



Consorzio Bonifica Parmense

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA REALIZZAZIONE CASSA DI ESPANSIONE SUL CANALE FOSSETTA ALTA – Località S.Polo, Comune di Torrile (Pr)

DICEMBRE 2025

	NOME	FIRMA	DATA
REDAZIONE	M. Peduzzi		
VERIFICA	S. Croci		
APPROVAZIONE	S. Croci		
CAPOGRUPPO ATI:  STUDIO PAOLETTI ETATEC STUDIO PAOLETTI S.r.l. – SOCIETA' DI INGEGNERIA Via Bassini, 23 – 20133 MILANO (IT) – Tel.+39 02 26681264 etatec@etatec.it – etatec@pec.etatec.it – www.etatec.it		MANDANTE: <i>Studio Associato di Geologia Spada</i>  	

TITOLO

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA

Revisioni	N°	Descrizione			Data
	1				
	2				
	3				
Numero elaborato	TIPOLOGIA PFTE	COMMESSA 701-01	DOCUMENTO ATTI	NUMERO A.02	

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	2
3. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	4
4. ANALISI IDROLOGICA	5
4.1 ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE	5
4.2 MODELLO IDROLOGICO	8
5. MODELLAZIONE IDRAULICA.....	14
5.1 GENERALITÀ	14
5.2 GEOMETRIA DI BASE.....	14
5.3 CONDIZIONI AL CONTORNO E SCABREZZA	16
5.4 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA.....	17

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Inquadramento area oggetto d'intervento	2
Figura 2 – Bacino idrografico Fossetta Alta chiuso in corrispondenza delle opere in progetto	3
Figura 3 – Planimetria opere in progetto.....	4
Figura 4 – Curve di possibilità pluviometrica stazione di Parma.....	6
Figura 5 – Ietogramma lordo di progetto evento sintetico $T_r=100$ anni	7
Figura 6 – Classificazione dell'uso del suolo del bacino afferente la cassa in progetto.....	11
Figura 7 – Ietogrammi netti di progetto	13
Figura 8 – DTM alla base del modello di calcolo con dettaglio del modello del terreno della vasca in progetto.....	14
Figura 9 – Dominio di calcolo	15
Figura 10 – Dettaglio rappresentate l'infittimento della magliatura in corrispondenza della vasca.....	16
Figura 11 – Planimetria riportante l'involuppo dei massimi tiranti	17
Figura 12 – Profilo longitudinale vasca di laminazione con indicazione del massimo tirante	18
Figura 13 – Profilo longitudinale vasca di laminazione con indicazione del massimo tirante	18
Figura 14 – Idrogramma a monte e a valle della vasca di laminazione.....	19

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Parametri delle CPP del bacino afferente alla vasca in progetto valide per il territorio della pianura parmense	5
Tabella 2 – Classificazione dei gruppi idrologici in base al grado di permeabilità del suolo	8
Tabella 3 – Valori di CN per combinazioni di suolo e copertura in aree agricole e boschive (Fonte: SCS, 1985)	9
Tabella 4 – Valori di CN per diverse combinazioni di suolo e copertura per aree urbane (Fonte: SCS, 1985)	9

Tabella 5 – Individuazione della condizione di umidità antecedente (AMC) in funzione della precipitazione antecedente di 5 giorni (Fonte: SCS, 1985)	10
Tabella 6 – Principali risultati simulazione di progetto.....	19

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

1. PREMESSA

La presente relazione descrive le analisi idrologico-idrauliche condotte nell'ambito del progetto di fattibilità tecnico economica di “*Realizzazione cassa di espansione sul canale Fossetta Alta*” presso la località San Polo in Comune di Torrile (PR).

L'elaborato identifica gli aspetti idrologico – idraulici che concorrono alla formazione e propagazione delle portate di piena nel bacino della Fossetta Alta. L'approccio seguito, a partire dai dati delle curve di possibilità pluviometrica forniti dal Consorzio di Bonifica Parmense, combina metodi idrologici e idraulici, integrando la stima del ruscellamento generato da eventi di precipitazione con la simulazione bidimensionale della propagazione dell'onda di piena all'interno del bacino idrografico. In particolare, il modello bidimensionale implementato consente di simulare in maniera integrata il processo di trasformazione della pioggia netta in idrogramma di piena, fornendo risultati coerenti con la dinamica reale del sistema idraulico e permettendo di valutare le prestazioni progettuali della vasca in termini di volume laminato e riduzione del picco di piena.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area di intervento è localizzato in Comune di Torrile, presso la località San Polo, lungo il canale Fossetta Alta, in contesto agricolo di pianura caratterizzato dalla presenza della S.S. 343 Asolana e da un reticolo diffuso di canali di bonifica. Il progetto prevede la realizzazione di una vasca di laminazione, lungo il canale Fossetta Alta per la riduzione delle portate in occasione di eventi di piena.



Figura 1 – Inquadramento area oggetto d'intervento

Il bacino scolante, con chiusura in corrispondenza delle opere in progetto, si estende per circa 954 ettari. Il corso del canale Fossetta Alta si estende in linea retta da sud a nord e scorre parallelo alla S.S. 343 Asolana. Nasce circa all'altezza della periferia nord di Parma, poco più a monte dello svincolo autostradale Parma Centro e prosegue ora a cielo aperto, ora tombinato, costeggiando in sponda sinistra la carreggiata della Asolana che collega Parma a Colorno. Lungo il suo percorso la Fossetta Alta raccoglie le acque meteoriche che cadono sulla periferia

settentrionale di Parma e sull'area sottesa tra il corso della stessa Fossetta a est e dagli argini del torrente Parma a ovest. Le acque di percolazione della parte più meridionale del bacino sono raccolte nei cavi che corrono lungo i campi coltivati.

Il percorso del ramo principale è caratterizzato dalla presenza di diversi ponticelli e/o manufatti che ne riducono puntualmente la sezione idraulica.



Figura 2 – Bacino idrografico Fossetta Alta chiuso in corrispondenza delle opere in progetto

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

La vasca di laminazione in progetto è costituita da argini perimetrali in terra con quota di coronamento pari a 34,5 m s.m. e sviluppo complessivo di circa 1.770 m, sui quali è prevista la formazione di una pista di servizio. La vasca è prevista in scavo, con un abbassamento medio del terreno (quota media 32.5 m s.m.) di circa 1,5 m per raggiungere la quota di fondo di progetto.



Figura 3 – Planimetria opere in progetto

A causa della presenza di una condotta Snam in attraversamento l'invaso è suddiviso in due settori comunicanti tramite scatolari in c.a. di dimensioni 3×1 m: il settore 1, con superficie di circa 44.000 m² e quota media del fondo pari a 31,7 m s.m., e il settore 2, esteso per circa 30.000 m² e caratterizzato da una quota media del fondo di 32,5 m s.m. L'ingresso alla vasca avviene tramite uno sfioratore laterale in massi intasati in calcestruzzo, con soglia posta a quota 32,5 m s.m. e lunghezza di 30 m. Lo svuotamento dell'invaso è garantito da una tubazione DN 600 mm dotata di paratoia, che scarica in un canaletto di drenaggio con recapito finale nel canale Fossetta Alta.

4. ANALISI IDROLOGICA

4.1 ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE

L'analisi della precipitazione intensa permette la definizione della CPP (Curva di Possibilità Pluviometrica), strumento che come ben noto caratterizza la frequenza delle portate calcolate con metodologia indiretta.

La curva di possibilità pluviometrica è espressa nella forma $h_T(D) = a_I w_T D^n$, in cui D rappresenta la durata dell'evento meteorico, T il tempo di ritorno, mentre a_I (coefficiente pluviometrico orario), w_T (quantili normalizzati per i diversi tempi di ritorno espressi in anni) e n (esponente di scala) sono i parametri delle curve che variano spazialmente.

I parametri delle CPP utilizzati nell'ambito della presente progettazione, riportati in Tabella 1 sono stati forniti dal Consorzio di Bonifica Parmense e fanno riferimenti ai dati della stazione pluviometrica di Parma.

Tabella 1 – Parametri delle CPP del bacino afferente alla vasca in progetto valide per il territorio della pianura parmense

TR anni	DURATA: 1<t<24 ore - $h=a \cdot t^n$		
	n	lna	a
2	0.2408	3.2272	25.2084
5	0.2732	3.5633	35.2782
10	0.2849	3.7371	41.9778
15	0.2897	3.8235	45.7631
20	0.2926	3.8798	48.4150
25	0.2946	3.9211	50.4584
30	0.2961	3.9536	52.1212
40	0.2983	4.0025	54.7351
50	0.2998	4.0388	56.7562
100	0.3039	4.1433	63.0109
200	0.3071	4.2377	69.2450
500	0.3105	4.3499	77.4723

TR anni	DURATA: t<1 ora - $h=a \cdot t^n$		
	n	lna	a
2	0.466	3.259	26.018
5	0.416	3.645	38.275
10	0.398	3.837	46.408
15	0.391	3.932	51.000
20	0.387	3.993	54.215
25	0.384	4.038	56.693
30	0.382	4.073	58.708
40	0.378	4.125	61.877
50	0.376	4.164	64.326
100	0.370	4.275	71.905
200	0.366	4.375	79.457
500	0.361	4.493	89.422

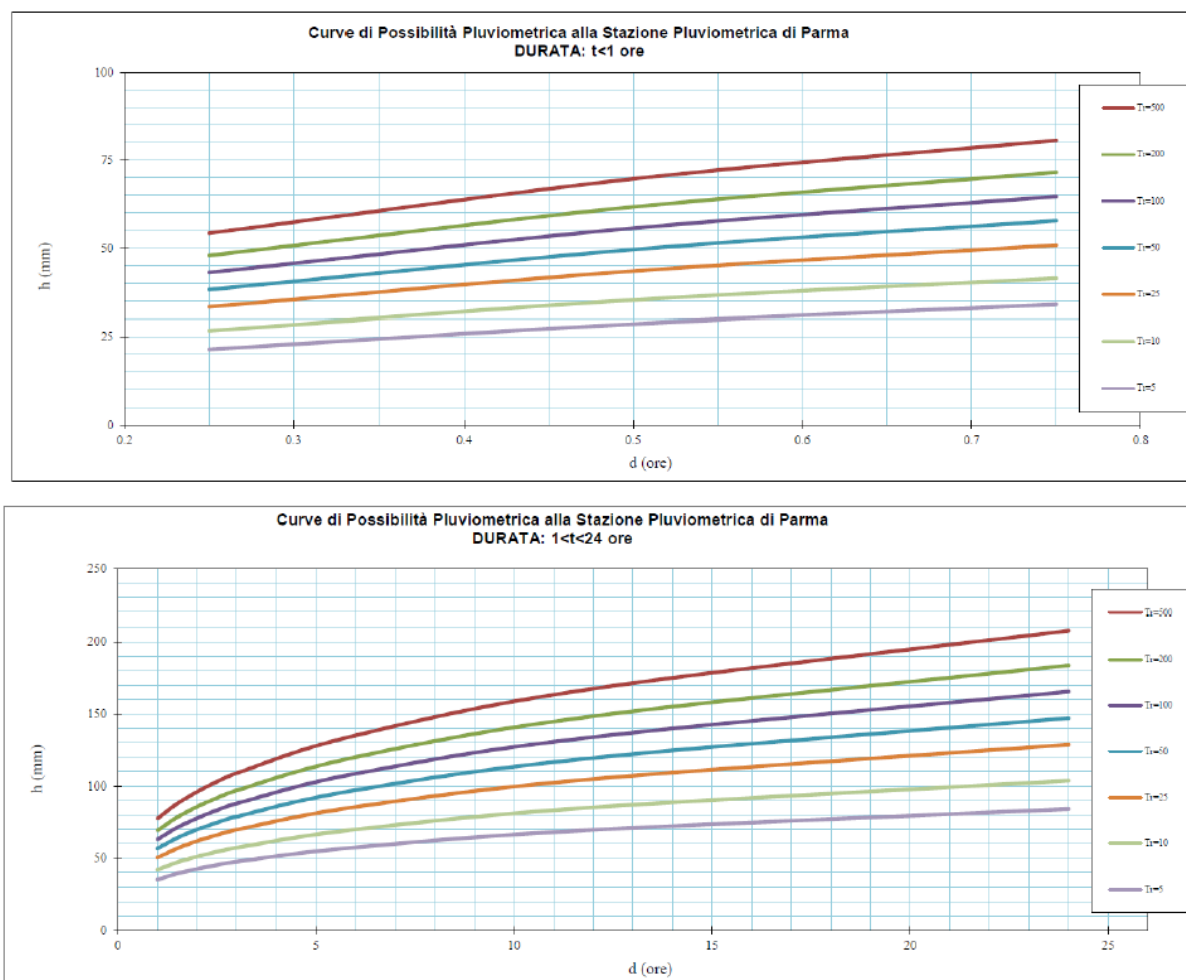


Figura 4 – Curve di possibilità pluviometrica stazione di Parma

Tra i diversi tipi di piogge sintetiche utilizzate nella progettazione di opere idrauliche, si è deciso di adoperare lo ietogramma cosiddetto Chicago che, presentando andamenti temporali non costanti, consente una migliore rappresentazione del fenomeno meteorico intenso, normalmente caratterizzato dalla presenza di picchi di intensità di pioggia. Tale diversa distribuzione di pioggia conduce a valutare differentemente la portata al colmo, se vengono considerati operatori non lineari per il calcolo delle perdite idrologiche e per la trasformazione afflussi netti-deflussi.

La principale caratteristica di questo ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Esso presenta il vantaggio di essere poco sensibile alla variazione delle durate di base, in quanto, per durate progressivamente maggiori, la parte centrale dello ietogramma rimane la stessa mentre si aggiungono delle code all'inizio e alla fine dell'evento.

Inoltre, imponendo che la durata della pioggia sia maggiore del tempo di corrivazione del bacino, si ottiene, proprio per la caratteristica prima detta, che lo “scroscio” critico è certamente contenuto nella pioggia di progetto.

L'espressione degli ietogrammi utilizzati è la seguente:

- $i(t) = n a [\theta_a/r]^{n-1}$ prima del picco
- $i(t) = n a [\theta_b/(1-r)]^{n-1}$ dopo il picco

dove:

- i intensità della precipitazione (mm/ora);
- a e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica;
- $\theta_b = \theta/r$ è il tempo dall'inizio della pioggia fino al picco;
- θ_a è il tempo dal picco fino alla fine della pioggia;
- r posizione del picco lungo l'asse dei tempi, rapporto tra il tempo di picco.

Lo ietogramma di progetto, riferito all'evento con tempo di ritorno centennale, è stato calcolato con l'utilizzo del software di modellazione idrologica URBISpro, considerando una durata di precipitazione pari a 3 ore e un intervallo temporale pari a 5 min.

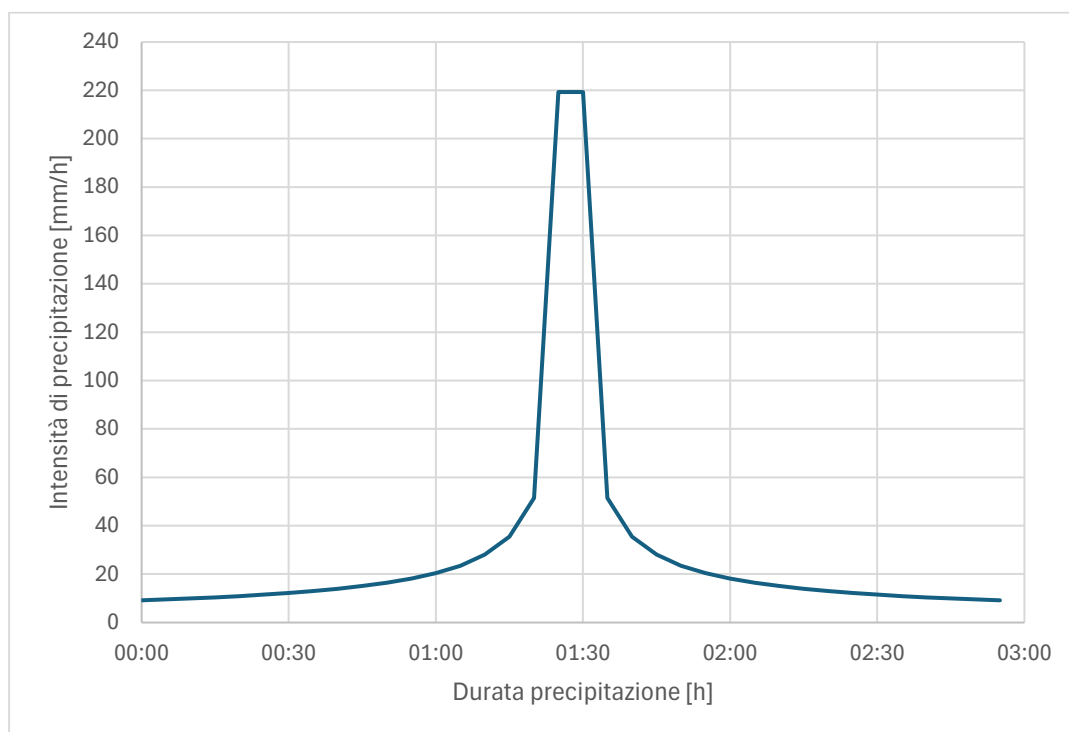


Figura 5 – Ietogramma lordo di progetto evento sintetico $Tr=100$ anni

4.2 MODELLO IDROLOGICO

Per la definizione delle perdite idrologiche è stato applicato il modello proposto dal Soil Conservation Service (SCS-CN). Il metodo si basa sulla definizione del numero di curva adimensionale CN (runoff curve number) che rappresenta un indice di ritenzione potenziale del suolo, dipendente dalla pedologia, dal tipo e grado di copertura del suolo e dal grado di umidità iniziale del terreno. Tale indice ha un valore compreso tra 0 e 100 (CN=0 per bacini assolutamente permeabili, CN=100 per bacini assolutamente impermeabili). Il valore di CN varia in funzione di quattro diverse classificazioni:

- classificazione della permeabilità del suolo (gruppi idrologici);
- classificazione dell'uso del suolo e sistemazione della superficie;
- condizione di drenaggio;
- condizioni iniziali di saturazione dei suoli.

Per quanto riguarda la classificazione della permeabilità del suolo, si distinguono quattro diversi gruppi idrologici, le cui caratteristiche si riportano in Tabella 2.

Tabella 2 – Classificazione dei gruppi idrologici in base al grado di permeabilità del suolo

A	Bassa capacità di deflusso – suoli con elevata infiltrabilità anche se completamente saturi – sabbie o ghiaie profonde ben drenate – notevole conducibilità idrica
B	Suoli con moderata infiltrabilità se saturi – discretamente drenati e profondi – tessitura medio-grossolana – conducibilità idrica media
C	Suoli con bassa infiltrabilità se saturi – uno strato impedisce la percolazione verticale – suoli con tessitura medio-fine e bassa infiltrabilità – conducibilità idrica bassa
D	Capacità di deflusso elevata – suoli con infiltrabilità ridottissima in condizioni di saturazione – suoli ricchi di argilla rigonfianti – suoli con strato argilloso superficiale – suoli poco profondi su substrato impermeabile – conducibilità idrica estremamente bassa

Per quanto riguarda la classificazione in base all'uso del suolo e sul tipo di copertura, la definizione del CN corrispondente si effettua per mezzo di due tabelle, riportate in Tabella 3 e Tabella 4, a seconda che il bacino corrisponda ad aree agricole e boschive o ad aree urbane e assimilabili.

Tabella 3 – Valori di CN per combinazioni di suolo e copertura in aree agricole e boschive (Fonte: SCS, 1985)

Tipo di copertura			Classe del suolo			
Uso del suolo	Trattamento o pratica	Condizione idrologica	A	B	C	D
Maggesi	a solchi dritti	–	77	86	91	94
Colture a solchi	a solchi dritti	cattiva	72	81	88	91
	a solchi dritti	buona	67	78	85	89
	a reggipoggio	cattiva	70	79	84	88
	a reggipoggio	buona	65	75	82	86
	a re. e terrazze	cattiva	66	74	80	82
	a re. e terrazze	buona	62	71	78	81
Grani piccoli	a solchi dritti	cattiva	65	76	84	88
	a solchi dritti	buona	63	75	83	87
	a reggipoggio	cattiva	63	74	82	85
	a reggipoggio	buona	61	73	81	84
	a re. e terrazze	cattiva	61	72	79	82
	a re. e terrazze	buona	59	70	78	81
Legumi seminati folti o prati in rotazione	a solchi dritti	cattiva	66	77	85	89
	a solchi dritti	buona	58	72	81	85
	a reggipoggio	cattiva	64	75	83	85
	a reggipoggio	buona	55	69	78	83
	a re. e terrazze	cattiva	63	73	80	83
	a re. e terrazze	buona	51	67	76	80
Pascoli		cattiva	68	79	86	89
		discreta	49	69	79	84
		buona	39	61	74	80
	a reggipoggio	cattiva	47	67	81	88
	a reggipoggio	discreta	25	59	75	83
	a reggipoggio	buona	6	35	70	79
Prati		buona	30	58	71	78
Boschi		cattiva	45	66	77	83
		discreta	36	60	73	79
		buona	25	55	70	77
Aziende agricole		–	59	74	82	86
Strade sterrate		–	72	82	87	89
Str. pavimentate		–	74	84	90	92

Tabella 4 – Valori di CN per diverse combinazioni di suolo e copertura per aree urbane (Fonte: SCS, 1985)

Tipo di copertura		Classe del suolo			
		A	B	C	D
Aree residenziali⁽¹⁾					
Area media dei lotti	Area impermeabile (%)				
1/8 acro o meno	65	77	85	90	92
1/4 acro	38	61	75	83	87
1/3 acro	30	57	72	81	86
1/2 acro	25	54	70	80	85
1 acro	20	51	68	79	84
Parcheggi pavimentati, tetti, viali d'accesso⁽²⁾		98	98	98	98
Strade urbane ed extraurbane					
pavimentate, a dorso di mulo e con fognatura ⁽³⁾		98	98	98	98
in ghiaia		76	85	89	91
sterrate		72	82	87	89
Aree commerciali e professionali (impermeabili per l'85%)		89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabili per il 72%)		81	88	91	93
Spazi aperti, prati, parchi, campi da golf, cimiteri etc.					
in buone condizioni: copertura erbosa sul 75% o più		39	61	74	80
in discrete condizioni: copertura erbosa sul 50+75 %		49	69	79	84
⁽¹⁾ Si assume che il deflusso dalla casa e dal viale di accesso sia diretto verso la strada, con una minima quantità di acqua del tetto diretta al prato, dove potrebbe aver luogo un'infiltrazione addizionale. ⁽²⁾ Si assume che le rimanenti aree permeabili (prato) si trovino nelle condizioni di un buon pascolo. ⁽³⁾ In alcuni climi particolarmente caldi degli Stati Uniti CN si può assumere uguale a 95.					

Viene inoltre fornita una tabella atta a valutare la categoria della condizione di umidità iniziale in funzione della precipitazione antecedente di 5 giorni (Tabella 5).

Tabella 5 – Individuazione della condizione di umidità antecedente (AMC) in funzione della precipitazione antecedente di 5 giorni (Fonte: SCS, 1985)

Classe AMC	Pioggia totale nei 5 giorni antecedenti l'evento	
	Stagione di riposo vegetativo	Stagione di crescita
I	< 13 mm	< 36 mm
II	13 ÷ 28 mm	36 ÷ 53 mm
III	> 28 mm	> 53 mm

Per la situazione in oggetto è stata formulata l'ipotesi di terreno a contenuto di umidità medio. Considerando le caratteristiche dell'area e analizzando la cartografia relativa all'uso del suolo (Figura 6) disponibile sul Geoportale di Regione Emilia Romagna si è stimato per il bacino in oggetto un valore medio di CN=75 (il valore di riferimento è quello del CN II in condizione di terreno mediamente imbibito) a cui corrisponde un valore percentuale del coefficiente di infiltrazione PHI pari a 35%.

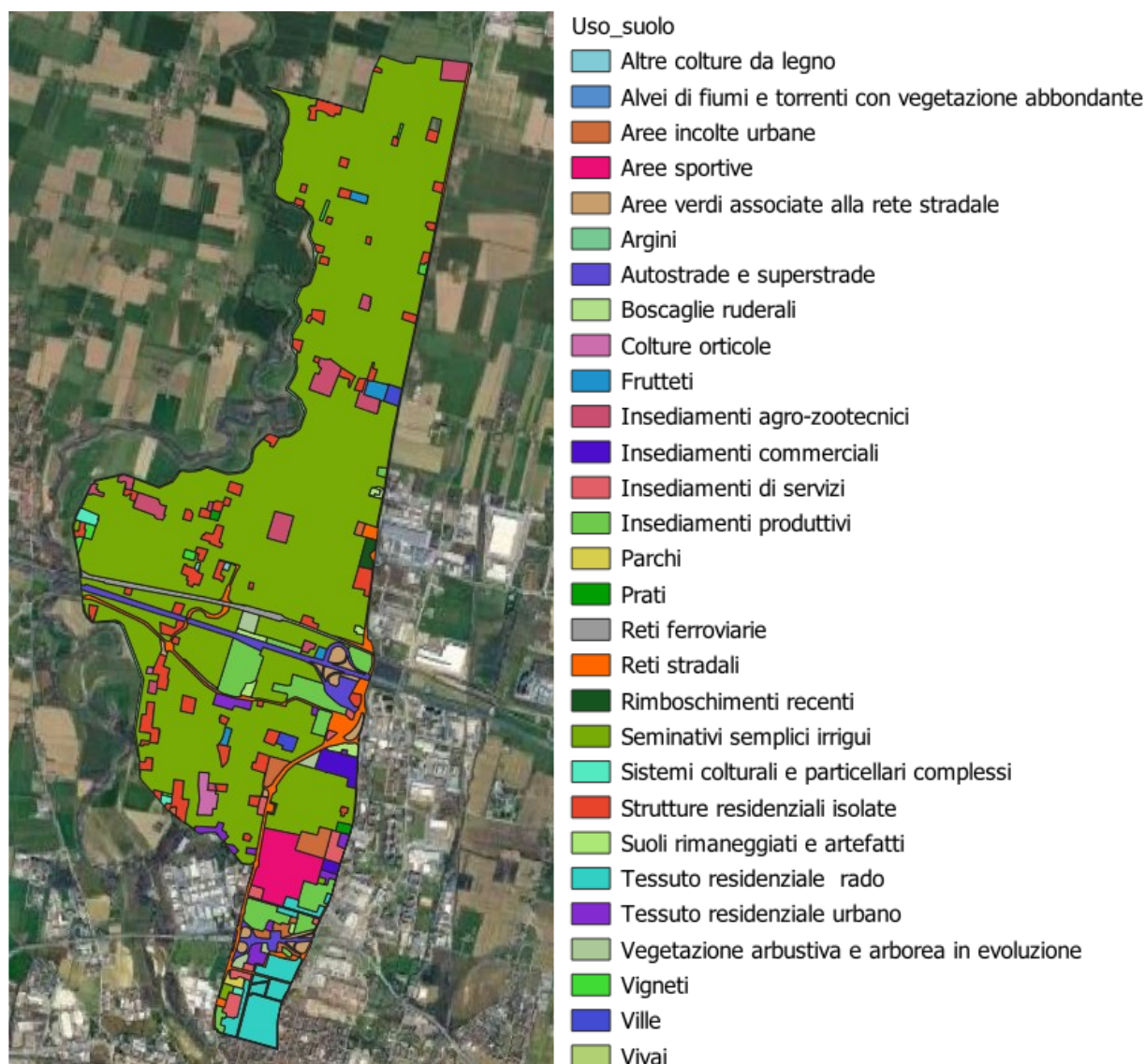


Figura 6 – Classificazione dell'uso del suolo del bacino afferente la cassa in progetto

Il passaggio dalla pioggia lorda a quella netta, ossia la porzione di precipitazione meteorica che concorre alla formazione dell'idrogramma, viene effettuato attraverso la seguente espressione:

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I_a)^2}{h_{lorda} - I_a + S}$$

Analisi empiriche hanno mostrato un legame tra S (parametro funzione del tipo di suolo e del suo utilizzo) e I_a (rappresentante l'immagazzinamento in depressioni superficiali) posto pari 5 mm.

Il parametro S , che rappresenta la quantità di acqua immagazzinabile nel bacino, dipende dal parametro CN precedentemente calcolato attraverso la relazione:

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

Si ottiene quindi la seguente espressione per la definizione della pioggia netta:

$$h_{netta} = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Il modello adottato per la trasformazione afflussi-deflussi si basa sulla teoria lineare dell'idrogramma unitario istantaneo, in cui la trasformazione degli afflussi meteorici depurati delle perdite idrologiche in deflussi viene eseguita numericamente attraverso la convoluzione di un idrogramma unitario istantaneo (IUH) scelto opportunamente tra i diversi tipi esistenti. L'IUH racchiude al suo interno le caratteristiche fisiche del bacino che interessano la formazione delle piene, come per esempio la capacità di invaso ed il tempo di risposta del bacino stesso. In particolare nell'ambito del presente studio si è utilizzato il modello di Nash che schematizza il bacino come una cascata di serbatoi lineari secondo l'espressione:

$$h(t) = \frac{1}{K(n-1)!} \cdot (t/K)^{n-1} \cdot e^{-t/K}$$

dove K è la costante caratteristica dei serbatoi ed n il numero degli stessi.

Si è assunto $n = 3$ e K correlato al tempo di corrvazione dei singoli sottobacini e al numero n secondo l'espressione:

$$K = 0,5 Tc/(n-1)$$

Unitamente a questo metodo è stato calcolato lo ietogramma netto tramite il metodo percentuale, utilizzando il valore medio del coefficiente di infiltrazione $PHI=35\%$, corrispondente alla percentuale di infiltrazione ottenuta con il metodo SCS-CN.

Si riportano in Figura 7 gli ietogrammi calcolati con entrambi i metodi sopracitati, da cui si evince che con il metodo CN sono superiori le perdite iniziali (come da caratteristica propria di questa metodologia) e l'intensità di precipitazione al picco (111 mm/h rispetto al valore di 77 mm/h calcolato con il metodo percentuale).

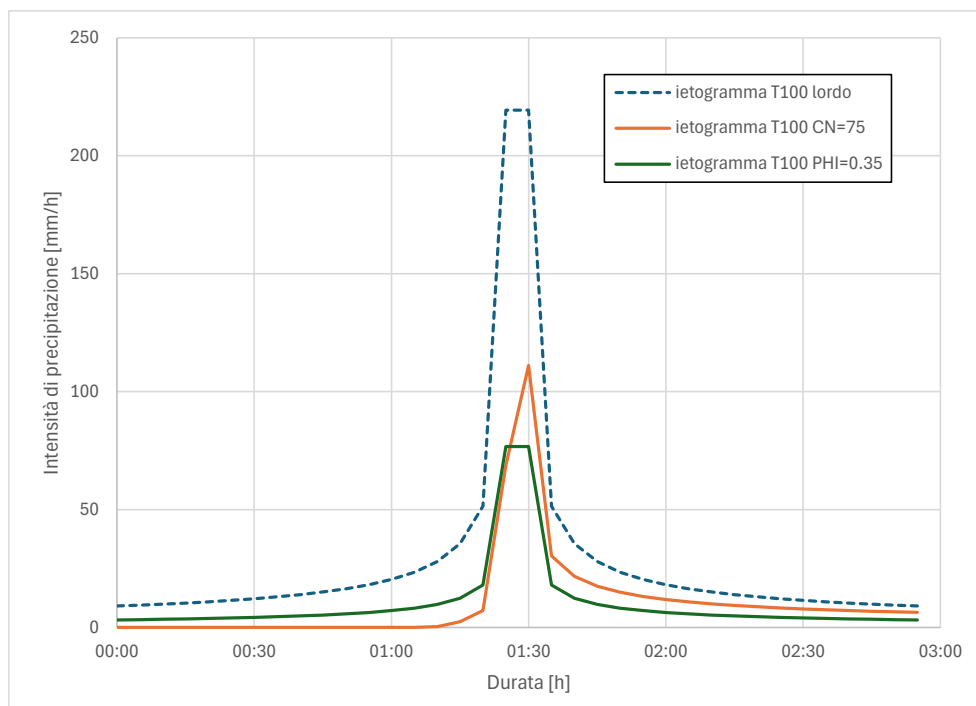


Figura 7 – Ietogrammi netti di progetto

La successiva trasformazione da precipitazione efficace a idrogramma di piena non viene effettuata esternamente, ma è gestita in modo integrato dal modello idraulico bidimensionale, descritto nel successivo capitolo 5. Grazie alla sua struttura distribuita, il modello permette infatti di simulare simultaneamente la generazione del ruscellamento superficiale e la propagazione dell'onda di piena, garantendo una rappresentazione coerente e dinamicamente accoppiata tra processi idrologici e idraulici.

5. MODELLAZIONE IDRAULICA

5.1 GENERALITÀ

Le verifiche idrauliche sono state condotte tramite l'implementazione di un modello bidimensionale con codice di calcolo Hec-Ras 6.3.1. Oltre alla componente idraulica il modello, avendo come input lo ietogramma di pioggia netta (vedi cap. 4), consente di riprodurre il processo di trasformazione afflussi–deflussi per la generazione dell'onda di piena in arrivo alla vasca di laminazione. Le simulazioni sono state condotte considerando gli ietogrammi calcolati sia con il metodo SCS-CN sia con il metodo percentuale e hanno fornito risultati con differenze irrilevanti.

5.2 GEOMETRIA DI BASE

La base bidimensionale del modello è stata definita a partire dal DTM Lidar maglia 1x1 m del Ministero dell'Ambiente, a cui sono state applicate delle locali modifiche al fine di garantire la continuità del sistema del reticolo idrico, necessarie per ottenere una più realistica risposta idraulica all'input idrologico. È inoltre stato inserito il modello morfologico di progetto della vasca di laminazione.



Figura 8 – DTM alla base del modello di calcolo con dettaglio del modello del terreno della vasca in progetto

La ricostruzione della geometria caratteristica del terreno è stata effettuata utilizzando l'elemento *2D Flow Areas*, che genera una mesh di calcolo composta da circa 60'000 celle con dimensione media pari a 5 m².

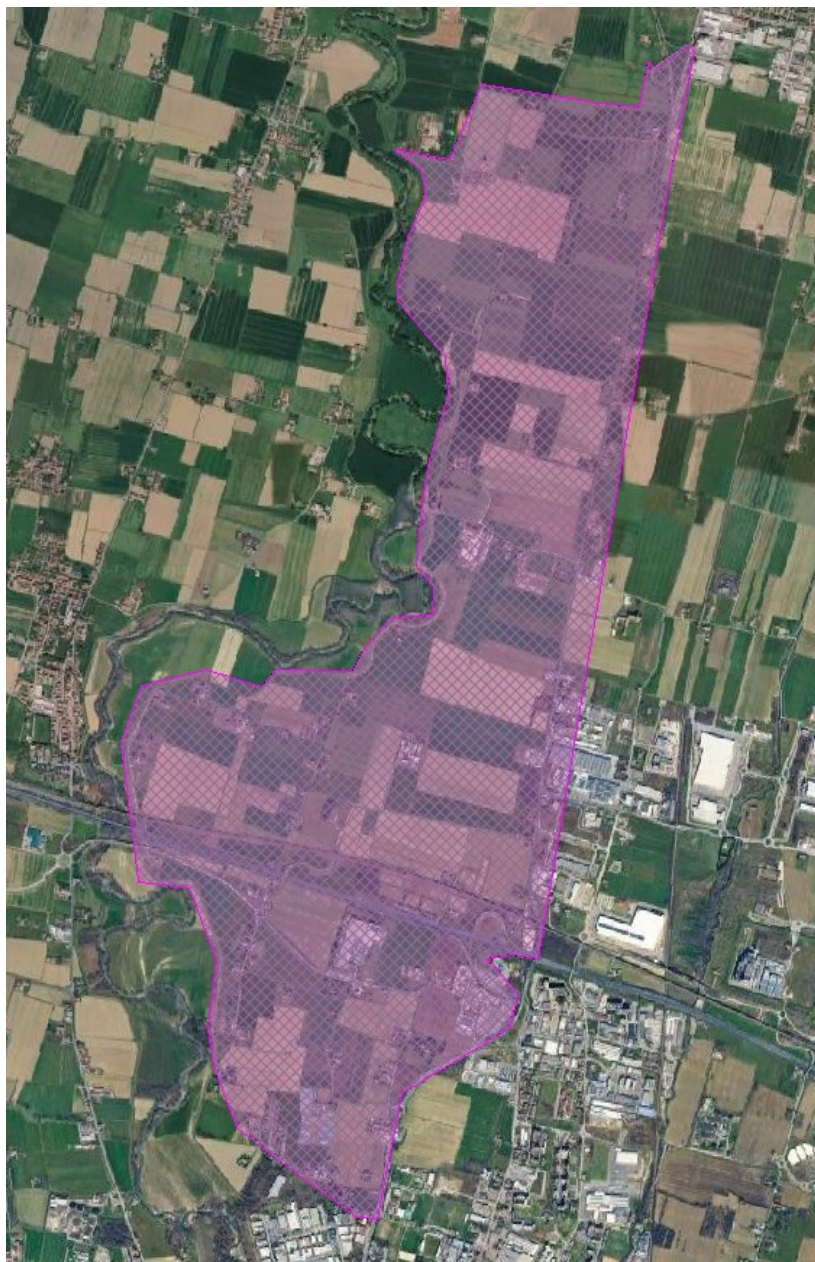


Figura 9 – Dominio di calcolo

Per consentire la definizione delle singolarità morfologiche che influiscono sulla direzione del deflusso delle acque, con particolare riferimento all'alveo inciso della Fossetta Alta, è stata localmente infittita la magliatura, con dimensioni degli elementi ridotta a 1 m².

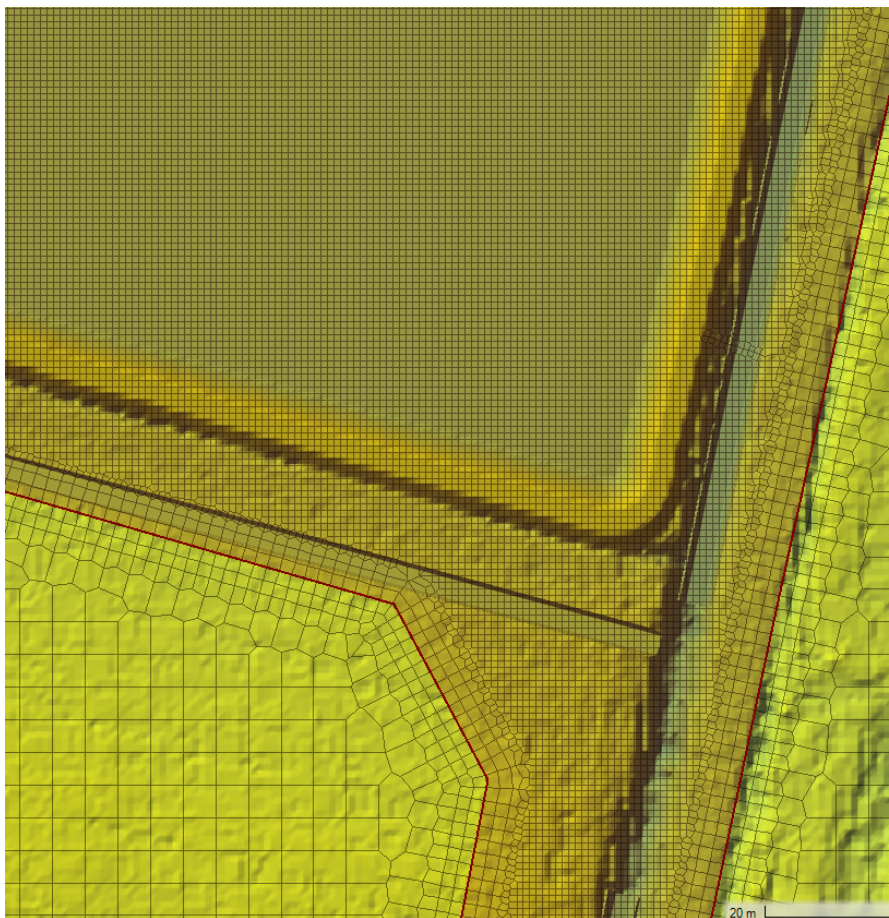


Figura 10 – Dettaglio rappresentate l’infittimento della magliatura in corrispondenza della vasca

La modellazione della vasca è infine stata completata con l’inserimento del manufatto di sfioro in ingresso e degli scatolari di connessione tra i due settori rappresentati tramite elementi di tipo *internal connection*.

5.3 CONDIZIONI AL CONTORNO E SCABREZZA

Il modello idraulico bidimensionale è stato configurato applicando come condizioni al contorno la precipitazione areale, rappresentata mediante gli ietogrammi netti, calcolati come descritto nel paragrafo 4.2, distribuiti sull’intera maglia di calcolo. A questa forzante superficiale si aggiunge un’immissione puntuale derivante dal bacino urbano adiacente, caratterizzata da una portata in ingresso variabile nel tempo e coerente con la risposta idrologica dell’area urbanizzata e la limitazione imposta dalla condotta di diametro 100 cm.

Il modello simula quindi la propagazione idrodinamica della piena sulla magliatura implementata restituendo, istante per istante, i valori di portata, altezza e velocità sulla singola

cella di calcolo.

Per quanto concerne i valori di scabrezza è stato adottato un coefficiente di Manning pari a $n=0.033 \text{ s/m}^{1/3}$ nei principali elementi del reticolo e $n=0.1 \text{ s/m}^{1/3}$ sul resto del dominio di magliatura bidimensionale.

5.4 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA

Con riferimento alla simulazione dell'evento di piena con tempo di ritorno centennale sono rappresentati nelle seguenti figure:

- la planimetria riportante i massimi tiranti idrici ()
- il profilo altimetrico longitudinale e trasversale della vasca con evidenziato il livello di massimo invaso
- gli idrogrammi di piena a monte e a valle della cassa di laminazione.

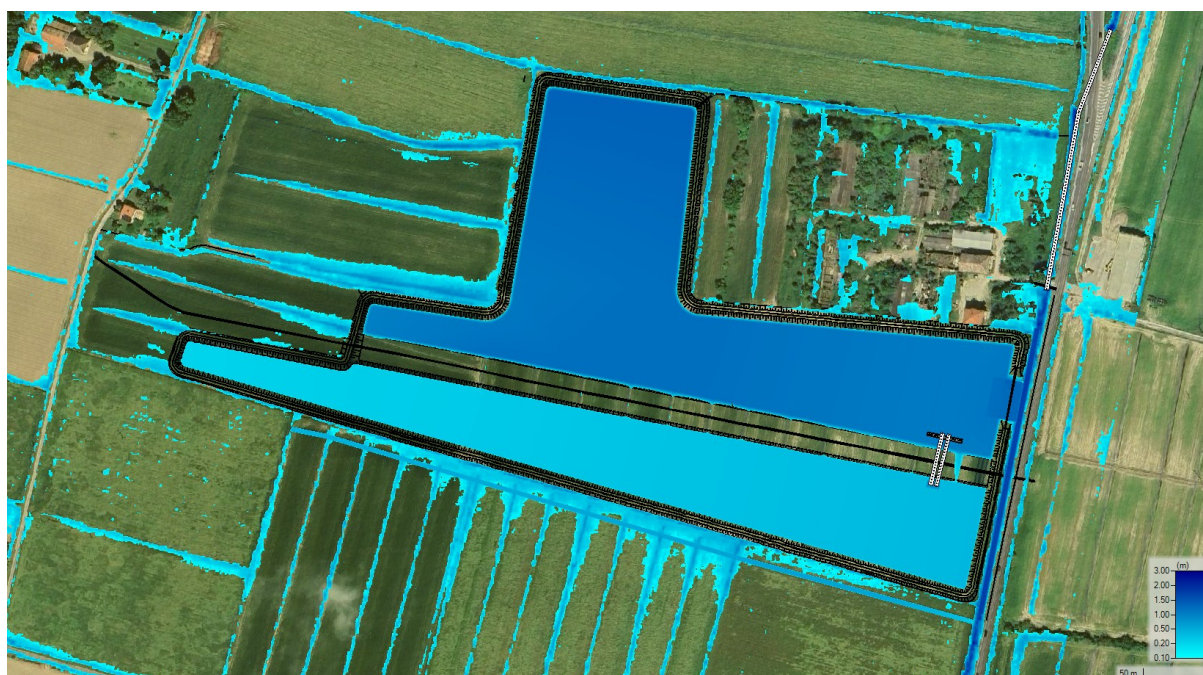


Figura 11 – Planimetria riportante l'involuppo dei massimi tiranti

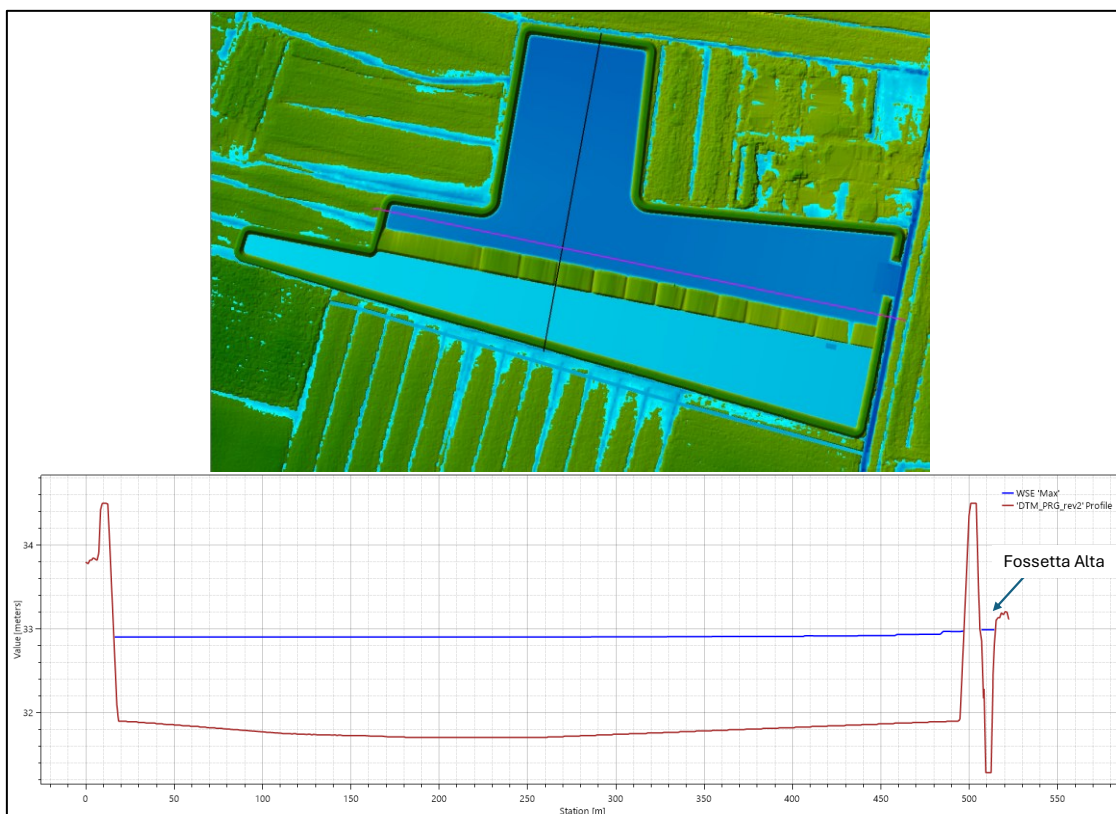


Figura 12 – Profilo longitudinale vasca di laminazione con indicazione del massimo tirante

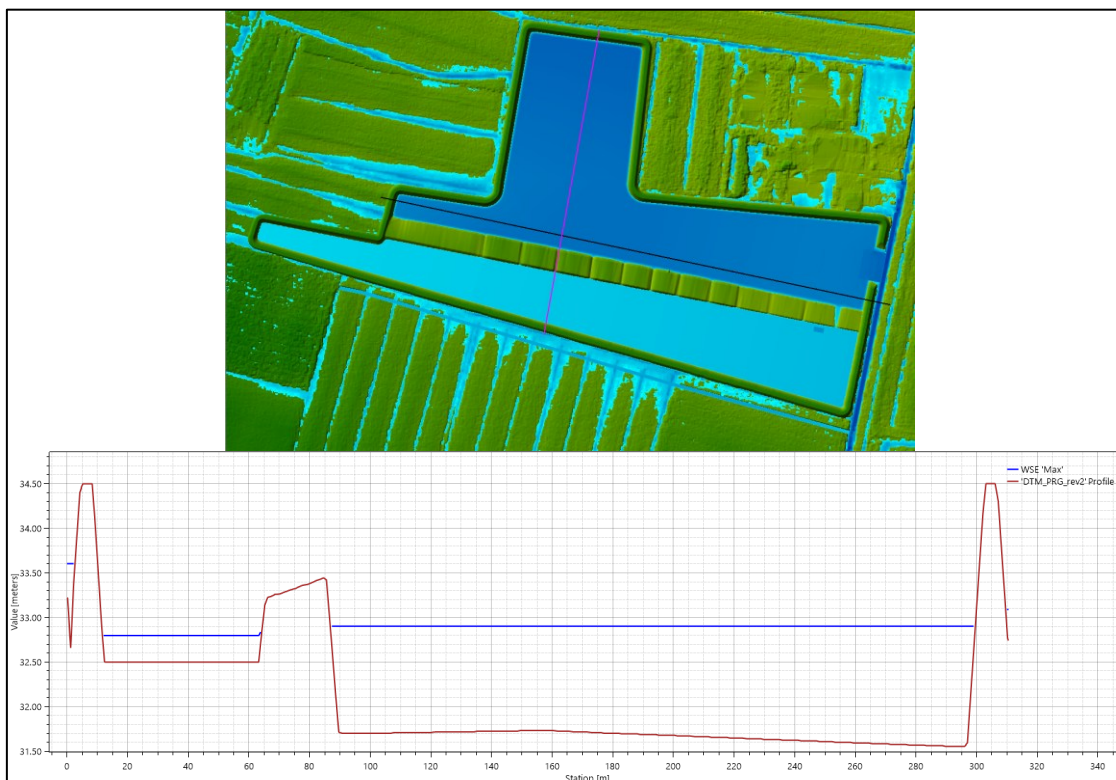


Figura 13 – Profilo longitudinale vasca di laminazione con indicazione del massimo tirante

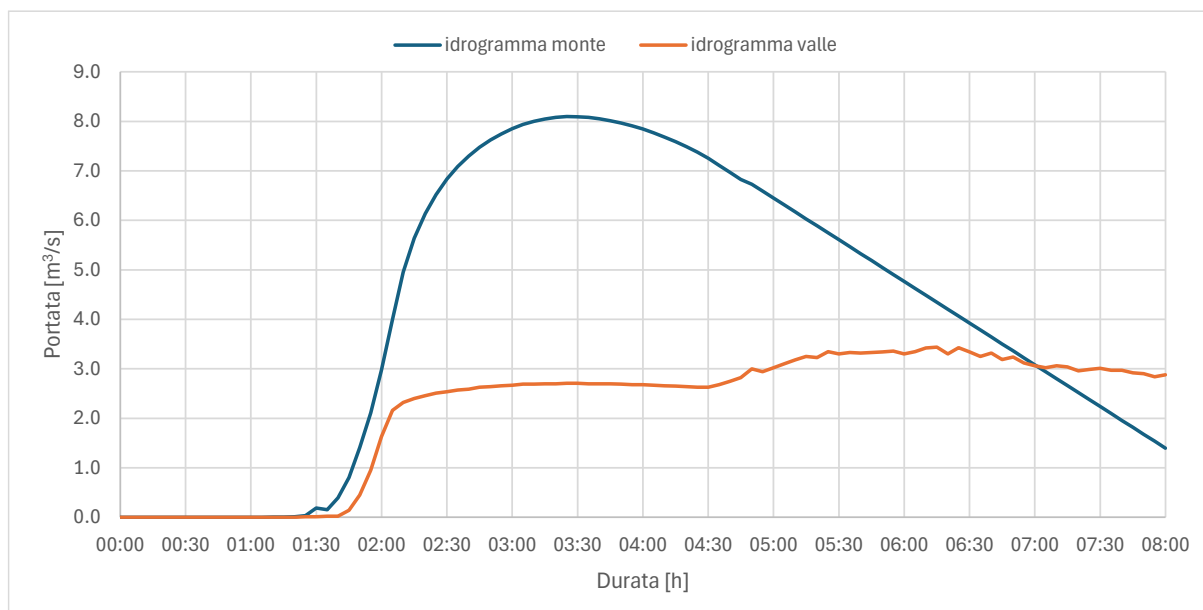


Figura 14 – Idrogramma a monte e a valle della vasca di laminazione

Si riportano in Tabella 6 i principali risultati numerici della simulazione di progetto.

Tabella 6 – Principali risultati simulazione di progetto

Portata al colmo a monte della cassa di laminazione	m ³ /s	8.1
Portata al colmo a valle della cassa di laminazione	m ³ /s	3.4
Riduzione della portata al colmo	m ³ /s	4.7
Massimo tirante idrico all'interno della cassa	m	1.2
Massimo livello idrico all'interno della cassa di laminazione	m s.m.	32.9
Franco idraulico rispetto argini perimetrali della cassa	m	1.6
Volume d'invaso	m ³	61'200

L'idrogramma di piena relativo all'evento centennale generato nel bacino afferente alla vasca presenta una portata al colmo di circa 8.1 m³/s. La laminazione dell'onda di piena effettuata dalla vasca garantisce una riduzione della portata al colmo di 4.7 m³/s. La portata laminata che prosegue all'interno della Fossetta Alta presenta un colmo pari a 3.4 m³/s, che risulta essere compatibile con la capacità idraulica del sistema di valle.

La vasca raggiunge la propria capacità massima di laminazione, pari a un volume d'invaso di circa 61.200 m³, nel momento in cui il livello idrico all'interno dell'invaso si eguaglia con quello del canale di alimentazione. In tale condizione non sussiste più differenza di carico idraulico tra canale e vasca, e di conseguenza cessa l'afflusso dallo sfioratore verso la cassa, segnando il completo utilizzo del volume utile di laminazione.

Milano, dicembre 2025

I PROFESSIONISTI INCARICATI:

ETATEC STUDIO PAOLETTI s.r.l.

Dott. Ing. Stefano Croci

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA

Dott. Geol Gian Marco Orlandi

Dott. Geol. Susanna Bianchi