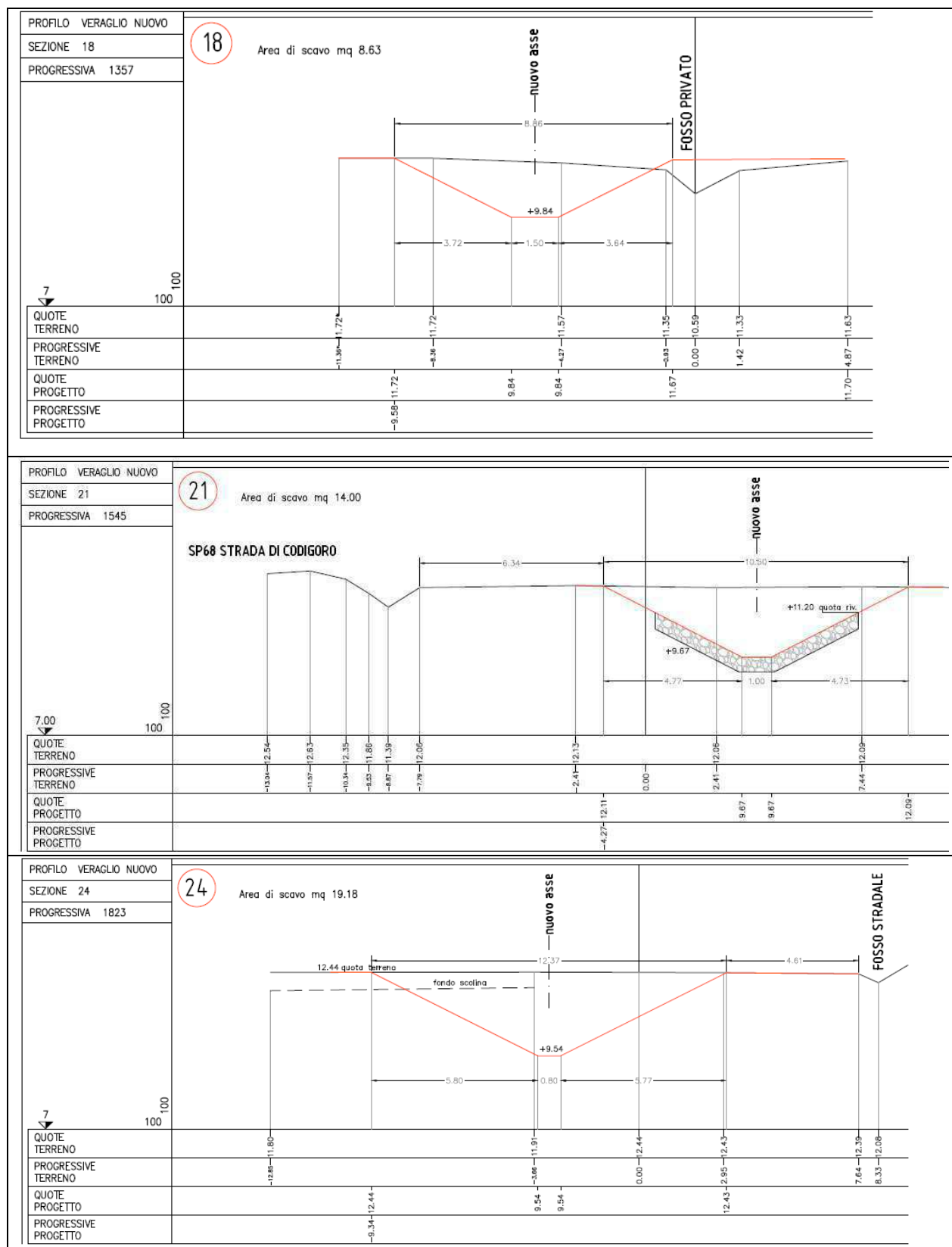


Figura 7: sezioni di progetto. Stato di fatto in nero.

4.2 Risultati

Si riportano nel seguito i risultati delle simulazioni degli eventi meteorici di 48 ore per i due tempi di ritorno di 20 e 50 anni. Come si nota dalla rappresentazione dei profili (involuppo dei massimi livelli), alcuni problemi (con eventi eccezionali) si potrebbero avere nella parte iniziale del canale, quella attualmente non toccata dagli interventi. Si consideri che il modello è monodimensionale e non tiene conto della tracimazione dunque i livelli in tal caso sono solo indicativi. Il diametro 1000 mm del primo attraversamento è vincolato dalle quote di scorrimento e dalla necessità di non interferire con altri sottoservizi.

La parte di nuova realizzazione invece non presenta criticità e anzi restituisce un franco alto, anche in ragione del fatto che la quota dei terreni circostanti aumenta avvicinandosi allo sbocco (soprattutto a valle dell'attraversamento della SP 68 "di Codigoro").

Dai profili si evince che il livello di valle nello Scolo Bolognese – Diversivo influisce ben poco sul deflusso e sui livelli raggiunti a monte, dunque tali considerazioni rimangono invariate anche se il livello nel ricettore di valle dovesse per qualche motivo essere più alto (ad es. in stagione irrigua con disposizioni di prudenza meteo e abbassamento paratoie nel ricettore non ancora completamente attuate).

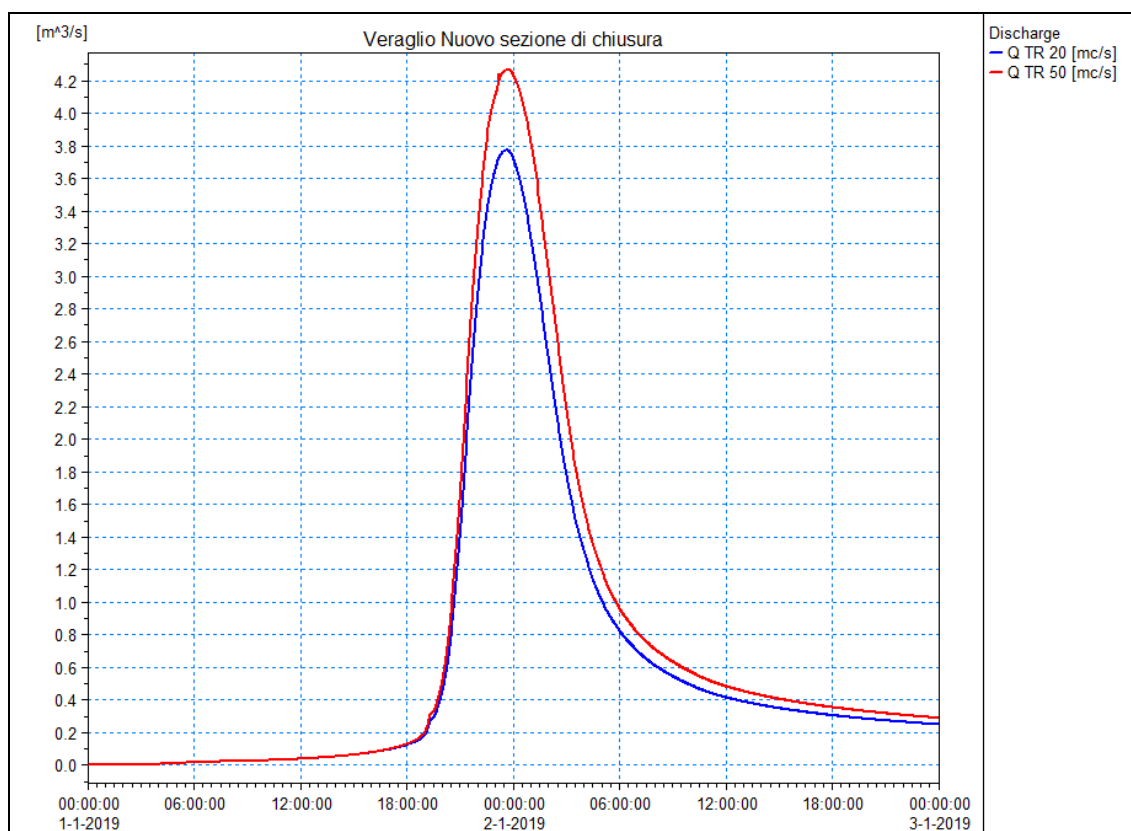


Figura 8 - Risultato del modello idrodinamico: idrogramma di portata alla sezione di chiusura.

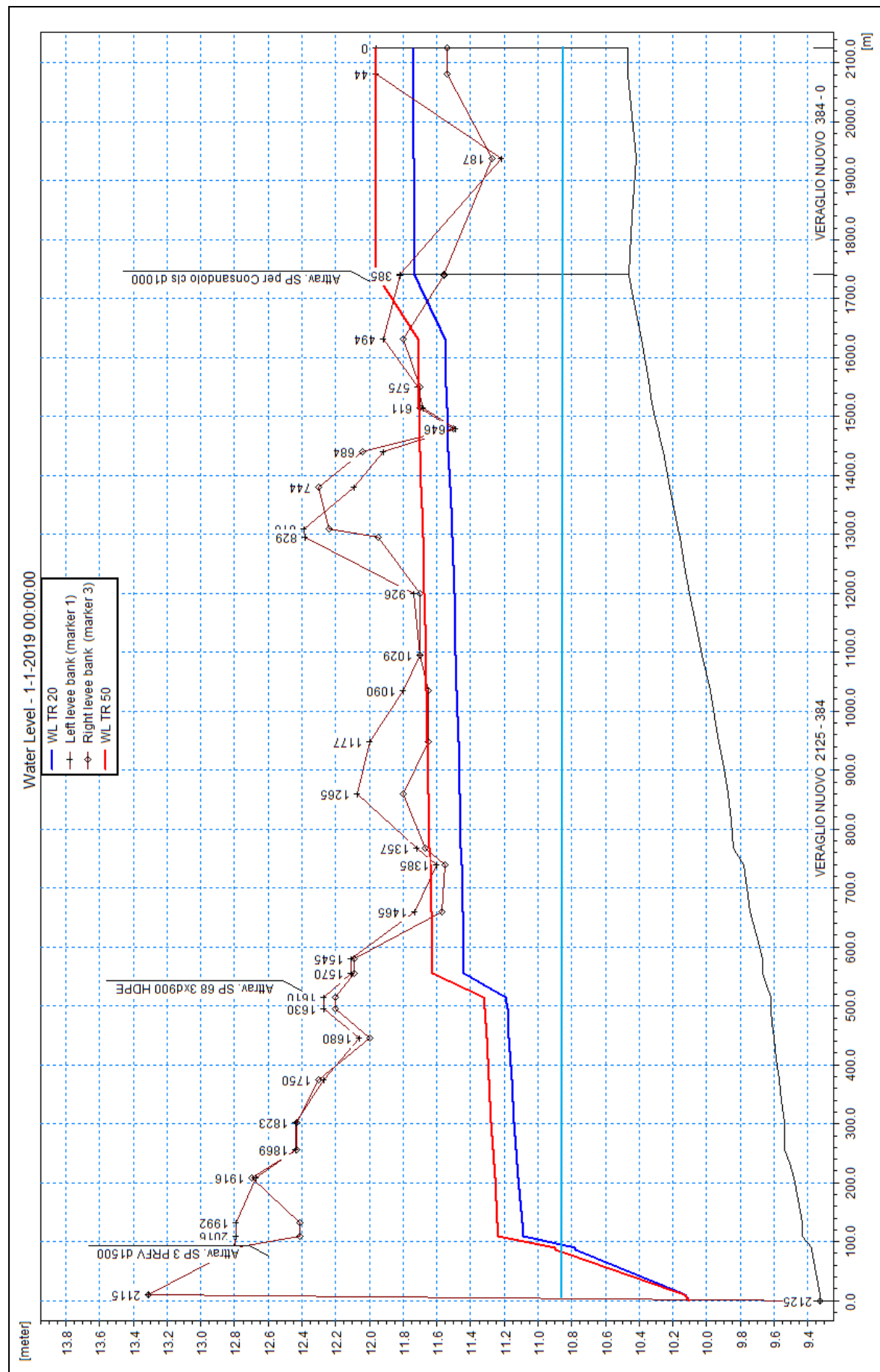


Figura 9 - Risultato del modello idrodinamico: profili di corrente, involucro dei livelli massimi raggiunti per i tempi di ritorno di 20 e 50 anni. In azzurro la quota irrigua di progetto.