

## COMUNE DI PRATO

PIANO ATTUATIVO PER LA DEMOLIZIONE DI UN EDIFICIO ESISTENTE E LA SUCCESSIVA  
REALIZZAZIONE DI NUOVO COMPLESSO AD USO RESIDENZIALE POSTO IN PRATO VIA  
MARIE CURIE

- VARIANTE -

### STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO DEL BACINO COLLINARE DEL TORRENTE BARDENA-IOLO DEL RIO DEI BAGNI E DEL TORRENTE VELLA IN LOCALITA' GALCETELLO

*VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO AI SENSI DEL **D.P.G.R. 53/R** DELLA REGIONE  
TOSCANA, DELLA **NORMA 6 DEL D.P.C.M. 05/11/99** "PIANO STRALCIO PER LA RIDUZIONE  
DEL RISCHIO IDRAULICO" E DEL PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI **P.G.R.A.**  
APPROVATO CON DELIBERA DEL COMITATO ISTITUZIONALE DELL'AUTORITA' DI BACINO  
DEL FIUME ARNO N.235 DEL 3 MARZO 2016.*

#### IL TECNICO

DOTT. ING. DAVID MALOSSÌ

#### COMMITENZA

IMPRESA EDILE FRANCO SABBI & C

(cf 01713640488)

LUGLIO 2016

## 1 PREMESSA

Il presente studio idraulico è redatto a variante di quanto depositato ed approvato in prima istanza con la documentazione redatta dallo scrivente e datata Settembre 2009 e successiva variante del Dicembre 2011. Nello specifico viene approfondita e superata la problematica indotta dalla demolizione di un fabbricato esistente e la successiva realizzazione di un edificio residenziale protetto dalle eventuali esondazioni duecentennali del vicino reticolo idraulico. La presente relazione risulta necessaria in quanto il piano attuativo subisce una modifica distributiva a livello planimetrico ed inoltre risulta modificato lo scenario normativo generale con la venuta meno del PAI e l'approvazione del PGRA da parte dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno. Nello specifico le nuove cartografie allegata al PGRA inseriscono l'area all'interno delle perimetrazioni con frequenza di allagamento inferiore a 30 anni e pertanto verrà valutata nella presente trattazione la compatibilità delle opere previste con quanto riportato nella Legge Regionale 21/2012 che limita la fattibilità degli interventi nelle aree a pericolosità idraulica molto elevata ai sensi del DPGR 53/R.

## 2 COMPATIBILITÀ COL DPGR 53/R DELLA REGIONE TOSCANA

L'area oggetto di studio ricade all'interno delle aree a **pericolosità idraulica elevata** ovvero interessate da eventi alluvionali con tempo di ritorno pari a 200 anni come evidenziato dalla cartografia allegata di seguito estratta dal PS del Comune di Prato

Pertanto vale quanto previsto all'art. 3.2.2.2 dell'Allegato A del DPGR 53/R. L'intervento di progetto risulta compatibile con quanto riportato nell'articolo precedentemente descritto in quanto prevede la demolizione di un edificio esistente con successiva ricostruzione di un edificio residenziale in condizioni di sicurezza idraulica e senza aggravio del pericolo per le aree circostanti come verrà documentato di seguito nella trattazione.

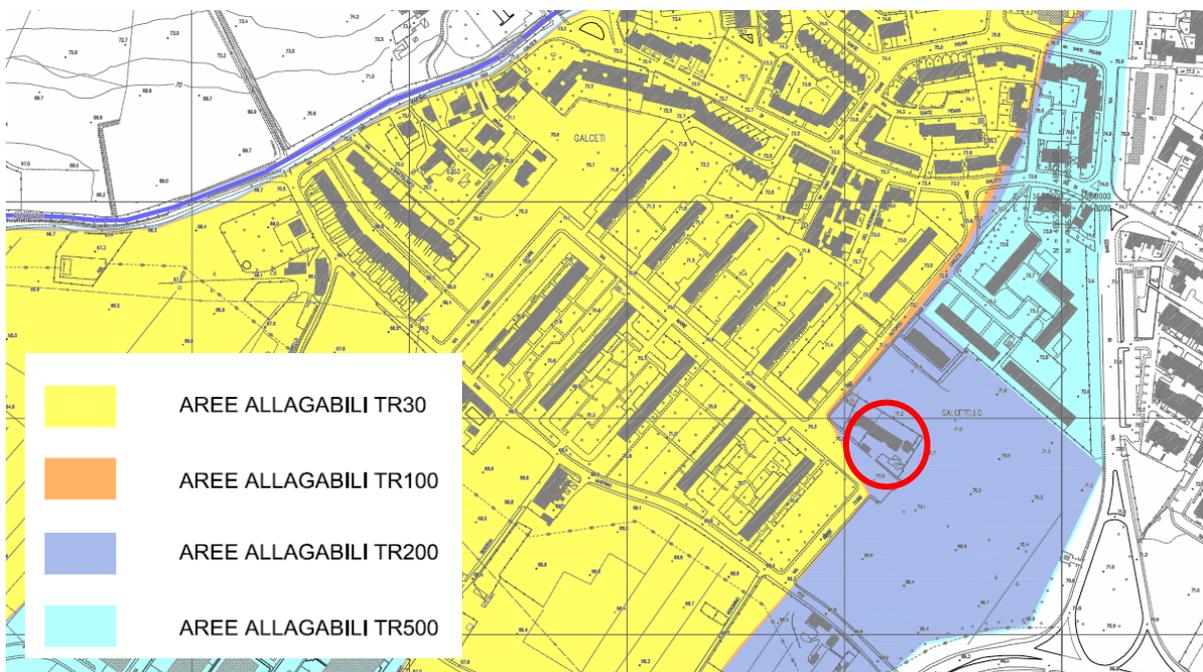


FIGURA 1 - ESTRATTO DEL PS DEL COMUNE DI PRATO

Preme sottolineare che anche se l'intervento avesse dovuto sottostare alle norme relative agli interventi in aree a **pericolosità idraulica molto elevata** (a seguito della nuova perimetrazione introdotta dal PGRA dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno) sarebbe stato comunque fattibile in quanto ricadente nella casistica prevista dall' art. 3.2.2.1 comma d) dell'Allegato A del DPGR 53/R.

### 3 COMPATIBILITÀ COL PGRA DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ARNO

L'area oggetto di studio ricade all'interno delle aree a **pericolosità da alluvione elevata P3** ovvero interessate da eventi alluvionali con tempo di ritorno inferiore a 30 anni come evidenziato dalla cartografia allegata di seguito.

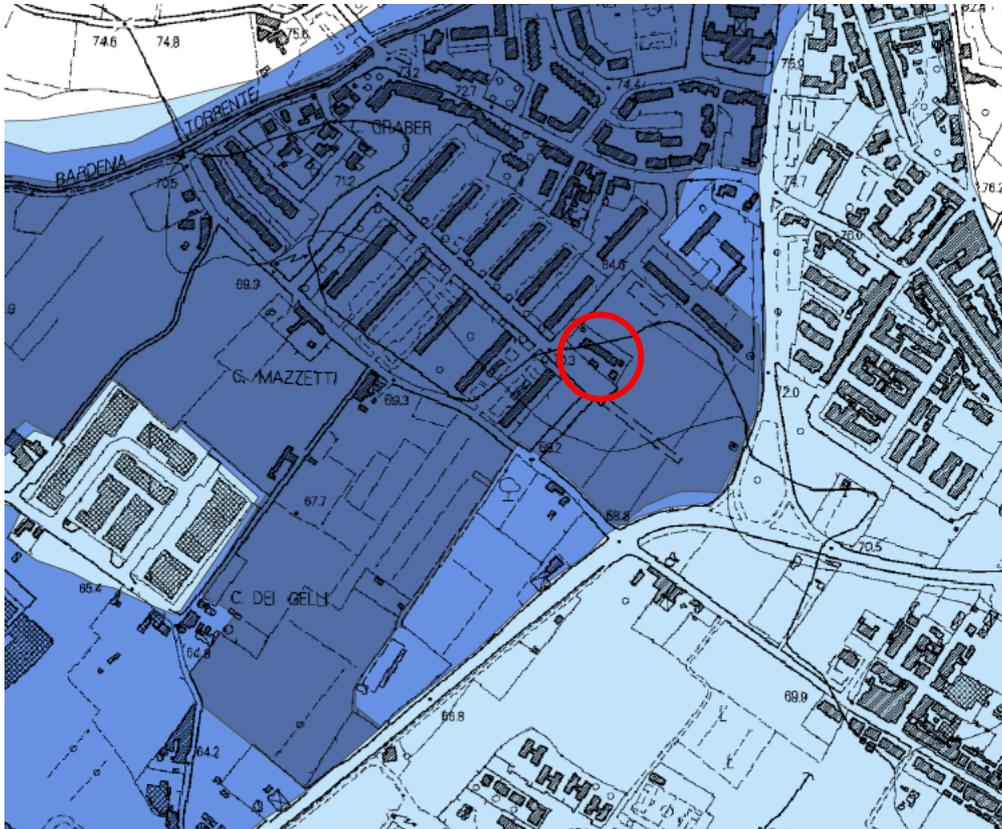


FIGURA 2 - ESTRATTO DEL PGRA

In base a quanto riportato nelle norme di piano l'intervento risulta fattibile in quanto realizzato in condizioni di gestione del rischio idraulico, con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4 ovvero:

4. In coerenza con le finalità generali della direttiva 2007/60/CE e del decreto legislativo n. 49/2010, il PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone persegue i seguenti obiettivi generali che sono stati definiti alla scala del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale:

1. Obiettivi per la salute umana

- a) riduzione del rischio per la vita delle persone e la salute umana;
- b) mitigazione dei danni ai sistemi che assicurano la sussistenza e l'operatività delle strutture strategiche.

2. Obiettivi per l'ambiente

- a) riduzione del rischio per le aree protette derivante dagli effetti negativi dovuti a possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali;
- b) mitigazione degli effetti negativi per lo stato ambientale dei corpi idrici dovuti a possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali, con riguardo al raggiungimento degli obiettivi ambientali di cui alla direttiva 2000/60/CE.

3. Obiettivi per il patrimonio culturale

- a) Riduzione del rischio per il patrimonio culturale, costituito dai beni culturali, storici ed architettonici esistenti;
- b) mitigazione dei possibili danni dovuti ad eventi alluvionali sul sistema del paesaggio.

#### 4. Obiettivi per le attività economiche

- a) mitigazione dei danni alla rete infrastrutturale primaria;
- b) mitigazione dei danni al sistema economico e produttivo pubblico e privato;
- c) mitigazione dei danni alle proprietà immobiliari;
- d) mitigazione dei danni ai sistemi che consentono il mantenimento delle attività economiche.

L'intervento risulta **l'attuazione di una pianificazione urbanistica previgente** e pertanto non è assimilato ad una nuova previsione con modifica dello strumento urbanistico.

## 4 COMPATIBILITÀ CON LA LEGGE REGIONALE 21/2012

Fatta salva l'applicabilità dell'art. 2 della Legge Regionale 21/2012 al presente caso specifico in quanto ai sensi del Piano Regolatore l'area oggetto di intervento è classificata a pericolosità idraulica elevata e non molto elevata ed il PAI risulta di fatto decaduto. Verrà valutata la fattibilità dell'intervento associando all'area la pericolosità idraulica desunta dal nuovo PGRA ovvero con frequenza di allagamento minore di 30 anni e ricadendo pertanto nell'art. 2 della suddetta legge.

L'intervento risulta compreso tra quelli previsti all'art. 2 comma d) che possono essere realizzati **a condizione che siano preventivamente realizzate, ove necessarie, le opere per la loro messa in sicurezza per tempo di ritorno duecentennale, comprensive degli interventi necessari per non aggravare la pericolosità idraulica al contorno.**

Nello specifico si ricade nella casistica dell'art. 78 comma 1) lettera h) della Legge Regionale 1/2005 attualmente sostituito dall'art.134 della Legge Regionale 65/2014.

Pertanto, a seguito dei chiarimenti rilasciati dalla Regione Toscana in merito alla fattibilità di questo tipo di interventi agli Uffici del Comune di Prato con comunicazione ufficiale, **non si applicano le limitazioni dell'art. 2 comma 4 e 5** e di conseguenza l'intervento risulta fattibile.

## 5 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il presente studio idraulico viene redatto a supporto della variante all'intervento edilizio di demolizione di un fabbricato esistente e costruzione di un nuovo complesso residenziale. Il progetto prevede la realizzazione di un edificio per civile abitazione presso l'incrocio tra Via Marie Curie e Via Alfonso Carlesi nel Comune di Prato località Galcetello. In particolare il lotto interessato risulta nelle vicinanze del Torrente Iolo-Bardena, oggetto dello studio idraulico con il Fosso Vella e Rio dei Bagni.

Il lotto d'intervento è individuato nella Cartografia Tecnica Regionale scala 1:2000 nel foglio 20j28.

La variante all'intervento edilizio aumenta il numero di unità immobiliari all'interno del complesso da 3 a 8 e il volume complessivo del fabbricato modificando la superficie a verde precedentemente prevista. Il fabbricato sarà protetto da eventi alluvionali sul lato nord da una cinta muraria di altezza minima 1 m di delimitazione del lotto che proseguirà anche sul lato est in adiacenza alla rampa di accesso ai locali interrati. L'ingresso alla rampa di accesso sarà posizionato alla quota di sicurezza idraulica al fine di evitare l'allagamento dei locali interrati. Sul lato sud non si prevedono opere di protezione in quanto i piani di calpestio di piano terra degli edifici saranno posizionati a quota di sicurezza. Come sarà riportato nei paragrafi successivi la quota di sicurezza idraulica è rappresentata dal battente idraulico sulla Via Marie Curie pari a circa 30 cm più un

franco di sicurezza di 30 cm, ovvero complessivamente a 60 cm rispetto alla quota stradale. Come rappresentato nei grafici, essendo la strada posizionata ad una quota relativa di rilievo pari a -0.20, la quota di sicurezza risulta +0.40 e pertanto, visto il posizionamento delle difese idrauliche a +0.45, si ritiene che l'intervento risulti realizzato in condizioni di sicurezza.

Di seguito si riportano degli estratti delle tavole di progetto al fine di descrivere l'intervento edilizio.



FIGURA 3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO – PROSPETTO FRONTALE



FIGURA 4 – DESCRIZIONE INTERVENTO – PIANTA PIANO TERRENO

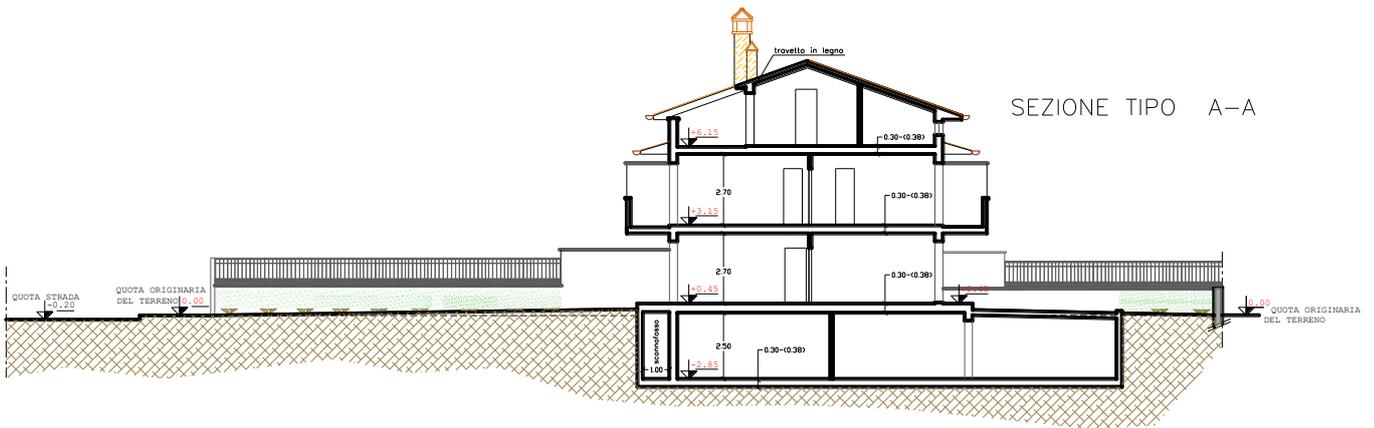


FIGURA 5 – DESCRIZIONE INTERVENTO – SEZIONE

Si riporta inoltre di seguito la pianta con evidenziata l'area del lotto messa in sicurezza idraulica con franco di 30 cm.



FIGURA 6. PIANTE LOTTO DI INTERVENTO CON EVIDENZIATA L'AREA IN SICUREZZA IDRAULICA

## 6 ANALISI IDROLOGICA

Gli idrogrammi dei bacini dei corsi d'acqua analizzati sono stati ricostruiti utilizzando il modello AL.TO. unitamente ad un'applicazione, realizzata dall'Autorità di Bacino, denominata IDRARNO che costituisce una "estensione" di AL.TO. e permette, utilizzando la medesima metodologia e dati di input, di ricostruire gli idrogrammi di piena fissando la durata dell'evento di pioggia. Di seguito è descritta in dettaglio la metodologia utilizzata.

### 6.1 MODELLO DI REGIONALIZZAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA (AL.TO.)

La modellistica idrologica ha lo scopo di generare gli idrogrammi di progetto nelle sezioni di interesse del reticolo fluviale a partire da ietogrammi di pioggia sintetici. La metodologia alla base degli studi effettuati dall'Autorità di Bacino mira ad un'agevole caratterizzazione degli eventi in termine di tempi di ritorno; conseguenza diretta, la possibilità di definire livelli di rischio in funzione della probabilità di accadimento. Ciò si ottiene facilmente attraverso una procedura semplificata di generazione di eventi sintetici, che si basa sulle seguenti ipotesi:

1. Eventi meteorici sintetici costanti su tutto il bacino;
2. Isofrequenza fra evento meteorico e portata in alveo ( $T_R$  evento di pioggia =  $T_R$  idrogramma di piena).

La procedura parte dalla teoria dell'idrogramma istantaneo unitario geomorfologico, di cui riportiamo di seguito le linee principali.

L'input meteorico è rappresentato da uno "ietogramma sintetico", la cui frequenza viene stimata a partire dalle curve di possibilità climatica, fornite ufficialmente dal Servizio idrologico della Regione Toscana. Il metodo utilizzato per studiare la risposta idrologica, in termini di deflussi, è quello basato sul cosiddetto idrogramma istantaneo unitario (Instantaneous Unit Hydrograph, IUH), vale a dire l'idrogramma di piena causato da un evento impulsivo di pioggia di volume unitario e durata tendente a zero. Infatti, con le ipotesi di linearità e stazionarietà della risposta, l'idrogramma di piena può essere calcolato tramite la convoluzione fra ietogramma efficace e IUH:

$$Q(t) = \int_0^t U(\tau)p(t-\tau)d\tau$$

dove:

$Q(t)$  è la portata defluente;

$p(t) = A i(t)$  con  $A$  area del bacino e  $i(t)$  pioggia netta ragguagliata sul bacino;

$$\int_0^{\infty} U(t)dt = 1$$

$U(t)$  idrogramma unitario per cui  $U(t)dt$

Il momento di primo ordine dell'IUH rispetto all'origine (baricentro), definito dalla relazione:

$$T_l = \int_0^{\infty} U(t)dt = 1$$

viene detto tempo di ritardo (lag)  $T_l$ .

Ad esempio, l'idrogramma unitario di Nash ha la seguente formulazione:

$$U(t) = \frac{1}{k\Gamma(n)} \left(\frac{t}{k}\right)^{(n-1)} e^{-\left(\frac{t}{k}\right)}$$

In questo schema il tempo di ritardo è dato dal prodotto  $nk$  (pari proprio alla media dell'idrogramma unitario).

I parametri  $n$ ,  $k$  e  $T_l$  dell'idrogramma unitario di Nash sono stati ricavati sulla base delle caratteristiche geomorfologiche del reticolo idrografico, mediante le seguenti espressioni:

$$n = 3.29 (R_b/R_a)^{0.78} R_l^{0.07}$$

$$k = 0.7 [R_a/(R_b R_l)]^{0.48} L_c/v$$

$$T_l = 2.3 \left(\frac{R_b}{R_a}\right)^{0.3} R_l^{-0.41} \frac{L_c}{v}$$

in unità congruenti, dove:

$R_b$  = rapporto di biforcazione;

$R_l$  = rapporto di lunghezza;

$R_a$  = rapporto di area;

$L_c$  = lunghezza del canale principale (dalla sorgente alla sezione di interesse);

$v$  = fattore cinematico legato alla velocità della piena ("media spazio-temporale di scorrimento dell'acqua o di propagazione dell'onda di piena").

I parametri geomorfologici elencati possono essere calcolati, una volta ordinato il reticolo idrografico secondo Strahler, sulla base delle seguenti note relazioni:

$$N_u = R_b^{\omega-u}$$

$$\bar{L}_u = \bar{L}_1 R_l^{u-1}$$

$$\bar{A}_u = \bar{A}_1 R_a^{u-1}$$

dove:

$\omega$  = ordine massimo del reticolo;

$N_u$  = numero delle aste di ordine  $u$ ;

$L_u$  = lunghezza media delle aste di ordine  $u$ ;

$A_u$  = area media sottesa da aste di ordine  $u$ .

La trasformazione da pioggia reale a netta adottata richiede la stima di due parametri: la perdita iniziale è schematizzata introducendo un volume unitario di perdita iniziale (indicato con  $I_a$ ) che assorbe completamente la precipitazione durante i primi momenti dell'evento (dall'istante iniziale dell'evento  $t=0$  sino all'istante  $t=t_a$ ), mentre la perdita durante l'evento viene schematizzata con una infiltrazione costante a saturazione (indicata con  $K_s$ ).

$$I_a(t) = I_a(0) + \int_0^{t_a} (P(\tau) - K_s) d\tau$$

se  $t < t_a$ :

$$P_n(t) = 0$$

$$I_a(t) = I_a$$

se  $t \geq t_a$ :

$$P_n(t) = P(t) - K_s$$

dove:

$P(t)$  = intensità di precipitazione ragguagliata sul bacino [mm/h];

$P_n(t)$  = intensità di precipitazione netta sul bacino [mm/h];

$I_a(t)$  = perdita iniziale all'istante  $t$  dell'evento [mm];

$I_a$  =  $I_a(t_a)$  volume di perdita iniziale per unità di area [mm];

$K_s$  = velocità di infiltrazione a saturazione [mm/h].

Il modello di trasferimento adottato è quello, già citato, dell'idrogramma unitario di tipo  $\Gamma(n, k)$  introdotto da Nash e caratterizzato dal parametro di forma ( $n$ ) e da quello di scala ( $k$ ).

I parametri utilizzati per il calcolo delle portate di piena risultano, in sostanza, i seguenti:

$I_a$  = volume unitario di perdita iniziale [mm];

$K_s$  = velocità di infiltrazione a saturazione [mm/h];

$n$  = parametro di forma dell'idrogramma di Nash [-];

$k$  = parametro di scala dell'idrogramma di Nash [h].

Lo studio di regionalizzazione delle portate di piena, attraverso la taratura sistematica dei dati relativi ad eventi registrati nei 42 bacini strumentati dal Servizio Idrografico, ha fornito una relazione fra i valori di  $T_l$  ed i parametri geomorfologici:

$$T_l = 0.42 \left( \frac{R_b}{R_a} \right)^{0.3} R_l^{-0.41} \frac{L_{mc}}{A^{0.075}}$$

dove  $A$  è l'area del bacino espressa in [kmq] e  $L_{mc}$  la lunghezza del reticolo [km] calcolata come cumulata delle lunghezze medie per i vari ordini gerarchici  $L_{mc}$ .

I valori di  $I_a$  e  $K_s$  nel lavoro di regionalizzazione, sono calcolati in funzione dell'uso del suolo e dalla geologia dei bacini, resi indipendenti dalle dimensioni del bacino idrografico. I parametri geomorfici provengono invece dalla gerarchizzazione secondo Strahler del reticolo idrografico sotteso per ciascuna sezione di calcolo.

#### *Dati utilizzati per i modelli idrologici*

Gli idrogrammi di piena relativi agli scenari di calcolo ipotizzati per i bacini relativi ai corsi d'acqua di acque alte oggetto di studio sono stati calcolati utilizzando i dati già disponibili nel modello

AL.TO., ricalcolando, dove necessario, le aree sottese alle sezioni di chiusura dei bacini idrografici immediatamente a monte della sezione di inizio del tratto oggetto di studio.

Nella Tavola 01 sono riportati i bacini oggetto di studio.

I dati occorrenti per il modello IDRARNO sono, per ogni sottobacino:

- **Area** - superficie del bacino (kmq)
- **la** - perdita iniziale (mm)
- **Ks** - velocità di infiltrazione a saturazione (mm/h)
- **N** - parametro di forma dell'idrogramma di Nash
- **K** - parametro di scala dell'idrogramma di Nash (h)
- **Cpp\_a1** - parametro della curva di possibilità pluviometrica per durate < 1 h
- **Cpp\_n1** - parametro della curva di possibilità pluviometrica per durate < 1 h
- **Cpp\_m1** - parametro della curva di possibilità pluviometrica per durate < 1 h
- **Cpp\_a** - parametro della curva di possibilità pluviometrica per durate > 1 h
- **Cpp\_n** - parametro della curva di possibilità pluviometrica per durate > 1 h
- **Cpp\_m** - parametro della curva di possibilità pluviometrica per durate > 1 h
- **Qbase** - Portata di base (mc/s) – parametro opzionale
- **Sezione** - nome della sezione a valle della confluenza
- **Qmax** - Portata massima (mc/s) su cui troncare l'idrogramma – parametro opzionale

I parametri relativi alla distribuzione statistica delle precipitazioni ed i parametri la, Ks, N, K sono stati ripresi dai dati disponibili nel modello AL.TO.. Il parametro Area è stato valutato su base cartografica.

Nella seguente tabella sono riportati i dati utilizzati nei calcoli e che vanno a costituire il file “.idr” di input del software IDRARNO. Rispetto ai dati presenti nel modello AL.TO., sono stati modificati quelli relativi ai parametri delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, a seguito di aggiornamento nell'anno 2012 da parte della Regione Toscana e dell'Università degli Studi di Firenze. Nel dettaglio i dati inseriti sono stati ripresi dal sito del Settore Idrologico Regionale nella forma classica della linea segnalatrice di possibilità pluviometrica  $h=a \cdot t^n$  per gli scenari con tempi di ritorno di 30 e 200 anni, e durata dell'evento superiore all'ora, non essendo disponibili i dati relativi a durate inferiori. Ne consegue che nel file “.idr” sono stati riportati valori nulli del parametro “m” e gli stessi valori per “a” ed “n” sia per durate superiori che inferiori all'ora.

I dati relativi al bacino del Rio dei Bagni sono stati inseriti uguali a quelli del torrente Vella codice Bac\_Arno12085 vista l'adiacenza geografica.

Nome	Area	la	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
VELLA	1.67	20.9	1.86	2.45	0.11	49.572	0.28981	0	49.572	0.28981	0
RIO_DEI_BAGNI	2.2	20.9	1.86	2.45	0.11	49.175	0.30686	0	49.175	0.30686	0
IO-A1	5.49	16.28	0	2.491	0.299	49.175	0.30686	0	49.175	0.30686	0
IO-A2	1.52	12.408	0.335	2.4	0.105	49.175	0.30686	0	49.175	0.30686	0

La ricostruzione degli idrogrammi di piena per ciascun bacino individuato è stata eseguita, in ottemperanza alle normative vigenti, con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni.

Sono stati indagati 2 diversi tempi di precipitazione, 0.5 e 2 ore, al fine di tenere conto delle condizioni più critiche per i bacini in esame.

Per quanto riguarda il torrente Vella l'idrogramma ricostruito è stato suddiviso in due contributi in modo proporzionale rispetto alle aree dei sottobacini interessati.

Di seguito si riportano gli idrogrammi inseriti nel modello idraulico ricostruito con il software Hec-Ras 5.1.0.

### ***Torrente Vella – Idrogramma di monte***

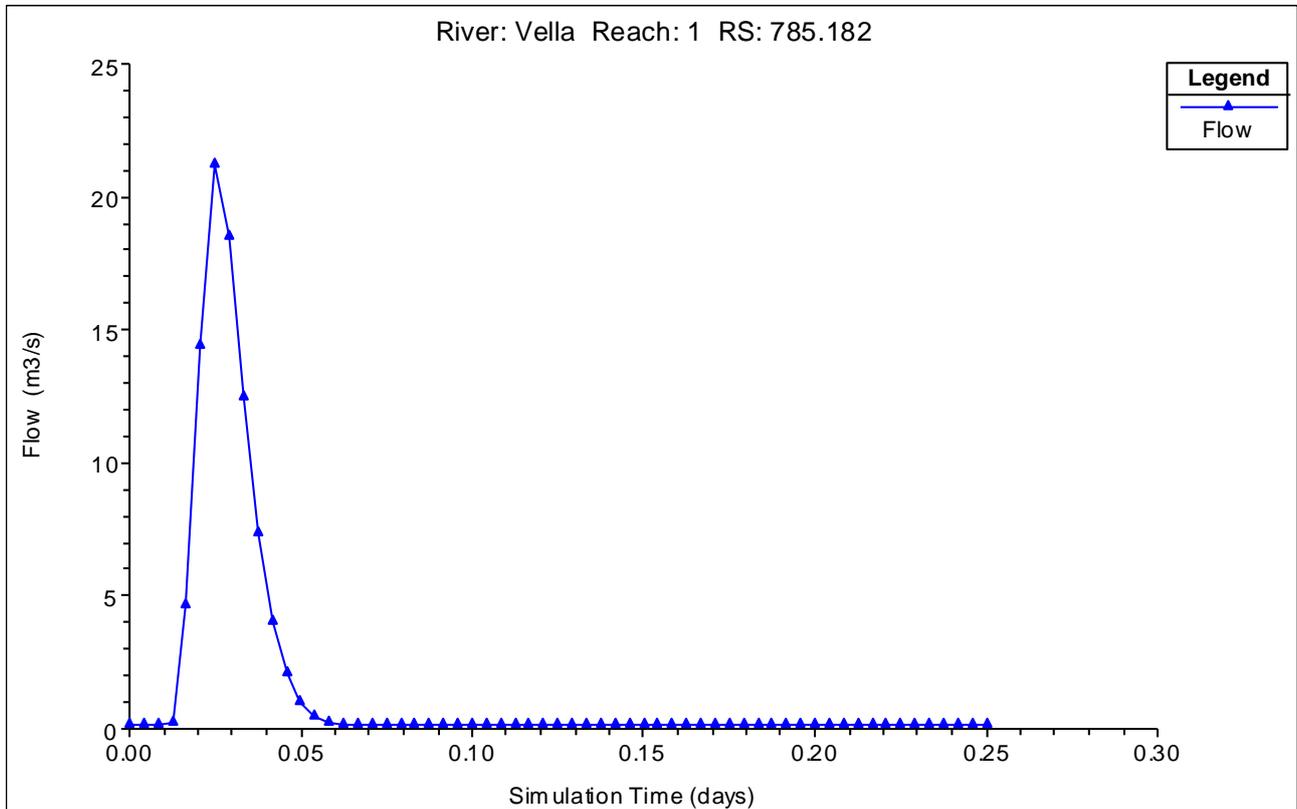


FIGURA 7. IDROGRAMMA PER TR30 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 30 MIN

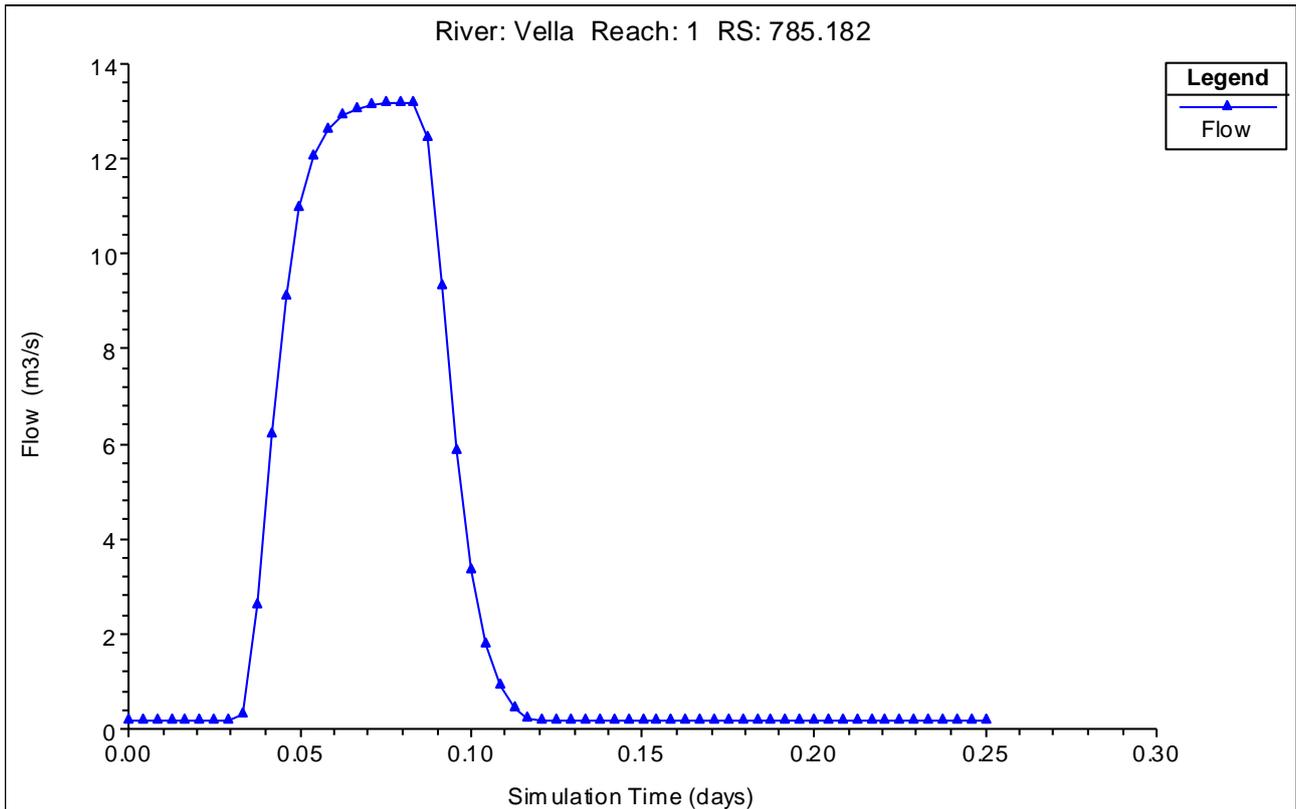


FIGURA 8. IDROGRAMMA PER TR30 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 120 MIN

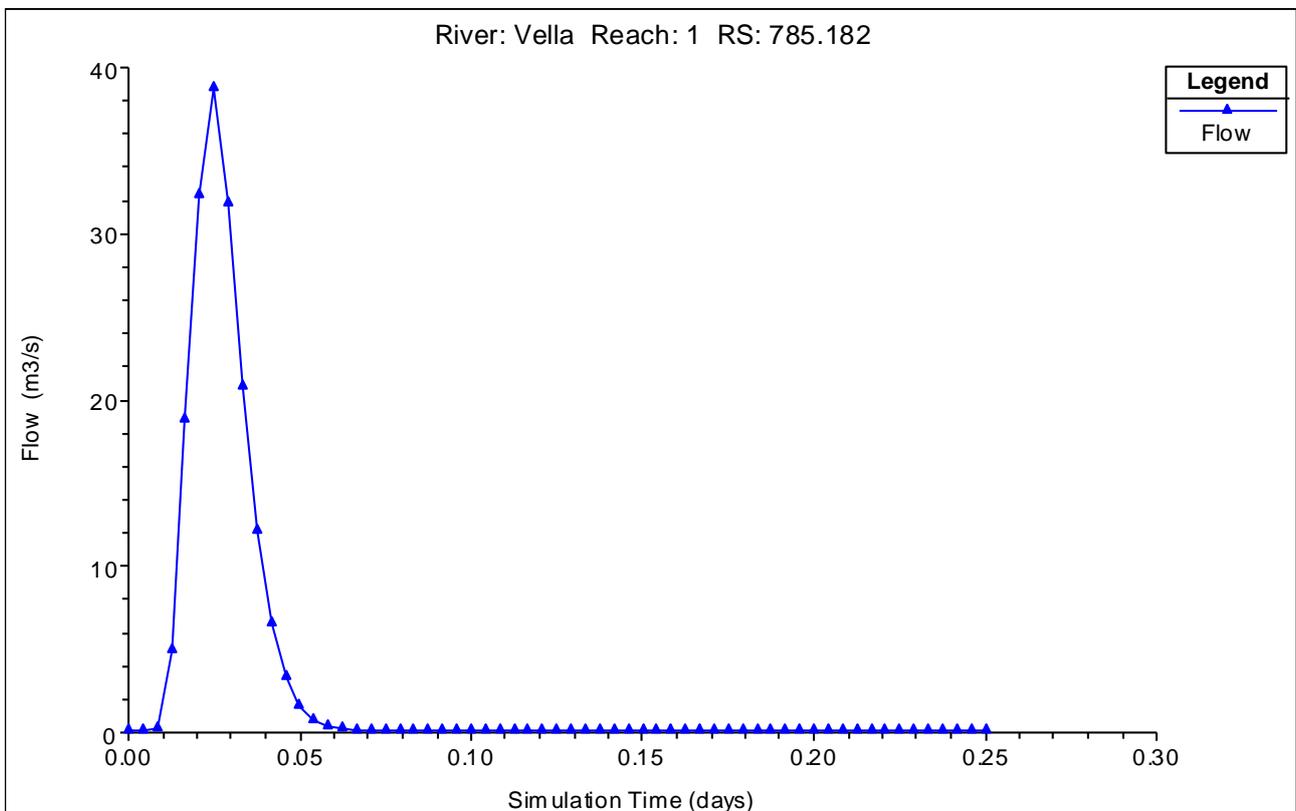


FIGURA 9. IDROGRAMMA PER TR200 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 30 MIN

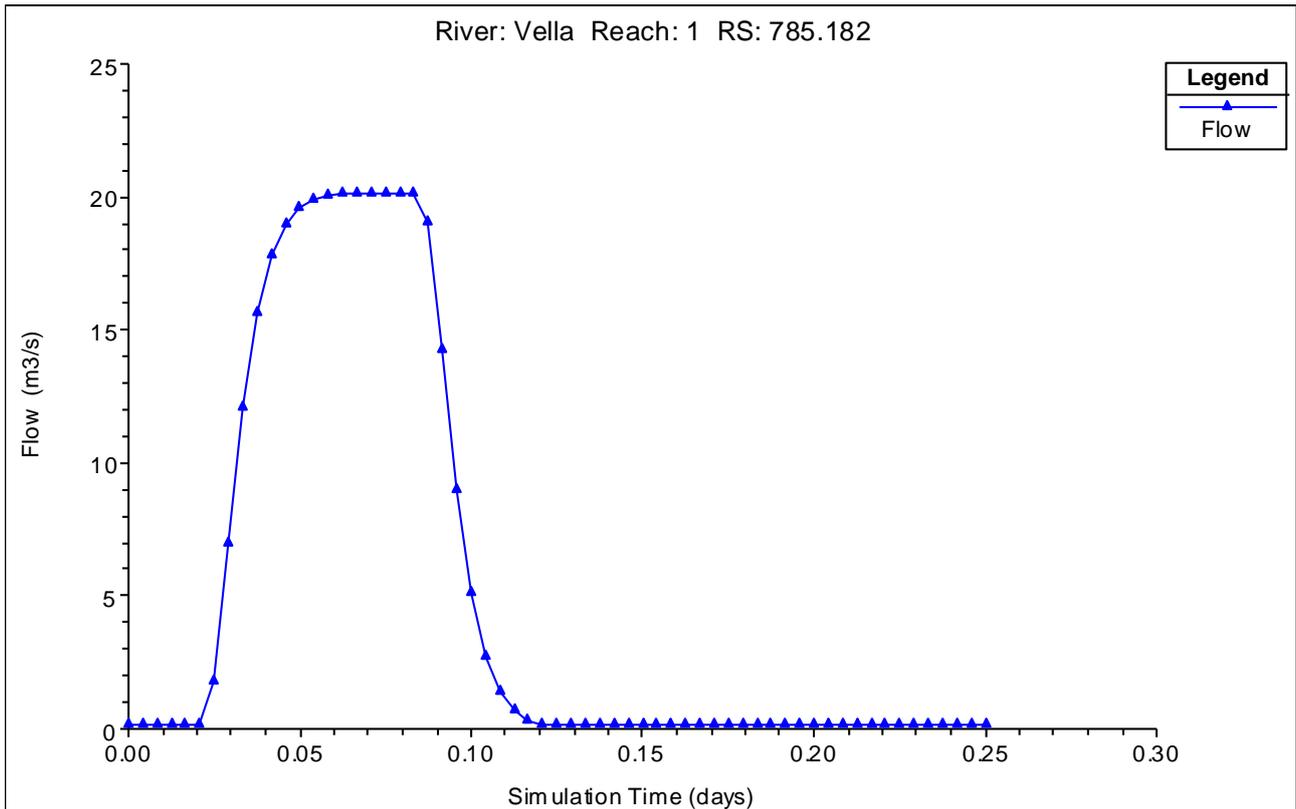


FIGURA 10. IDROGRAMMA PER TR200 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 120 MIN

**Torrente Vella – Idrogramma contributo laterale**

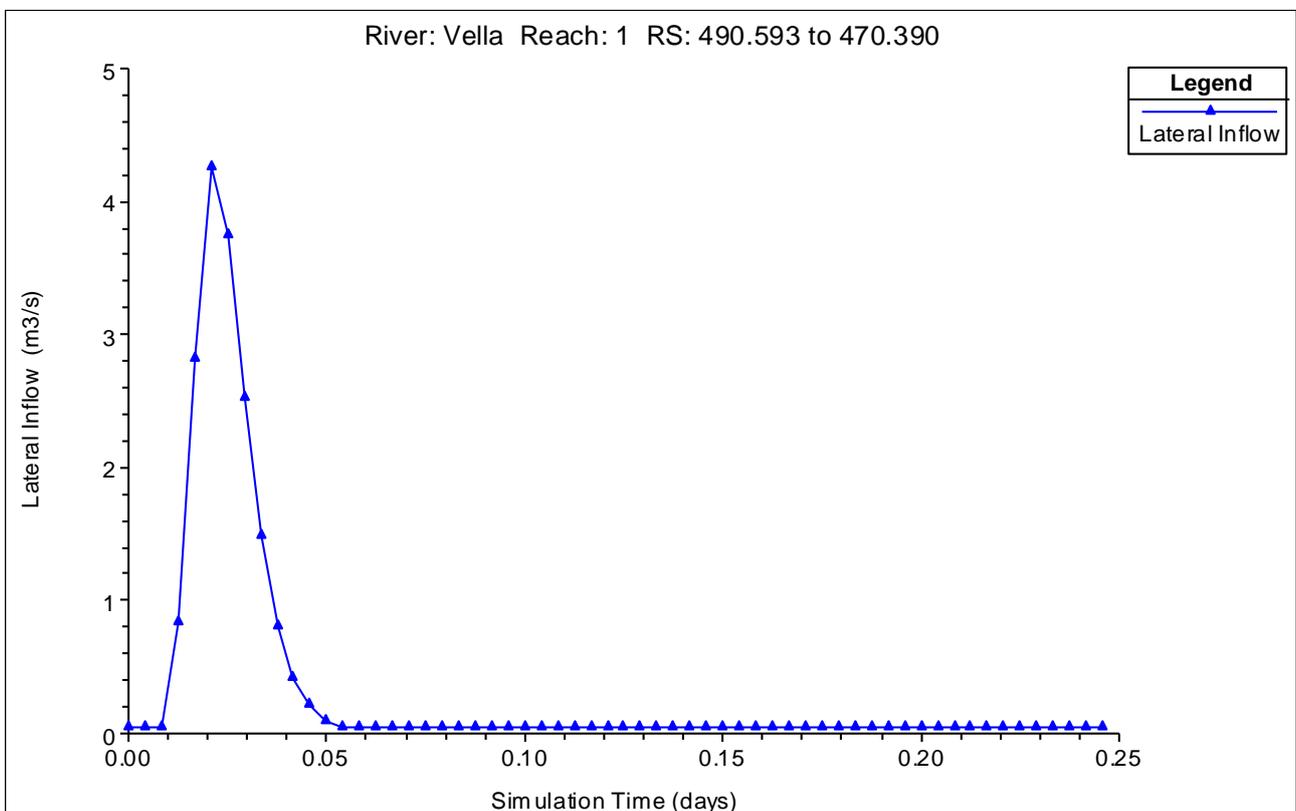


FIGURA 11. IDROGRAMMA PER TR30 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 30 MIN

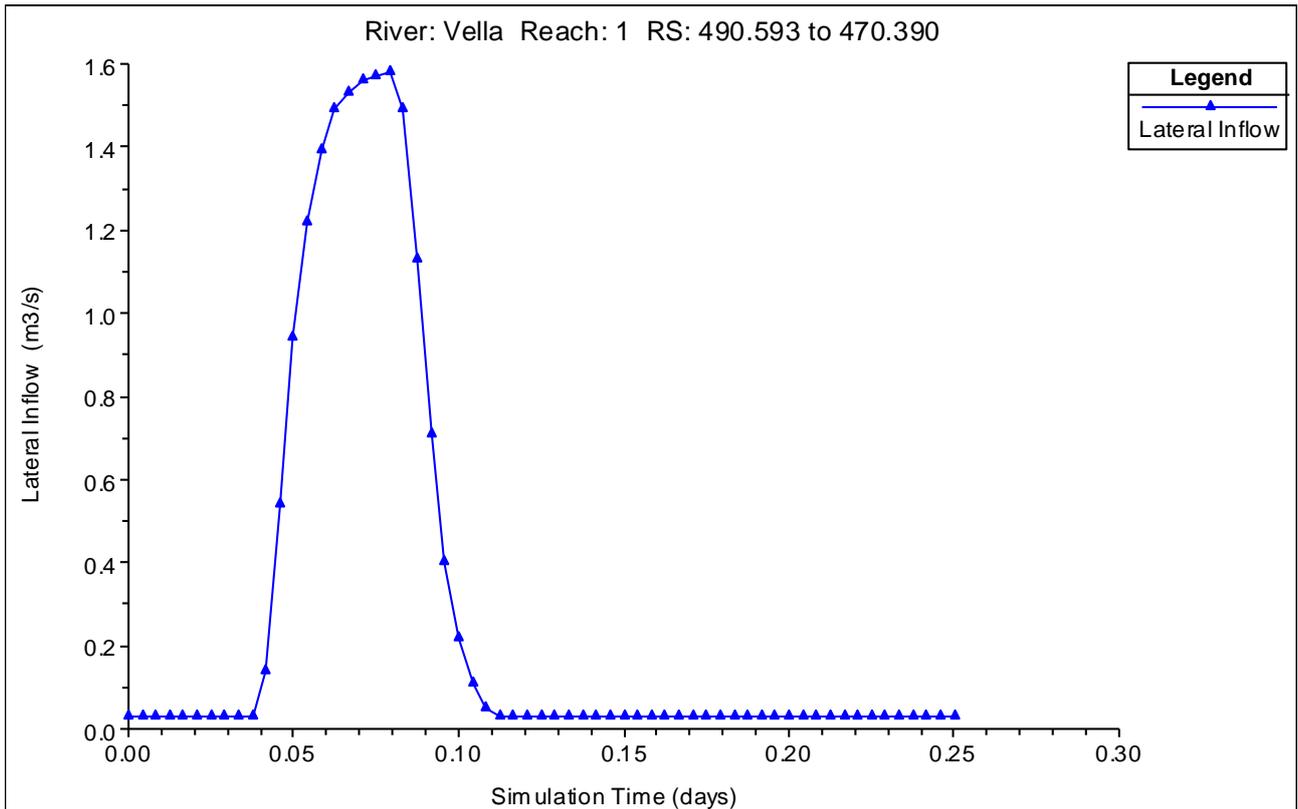


FIGURA 12. IDROGRAMMA PER TR30 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 120 MIN

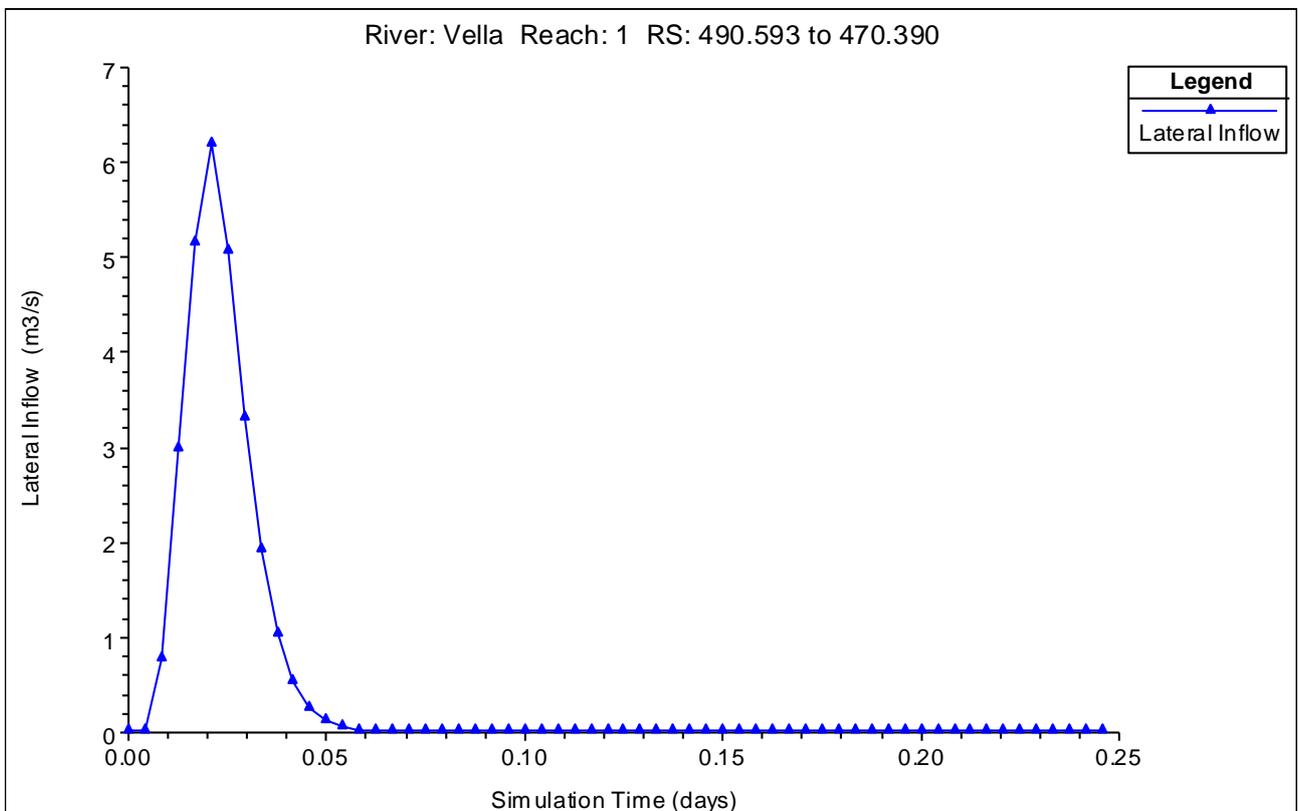


FIGURA 13. IDROGRAMMA PER TR200 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 30 MIN

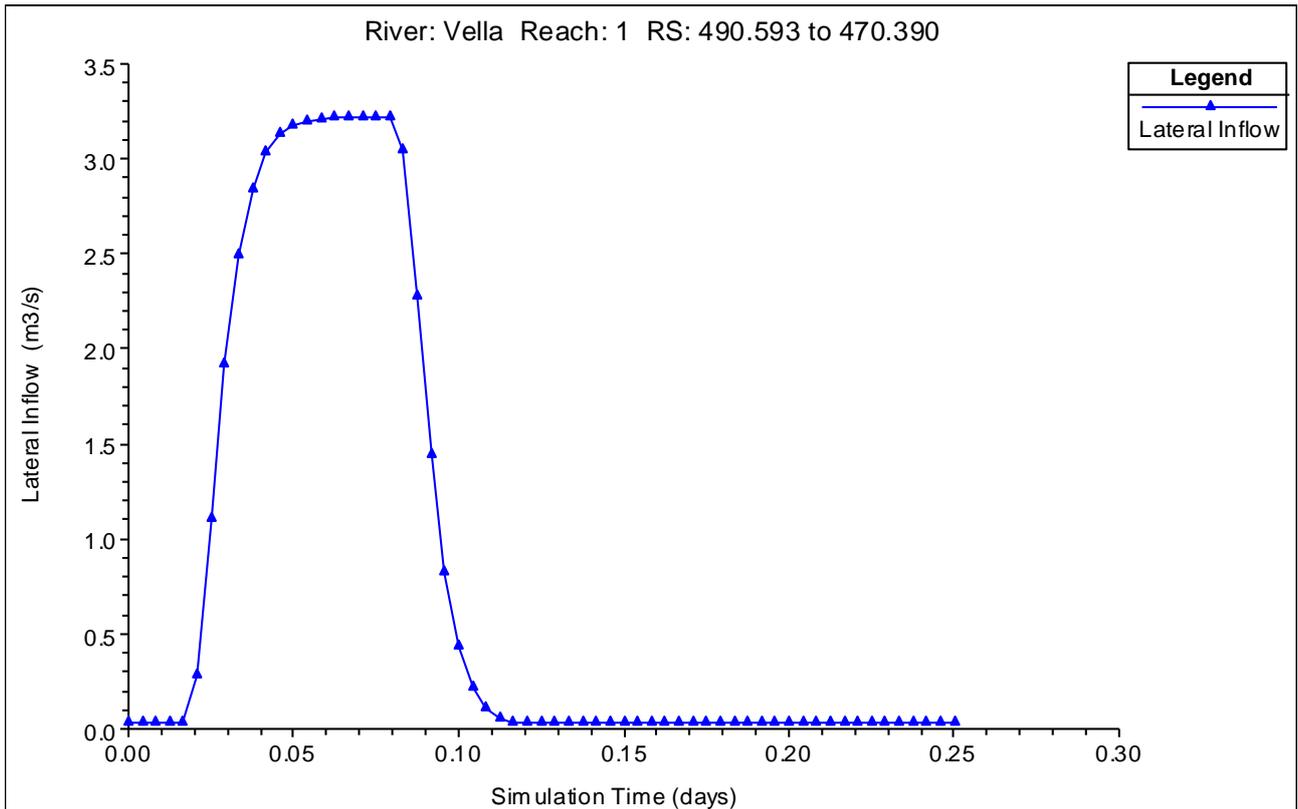


FIGURA 14. IDROGRAMMA PER TR200 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 120 MIN

### Rio dei Bagni

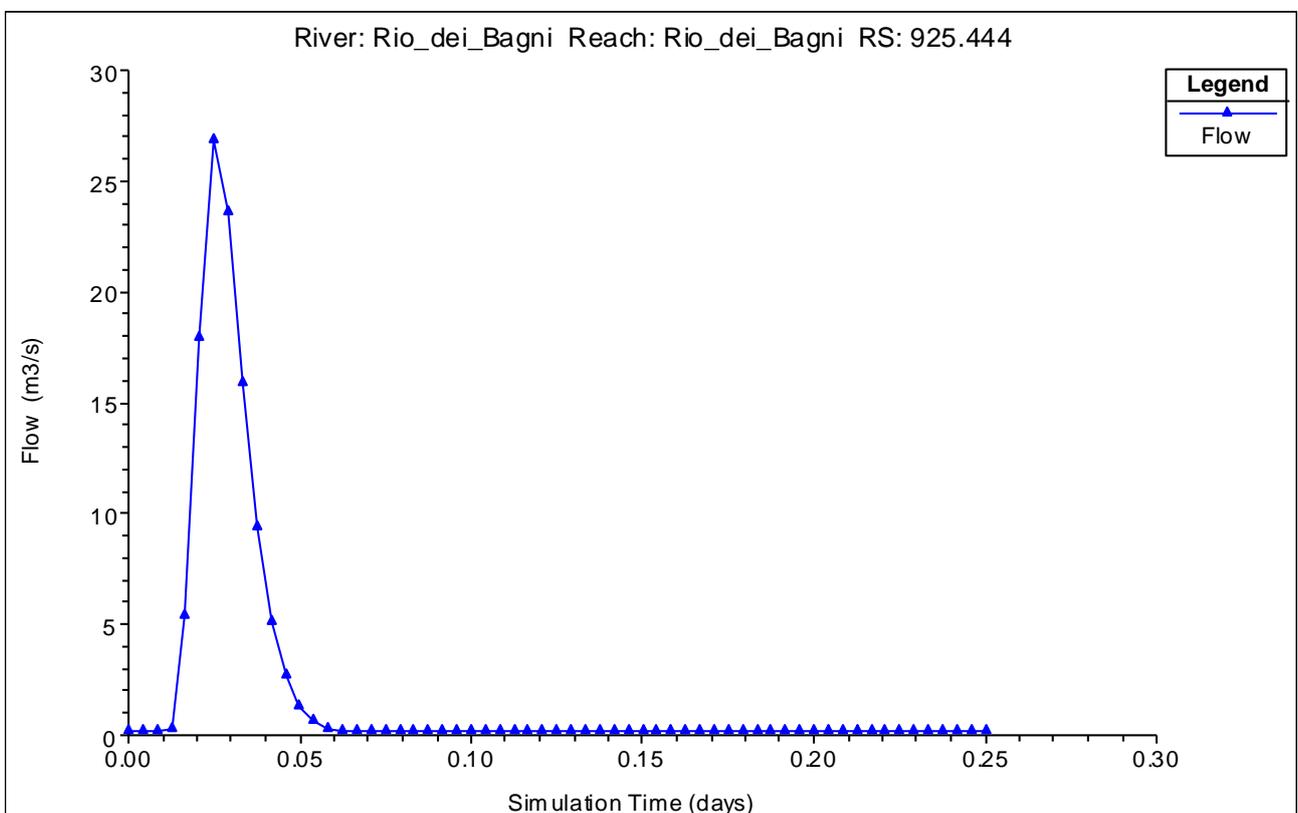


FIGURA 15. IDROGRAMMA PER TR30 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 30 MIN

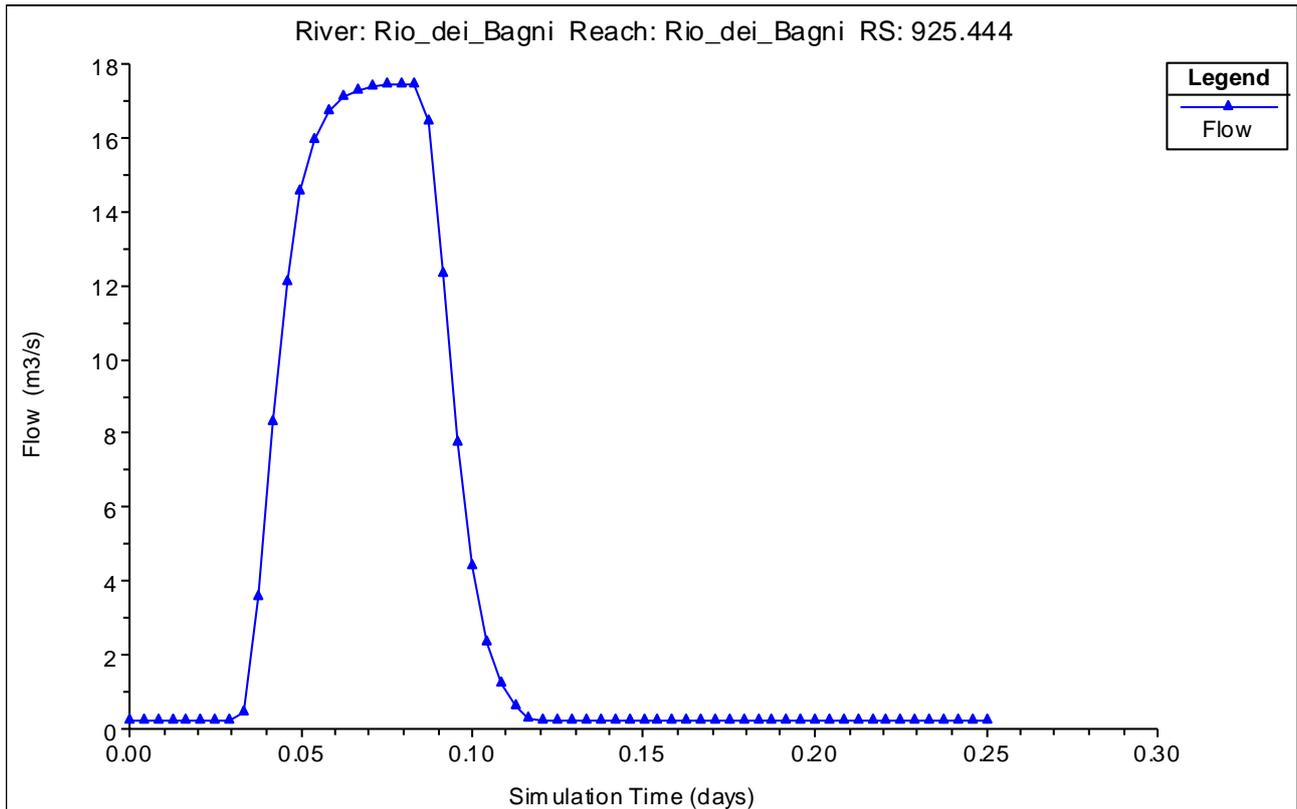


FIGURA 16. IDROGRAMMA PER TR30 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 120 MIN

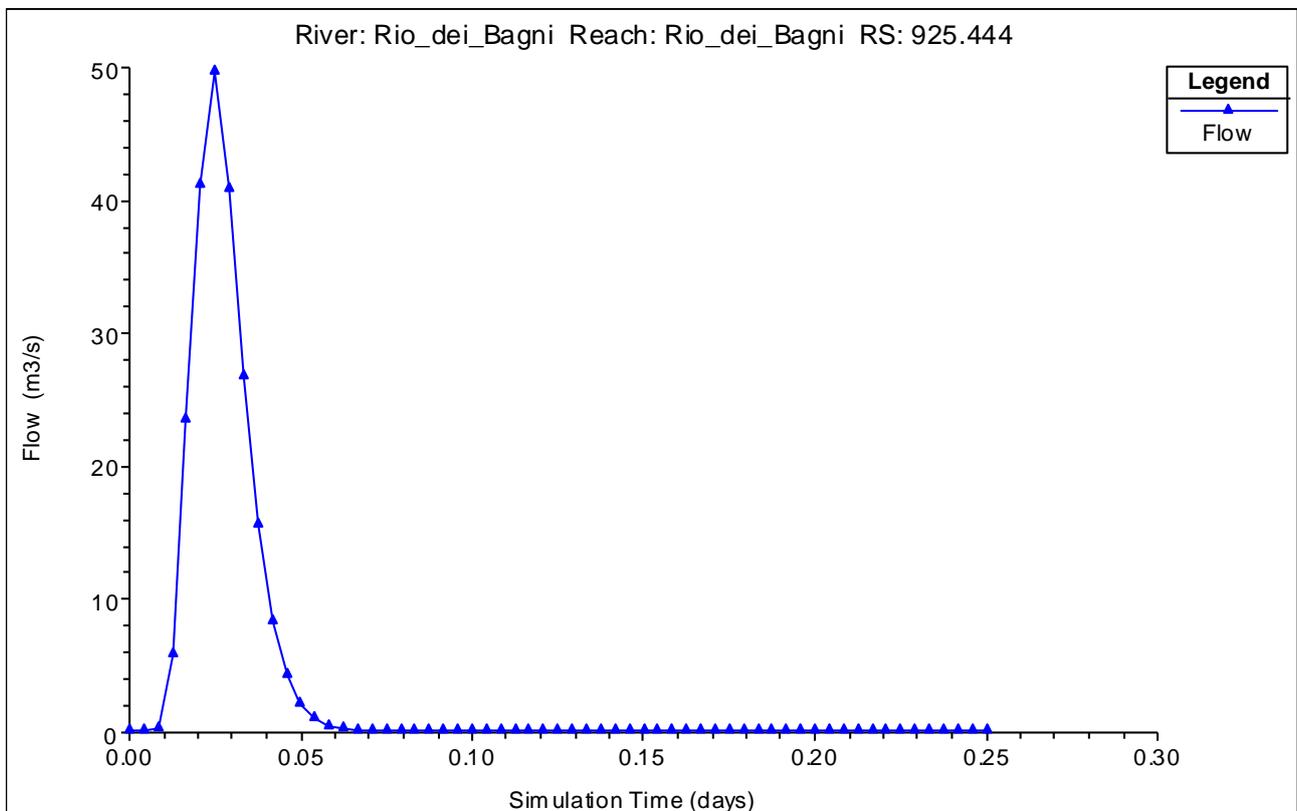


FIGURA 17. IDROGRAMMA PER TR200 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 30 MIN

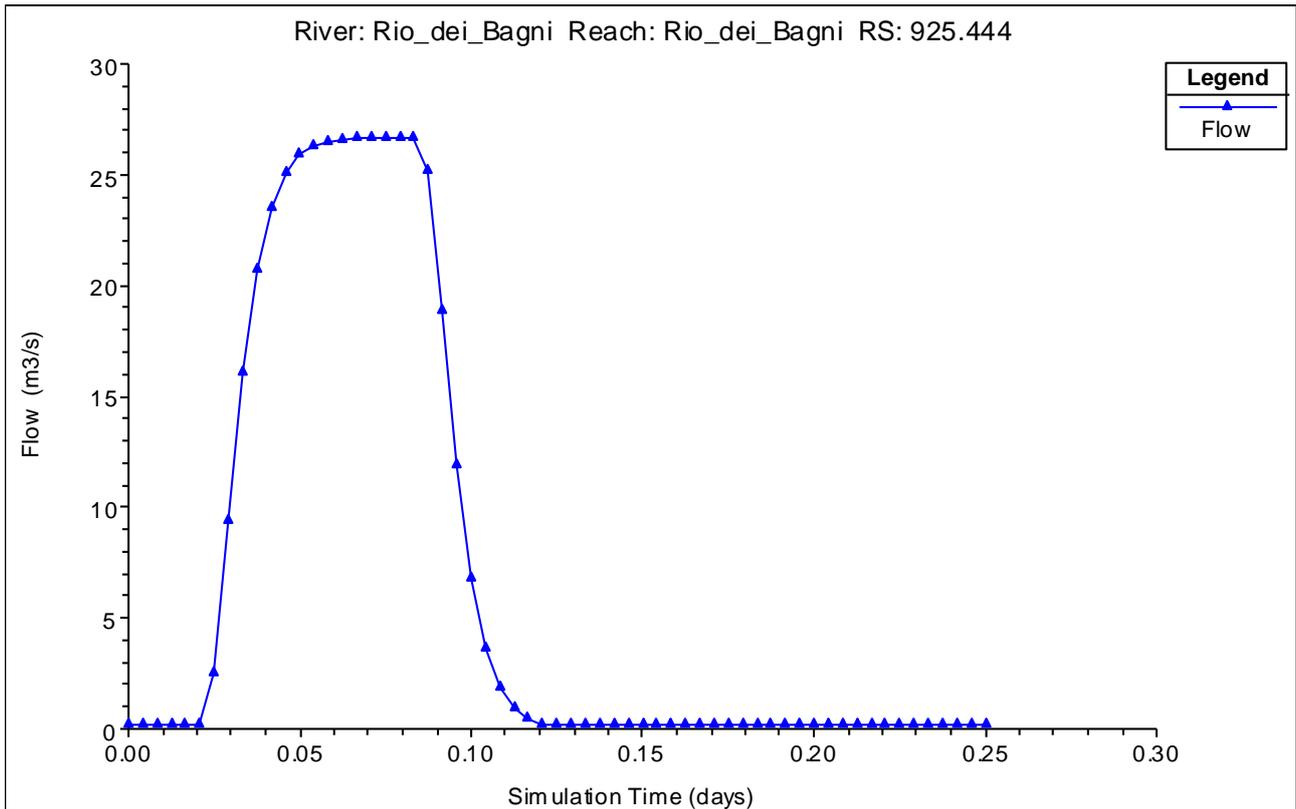


FIGURA 18. IDROGRAMMA PER TR200 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 120 MIN

### Torrente Iolo – Idrogramma di monte

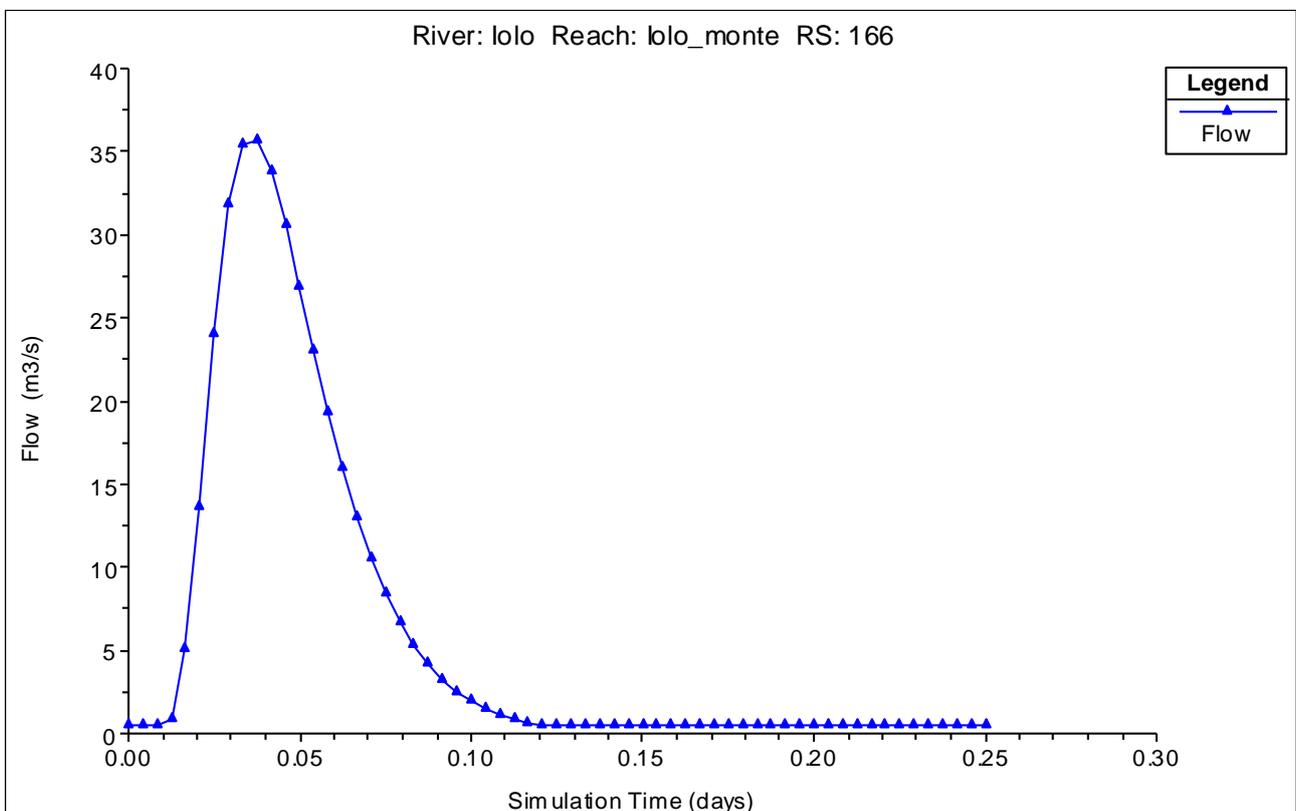


FIGURA 19. IDROGRAMMA PER TR30 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 30 MIN

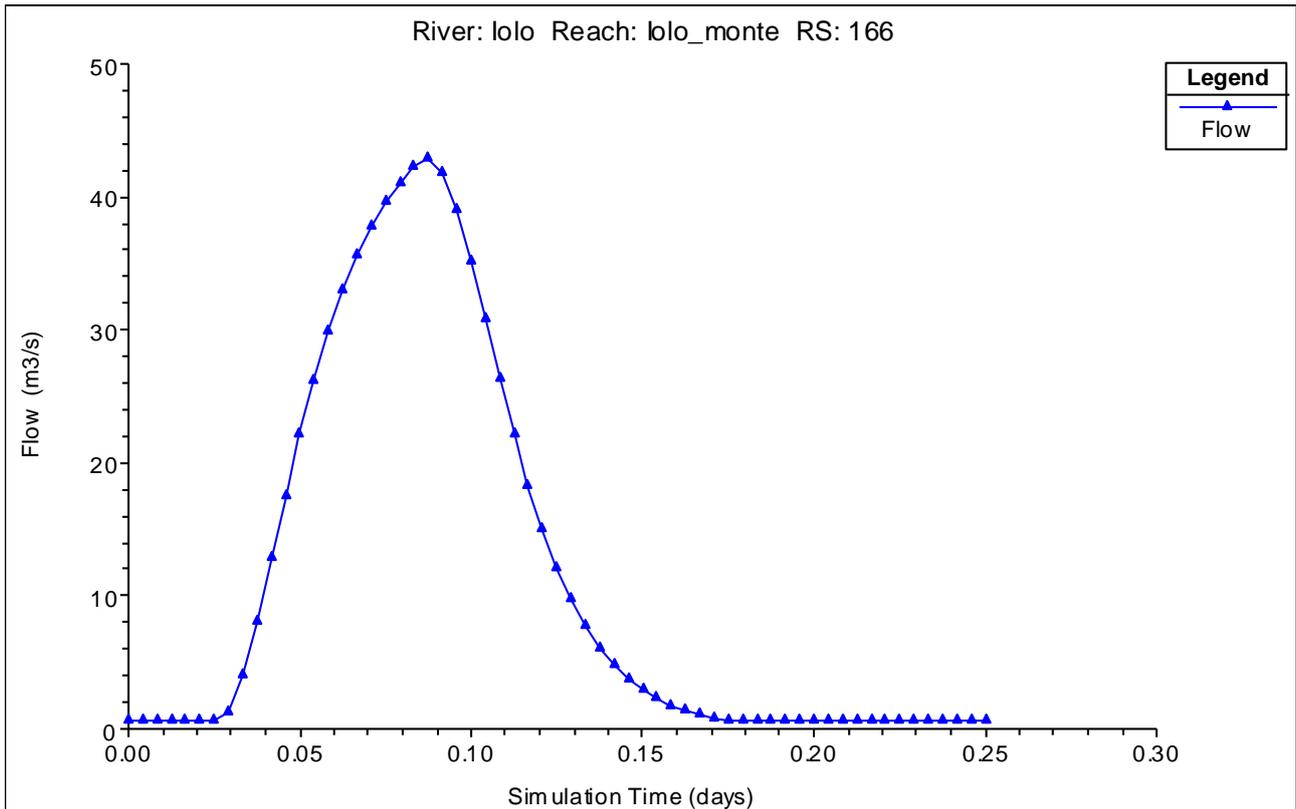


FIGURA 20. IDROGRAMMA PER TR30 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 120 MIN

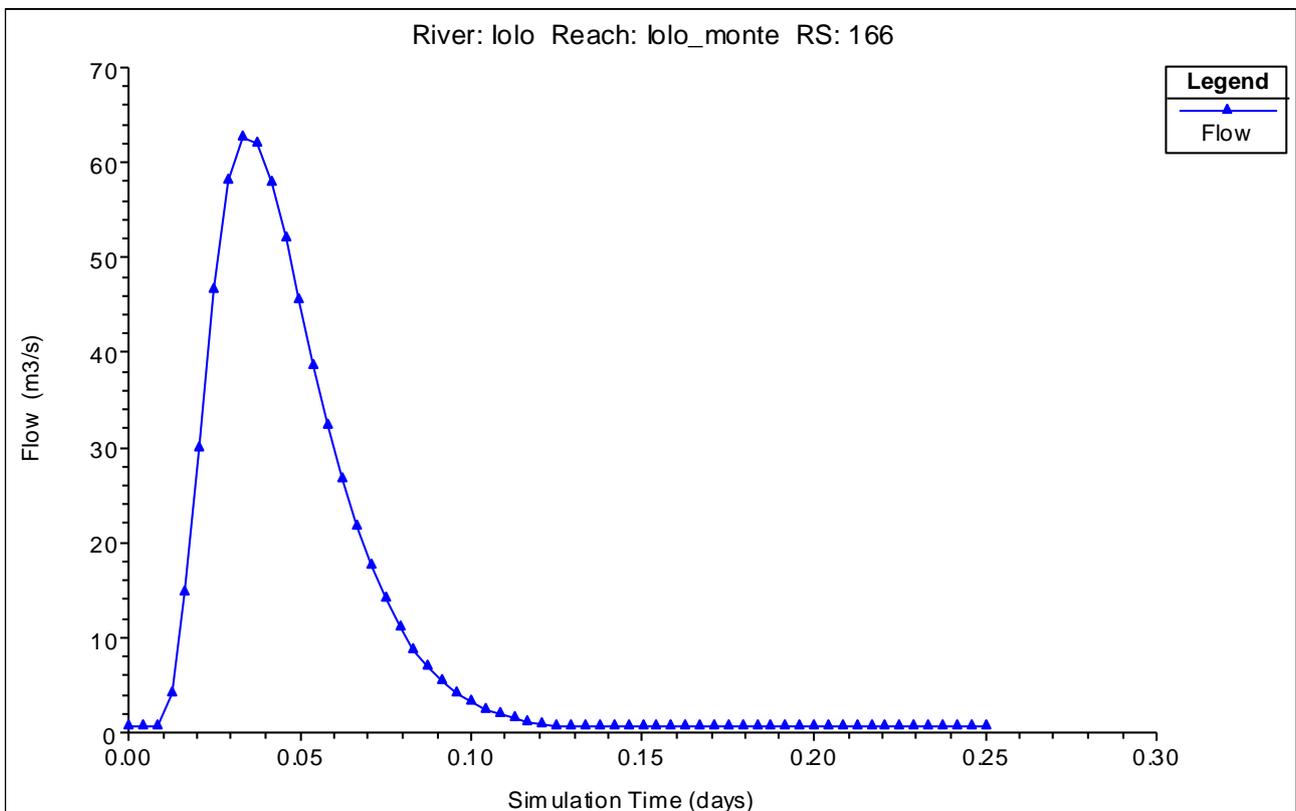


FIGURA 21. IDROGRAMMA PER TR200 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 30 MIN

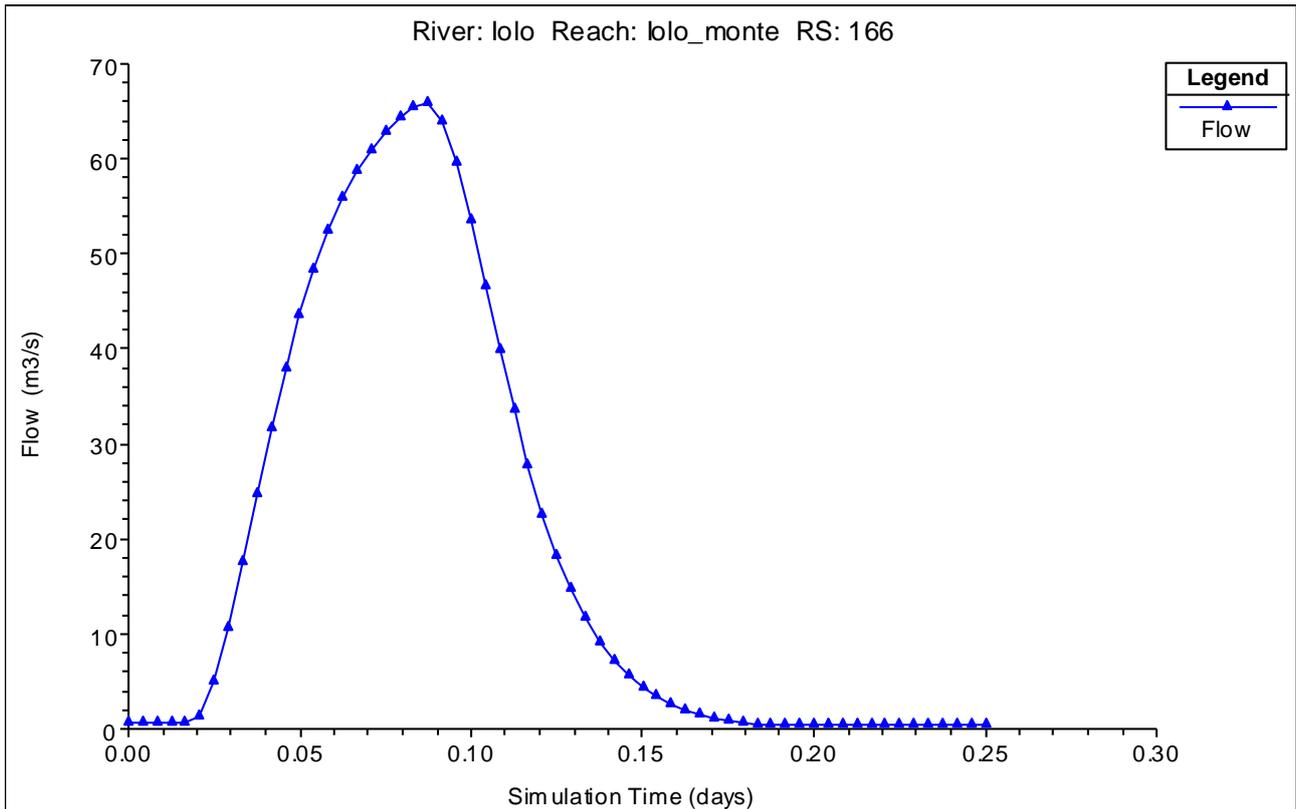


FIGURA 22. IDROGRAMMA PER TR200 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 120 MIN

**Torrente lolo – Idrogramma contributo laterale uniformemente distribuito**

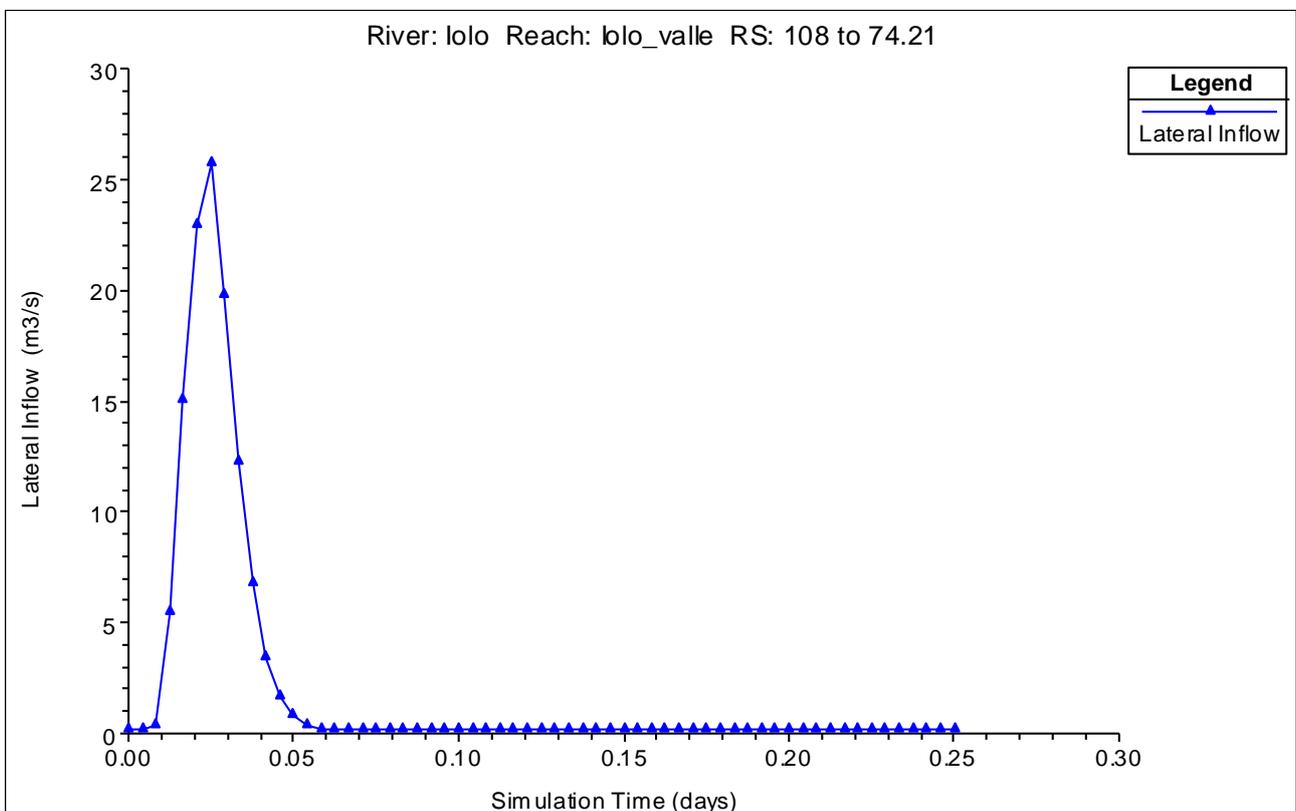


FIGURA 23. IDROGRAMMA PER TR30 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 30 MIN

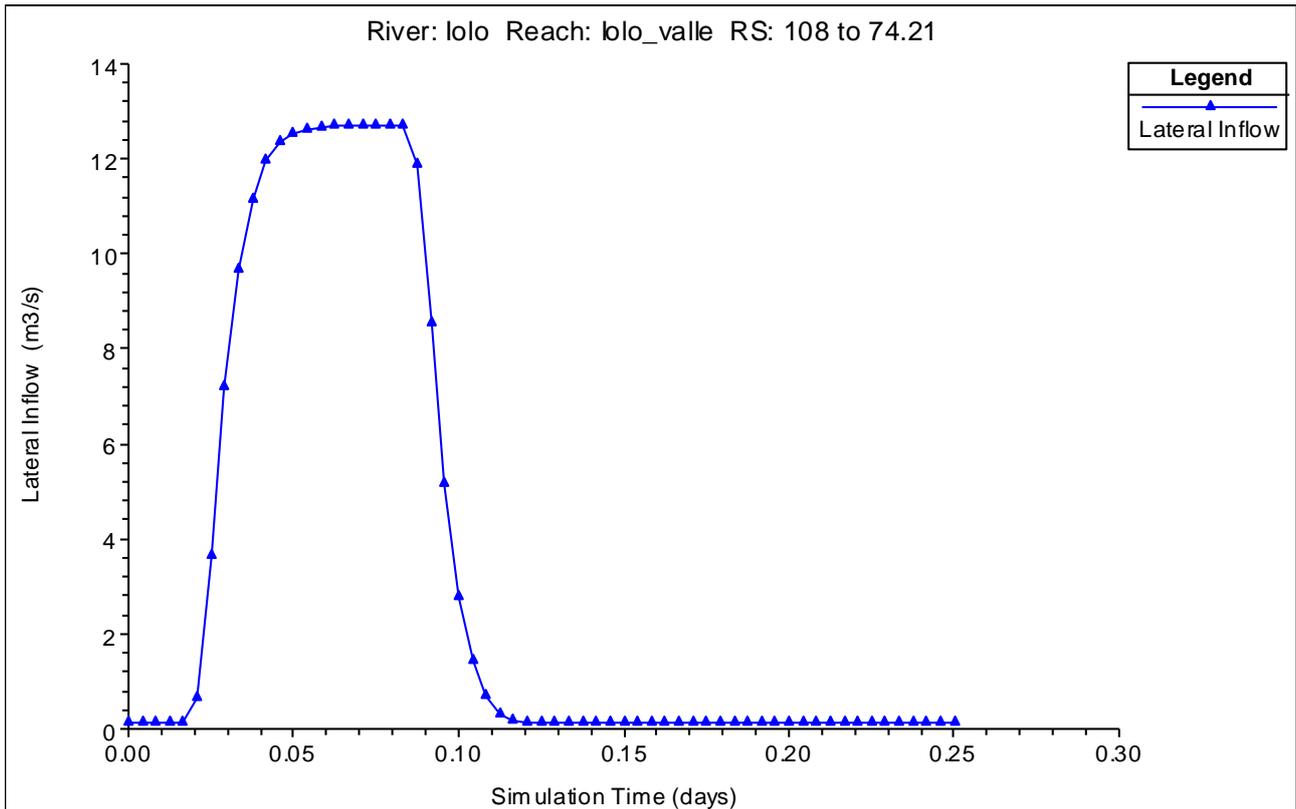


FIGURA 24. IDROGRAMMA PER TR30 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 120 MIN

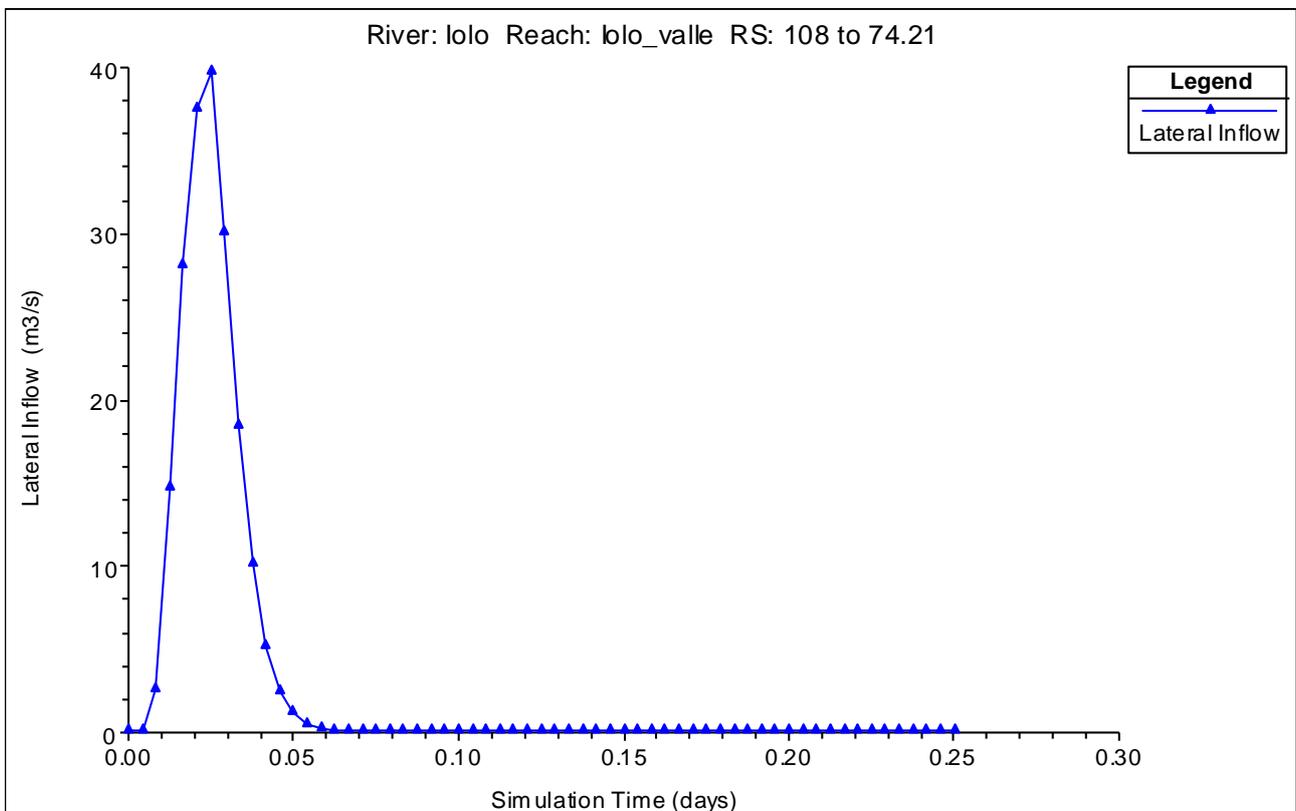


FIGURA 25. IDROGRAMMA PER TR200 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 30 MIN

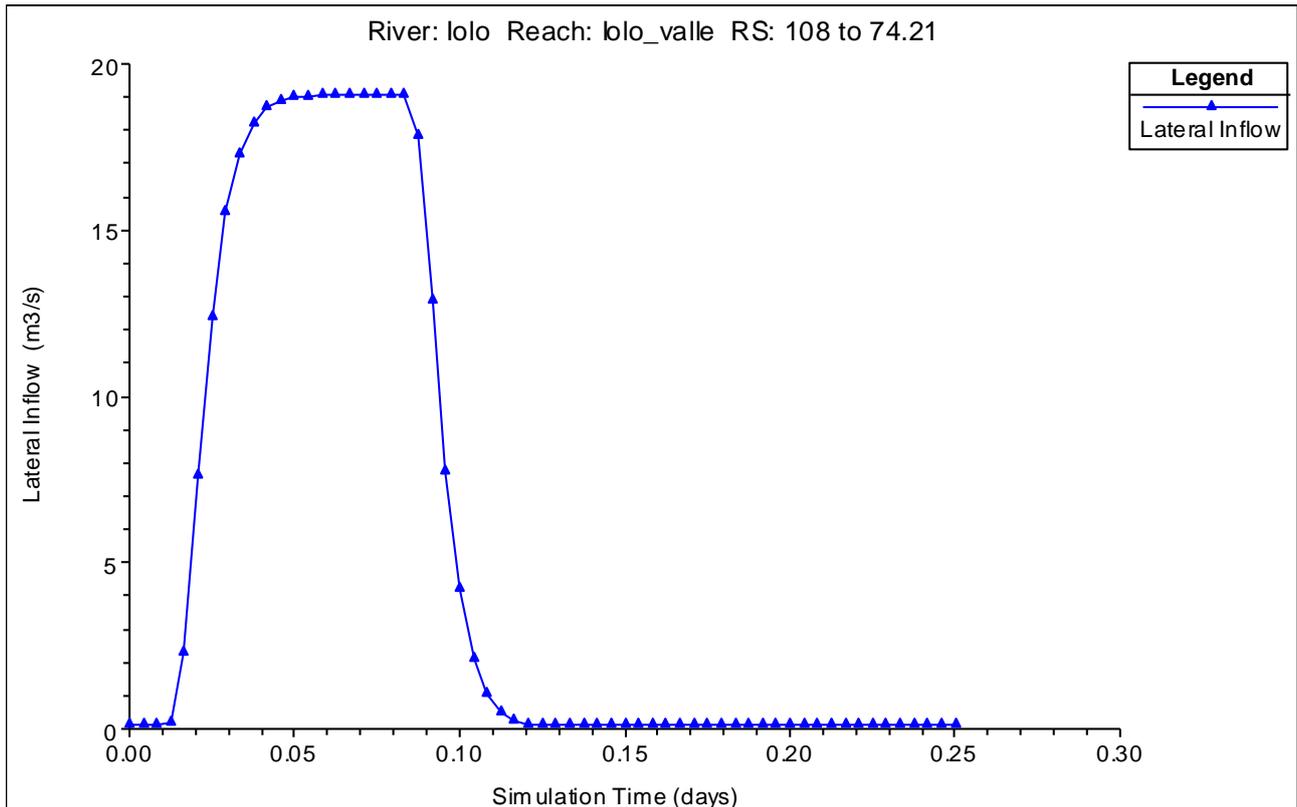


FIGURA 26. IDROGRAMMA PER TR200 ANNI E DURATA DELL'EVENTO PARI A 120 MIN

## 7 ANALISI IDRAULICA

La modellazione idraulica è stata effettuata con il software Hec-Ras 5.0.1 che unisce alla classica modellazione mono-dimensionale dei corsi d'acqua la modellazione bi-dimensionale delle esondazioni a campagna.

Con il software Hec-Ras 5.0.1 è possibile modellare le aree di potenziale esondazione sulla base del DTM LIDAR suddividendo il territorio in celle di forma poligonale con un numero massimo di lati pari ad otto. A differenza di altri software bi-dimensionali, la singola cella creata in Hec-Ras 5.0.1 non presenta una superficie planare caratterizzata da un'unica quota di fondo costante ottenuta mediando le quote all'interno del suo perimetro, ma presenta la stessa superficie del DTM di base, che nel caso in esame ha una maglia di punti di 1m x 1m. I calcoli idraulici del passaggio dell'acqua da una cella a quella adiacente sono effettuati sulla base della geometria delle sezioni relative alle facce delle celle e delle curve d'invaso proprie delle singole celle.

Poiché la campitura finale delle aree allagate viene eseguita sulla base dei volumi d'invaso e di un unico valore del livello idrometrico per ogni cella, si può verificare che nella restituzione finale le celle caratterizzate da una pendenza significativa, che vengono interessate per la totalità della superficie dal transito dell'acqua, possono presentare la campitura della sola porzione più depressa. Per quanto sopra, ne consegue che su alcune aree di transito la restituzione grafica dei battenti può presentare discontinuità della campitura; di tale aspetto ne dovrà essere tenuto di conto nella redazione di carte di pericolosità idraulica.

Di seguito si riporta la schematizzazione dei corsi d'acqua oggetto di studio e delle aree di potenziale esondazione restituita sulla base DTM LIDAR con cerchiata in rosso l'area circostante il lotto oggetto di intervento edilizio.

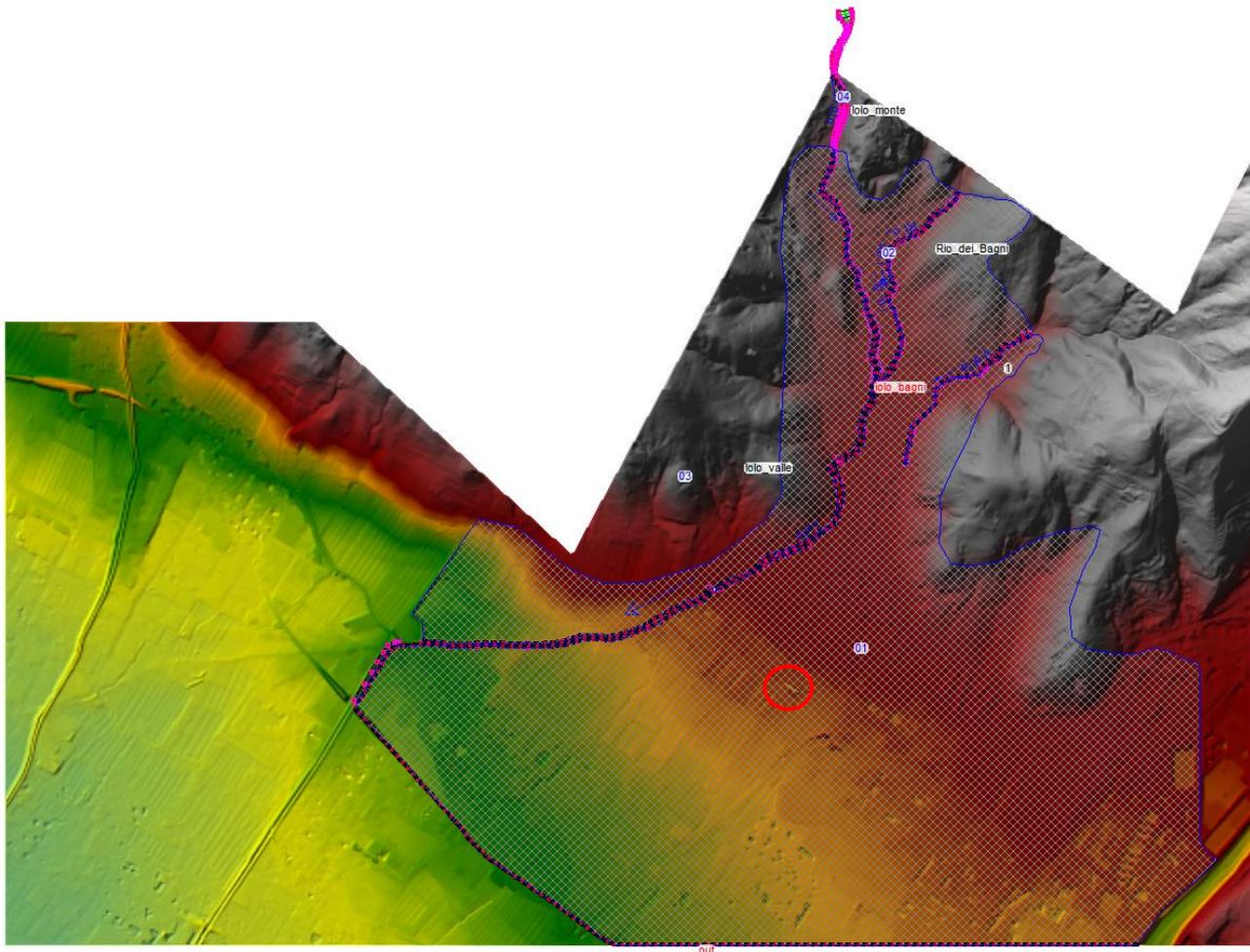


FIGURA 27. SCHEMATIZZAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO CON CERCHIATA IN ROSSO L'AREA CIRCONSTANTE IL LOTTO OGGETTO DI INTERVENTO EDILIZIO

La modellazione idraulica è stata effettuata sulla base di quella realizzata a supporto del Piano Strutturale del Comune di Prato utilizzando i dati topografici disponibili dei corsi d'acqua analizzati e implementando il modello con i dati del DTM LIDAR per le aree a campagna.

Sono state create due geometrie per la modellazione idraulica, una per lo stato attuale e una per lo stato di progetto, che si differenziano solo per il DTM di base utilizzato nelle simulazioni. Nel dettaglio quella relativa allo stato di progetto ha il piano campagna del lotto di intervento rialzato a quota di sicurezza idraulica. Di seguito si riportano gli ingrandimenti dell'area in esame allo stato attuale e allo stato di progetto. Come si nota nelle figure seguenti si è cautelativamente considerato come lotto protetto tutta l'area interessata dall'intervento, seppur quella effettivamente protetta risulti di dimensioni inferiori, come rappresentato nei paragrafi precedenti. In questo modo infatti risultano sovrastimati, a favore di sicurezza, gli eventuali effetti di aggravio del rischio per le aree limitrofe.



FIGURA 28. DTM ALLO STATO ATTUALE

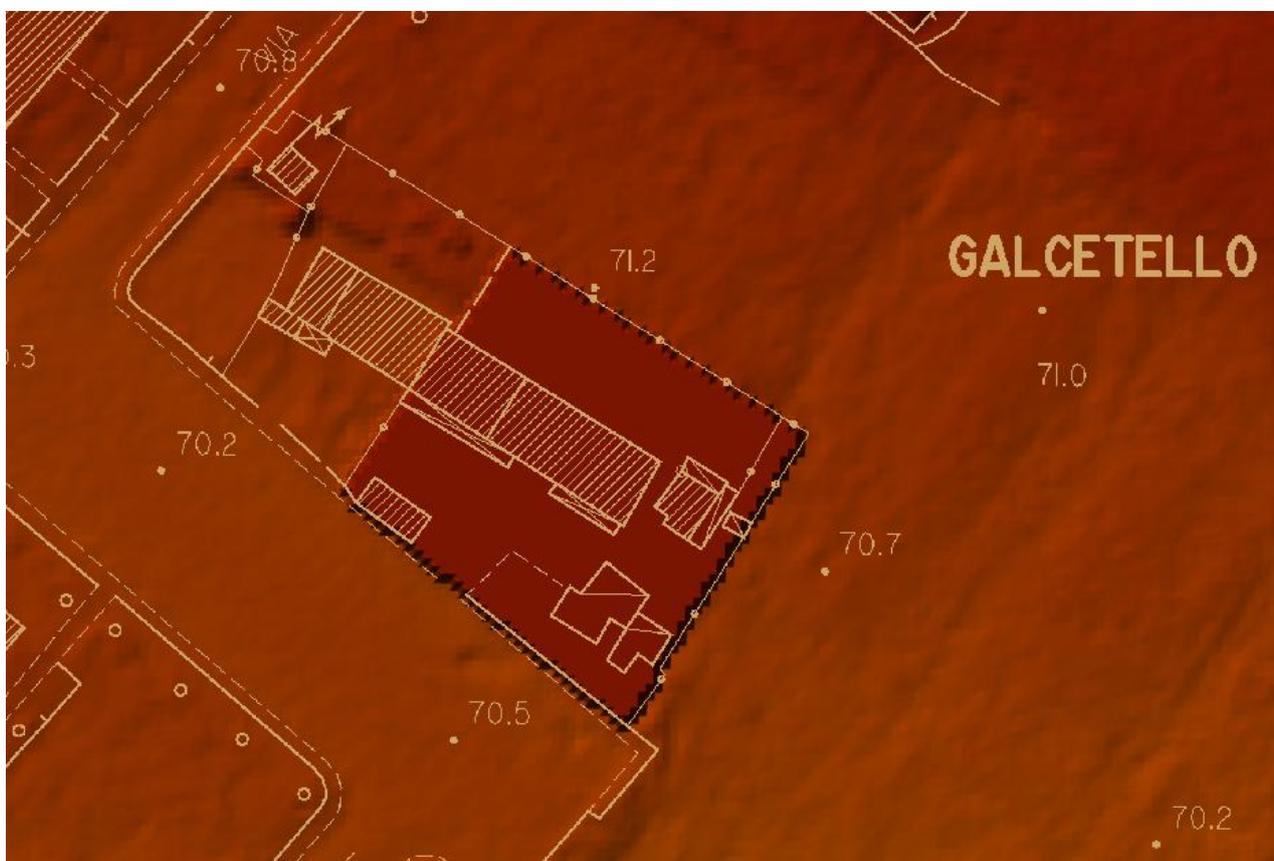


FIGURA 29. DTM ALLO STATO DI PROGETTO

Alle celle dell'area di potenziale esondazione che ricadono sull'area occupata dall'edificio esistente oggetto di intervento edilizio è stato assegnato un valore del coefficiente di scabrezza secondo Manning pari a 10 al fine di schematizzare l'ostruzione al transito dell'acqua che si genera per la presenza dell'edificio.

Le condizioni al contorno utilizzate sono gli idrogrammi di piena precedentemente riportati per quelle di monte e la "normal depth" assunta pari a circa la pendenza del fondo alveo per quelle di valle.

## 8 RISULTATI

Dai risultati delle simulazioni idrauliche si evince che l'area oggetto di intervento edilizio è interessata, per tutti gli scenari analizzati, da allagamenti di transito delle acque esondate dal torrente Iolo e fosso Vella. L'altezza del battente di transito nell'area in esame è inferiore a 30 cm in tutti gli scenari oggetto di simulazione. Di seguito si riportano degli estratti delle mappe di allagamento risultanti dalle simulazioni effettuate in Hec-Ras con riportati i "Particle Tracing" che sono i tracciati dei transiti delle particelle d'acqua esondata e cerchiato in rosso il lotto di intervento.

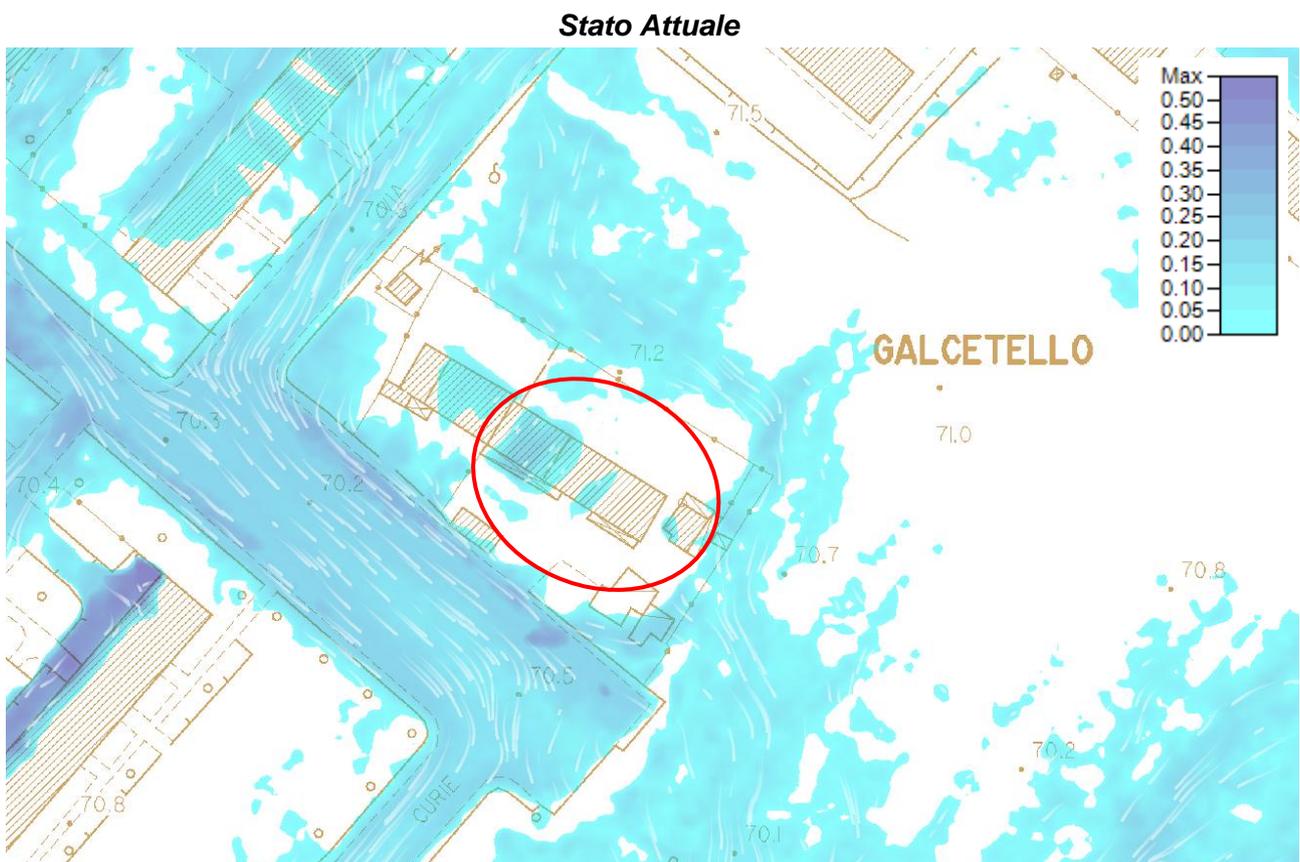


FIGURA 30. TR30 ANNI E D=30 MIN



FIGURA 31. TR30 ANNI E D=120 MIN

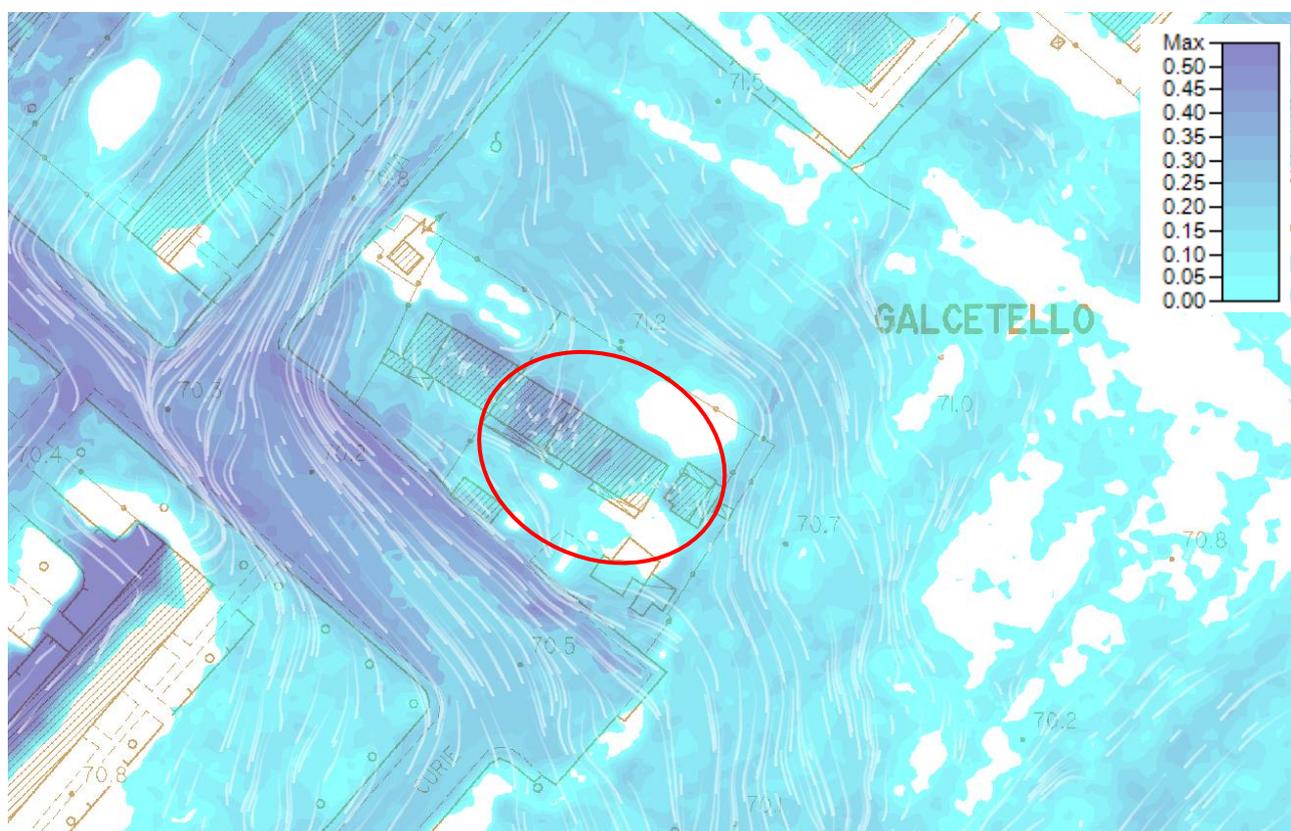


FIGURA 32. TR200 ANNI E D=30 MIN

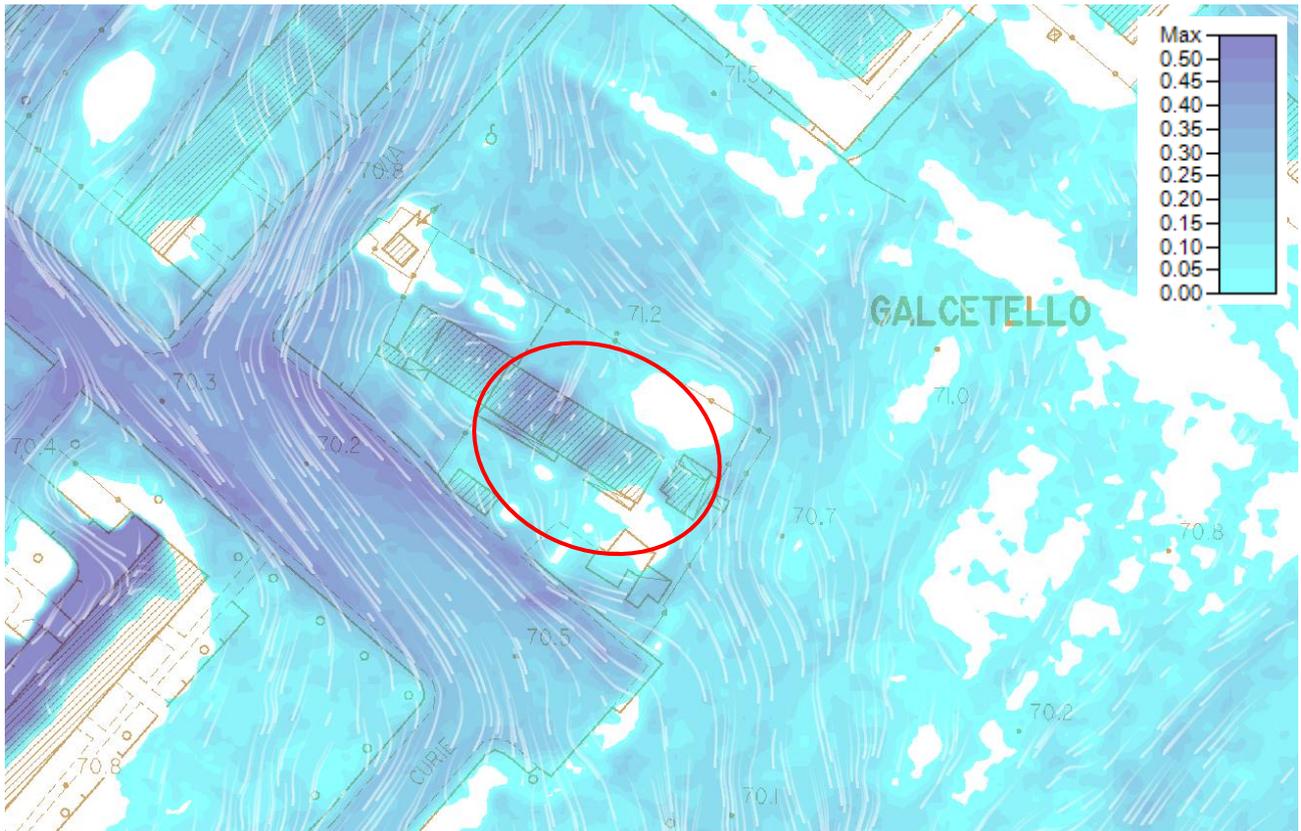


FIGURA 33. TR200 ANNI E D=120 MIN

### Stato di Progetto

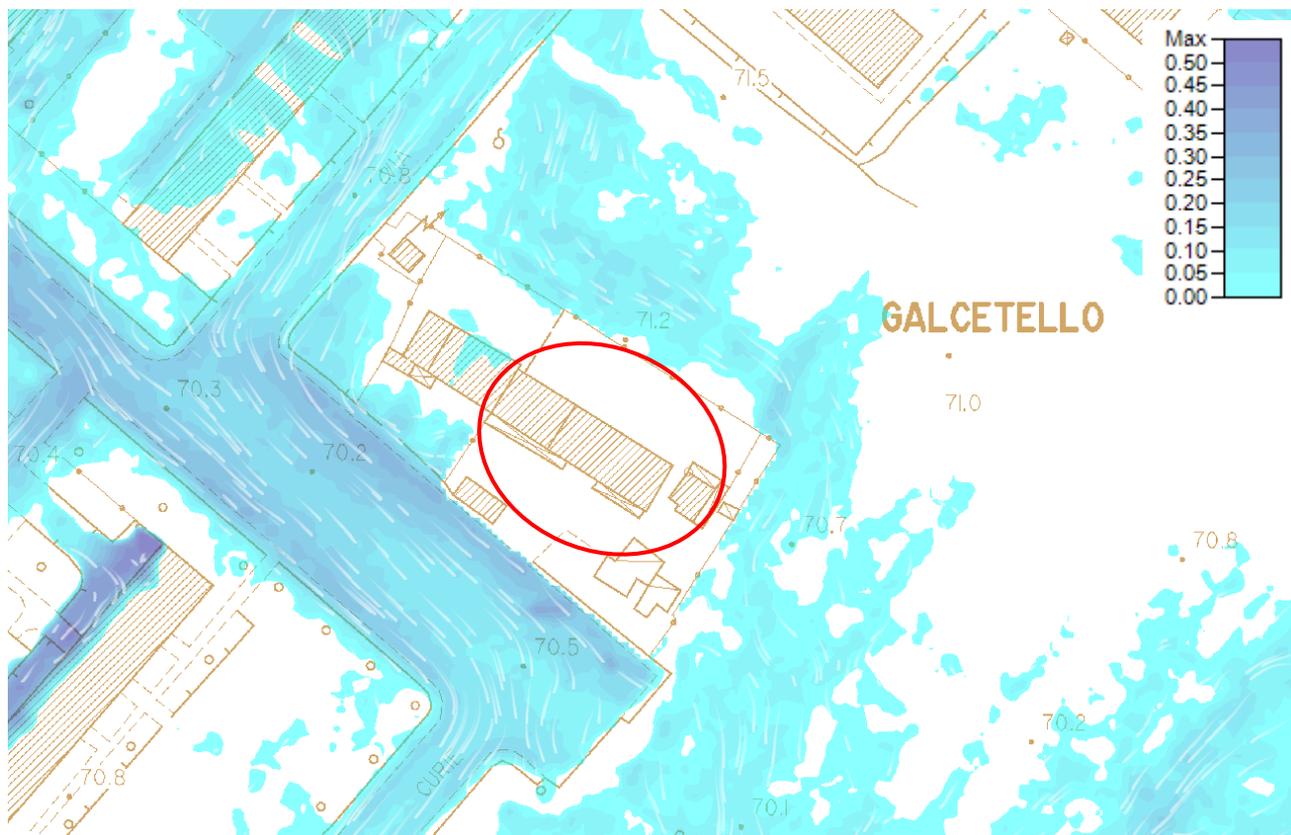


FIGURA 34. TR30 ANNI E D=30 MIN

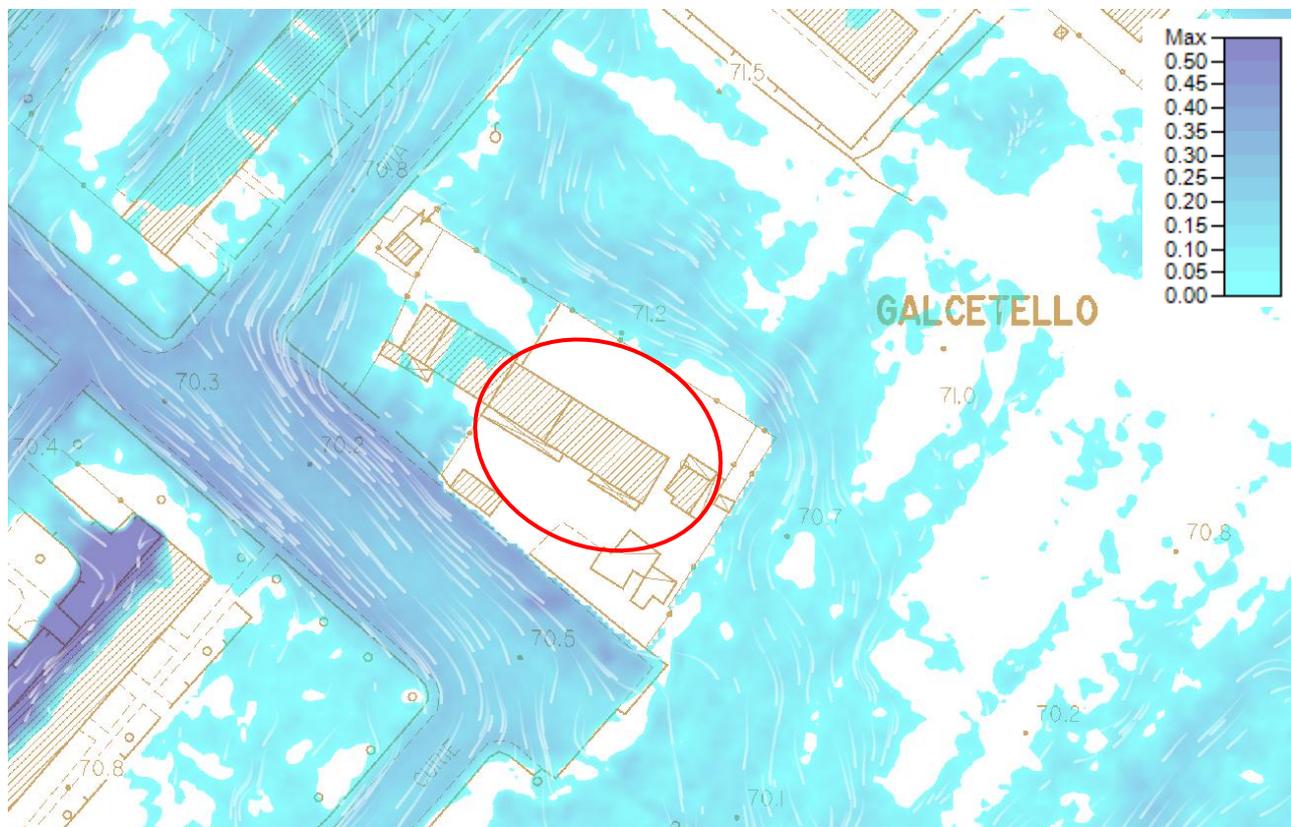


FIGURA 35. TR30 ANNI E D=120 MIN

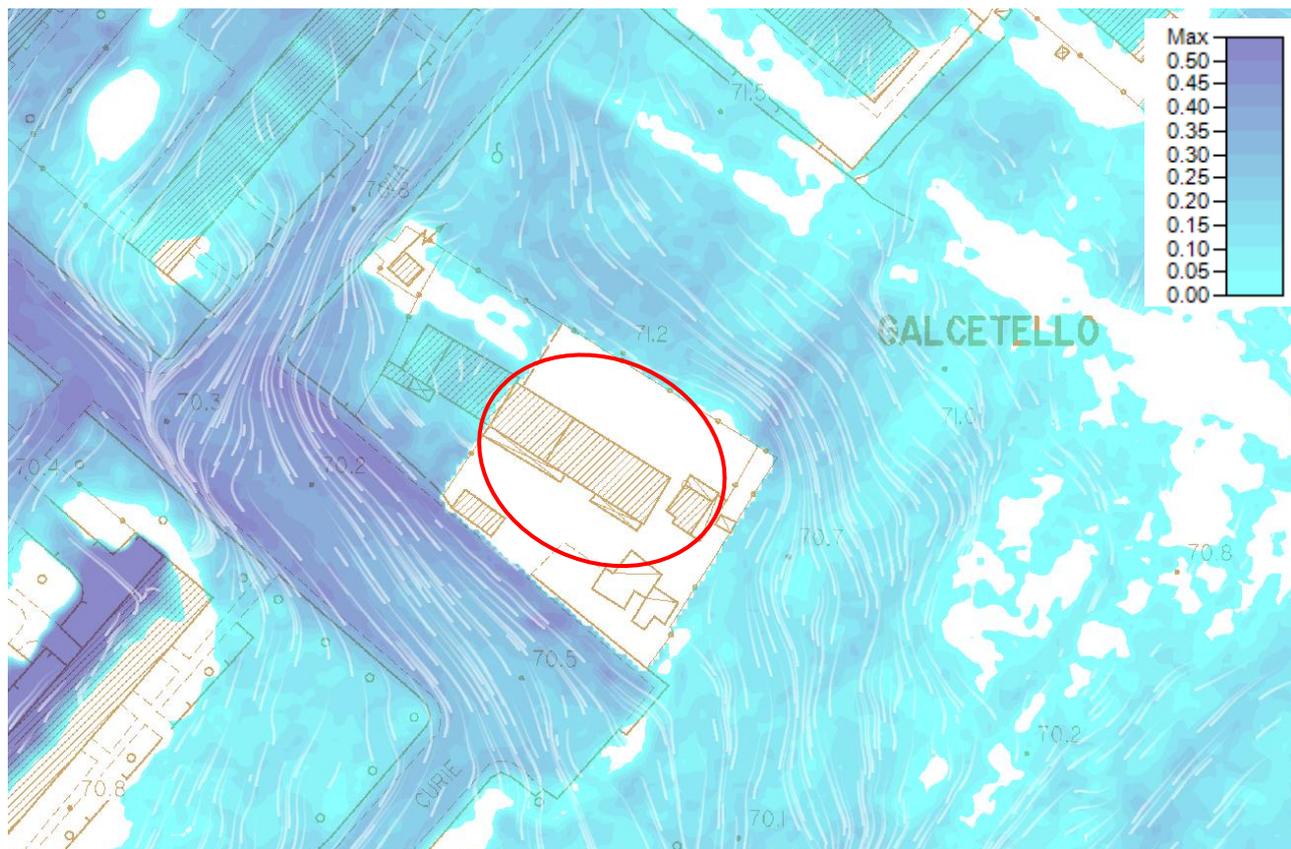


FIGURA 36. TR200 ANNI E D=30 MIN



FIGURA 37. TR200 ANNI E D=120 MIN

Per maggior chiarezza si riportano inoltre le mappe degli allagamenti dell'area di interesse per lo scenario TR200 anni e durata dell'evento pari a 2 ore nello stato attuale e di progetto visualizzate in ambiente GIS.

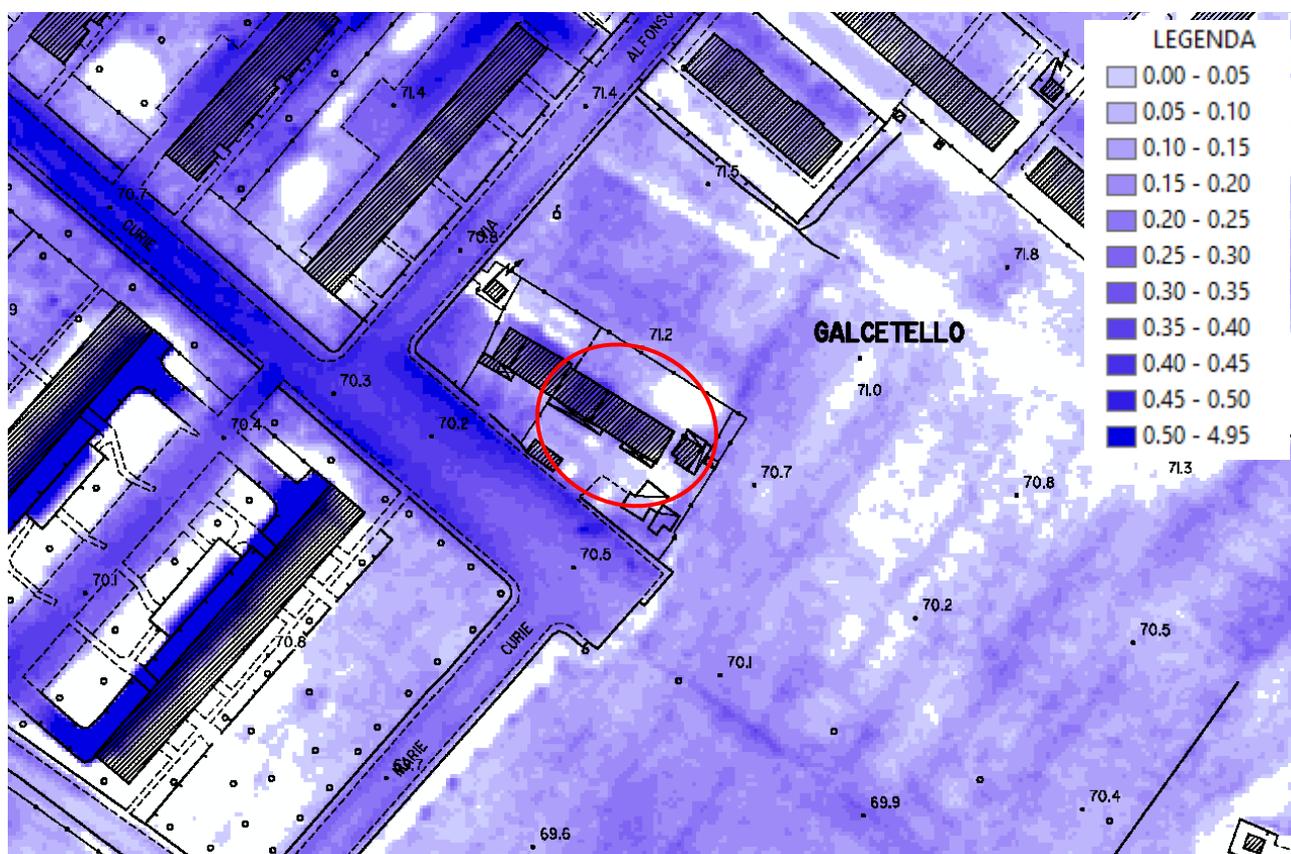


FIGURA 38. BATTENTI ALLO STATO ATTUALE PER TR200 ANNI E D=120 MIN

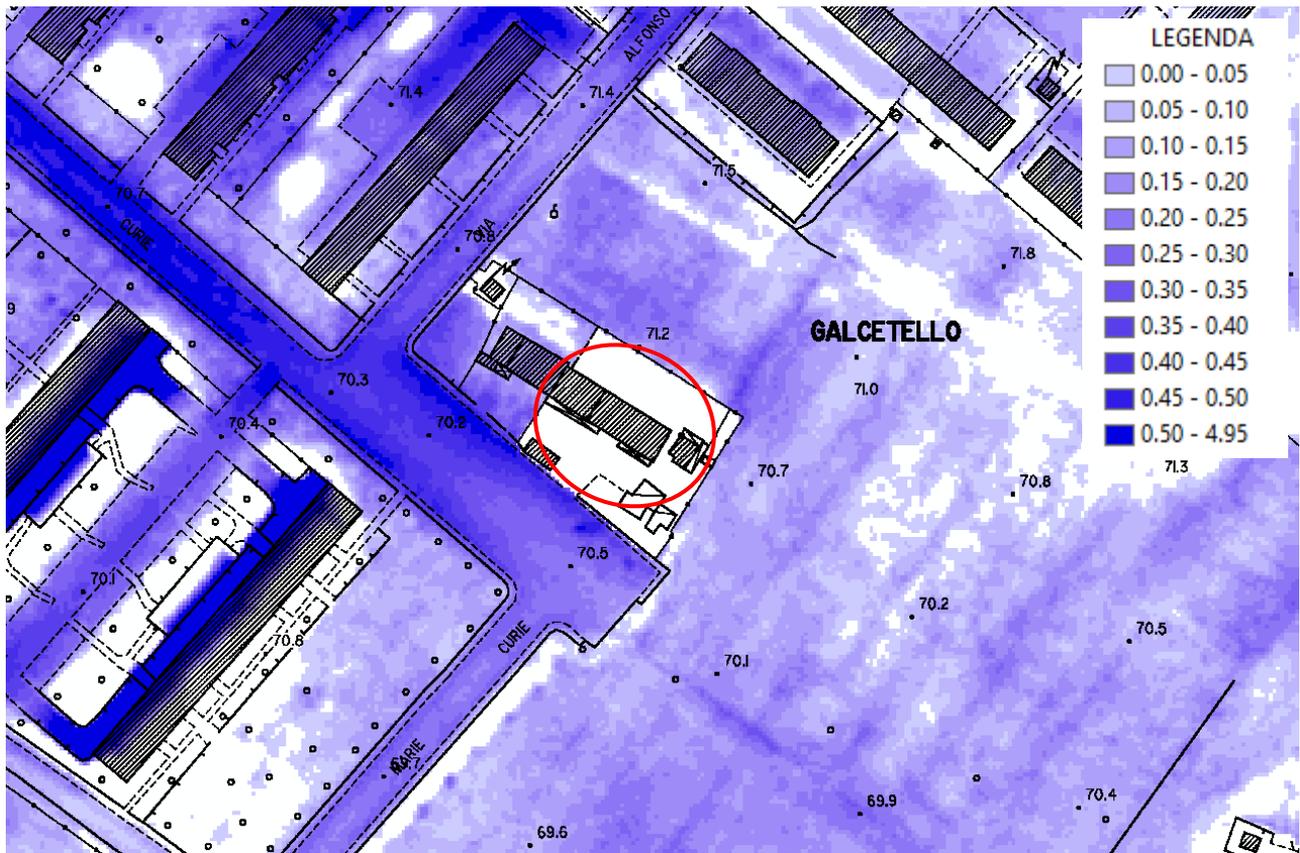


FIGURA 39. BATTENTI ALLO STATO DI PROGETTO PER TR200 ANNI E D=120 MIN

Dai risultati delle simulazioni si evince che la differenza di livelli tra stato attuale e di progetto risulta del tutto marginale ed interessa le aree immediatamente a ridosso dell'intervento. La variazione di battenti risulta di pochi centimetri e di conseguenza assolutamente compatibile con il non aggravio del rischio per le aree circostanti. Ad avvalorare la correttezza del calcolo si sottolinea che il lotto, allo stato attuale, risulta edificato e pertanto di fatto, come si nota dalle figure relative alle linee preferenziali di deflusso di figura 33, la corrente liquida si arresta in corrispondenza degli edifici esistenti; funzionamento che allo stato di progetto non viene modificato dalla realizzazione della cinta idraulica.

Non si prevedono compensazioni idrauliche in quanto i profili di deflusso non vengono modificati allo stato di progetto.

La quota di sicurezza idraulica risulta +0.45 in riferimento al rilievo riportato in figura 5, ovvero 65cm al di sopra della quota stradale attuale, dove è atteso un battente duecentennale di circa 30cm al quale viene aggiunto cautelativamente un franco di sicurezza di 30cm.

PRATO 22/07/16

FIRMA

DOTT. ING. DAVID MALOSSI