



Proponente

**FLUORITE NEW ENERGY S.r.l.**

Piazza Cavour n.19 - 00193 Roma (RM)

Coordinamento



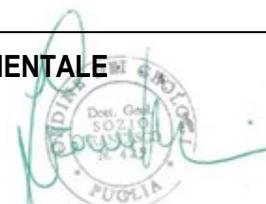
**TECNOPROJECT SRL**  
 Via R. Valentino n. 24  
 74011 Castellana Grotte (TA)

Progettazione  
Civile - Elettrica**STUDIO INGEGNERIA**

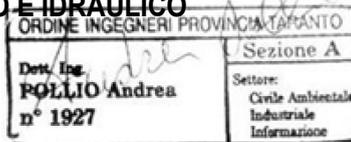
**Ing. Roberto Montemurro**  
 Via Ignazio Ciaia n.9 - 74016 Massafra (TA)  
 Tel. +39 3505796290  
 e-mail: [ing.roberto.montemurro@gmail.com](mailto:ing.roberto.montemurro@gmail.com)

Studio Ambientale e  
PaesaggisticoStudio  
AcusticoStudio Incidenza Ambientale  
Flora fauna ed ecosistemaStudio  
Geologico-Geotecnico**GEOLOGIA TECNICA & AMBIENTALE**

**Dott. Geol. Francesco Sozio**  
 Via L. Glionna n.20 - 74013 Ginosa (TA)  
 Tel. +39 3479381826  
 e-mail: [franxosozio@tiscali.it](mailto:franxosozio@tiscali.it)

Progettazione  
Civile - ElettricaStudio  
Idrologico - Idraulico**STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO**

**Dott. Ing. Andrea Pollio**  
 e-mail: [apollio1975@gmail.com](mailto:apollio1975@gmail.com)



Studio Agronomico

Opera

Progetto per la realizzazione di un parco "agrivoltaico" per produzione d' energia elettrica da fonte solare fotovoltaica di potenza di picco pari a 69,75 MWp e potenza di immissione pari a 62,00 MW, delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili.  
 Comune di Troia (FG) – Località "Piano di Napoli" – "I Bellini" – "San Pietro" – "Colazze" – "Pianerile".

Oggetto

Folder:  
**Relazioni e documenti del progetto definitivo di impianto**

Sez.

**A**

Nome Elaborato:  
**A9HBFX5\_Relazione\_Idraulica**

Codice Elaborato:  
**A5**

Descrizione Elaborato:  
**Relazione idraulica del progetto definitivo**

00

Dicembre 2023

Progetto definitivo

A. Pollio

F. Sozio

R. Montemurro

Rev.

Data

Oggetto della revisione

Elaborazione

Verifica

Approvazione

Scala:

Formato:

Codice Pratica: **A9HBFX5**

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DEI BACINI SCOLANTI .....</b>	<b>11</b>
4.1.1	Sottobacini A2-A3-A4.....	14
4.1.2	Sottobacini A5-A6.....	15
4.1.3	Sottobacino A7.....	16
4.1.4	Sottobacino A8.....	17
4.1.5	Sottobacino A9.....	18
4.1.6	Sottobacino A10.....	19
4.1.7	Sottobacini A11-A12.....	20
4.1.8	Sottobacini A13-A14.....	21
4.1.9	Sottobacino A15.....	22
4.1.10	Sottobacino A16.....	23
4.1.11	Sottobacino A17.....	24
4.1.12	Sottobacino A18.....	25
4.1.13	Sottobacini A19-A20.....	26
4.1.14	Sottobacini A21-A22.....	27
4.1.15	Sottobacini A23-A24.....	28
<b>5</b>	<b>CALCOLO DELLE PORTATE .....</b>	<b>29</b>
5.1	VAPI PUGLIA.....	29
5.2	METODO SCS.....	33
5.2.1	Portata sottobacino A2.....	39
5.2.2	Portata sottobacino A3.....	40
5.2.3	Portata sottobacino A4.....	41
5.2.4	Portata sottobacino A5.....	42
5.2.5	Portata sottobacino A6.....	43
5.2.6	Portata sottobacino A7.....	44
5.2.7	Portata sottobacino A8.....	45
5.2.8	Portata sottobacino A9.....	46
5.2.9	Portata sottobacino A10.....	47
5.2.10	Portata sottobacino A11.....	48
5.2.11	Portata sottobacino A12.....	49
5.2.12	Portata sottobacino A13.....	50
5.2.13	Portata sottobacino A14.....	51
5.2.14	Portata sottobacino A15.....	52
5.2.15	Portata sottobacino A16.....	53
5.2.16	Portata sottobacino A17 – TR=200anni.....	54
5.2.17	Portata sottobacino A17 – TR=500anni.....	55
5.2.18	Portata sottobacino A18.....	56
5.2.19	Portata sottobacino A19.....	57
5.2.20	Portata sottobacino A20.....	58
5.2.21	Portata sottobacino A21.....	59
5.2.22	Portata sottobacino A22.....	60
5.2.23	Portata sottobacino A23.....	61
5.2.24	Portata sottobacino A24.....	62
<b>6</b>	<b>VERIFICA IDRAULICA .....</b>	<b>63</b>
6.1	DATI DI INPUT.....	63
6.2	RISULTATI.....	74
6.2.1	Sottobacini A2-A3-A4.....	74
6.2.2	Sottobacini A5-A6.....	77
6.2.3	Sottobacino A7.....	80

---

6.2.4	Sottobacino A8.....	82
6.2.5	Sottobacino A9.....	83
6.2.6	Sottobacino A10.....	84
6.2.7	Sottobacini A11-A12.....	85
6.2.8	Sottobacini A13-A14.....	87
6.2.9	Sottobacino A15.....	92
6.2.10	Sottobacino A16.....	95
6.2.11	Sottobacino A17 (200 anni e 500 anni).....	97
6.2.12	Sottobacino A18.....	102
6.2.13	Sottobacini A19-A20.....	105
6.2.14	Sottobacini A21-A22.....	107
6.2.15	Sottobacini A23-A24.....	110
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>114</b>

## 1 PREMESSA

L'azienda committente Fluorite New Energy S.r.l., con sede legale in Piazza Cavour n.19, 00193 Roma (RM), intende realizzare un parco agrivoltaico<sup>1</sup> e relative opere di connessione in alta e altissima tensione (AT e AAT), caratterizzato da una potenza massima nominale pari a 69.75 MWp, da ubicare su terreni agricoli (E1) in agro del Comune di Troia (FG) in località Piano di Napoli, I Bellini, San Pietro, Colazze, Pianerile, (FG) (Figura 1).

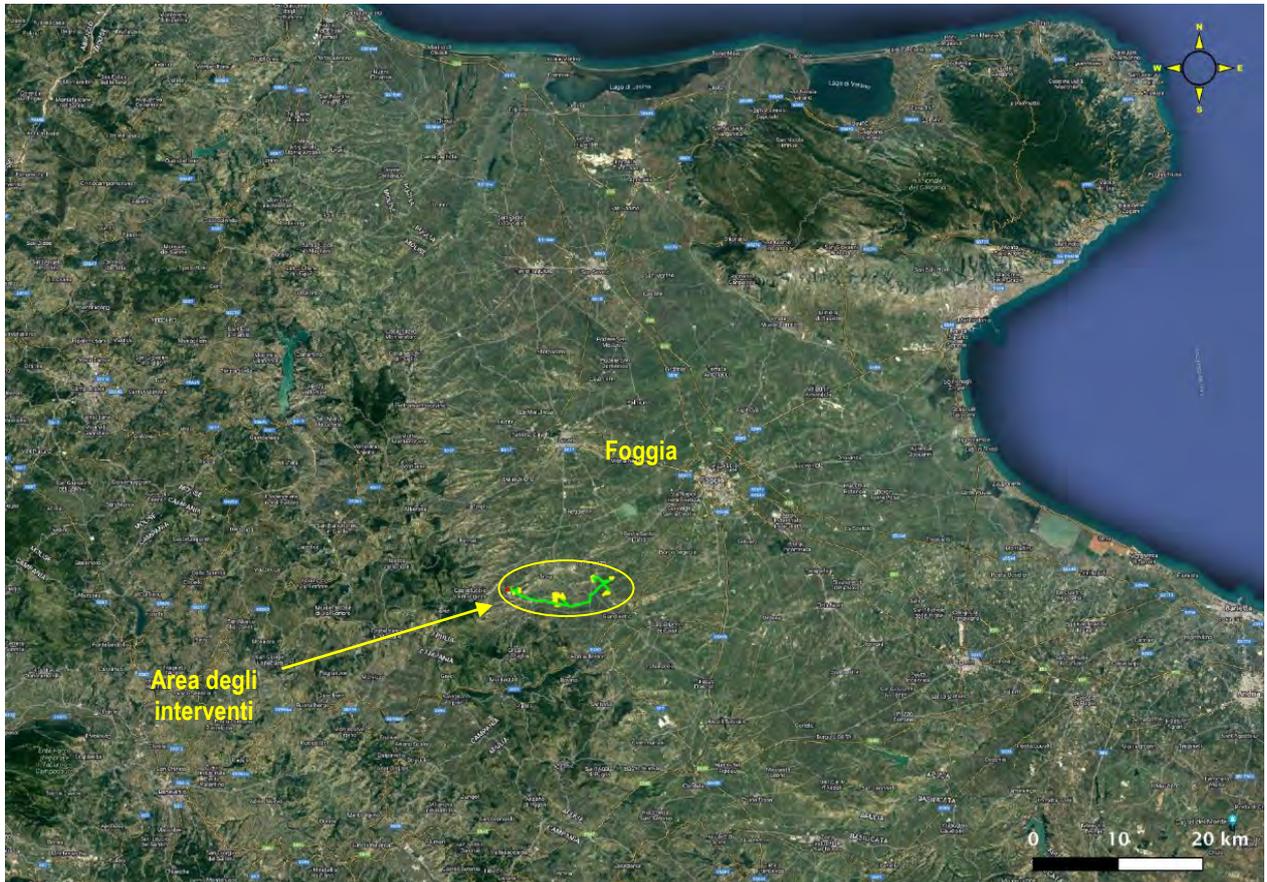


Figura 1. Localizzazione dell'area degli interventi a sud del centro abitato di Troia, a circa 15 km a sud-ovest del centro abitato di Foggia.

L'impianto immetterà energia nella Rete Elettrica Nazionale attraverso una connessione interrata in alta tensione a 36 kV che collegherà lo stesso impianto di produzione alla futura Stazione Elettrica di Trasformazione AAT/AT 380/150/36 kV di ampliamento Terna S.p.A.; quest'ultima, sarà connessa sulla sezione aerea in AAT 380 kV Troia-Foggia (FG).

I moduli fotovoltaici di tipo bifacciale, che costituiscono l'impianto di generazione, saranno montati su inseguitori (o trackers) monoassiali da 52, 78 e 104 moduli cadauno, che ottimizzeranno l'esposizione dei generatori solari permettendo di sfruttare al meglio la radiazione solare.

I moduli saranno montati a un'altezza da terra in modo da non compromettere la continuità delle attività agricole e pastorali, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione.

<sup>1</sup> nel proseguo del documento verrà anche usato il vocabolo *fotovoltaico*, fermo restando l'intento di indicare l'area interessata dagli interventi

Potranno essere previsti anche sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.

Tra le file di inseguitori solari sarà prevista la coltivazione di ortaggi e verdure tipiche del posto, con rotazione nell'arco dell'anno in base alle migliori condizioni stagionali e di mercato. Lungo le aree perimetrali di impianto, invece, saranno posizionati alberi di ulivo tradizionali o da frutto tipici del paesaggio agrario, con fusto e chioma di medio-piccole dimensioni, tali da permettere sia la produzione agricola, che la mitigazione visiva dell'impianto stesso.

Si stima che l'impianto produrrà 109.08 GWh all'anno di elettricità, equivalenti al fabbisogno medio annuo di circa 36 360 famiglie di 4 persone, permettendo un risparmio di CO<sub>2</sub> equivalente immessa in atmosfera pari a circa 57 921 tonnellate all'anno (fattore di emissione: 531 g<sub>CO2</sub>/kWh, fonte dati: Ministero dell'Ambiente).

Si riportano:

- localizzazione generale dell'area interessata dagli interventi su ortofoto Google Hybrid (Figura 1);
- zoom dell'ortofoto suddetta sull'area degli interventi (Figura 2);
- area degli interventi su cartografia IGM 250 000 (Figura 3).

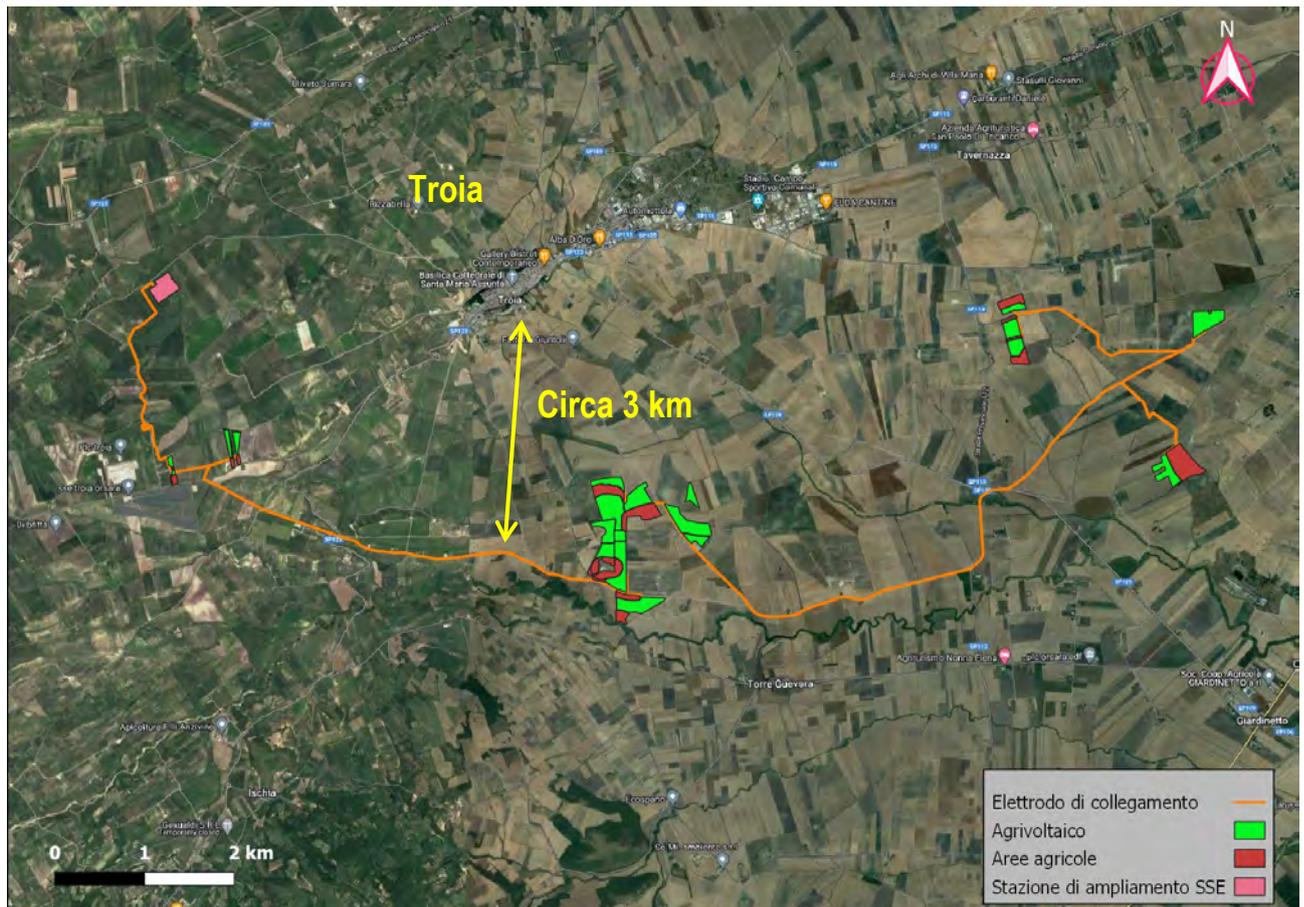


Figura 2. Zoom sull'area degli interventi.

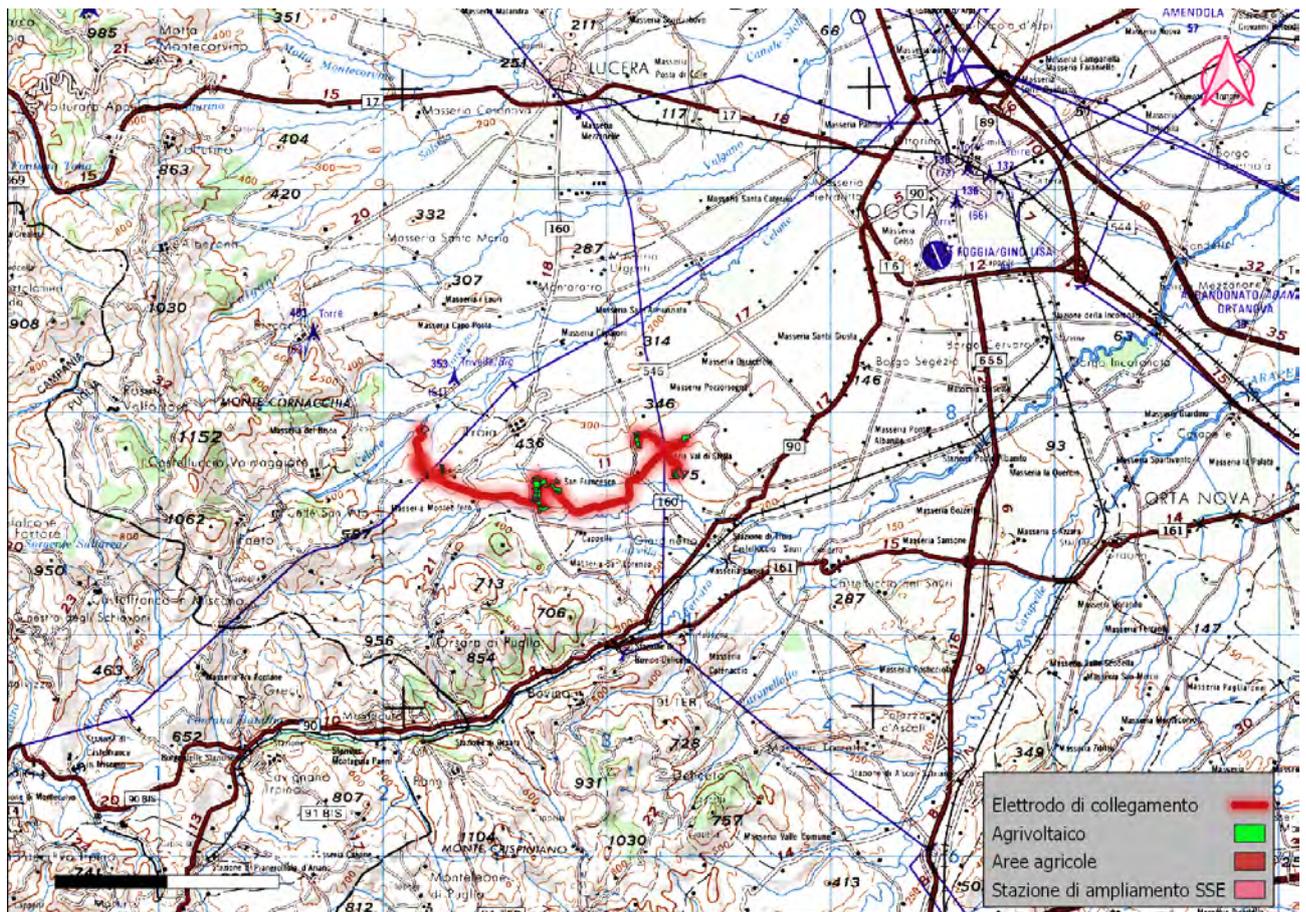


Figura 3. Area degli interventi su cartografia IGM 250 000.

## 2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

La realizzazione dell'impianto avrà come obiettivo il minimo impatto sul territorio, sia dal punto di vista visivo che ambientale, e pertanto si ricorrerà alle migliori tecnologie disponibili (BAT, "Best Available Technologies") e alle opportune opere di mitigazione di tipo naturalistico valutate in relazione all'ambiente circostante. In primo luogo, essendo gli impianti fotovoltaici realizzati su terreno vegetale, il progetto garantirà il mantenimento della permeabilità dell'area, limitando la realizzazione di nuove superfici pavimentate impermeabili.

La viabilità di accesso e interna prevista rispetterà, per tipologia e materiali, il reticolo delle strade rurali esistenti; in particolare sarà realizzata esclusivamente con materiali drenanti naturali. Con gli stessi materiali saranno realizzati gli eventuali spazi di manovra e circolazione interna strettamente necessaria ai mezzi funzionali all'esercizio dell'impianto medesimo.

Al fine di non modificare la naturale conformazione del terreno, né il normale deflusso delle acque piovane, i moduli fotovoltaici, incluse le strutture di supporto e gli impianti collegati, saranno posizionati a terra mediante battitura meccanica dei pali di sostegno (e/o predrilling se richiesto) seguendo per quanto più possibile l'andamento del terreno. L'impianto agrivoltaico in progetto si estende su un'area catastale di circa 130.19 ha, di cui solamente il 30% circa sarà interessato dalle opere di impianto. Il perimetro della zona di installazione, coincidente con la recinzione di delimitazione, delimita solamente parte della superficie catastale. Tutte le aree esterne a tale perimetro, così come le aree interposte tra le file di moduli fotovoltaici, saranno utilizzate per i fini agricoli, con coltivazione di prodotti ortofrutticoli.

Le fasce perimetrali recintate saranno interessate da piantumazione di alberi a medio fusto, tipo alberi da frutto tipici del paesaggio agrario e/o alberi di ulivo del tipo Leccina e/o Favolosa. Tali essenze, oltre al loro naturale contributo in termini di produzione agricola, contribuiranno a mitigare visivamente le opere di progetto.

L'intero generatore fotovoltaico si compone di 101 088 moduli fotovoltaici "bifacciali" in silicio monocristallino da 690 W di picco, connessi tra di loro in stringhe da 26 moduli per un totale di 3 888 stringhe e una potenza di picco installata pari a 69 750.72 kWp.

I moduli fotovoltaici sono posizionati su strutture a inseguimento solare (trackers) di tipo "monoassiale", a doppia fila di moduli, infisse direttamente nel terreno, eventualmente con l'ausilio di pre-drilling, con angolo di inclinazione pari a 0° e angolo di orientamento est-ovest variabile tra +55° e -55°. I trackers saranno multistringa, da 2 stringhe (52 moduli fotovoltaici), da 3 stringhe (78 moduli fotovoltaici) e da 4 stringhe (104 moduli fotovoltaici).

La conversione dell'energia da componente continua DC (generatore fotovoltaico) in componente alternata AC (tipicamente utilizzata dalle utenze e distribuita sulla rete elettrica nazionale) avviene per mezzo di convertitori AC/DC, comunemente chiamati "inverter": in impianto saranno posizionati n°207 inverter di stringa con potenza nominale in AC pari a 300.00 kW e potenza massima 330.00 kW. Su ogni inverter saranno connesse 18, 19 o 20 stringhe a seconda della disposizione degli inseguitori per ogni area di progetto.

Ogni inverter sarà connesso sul rispettivo quadro di protezione in bassa tensione (800 V) in cabine di trasformazione AT/BT - 36/0.8 kV.

Nell'area di impianto saranno disposte n.13 cabine di trasformazione AT/BT, con trasformatori di potenza nominale 3 300 kVA – 6 600 kVA – 9 000 kVA. Le stesse saranno connesse in "entra-esci" sul lato alta tensione a 36 kV a formare un'unica linea di connessione interrata che si attesterà sul quadro generale AT 36 kV posizionato in Cabina Elettrica Generale di impianto. Quest'ultima si conletterà, sempre mediante soluzione interrata a 36 kV, alla futura Stazione Elettrica di Trasformazione AAT/AT 380/150/36 kV da realizzarsi e che si allaccerà sulla sezione aerea AAT 380 kV tronco Troia-Foggia (FG).

In ogni sottocampo di impianto sarà prevista anche l'installazione di trasformatori per l'alimentazione dei servizi ausiliari del tipo AT/BT 36/0.4 kV da 125 kVA.

Il generatore fotovoltaico sarà dotato anche di sistemi ausiliari di controllo e di sicurezza:

Lungo il perimetro di impianto saranno posizionati, a distanza di 50 m circa, pali di sostegno su cui verranno installate le camere di videosorveglianza e i fari per l'illuminazione di sicurezza.

I fari si accenderanno nelle ore notturne solamente in caso di allarme di antintrusione, o per motivi di sicurezza, e quindi azionati in modo automatico o anche da remoto dai responsabili del servizio vigilanza.

Le cam saranno del tipo fisso, con illuminatore infrarosso integrato. Nei cambi di direzione del perimetro di impianto verranno anche installate delle "speed dome", che permetteranno una visualizzazione variabile delle zone di impianto in modo automatico, ma che potranno essere gestite anche in manuale a seconda delle necessità. Tutte le cam, a gruppi di 5 o 6 unità, saranno connesse su quadri di parallelo video, dove, viste le considerevoli distanze delle connessioni, il segnale sarà convertito e trasmesso alla cabina di monitoraggio tramite dorsali in fibra ottica.

Le aree di impianto saranno delimitate da recinzione metallica con rivestimento plastico, posata ad altezza di 20 cm dal suolo, e fissata su appositi paletti infissi nel terreno.

### 3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Con delibera n. 39 del 30.11.2005 il Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino della Puglia, ai sensi e per gli effetti degli artt. 17, 19 e 20 della L. 183/89, ha approvato, in via definitiva, il Piano di Bacino della Puglia, stralcio "assetto idrogeologico" per i bacini regionali e per il bacino interregionale del fiume Ofanto. Il piano ha individuato in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, così come risultanti dallo stato delle conoscenze, aree con diversi gradi di pericolosità idraulica. Con Delibera n. 2 della seduta della Conferenza Istituzionale Permanente del 20 dicembre 2019 (BURP N.53 del 16/04/2020) l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale riesamina le mappe della pericolosità e del rischio alluvioni introducendo misure di salvaguardia per i territori individuati a diverso grado di pericolosità nel PGRA (Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione) e non nei PAI. Le misure di salvaguardia di cui sopra, i cui effetti hanno efficacia dal 14/10/2020 con Decreto n. 540 del 13/10/2020, sono finalizzate ad agevolare il coordinamento dei PAI con i contenuti e le misure del PGRA (redatto in conformità al disposto dell'art. 7, comma 3 lettere a e b del D.lgs. n. 49/2010).

Con Delibera n. 2 della seduta della Conferenza Istituzionale Permanente del 20 dicembre 2020, l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale adotta il progetto di aggiornamento dei PGRA (Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione) ai sensi degli artt. 65 e 66 del D.lgs. 152/2006.

Gli interventi in oggetto **generalmente non ricadono in aree a pericolosità idraulica e rischio idraulico**, come evidenziato in Figura 4 e in Figura 5, tranne che per un cavidotto interrato, qui indicato con E 5, il quale attraversa un'area a bassa e media pericolosità idraulica (Figura 4) e rischio R1, R2, R4 (lungo la S P 112, Figura 5).

Gli articoli 8 e 9 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PAI riportano gli interventi consentiti nelle aree a media e bassa e pericolosità idraulica, rispettivamente. In particolare, al comma 1, lettera d dell'art. 8 si legge:

*Nelle aree a media probabilità di inondazione (oltre agli interventi di cui ai precedenti artt. 5 e 6 e con le modalità ivi previste), sono esclusivamente consentiti:*

*d) ... la manutenzione, l'ampliamento o la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, **nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché non producano un significativo incremento del valore del rischio idraulico dell'area;***

Per tutti gli interventi nelle aree di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, **la redazione di uno studio di compatibilità idrologica e idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata.**

Al comma 1 dell'art. 9 si legge che:

*1 nelle aree a bassa probabilità di inondazione sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale;*

*2. per tutti gli interventi nelle aree di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata.*

In aggiunta, gli articoli 6 e 10 delle NTA del PAI disciplinano le aree di pertinenza dei corsi d'acqua determinandole come buffer la cui ampiezza è fornita dall'affiancamento di una fascia di pertinenza per "alvei fluviali in modellamento attivo e aree golenali" di 75 m e di una "fascia di pertinenza idraulica", sempre di 75 m e contermina alla prima. Le aree interne a questi buffer sono considerate come aree a pericolosità idraulica per le quali è previsto uno studio di compatibilità idrologica e idraulica in condizioni di sicurezza idraulica, così come definite dall'art. 36 delle NTA del PAI:

**Sicurezza idraulica:** condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio e generalmente legata alla non inondabilità per eventi di assegnata frequenza. Agli effetti del PAI si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi **con tempo di ritorno fino a 200 anni**.

In particolare all'art. 6, comma 4:

*All'interno delle aree e nelle porzioni di terreno di cui al precedente comma 1, possono essere consentiti ... la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente Piano e con la pianificazione degli interventi di mitigazione. **Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al parere vincolante dell'Autorità di Bacino.***

È facile inoltre verificare che tutto il sistema costituito dalle aree ospitanti i pannelli fotovoltaici e i percorsi dei previsti elettrodotti si trova in gran parte all'interno dei buffer dei corsi d'acqua episodici di estensione 75/150 m.

Sulla base di quanto appena evidenziato, in questo studio si è proceduto a effettuare simulazioni numeriche relative al flusso idrico superficiale interessante la zona degli interventi sulla base di eventi meteorici caratterizzati dai tempi di ritorno di 200 anni, ovvero relativi a situazioni di media pericolosità idraulica ed eventi caratterizzati da tempi di ritorno di 500 anni relativamente al corso d'acqua episodico attraversato dall'elettrodotto interrato denominato in questa sede come E 5.

In questo studio non si fa riferimento all'analisi idraulica relativa alla stazione di ampliamento SSE, in quanto detta analisi è demandata a studio idraulico di competenza del capofila individuato dai proponenti per la progettazione delle opere di ampliamento Terna S.p.A.

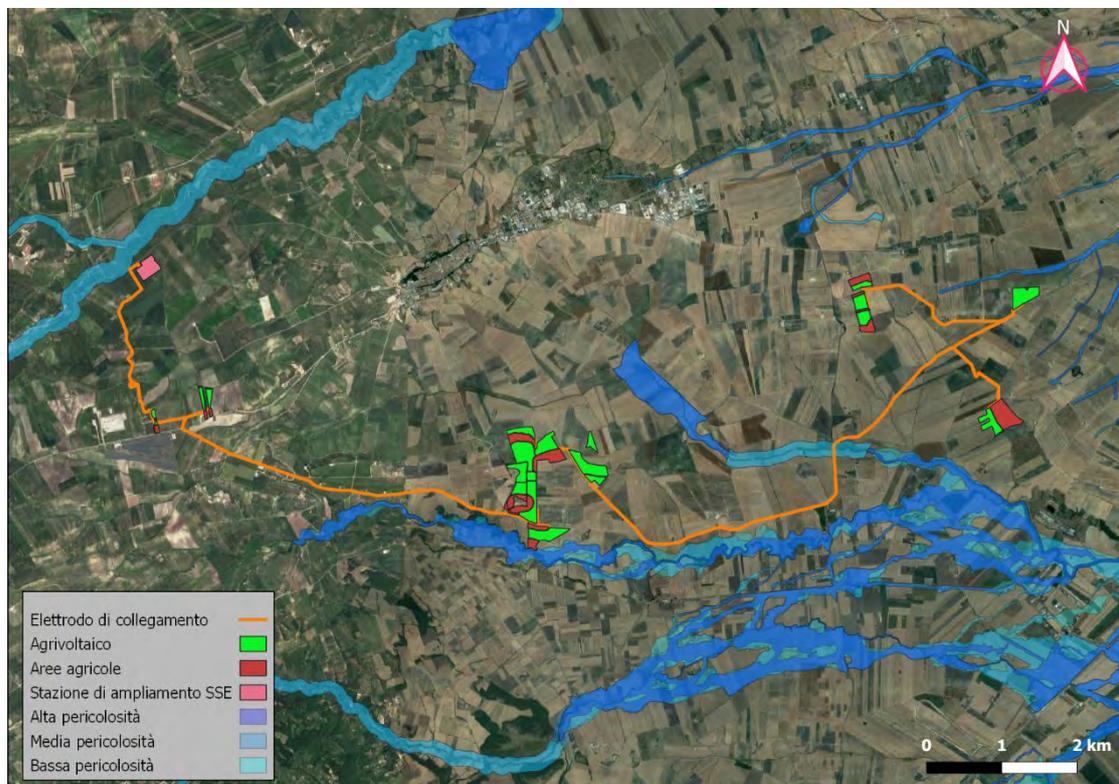


Figura 4. Aree a pericolosità idraulica. Fonte degli shapefile, sovrapposti a ortofoto Google Satellite: <https://www.distrettoappenninomeridionale.it>.

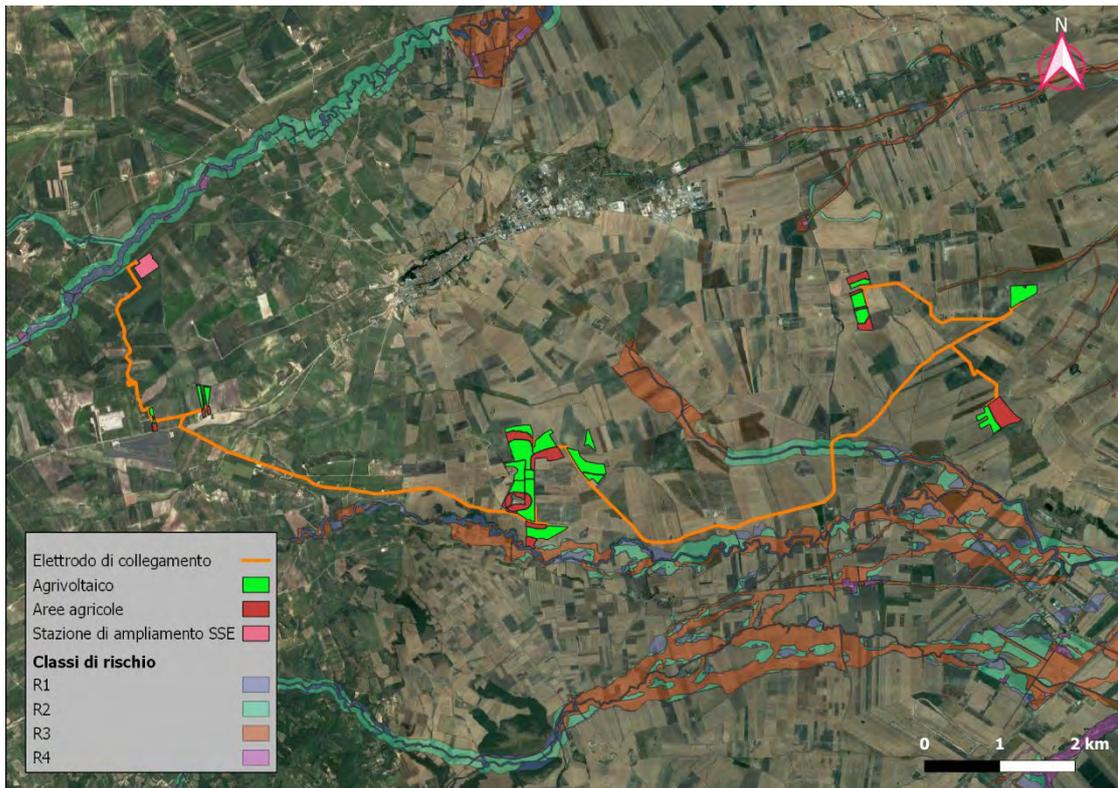


Figura 5. Classificazione di rischio idraulico. Fonte degli shapefile, sovrapposti a ortofoto Google Satellite: <https://www.distrettoappenninomeridionale.it>.



Figura 6. Aree a pericolosità idraulica nei pressi dell'attraversamento di un corso d'acqua episodico da parte dell'elettrodotto interrato E 5.

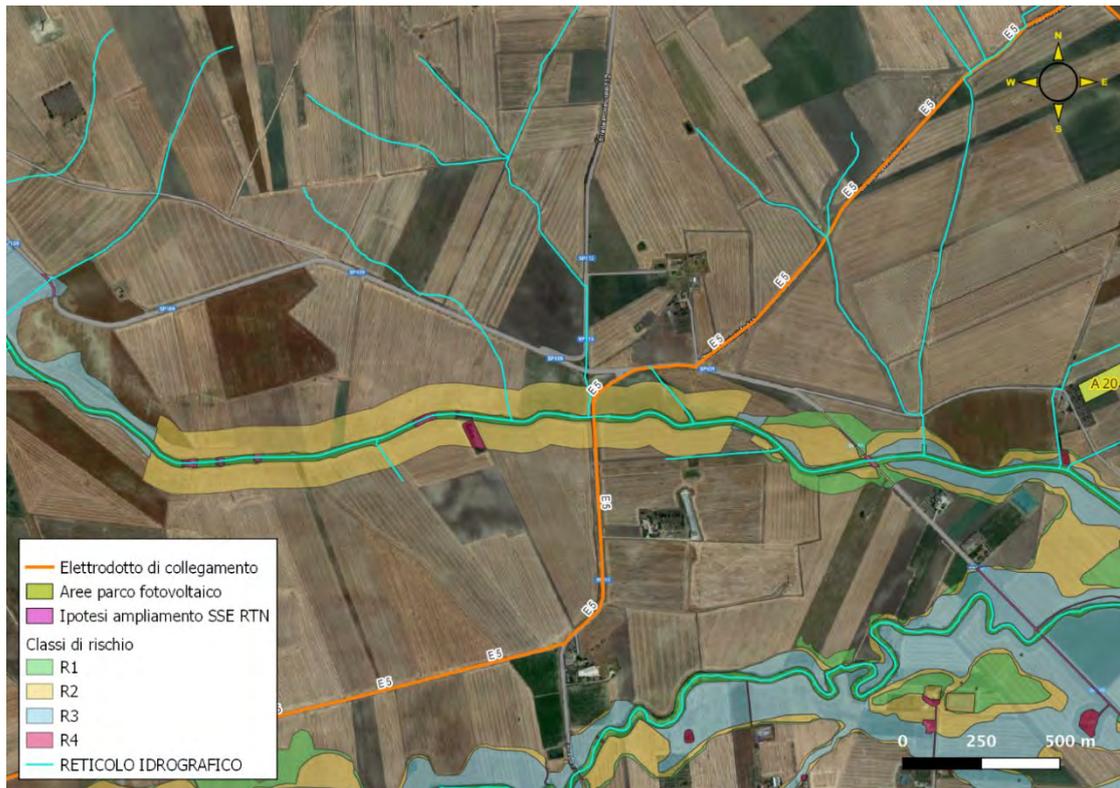


Figura 7. Aree a rischio idraulico nei pressi dell'attraversamento di un corso d'acqua episodico da parte dell'elettrodotto interrato E 5.

#### 4 DESCRIZIONE DEI BACINI SCOLANTI

La Figura 8 riporta la cartografia DTM (Digital Terrain Model) della zona di interesse, che si presenta come un grigliato regolare avente risoluzione di 8 x 8 m, insieme al reticolo idrografico, rappresentato da linee blu. Entrambi i layer sono stati prelevati dal sito <http://www.sit.puglia.it/> dalla sezione Carte Tecniche e Tematiche. Dalla cartografia DTM è stato generato un layer vettoriale di isoipse con risoluzione di 1 m per realizzare una nuova cartografia interpolata con profili più addolciti tra le quote del terreno (cosa che non accade per la cartografia originale).

La figura riporta anche l'impianto di progetto, costituito dal cavidotto interrato (linee rosse), dalle aree dei lotti dell'impianto agrivoltaico (poligoni tratteggiati in rosso) e dall'ampliamento della stazione SSE Terna (area quadrettata in blu) posizionata all'estremo ovest della figura.

Come si può notare dalla figura summenzionata il posizionamento dell'impianto in relazione al reticolo idrografico risulta abbastanza complesso, nel senso che l'impianto attraversa una moltitudine di corsi d'acqua (di carattere episodico) per cui si è deciso di valutare per ogni elemento del progetto la sua possibile interazione<sup>2</sup> con il corso d'acqua più prossimo individuando per ogni circostanza il bacino più adeguato<sup>3</sup>.

Avendo utilizzato una cartografia derivata da quella ufficiale, caratterizzata da una risoluzione relativamente grossolana (8 m), sulla quale alcuni dei corsi d'acqua suddetti non sono facilmente identificabili<sup>4</sup>, e tenuto conto che nel reticolo idrografico presente sul sito <http://www.sit.puglia.it/> non è presente un ulteriore corso d'acqua invece rappresentato su cartografia IGM 25000 (Figura 9), si è adottata la decisione di valutare come linee di impluvio sul terreno quelle ottenute mediante watershed sulla cartografia utilizzata, funzione che ha permesso anche di individuare i singoli bacini di interesse. In questo modo sono stati ottenuti corsi d'acqua che

<sup>2</sup> Intendendo con essa una situazione di attraversamento o di distanza inferiore a 150 m tra l'asse del corso d'acqua del reticolo idrografico e l'elemento di progetto in esame.

<sup>3</sup> Per semplicità verrà utilizzato il termine "bacino" in modo universale, invece di fare distinzioni tra "bacino" e "sottobacino".

<sup>4</sup> E questo vale anche andando a esaminare le ortofoto di zona su cui in effetti spesso i corsi d'acqua non sono identificabili come solchi chiaramente presenti sul terreno.

generalmente seguono l'andamento di quelli ufficiali a cui se ne aggiungono altri che ben descrivono l'effettivo andamento delle pendenze sul terreno, compreso quello che viene riportato su cartografia IGM 25000.

Si riportano di seguito le figure relative a ogni bacino analizzato con il reticolo ottenuto sulla base dell'analisi con watershed. Ad esso è sovrapposto il reticolo ufficiale per dimostrare le differenze tra le due opzioni.

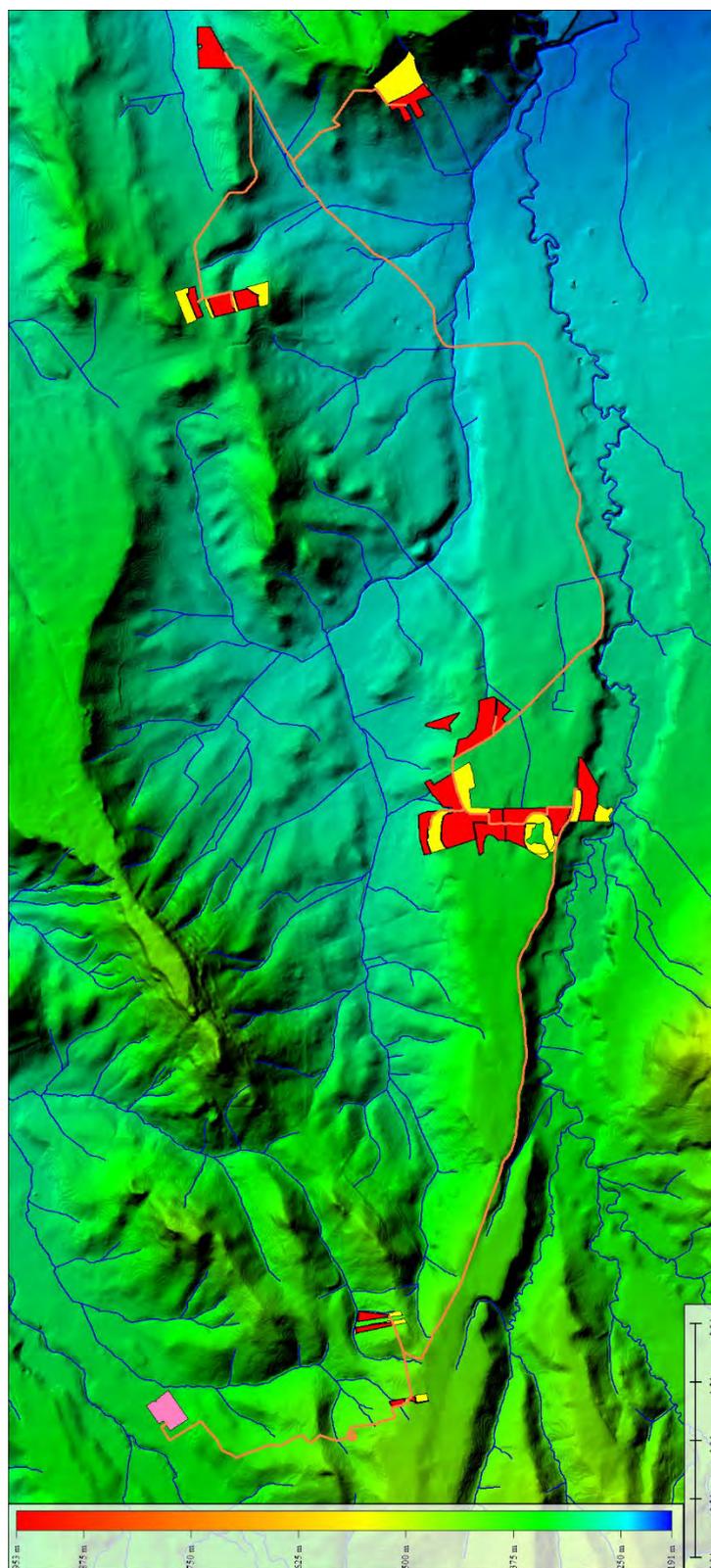


Figura 8. Rappresentazione DTM del territorio.

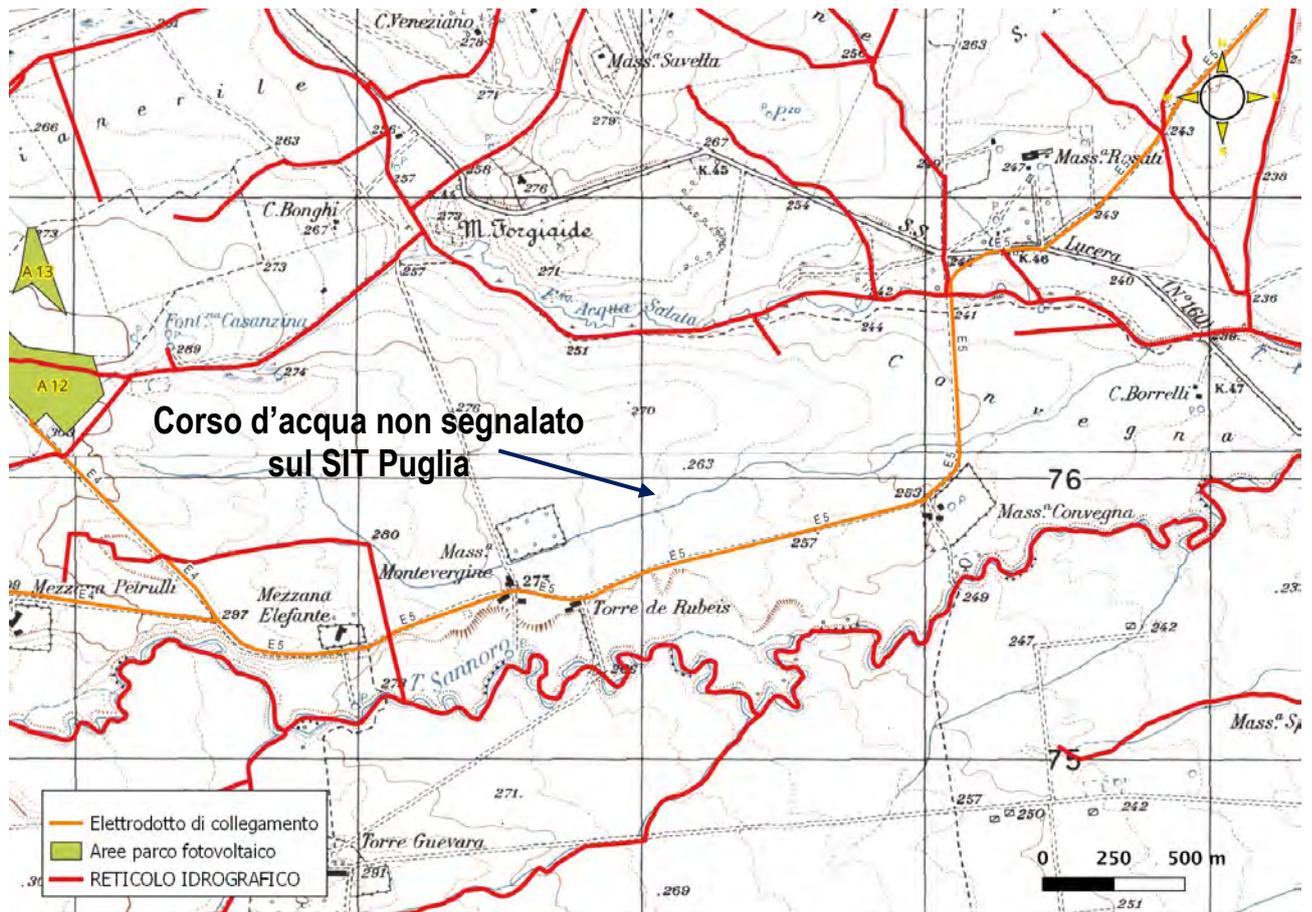


Figura 9. Corso d'acqua riportato in cartografia IGM 25000 ma assente sul reticolo idrografico prelevato dal SIT Puglia <http://www.sit.puglia.it/>.

## 4.1.1 Sottobacini A2-A3-A4

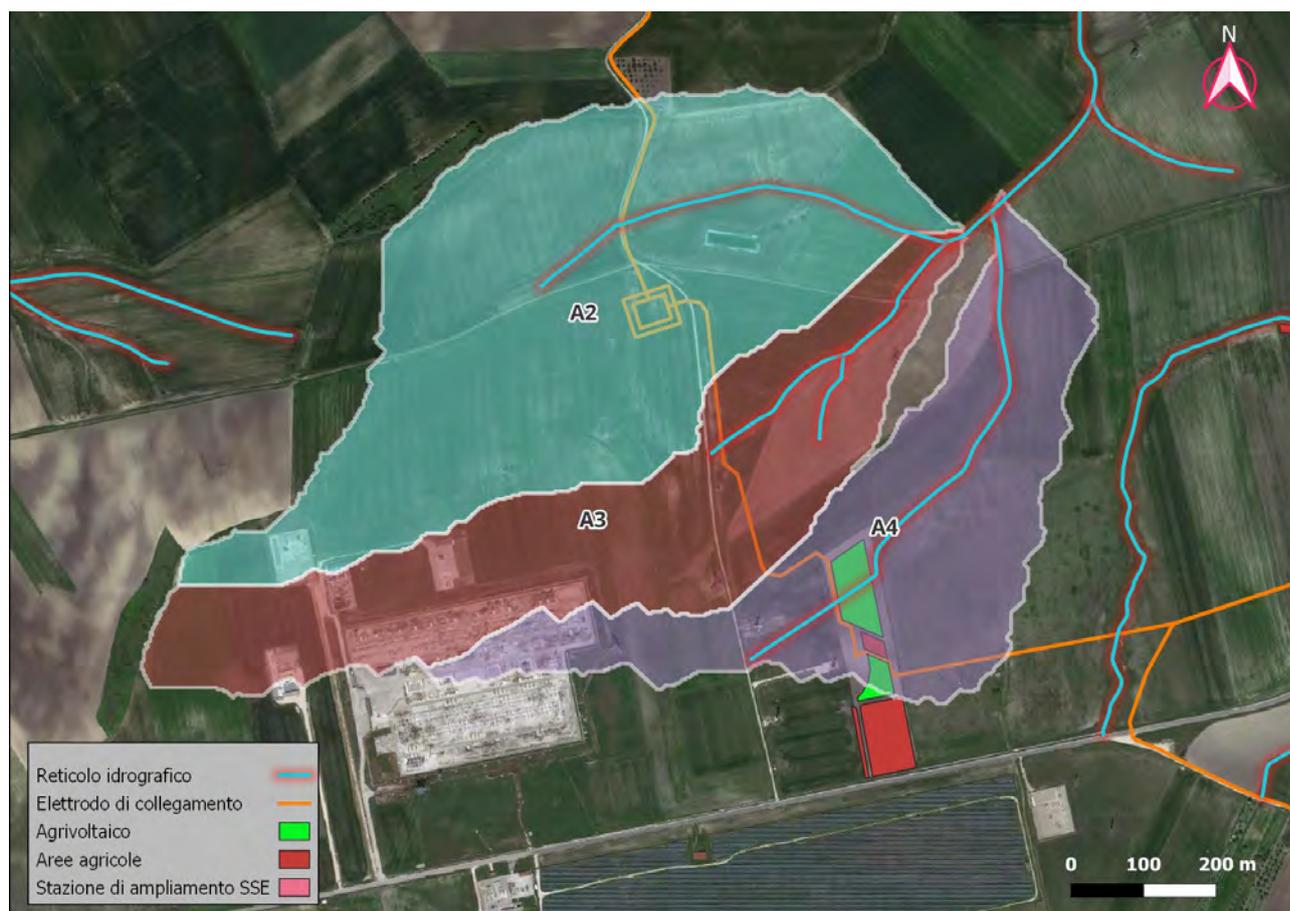


Figura 10. Sottobacini A2, A3, A4 sovrapposti a ortofoto (Google Hybrid su QGIS).

Tabella 1. Parametri caratteristici del sottobacino A2, A3, A4.

		A2	A3	A4	
Tr=200 a	Area del bacino	Km <sup>2</sup>	0.343	0.214	0.195
	Quota massima asta	m	414	443	437.3
	Quota massima bacino	m	462	463	451.5
	Quota sezione di chiusura	m	371	371.4	368.6
	Lunghezza asta	m	730.3	743.4	783.2
	Pendenza media asta	[m/m]	0.05882	0.09704	0.08692
	Pendenza media bacino	[m/m]	0.12252	0.0733	0.09111
	Quota media	m	418.3	432.8	415.5
	Parametro a	-	69.95	69.97	69.97
	Esponente n	-	0.721	0.745	0.716
	Coefficiente di deflusso $\phi$	-	0.245	0.318	0.297

## 4.1.2 Sottobacini A5-A6



Figura 11. Sottobacini A5, A6 sovrapposti a ortofoto (Google Hybrid su QGIS).

Tabella 2. Parametri caratteristici del sottobacino A5, A6.

		A5	A6	
	Area del bacino	Km <sup>2</sup>	0.256	0.077
	Quota massima asta	m	427.5	401.3
	Quota massima bacino	m	431	426
	Quota sezione di chiusura	m	368	368
	Lunghezza asta	m	940	315.9
	Pendenza media asta	[m/m]	0.06423	0.10489
	Pendenza media bacino	[m/m]	0.10856	0.12863
	Quota media	m	400.7	395.7
Tr=200 a	Parametro a	-	69.96	69.98
	Esponente n	-	0.691	0.683
	Coefficiente di deflusso $\phi$	-	0.313	0.117

## 4.1.3 Sottobacino A7

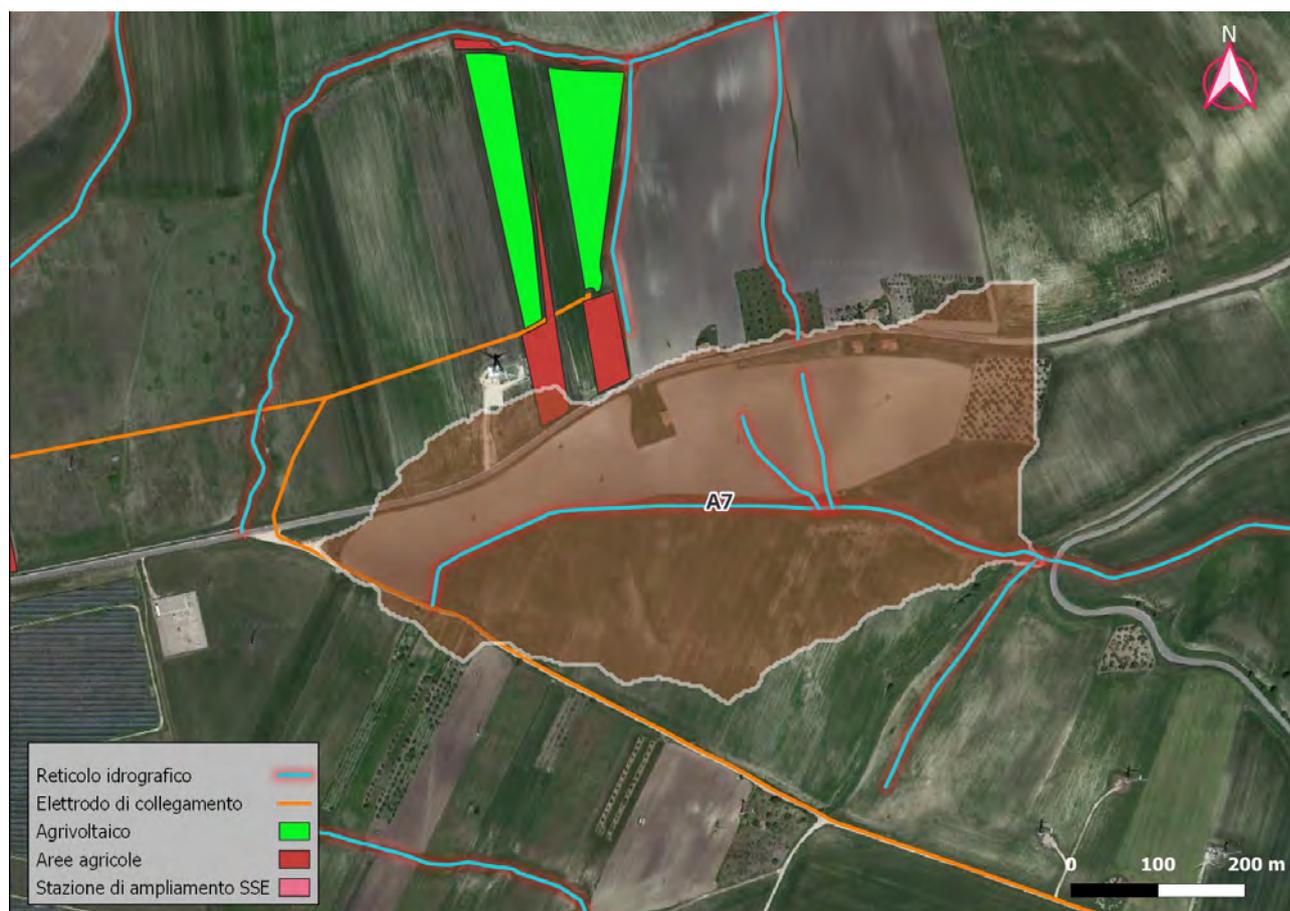


Figura 12. Sottobacino A7 sovrapposto a ortofoto (Google Hybrid su QGIS).

Tabella 3. Parametri caratteristici del sottobacino A7.

		A7
	Area del bacino	Km <sup>2</sup> 0.248
	Quota massima asta	m 420.9
	Quota massima bacino	m 428
	Quota sezione di chiusura	m 357.2
	Lunghezza asta	m 762.5
	Pendenza media asta	[m/m] 0.08325
	Pendenza media bacino	[m/m] 0.13631
	Quota media	m 399.6
Tr=200 a	Parametro a	- 69.96
	Esponente n	- 0.690
	Coefficiente di deflusso $\varphi$	- 0.255

## 4.1.4 Sottobacino A8



Figura 13. Sottobacino A8 sovrapposto a ortofoto (Google Hybrid su QGIS).

Tabella 4. Parametri caratteristici del sottobacino A8.

		A8
	Area del bacino	Km <sup>2</sup> 0.083
	Quota massima asta	m 399.7
	Quota massima bacino	m 415.9
	Quota sezione di chiusura	m 357.4
	Lunghezza asta	m 312.8
	Pendenza media asta	[m/m] 0.13387
	Pendenza media bacino	[m/m] 0.1384
	Quota media	m 394.2
T <sub>F</sub> =200 a	Parametro a	- 69.98
	Esponente n	- 0.681
	Coefficiente di deflusso φ	- 0.111

## 4.1.5 Sottobacino A9

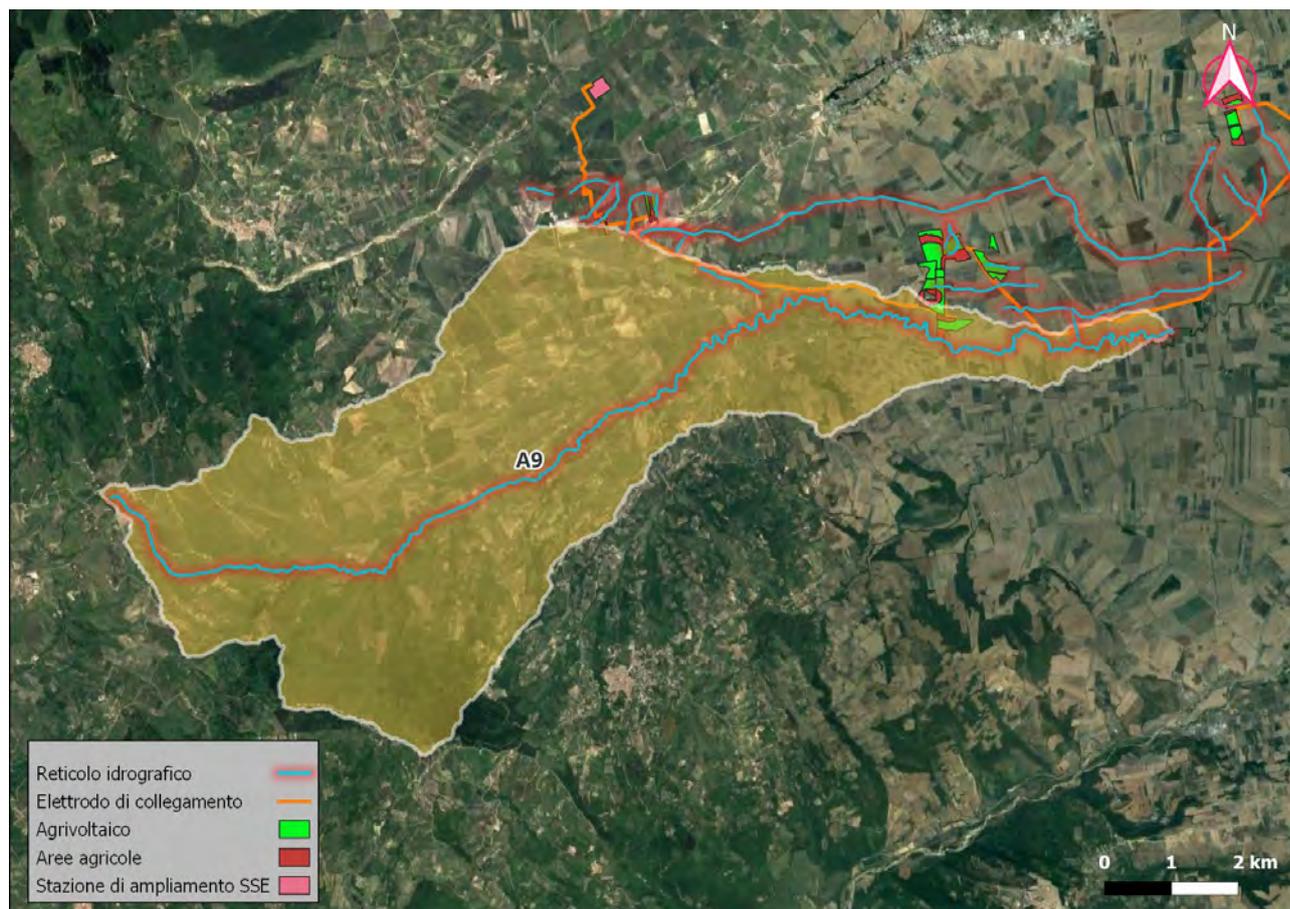


Figura 14. Bacino 11-12. Sottobacino A9 sovrapposto a ortofoto (Google Hybrid su QGIS).

Tabella 5. Parametri caratteristici del sottobacino A9.

		A9
	Area del bacino	Km <sup>2</sup> 45.45
	Quota massima asta	m 996.5
	Quota massima bacino	m 1011.6
	Quota sezione di chiusura	m 252
	Lunghezza asta	m 22640
	Pendenza media asta	[m/m] 0.04381
	Pendenza media bacino	[m/m] 0.14888
	Quota media	m 536.7
Tr=200 a	Parametro a	- 64.80
	Esponente n	- 0.587
	Coefficiente di deflusso $\varphi$	- 0.719

## 4.1.6 Sottobacino A10



Figura 15. Bacino 11-12. Sottobacino A10 sovrapposto a ortofoto (Google Hybrid su QGIS).

Tabella 6. Parametri caratteristici del sottobacino A10.

		A10
	Area del bacino	Km <sup>2</sup> 0.46
	Quota massima asta	m 394.8
	Quota massima bacino	m 420
	Quota sezione di chiusura	m 334.4
	Lunghezza asta	m 981.8
	Pendenza media asta	[m/m] 0.04974
	Pendenza media bacino	[m/m] 0.06999
	Quota media	m 388
Tr=200 a	Parametro a	- 69.94
	Esponente n	- 0.670
	Coefficiente di deflusso $\varphi$	- 0.365

## 4.1.7 Sottobacini A11-A12

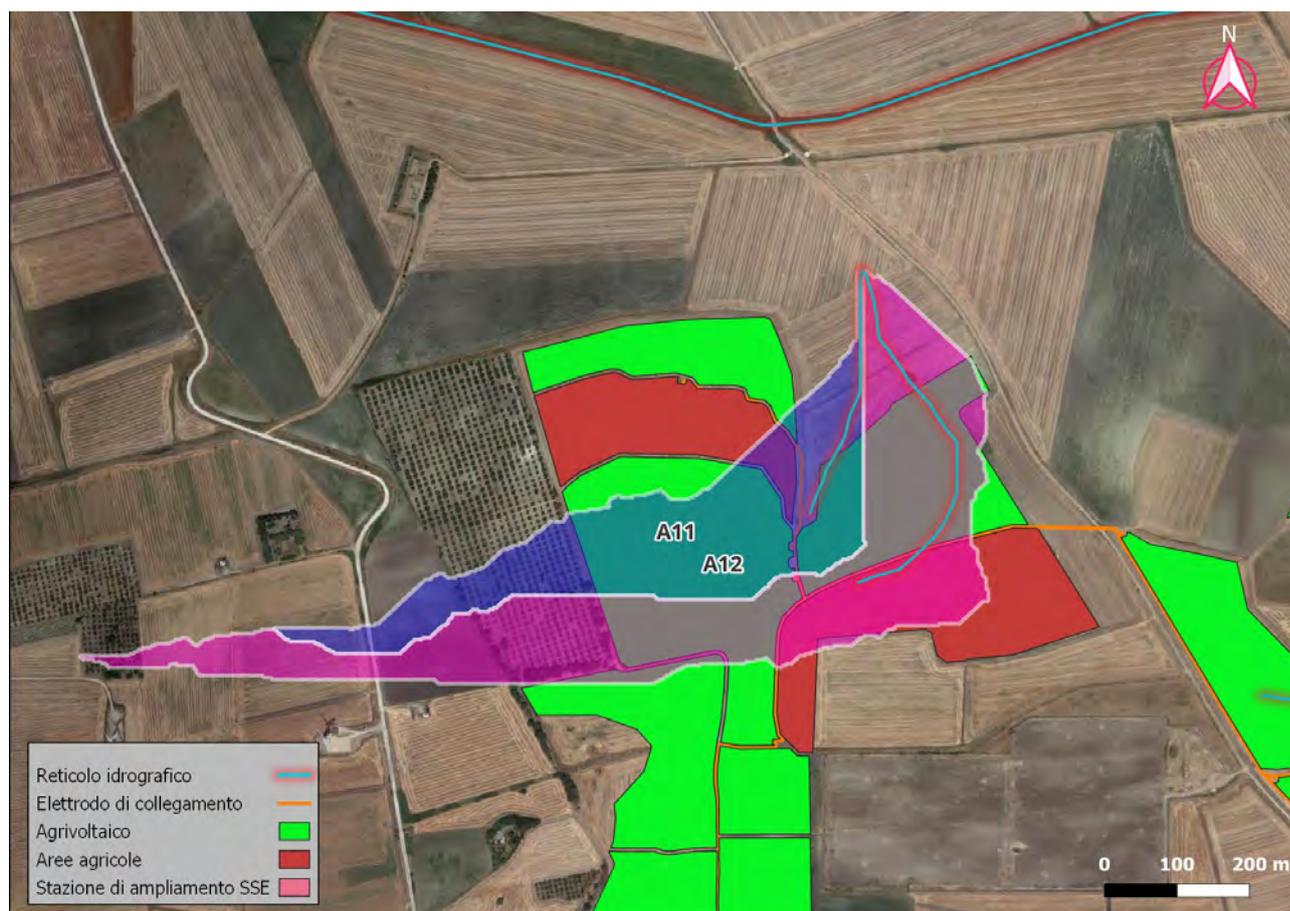


Figura 16. Sottobacini A11, A12 sovrapposti a ortofoto (Google Hybrid su QGIS).

Tabella 7. Parametri caratteristici del sottobacino A11, A12.

		A11	A12	
	Area del bacino	Km <sup>2</sup>	0.099	0.154
	Quota massima asta	m	309.2	314.3
	Quota massima bacino	m	335.3	343.1
	Quota sezione di chiusura	m	274.8	274.8
	Lunghezza asta	m	355.4	541.8
	Pendenza media asta	[m/m]	0.09687	0.07261
	Pendenza media bacino	[m/m]	0.06842	0.06929
	Quota media	m	316.4	312.7
T <sub>r</sub> =200 a	Parametro a	-	69.98	69.97
	Esponente n	-	0.551	0.544
	Coefficiente di deflusso φ	-	0.272	0.335

## 4.1.8 Sottobacini A13-A14

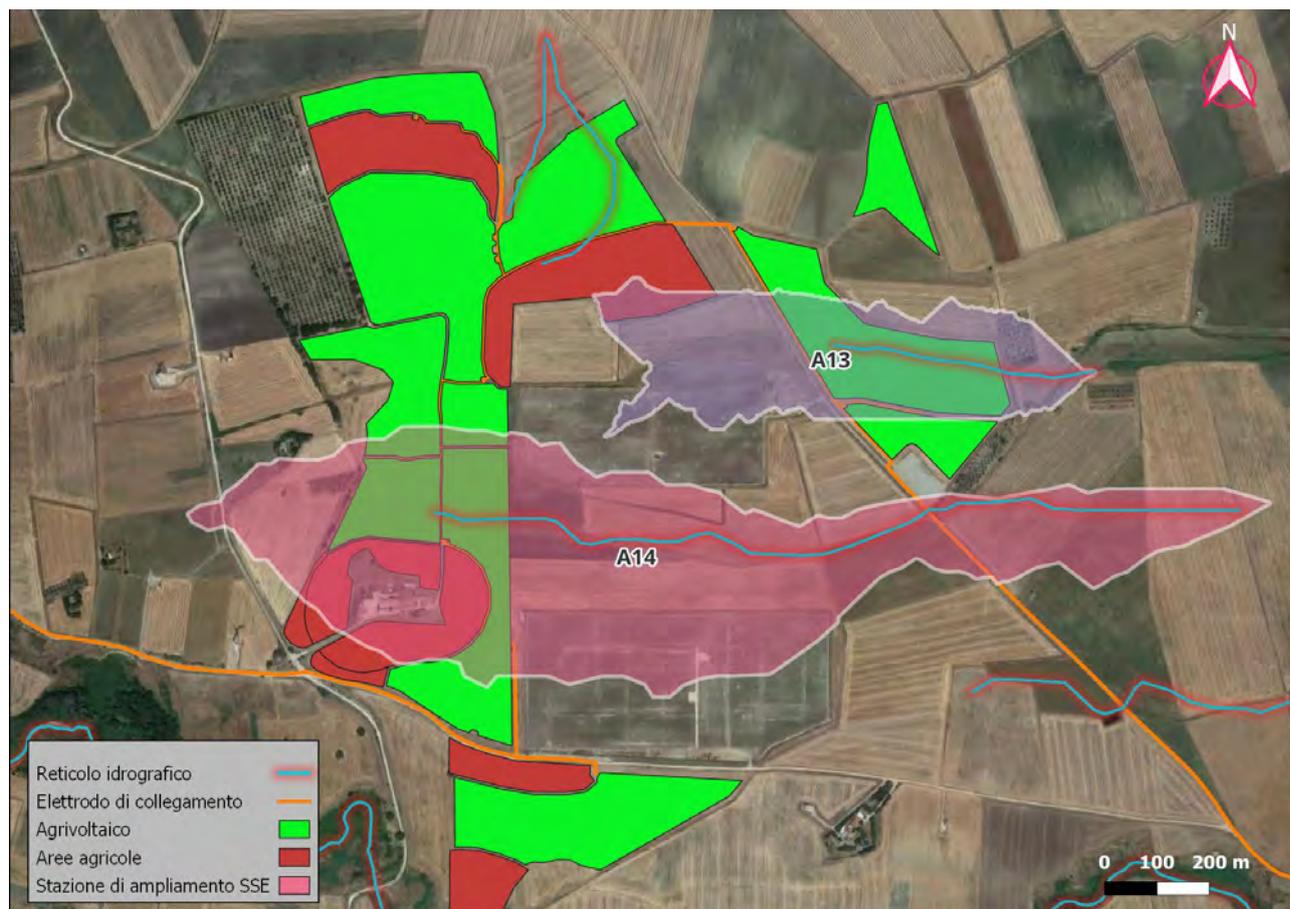


Figura 17. Sottobacini A13, A14 sovrapposti a ortofoto (Google Hybrid su QGIS).

Tabella 8. Parametri caratteristici del sottobacino A13, A14.

		A13	A14	
	Area del bacino	Km <sup>2</sup>	0.187	0.531
	Quota massima asta	m	304.8	316.2
	Quota massima bacino	m	315.3	334.7
	Quota sezione di chiusura	m	287.6	288.6
	Lunghezza asta	m	503.8	1660
	Pendenza media asta	[m/m]	0.03368	0.01676
	Pendenza media bacino	[m/m]	0.02862	0.02932
	Quota media	m	305.2	313.7
T <sub>r</sub> =200 a	Parametro a	-	69.97	69.93
	Esponente n	-	0.532	0.546
	Coefficiente di deflusso φ	-	0.406	0.568

## 4.1.9 Sottobacino A15

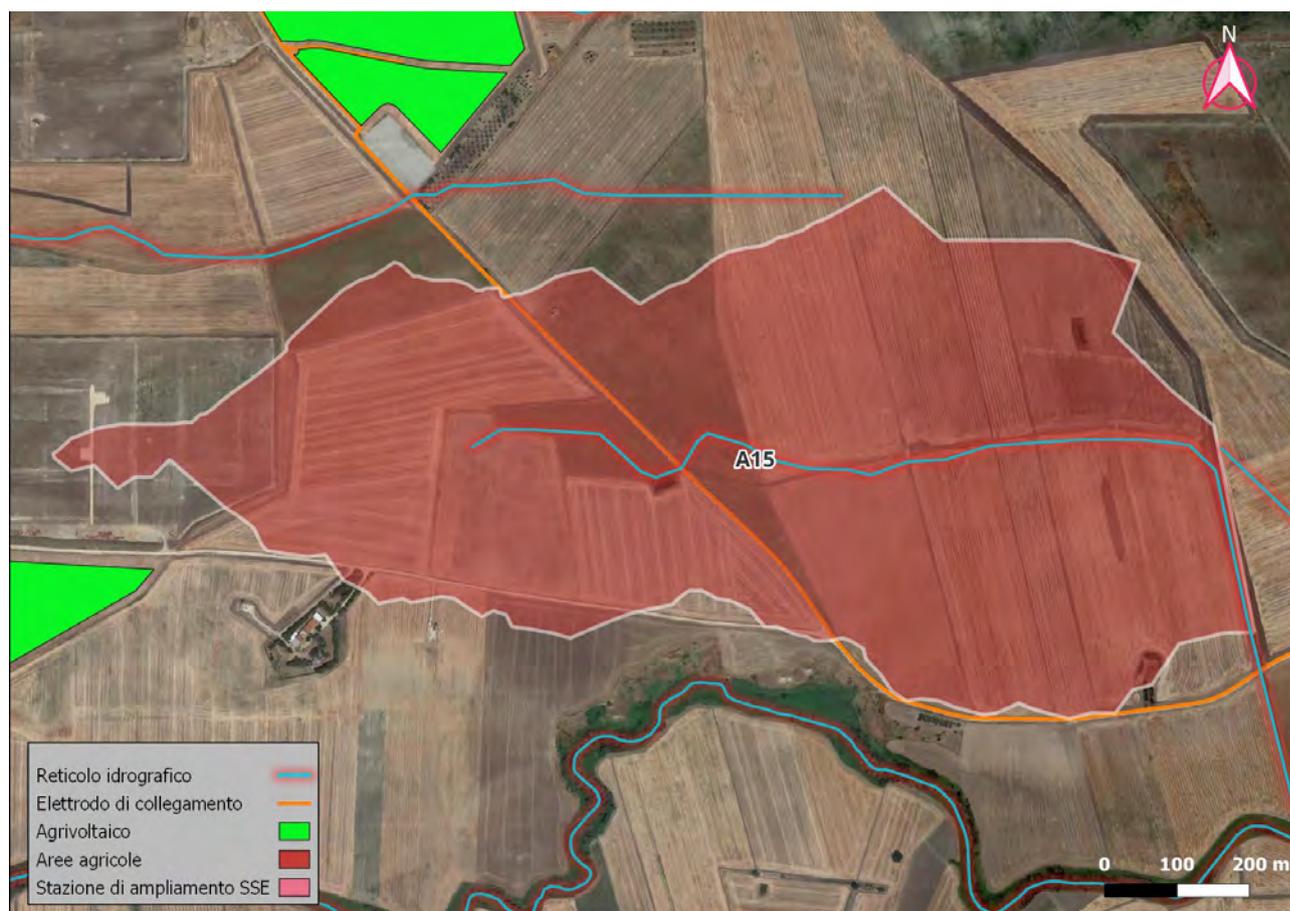


Figura 18. Sottobacino A15 sovrapposto a ortofoto (Google Hybrid su QGIS).

Tabella 9. Parametri caratteristici del sottobacino A15.

		A15
	Area del bacino	Km <sup>2</sup> 0.700
	Quota massima asta	m 296.1
	Quota massima bacino	m 313.3
	Quota sezione di chiusura	m 280.0
	Lunghezza asta	m 1330.0
	Pendenza media asta	[m/m] 0.014
	Pendenza media bacino	[m/m] 0.028
	Quota media	m 292.6
Tr=200 a	Parametro a	- 69.92
	Esponente n	- 0.511
	Coefficiente di deflusso $\varphi$	- 0.543

## 4.1.10 Sottobacino A16

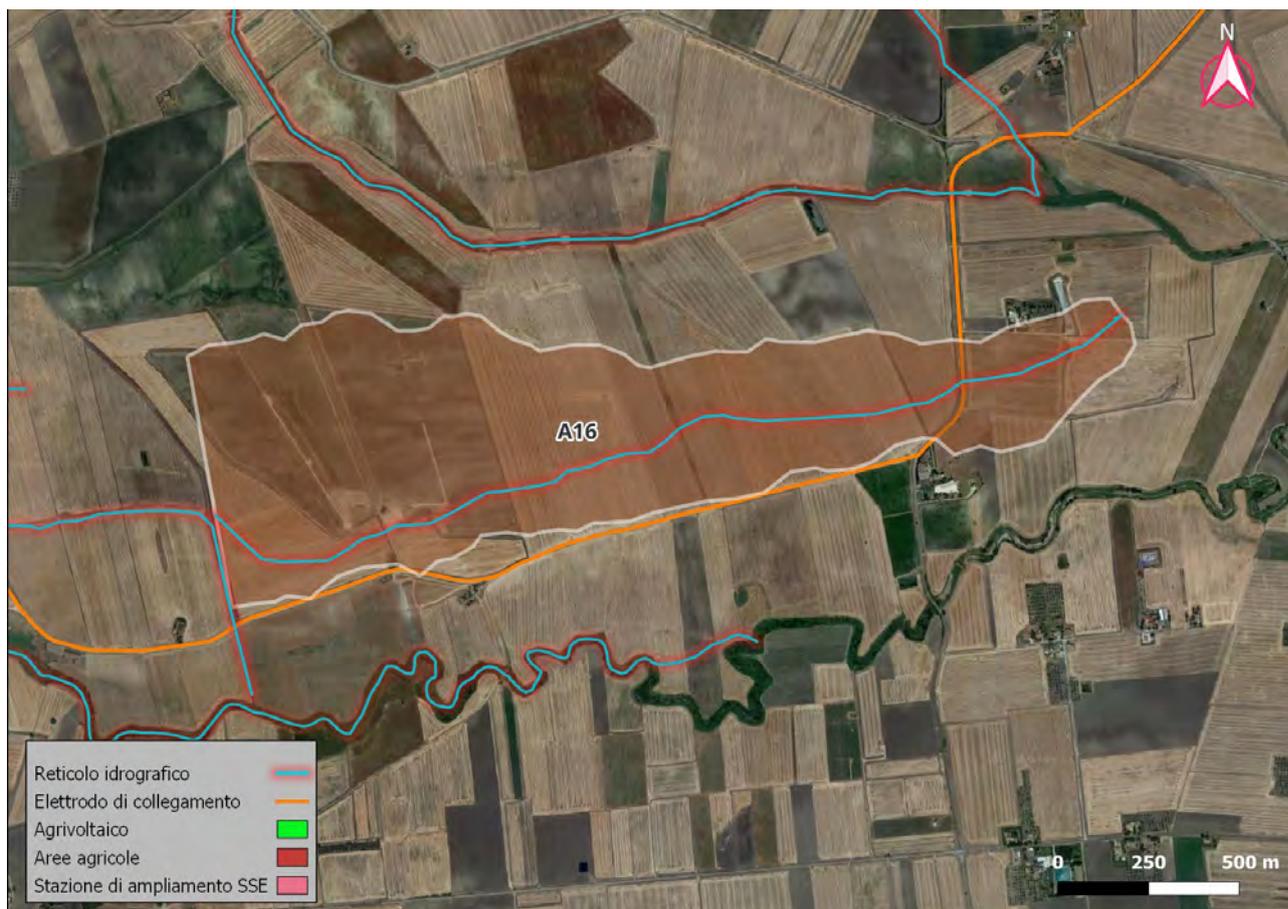


Figura 19. Sottobacino A16 sovrapposto a ortofoto (Google Hybrid su QGIS).

Tabella 10. Parametri caratteristici del sottobacino A16.

		A16
	Area del bacino	Km <sup>2</sup> 1.211
	Quota massima asta	m 280.8
	Quota massima bacino	m 282.4
	Quota sezione di chiusura	m 242.1
	Lunghezza asta	m 2737
	Pendenza media asta	[m/m] 0.01414
	Pendenza media bacino	[m/m] 0.01815
	Quota media	m 264.6
Tr=200 a	Parametro a	- 69.87
	Esponente n	- 0.464
	Coefficiente di deflusso $\varphi$	- 0.651

## 4.1.11 Sottobacino A17

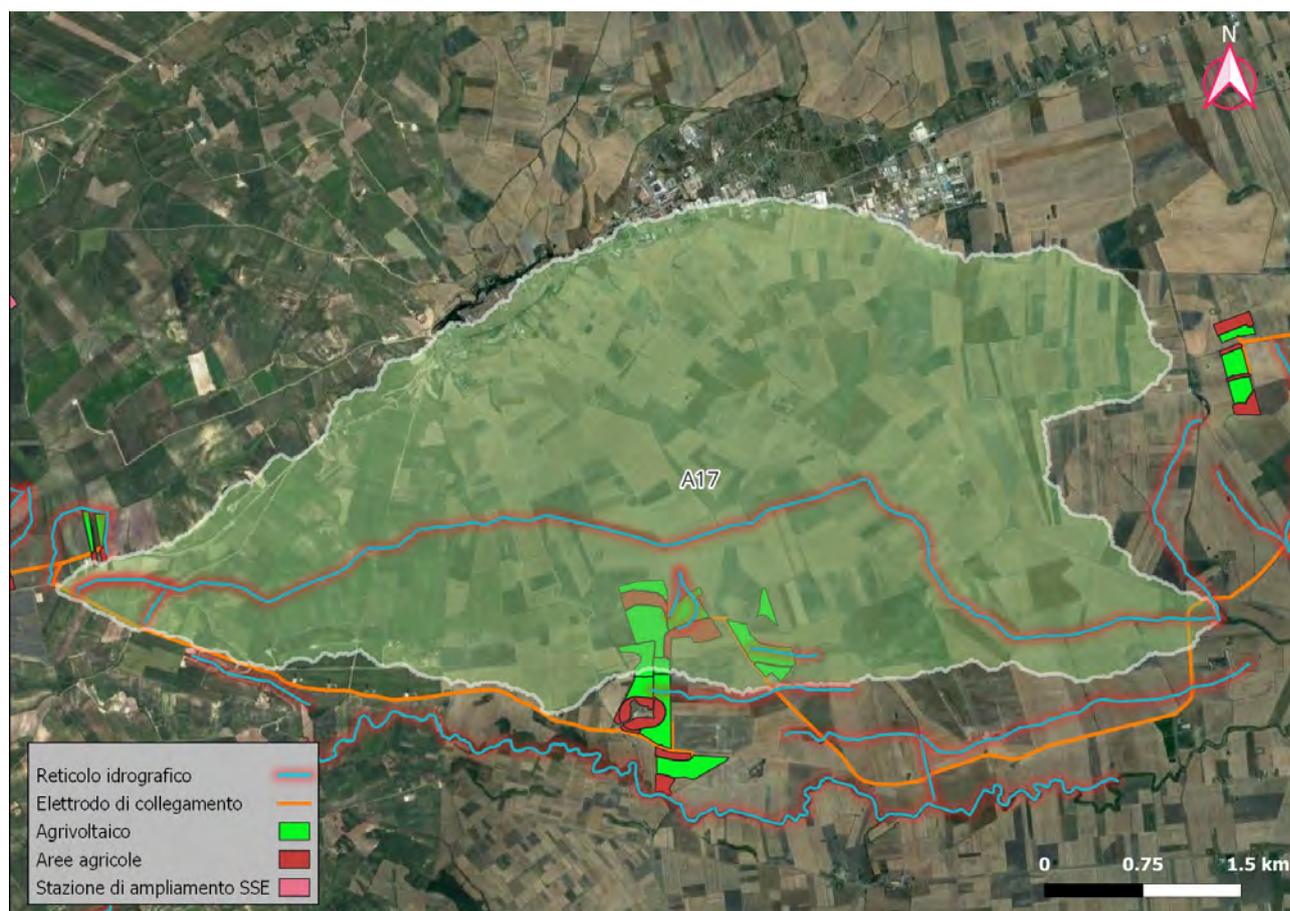


Figura 20. Sottobacino A17 sovrapposto a ortofoto (Google Hybrid su QGIS).

Tabella 11. Parametri caratteristici del sottobacino A17.

		A17	
Area del bacino		Km <sup>2</sup>	21.47
Quota massima asta		m	418
Quota massima bacino		m	445.3
Quota sezione di chiusura		m	238.3
Lunghezza asta		m	9773
Pendenza media asta		[m/m]	0.02112
Pendenza media bacino		[m/m]	0.08273
Quota media		m	305
Tr=200 a	Parametro a	-	67.87
	Esponente n	-	0.532
	Coefficiente di deflusso $\phi$	-	0.693
Tr=500 a	Parametro a	-	77.21
	Esponente n	-	0.532
	Coefficiente di deflusso $\phi$	-	0.723

## 4.1.12 Sottobacino A18

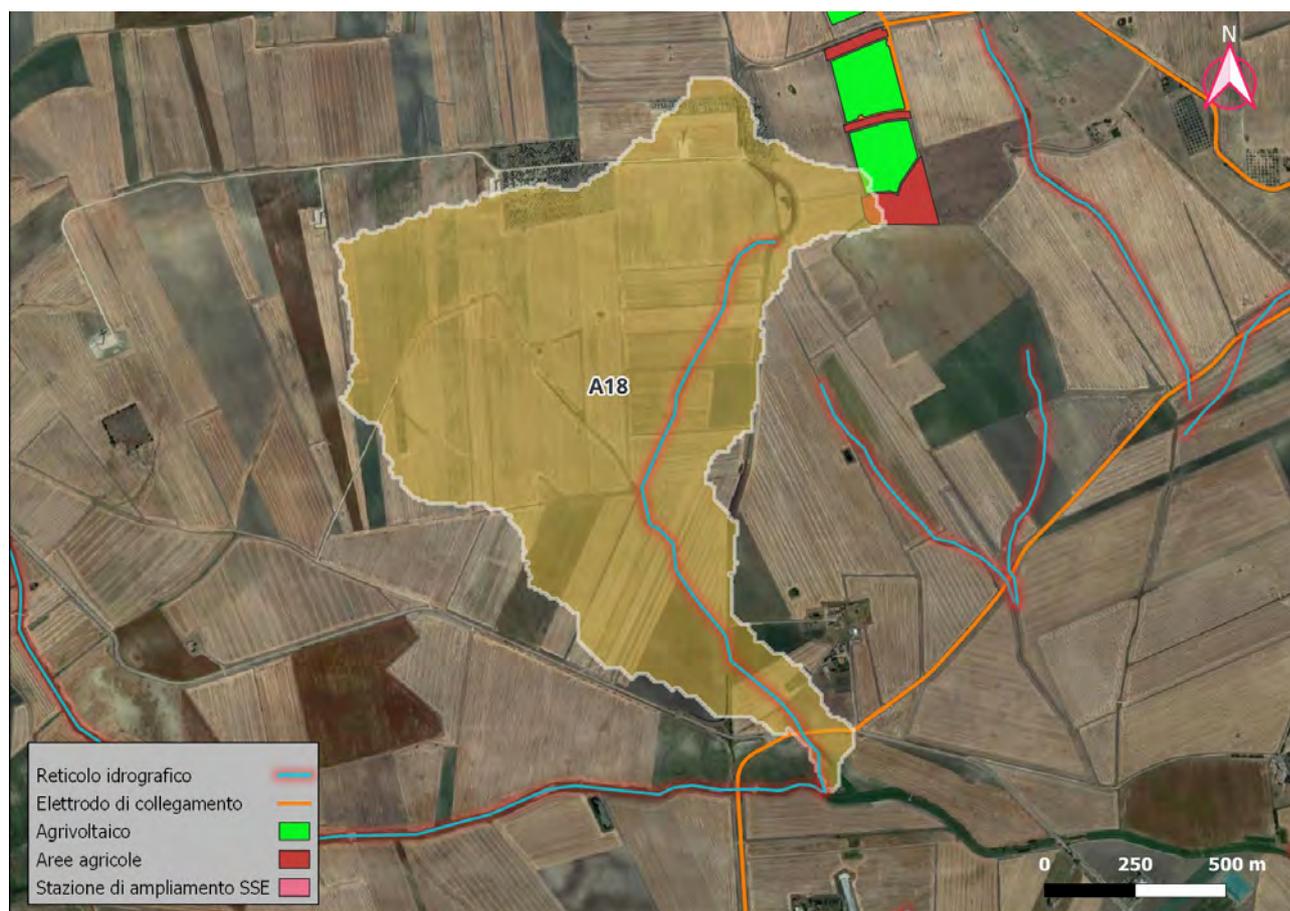


Figura 21. Sottobacino A18 sovrapposto a ortofoto (Google Hybrid su QGIS).

Tabella 12. Parametri caratteristici del sottobacino A18.

		A18
	Area del bacino	Km <sup>2</sup> 1.413
	Quota massima asta	m 280.5
	Quota massima bacino	m 324.3
	Quota sezione di chiusura	m 238.2
	Lunghezza asta	m 1851
	Pendenza media asta	[m/m] 0.02286
	Pendenza media bacino	[m/m] 0.06912
	Quota media	m 278.6
Tr=200 a	Parametro a	- 69.85
	Esponente n	- 0.487
	Coefficiente di deflusso $\varphi$	- 0.516

## 4.1.13 Sottobacini A19-A20

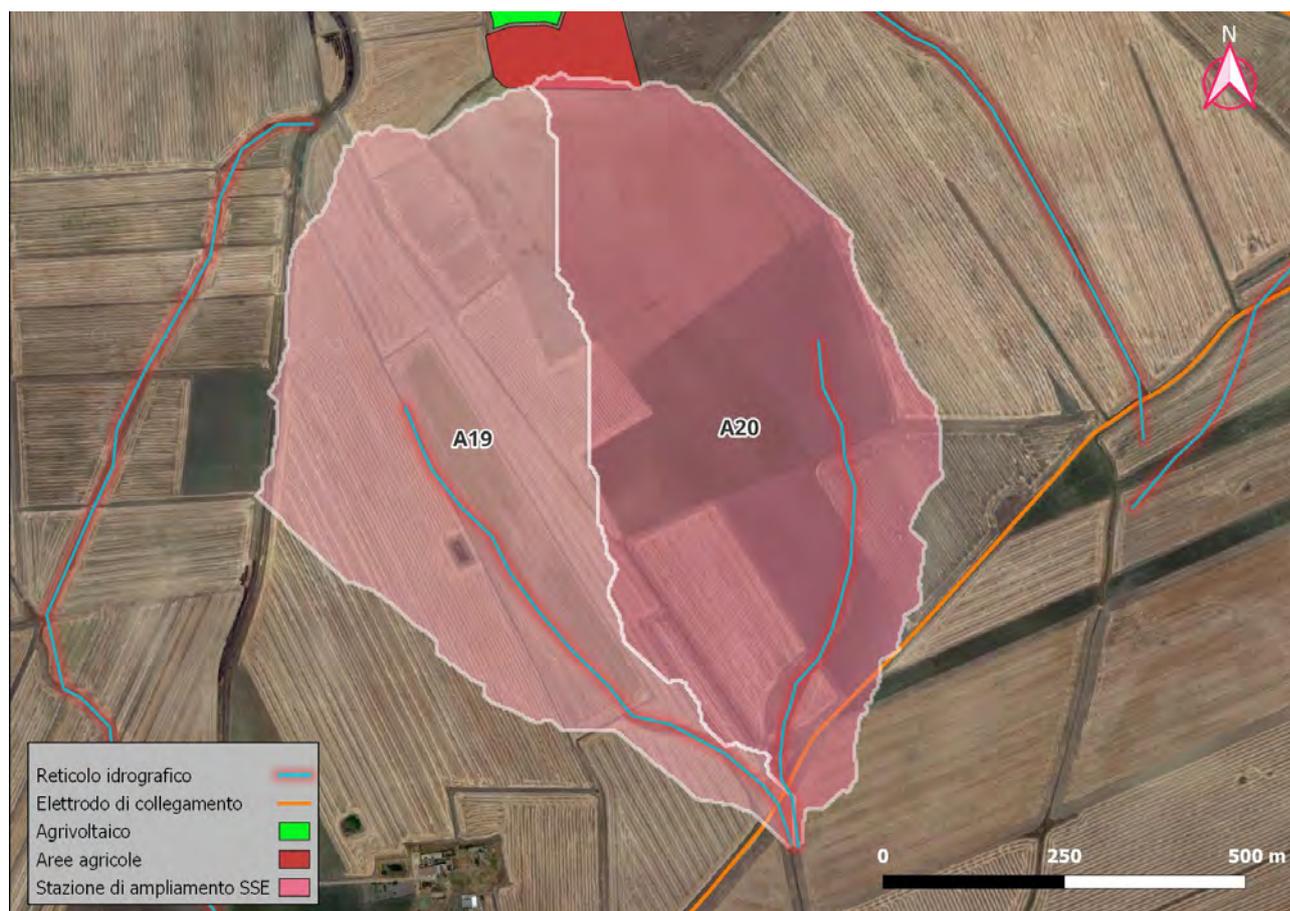


Figura 22. Sottobacini A19, A20 sovrapposti a ortofoto (Google Hybrid su QGIS).

Tabella 13. Parametri caratteristici del sottobacino A19, A20.

		A19	A20	
	Area del bacino	Km <sup>2</sup>	0.327	0.358
	Quota massima asta	m	260.6	255.5
	Quota massima bacino	m	320	320
	Quota sezione di chiusura	m	241.7	241.5
	Lunghezza asta	m	834	738.4
	Pendenza media asta	[m/m]	0.02251	0.01885
	Pendenza media bacino	[m/m]	0.06737	0.06318
	Quota media	m	264.3	260
Tr=200 a	Parametro a	-	69.96	69.95
	Esponente n	-	0.464	0.456
	Coefficiente di deflusso $\phi$	-	0.425	0.417

## 4.1.14 Sottobacini A21-A22

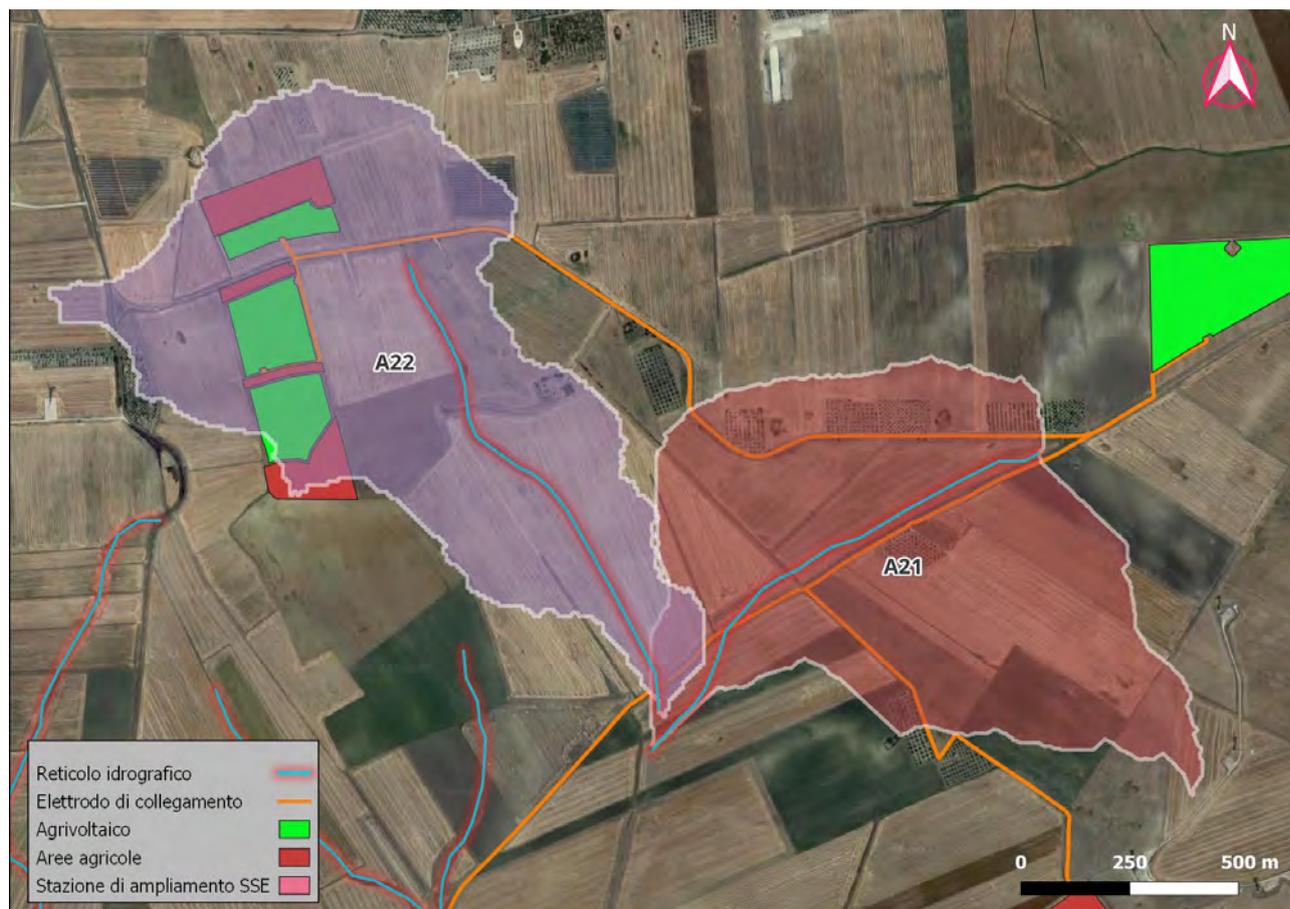


Figura 23. Sottobacini A21, A22 sovrapposti a ortofoto (Google Hybrid su QGIS).

Tabella 14. Parametri caratteristici del sottobacino A21, A22.

		A21	A22	
	Area del bacino	Km <sup>2</sup>	0.824	0.908
	Quota massima asta	m	266	287.1
	Quota massima bacino	m	356.5	330
	Quota sezione di chiusura	m	244.4	245.3
	Lunghezza asta	m	1176	1216
	Pendenza media asta	[m/m]	0.0185	0.03438
	Pendenza media bacino	[m/m]	0.09564	0.07837
	Quota media	m	273.8	287.2
Tr=200 a	Parametro a	-	69.91	69.90
	Esponente n	-	0.479	0.502
	Coefficiente di deflusso $\phi$	-	0.437	0.453

## 4.1.15 Sottobacini A23-A24

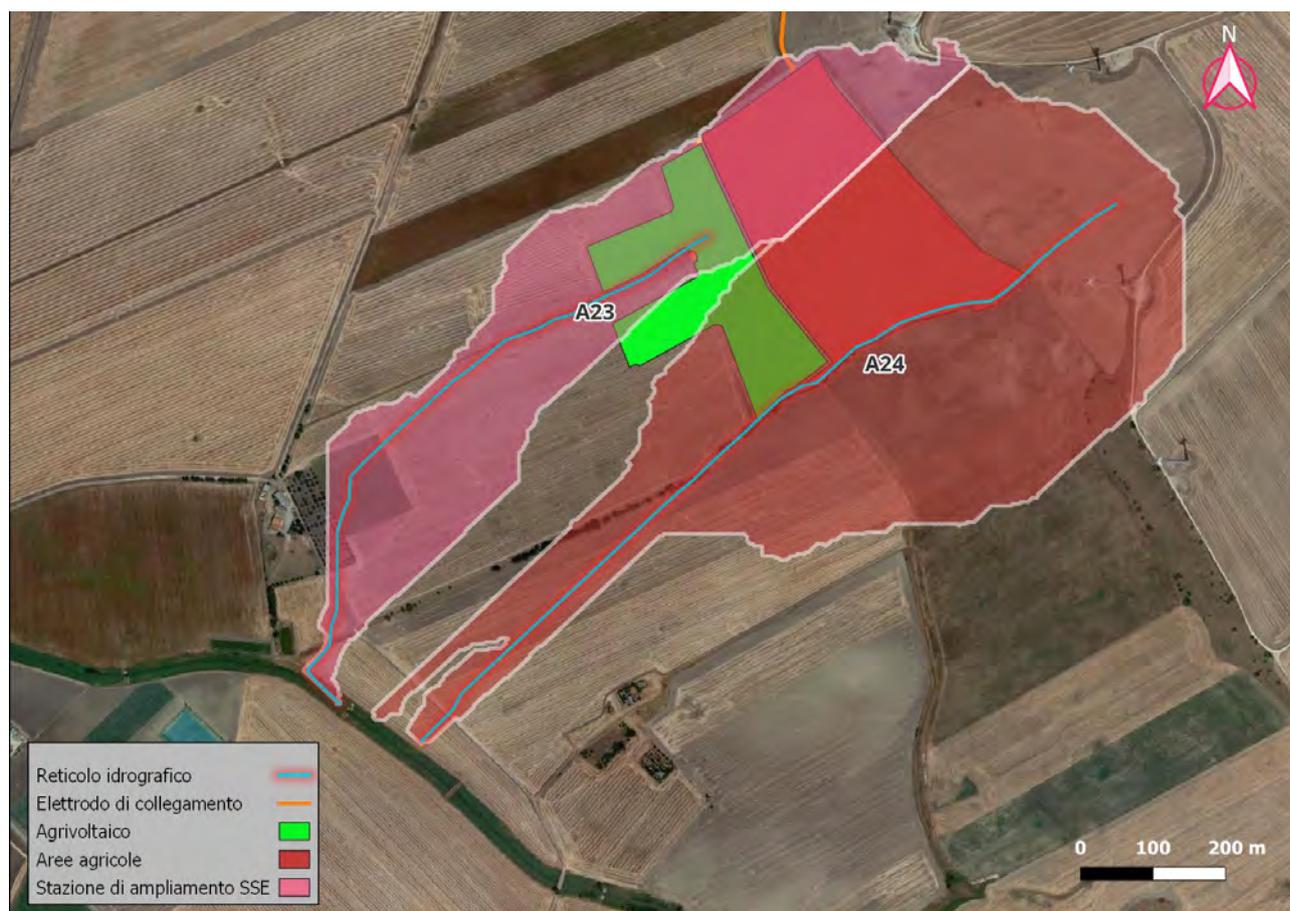


Figura 24. Sottobacini A23, A24 sovrapposti a ortofoto (Google Hybrid su QGIS).

Tabella 15. Parametri caratteristici del sottobacino A23, A24.

		A23	A24	
	Area del bacino	Km <sup>2</sup>	0.197	0.374
	Quota massima asta	m	277.7	344.5
	Quota massima bacino	m	360.7	366
	Quota sezione di chiusura	m	226.9	226.1
	Lunghezza asta	m	952	1236
	Pendenza media asta	[m/m]	0.05376	0.09495
	Pendenza media bacino	[m/m]	0.11956	0.15673
	Quota media	m	272.3	300.6
Tr=200 a	Parametro a	-	69.97	69.95
	Esponente n	-	0.477	0.524
	Coefficiente di deflusso $\phi$	-	0.393	0.386

## 5 CALCOLO DELLE PORTATE

### 5.1 VAPI PUGLIA

La determinazione delle portate attese con diversi tempi di ritorno è stata eseguita in conformità a quanto previsto dal progetto Valutazione Piene (VaPi) del Gruppo Nazionali di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI).

In particolare è stata realizzata una analisi regionale delle piogge massime annuali di durata compresa tra 1 ora e 1 giorno utilizzando come modello statistico di riferimento la distribuzione TCEV (Two Component Extreme Value), la quale è adattabile a fenomeni aleatori che presentano valori estremi (ad esempio la portata o l'altezza di pioggia ovvero la sua intensità). Il modello TCEV nasce dal prodotto di due funzioni di distribuzione di Gumbel relative a una variabile aleatoria il cui comportamento è supposto appartenere a due differenti popolazioni che si sovrappongono, la prima relativa a eventi normali e più frequenti (componente base) e la seconda relativa a eventi più gravosi e rari (componente straordinaria).

La funzione di distribuzione cumulata TCEV (probabilità di non superamento del valore  $x$  da parte della variabile  $X$ ) è definita quindi nel seguente modo:

$$F_X(x) = \exp \left[ -\Lambda_1 \exp \left( \frac{x}{\vartheta_1} \right) - \Lambda_2 \exp \left( \frac{x}{\vartheta_2} \right) \right] \quad \text{per } x \geq 0$$

in cui i pedici 1 e 2 distinguono le due diverse popolazioni,  $\Lambda_1$  è il numero medio annuo di eventi per le due componenti e  $\vartheta_i$  il loro valore medio annuo. Ad esempio, la variabile aleatoria  $X$  potrebbe essere l'altezza di pioggia di durata  $d$  che assume il valore generico  $x$  e che viene descritta da due popolazioni, una che relativa ai suoi valori tipici, mentre l'altra che descrive i suoi comportamenti estremi.

Per  $\Lambda_2 = 0$  si ottiene la tipica distribuzione di Gumbel a una variabile aleatoria.

La forma suddetta in genere viene riportata come:

$$F_X(x) = \exp \left[ -\Lambda_1 \exp \left( -\frac{x}{\vartheta_1} \right) - \Lambda_* \Lambda_1^{\frac{1}{\vartheta_*}} \exp \left( -\frac{x}{\vartheta_1 \vartheta_*} \right) \right]$$

ponendo

$$\vartheta_* = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}$$

$$\Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\vartheta_*}}$$

I quattro **parametri campionari**  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda_*$ ,  $\vartheta_1$ ,  $\vartheta_*$  vanno stimati per ottenere il valore  $x$  della variabile  $X$  di interesse.

Se si introduce la media  $\mu$  della distribuzione, chiamata anche *valore indice* <sup>(5)</sup>, e la nuova variabile  $K_{t,TR} = \frac{X_{t,TR}}{\mu(X)}$  (funzione del tempo di ritorno), la funzione di probabilità di quest'ultima prende il nome di *curva di crescita*, funzione dei parametri campionari  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda_*$ ,  $\vartheta_1$ ,  $\vartheta_*$ . Applicando detta curva a singole zone omogenee, è sufficiente determinare il valore indice per ottenere la distribuzione finale della variabile  $X$ .

Nella realtà i momenti (teorici) della distribuzione effettiva sono ignoti, per cui l'unica cosa che si può fare è quella di stimare i quattro parametri di cui sopra mediante la statistica delle serie storiche.

<sup>(5)</sup>  $\mu = \vartheta_1 (\ln \Lambda_1 + \gamma_E) - \vartheta_1 \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_*^j}{j!} \Gamma \left( \frac{j}{\vartheta_*} \right)$ ,  
 $\gamma_E = 0.5772$ , costante di Eulero,  
 $\Gamma(x) = \int_0^{\infty} x^{t-1} \exp(-t) dx$ , funzione Gamma

Si dimostra che il **coefficiente di variazione teorico**  $C_V$  (rapporto tra deviazione standard e media) dipende da  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda_*$ ,  $\vartheta_*$  ed è indipendente da  $\vartheta_1$  mentre il **coefficiente di asimmetria teorico**  $C_A$  (una quantità che misura la simmetria della distribuzione) dipende da  $\Lambda_*$ ,  $\vartheta_*$  ed è indipendente da  $\Lambda_1$  e  $\vartheta_1$ . È possibile stimare detti coefficienti mediante i quattro parametri di cui sopra <sup>(6)</sup>. I due coefficienti si mostrano essere molto sensibili alla grandezza dei campioni, ma presentano una bassa variabilità regionale, il che porta a ipotizzare l'esistenza di regioni spaziali in cui essi si possono approssimare costanti: i parametri campionari possono ritenersi costanti laddove ciò accade, questo comportando la costruzione di una struttura gerarchica a livello regionale, a seconda di come si comportano i suoi parametri all'interno di singole aree.

Al **I livello di regionalizzazione** il coefficiente di asimmetria  $C_A$  è ritenuto costante in una regione molto ampia, e questo comporta la costanza dei parametri  $\Lambda_*$  e  $\vartheta_*$ .

Al **II livello di regionalizzazione** si assume la regione omogenea nei confronti dei parametri  $\Lambda_*$  e  $\vartheta_*$ , ed essa si suddivide in sottozone in cui  $C_V$  risulta costante. Questo comporta la costanza del parametro  $\Lambda_1$  (che va comunque stimato dai dati a disposizione) in ogni sottozona omogenea (oltre che di  $\Lambda_*$  e  $\vartheta_*$ , invece costanti anche al di fuori della sotto zona). Nella sottozona omogenea per il parametro  $\Lambda_1$ , la curva di crescita  $K_{t,TR}$  è identicamente distribuita.

Al **III livello di regionalizzazione** si individuano aree omogenee in cui sia possibile realizzare relazioni che legano il valore indice  $\mu(X)$  alle caratteristiche fisiche di interesse. Ad esempio, se  $\mu(X)$  rappresenta la pioggia indice essa può essere relazionata alle caratteristiche morfologiche e climatiche e nelle aree omogenee di cui sopra questa relazione è invariabile, essendo  $\mu(X)$  costante. Un esempio di relazione è:

$$\mu(X) = at^n$$

in cui si lega il valore medio (indice) dei massimi annuali della precipitazione di diversa durata  $t$  alla durata stessa.

Per quanto riguarda la Regione Puglia, per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello si è fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate. I risultati hanno evidenziato per l'area esaminata la consistenza di zona unica di primo e secondo livello. L'intero territorio di competenza del compartimento di Bari del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale risulta quindi diviso, al primo e secondo livello, in due sottozone. La prima (Claps et al, 1994) comprende la Capitanata, il Sub-appennino Dauno, il Gargano e l'Alta Murgia, la seconda include la restante parte del Tavoliere e della Murgia e la penisola Salentina.

L'analisi di terzo livello basata sull'analisi di regressione delle precipitazioni di diversa durata con la quota ha portato alla individuazione, oltre alle quattro zone omogenee in Claps et al. (1994), di altre due zone e delle rispettive curve di possibilità climatica.”.

In termini pluviometrici, il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia è stato suddiviso in 6 aree omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base di determinate equazioni.

Nel caso in esame le quazioni di interesse considerate sono quelle relative alla Zona 3 per tutti i sottobacini e alla media tra la Zona 3 e la Zona 4 per il sottobacino A9 (Figura 25), rispettivamente:

$$\text{Zona 3: } h(t, z) = K_A K(T_R) 25.325 t^{[(0.696+0.00531z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 4: } h(t, z) = K_A K(T_R) 24.70 t^{0.256}$$

in cui  $K_A$  è detto Fattore di Riduzione Areale (funzione della superficie del bacino  $A$ , in chilometri quadrati, e della durata di pioggia  $d$ , espressa in ore),  $K(T_R)$  è il coefficiente di crescita per le piogge, il cui valore è

<sup>(6)</sup>  $C_V = \frac{N}{(N-1)^{0.5}} \frac{[\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2]^{1.5}}{\sum_{i=1}^N x_i}$ ,  $C_A = N^{0.5} \frac{N}{(N-1)^{0.5}} \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^3}{[\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2]^{1.5}}$ . N=dimensione del campione

funzione del tempo di ritorno  $T_R$ ,  $z$  è il parametro geomorfologico della quota assoluta sul livello del mare (in metri).



Figura 25. Sottozone omogenee per la Regione Puglia.



Figura 26. Sovrapposizione delle sottozone omogenee all'ortofoto dell'area a nord della Puglia.



Figura 27. Identificazione dei sottobacini all'interno delle zone omogenee. Il sottobacino A9 si trova a ridosso delle Zone 3 e 4, mentre i restanti nella Zona 3.

I parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge valutati al secondo livello di regionalizzazione permettono di ricavare, in funzione del tempo di ritorno  $T_R$ , l'equazione in forma implicita per derivare in forma iterativa il valore di  $K(T_R)$  (7):

$$T_R = \frac{1}{1 - \exp \left[ -\Lambda_1 \exp \left( -\frac{\mu}{\vartheta_1} K(T_R) \right) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} \exp \left( \frac{-\frac{\mu}{\vartheta_1} K(T_R)}{\theta_*} \right) \right]}$$

Il fattore di crescita per la Puglia Centro-Meridionale, è calcolabile in maniera approssimata mediante:

$$K(T_R) = 0.1599 + 0.5166 \ln(T_R)$$

La Tabella 16 riporta un confronto tra i valori esatti di  $K(T_R)$  e quelli ottenuti dalla formula approssimata di cui sopra.

Tabella 16. Confronto tra i valori esatti e i valori approssimati del coefficiente probabilistico di crescita per le piogge in Puglia per alcuni valori del tempo di ritorno.

TR [anni]	2	5	10	20	25	30	40	50	100	200	500	1000
$K(T_R)$ esatto	0.91	1.26	1.53	1.81	1.90	1.98	2.10	2.19	2.48	2.77	3.15	3.43
$K(T_R)$ approssimato	0.85	1.23	1.52	1.81	1.90	1.98	2.10	2.19	2.48	2.76	3.14	3.43

Per quanto riguarda il Fattore di Riduzione Areale  $K_A$ , esso è esprimibile come

(7) In forma approssimata si può risolvere la seguente:

$$K(T_R) = \left( \frac{\vartheta_* \ln \Lambda_*}{\frac{\mu}{\vartheta_1}} + \frac{\ln \Lambda_1}{\frac{\mu}{\vartheta_1}} \right) + \frac{\vartheta_*}{\frac{\mu}{\vartheta_1}} \ln(T_R)$$

Che porta a:

$$K(T_R) = 0.1599 + 0.5166 \ln(T_R) \text{ per le zone 5 e 6 della Puglia}$$

$$K_A = 1 - [1 - \exp(-0.0021A)] \exp(-0.53 d^{0.25})$$

In cui  $A$  è l'area di interesse in chilometri quadrati e  $d$  il tempo di pioggia in ore (generalmente considerato uguale al tempo di corrivazione del bacino).

Nel caso in esame i parametri di pioggia ottenuti sono riportati nelle tabelle dalla **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** alla Tabella 15 per ogni sottobacino. Essi sono stati utilizzati alla base del metodo SCS per la valutazione dell'idrogramma di piena

## 5.2 METODO SCS

Per le simulazioni idrauliche si è deciso di utilizzare la modalità a moto vario messa a disposizione dal software HecRas 6.1. Alla base delle simulazioni vi è in input l'idrogramma di piena per il singolo bacino, valutato mediante il metodo SCS.

Il metodo SCS, proposto dal Soil Conservation Center (1972) è anche noto come metodo Curve Number (da qui anche noto come metodo SCS-CN)

Utilizzando come fonte Hydrology di Madan Mohan Das e Mimi Das Saikia, PHI Learning Private Limited, New Delhi, ed. 2009, segue la trattazione della metodologia usata.

Il metodo SCS si basa sulla costruzione di un idrogramma di pioggia proposto da V. Mockus il quale dopo un attento studio di innumerevoli bacini idrografici realizzò più idrogrammi di piena unitari per poi mediarli e ottenerne uno solo rappresentativo, del quale generalmente se ne trovano i risultati in forma tabellare adimensionale e normalizzata in riferimento al cosiddetto tempo di picco  $t_p$  e alla portata di picco  $Q_p$ .

L'idrogramma unitario adimensionale SCS di cui sopra è riportato in Figura 29 in forma grafica.

L'idrogramma unitario SCS dimensionale si ottiene da quello adimensionale utilizzando i valori di  $Q_p$  calcolati per i corrispondenti tempi di picco  $t_p$ .

L'idrogramma SCS presenta delle caratteristiche globali associate al diagramma triangolare equivalente riportato in Figura 30 avente la stessa durata e lo stesso tempo di picco. Nella figura sono indicati due elementi, un rettangolo rigato la cui area indica il volume meteorico netto di una pioggia di intensità costante e durata  $t_p$  e

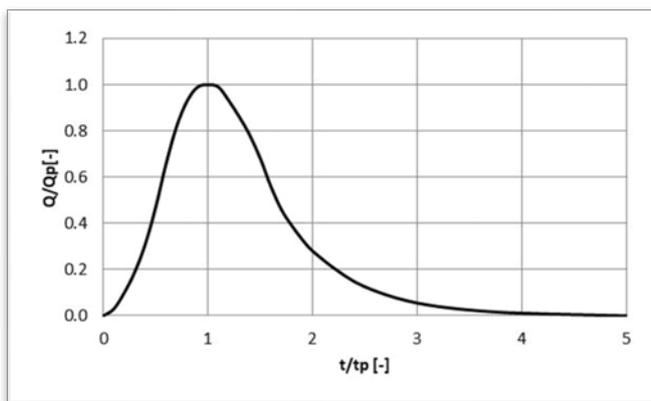


Figura 28. Idrogramma unitario adimensionale SCS.

l'idrogramma triangolare che rappresenta l'onda di piena che attraversa la sezione di chiusura individuata per il bacino in esame. La lunghezza della forma triangolare  $t_b$  individua la durata totale dell'evento di piena. L'evento meteorico e l'inizio dell'onda di piena si assumono iniziati allo stesso istante. Il picco dell'onda di piena, ovvero il valore massimo di portata, si verifica dopo un tempo di afflusso  $t_a$  (durata della fase crescente). L'intervallo di tempo tra il baricentro dell'evento meteorico (la metà del tempo  $t_p$ ) e il momento del picco di piena, prende il nome di tempo di ritardo o di lag. Una volta raggiunto il tempo di picco  $t_a$  (secondo una dinamica comandata principalmente dall'evento meteorico) la forma dell'onda di piena tende a

divenire monotona discendente, esaurendosi dopo un tempo  $t_e$  (tempo di esaurimento).

Il volume totale di pioggia è:

$$Volume = \frac{t_b Q_p}{2}$$

da cui

$$Q_p = \frac{2 \cdot Volume}{t_b} = \frac{2 \cdot Volume}{t_a + t_e}$$

La caratteristica fondamentale dell'idrogramma triangolare è che il 37.5% del volume totale di deflusso si verifica in corrispondenza della sola fase ascendente dell'idrogramma stesso, e si ha:

$$0.375 \frac{t_b Q_p}{2} = \frac{t_a Q_p}{2}$$

da cui

$$t_b = 2.67 t_a$$

per cui

$$Q_p = \frac{2 \cdot Volume}{2.67 t_a} = \frac{0.75 \cdot Volume}{t_a}$$

Volendo esprimere la portata in m<sup>3</sup>/s, tenendo conto che il tempo è espresso in ore e la superficie si vuole esprimere in km<sup>2</sup>, e considerando che il volume è dato dalla superficie del bacino per l'altezza di pioggia (in millimetri), si ha:

$$Q_p = \frac{0.75 \cdot Volume}{t_a} = 10^6 \cdot 10^{-3} \frac{0.75 \cdot S \cdot h}{3600 t_a}$$

$$Q_p = \frac{0.208 \cdot S \cdot h}{t_a}$$

in cui  $h$  rappresenta il volume di deflusso netto in mm <sup>(8)</sup>.

Il tempo di ritardo  $t_l$  è valutabile come:

$$t_l = 0.342 \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

essendo  $L$  la lunghezza dell'asta principale in chilometri,  $s$  la pendenza media del bacino in % e CN il Curve Number medio del bacino.

Il tempo di corrivazione  $t_c$ , valutato empiricamente dal SCS è stimabile da:

$$t_l = 0.6 t_c$$

Nota  $t_l$  è possibile valutare  $t_a$  non mediante il tempo di pioggia  $t_p$  ma mediante un tempo efficace  $t_{eff}$ , a sua volta uguale al tempo di corrivazione al netto di una ulteriore quantità che tiene conto delle perdite per infiltrazione:

$$t_a = 0.5 t_{eff} + t_l$$

dove

$$t_{eff} = t_c \left( 1 - \frac{I_a}{h_{tp,T}(A)} \right)$$

<sup>(8)</sup> In alcune formulazioni la portata di picco è ricavata dalla definizione di idrogramma unitario e si presenta come  $Q_p = (2.08 \cdot S) / (t_a)$ , ovvero al netto del volume di deflusso. In questo caso l'idrogramma ottenuto è propriamente detto "unitario" (in quanto l'area sottesa rappresenta il volume di acqua caduto per tutta la durata dell'evento meteorico che per l'intero bacino realizza un ricoprimento uniforme di 1 cm) e deve essere amplificato, mediante il principio di sovrapposizione degli effetti, di un fattore relativo all'effettivo volume di deflusso. In questo caso la procedura è più complessa in quanto si deve dividere la durata dell'evento di pioggia in intervalli, per ognuno dei quali valutare il volume di deflusso dell'intero bacino in relazione alle altezze di pioggia utilizzate per quel dato tempo di ritorno. I risultati ottenuti sono comunque analoghi a quelli utilizzati nella formulazione qui riportata.

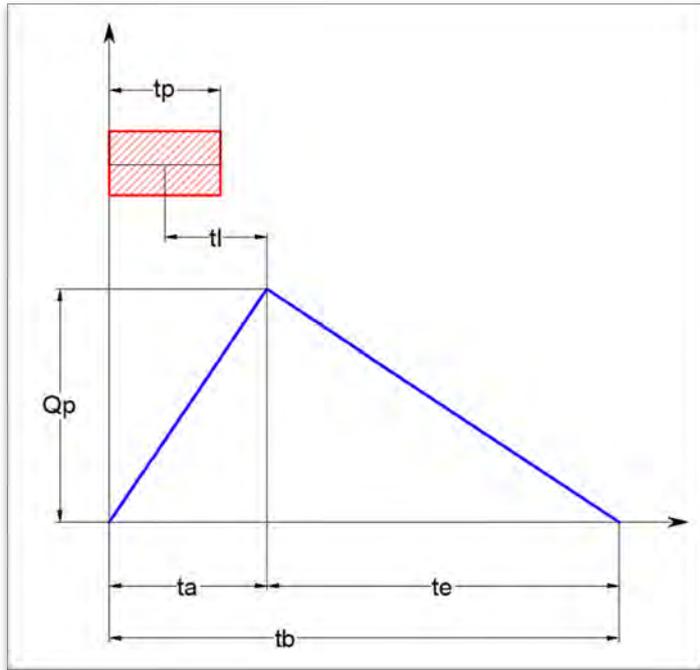


Figura 29. Idrogramma triangolare di Mockus.

in cui  $I_a$  è la perdita per infiltrazione, posta al 20% dell'invaso massimo.

Per quanto riguarda il volume di deflusso netto  $h$ , si applica la relazione:

$$\frac{h}{P_n} = \frac{W}{S_{MAX}}$$

in cui  $h$  è il volume di deflusso,  $P_n$  la precipitazione netta,  $W$  l'invaso del suolo (volume immagazzinato dal suolo) e  $S_{MAX}$  il valore dell'invaso massimo. Tutti i termini sono espressi in millimetri (mentre l'area di riferimento è quella dell'invaso).

La precipitazione netta è data da:

$$P_n = P - I_a = P - 0.2S_{MAX}$$

essendo  $P$  la precipitazione totale.

Ponendo inoltre

$$P_n = h + W$$

si ottiene il volume di deflusso come:

$$h = \frac{(P - 0.2S_{MAX})^2}{(P + 0.8S_{MAX})}$$

In quest'ultima, l'incognita  $S_{MAX}$  la si valuta come:

$$S_{MAX} = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Essendo CN un parametro denominato Curve Number, compreso tra 0 e 100. Il CN rappresenta l'attitudine del bacino esaminato a formare deflusso ed è funzione della natura del suolo, del tipo di copertura vegetale e delle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione.

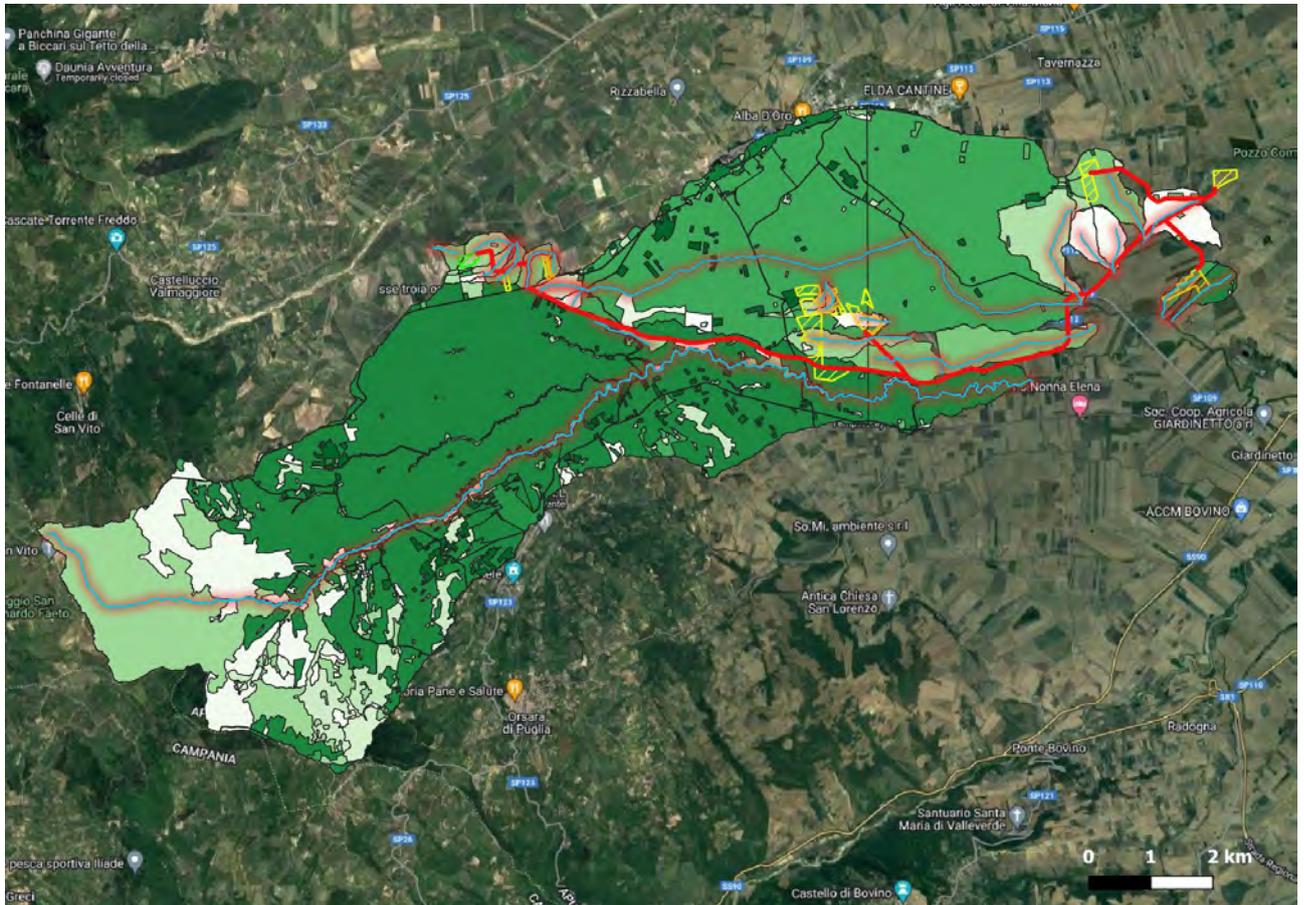
Per quanto riguarda le caratteristiche idrologiche dei suoli, l'SCS ha effettuato una distinzione in quattro classi:

- CLASSE A: permeabilità alta (capacità di infiltrazione molto elevata, scarsa potenzialità di deflusso).
- CLASSE B: permeabilità media (elevata capacità di infiltrazione, moderata potenzialità di deflusso).
- CLASSE C: permeabilità bassa (scarsa capacità di infiltrazione e saturazione, potenzialità di deflusso moderatamente alta).
- CLASSE D: permeabilità nulla (scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione, potenzialità di deflusso molto elevata; pressoché impermeabili).

È possibile riferirsi a diverse tabelle, messe a disposizione del SCS che riportano, per ciascuna classe e per tipi di copertura, il corrispondente valore del Curve Number, che viene indicato come valore nella condizione AMC II (AMC=Antecedent Moisture Condition) o  $CN_{II}$ , che rappresenta un valore di imbibimento del suolo medio. A questi valori si possono affiancare anche AMC I ( $CN_I$ ) e AMC III ( $CN_{III}$ ), che rappresentano condizioni di imbibimento del suolo causate da antecedenti eventi meteorici, rispettivamente più secche e più umide.

Per ottenere i valori di AMC I e AMC III da quelli medi AMC II<sup>9</sup> (Tabella 18) è possibile usare delle formulazioni. Nel caso in esame, si è utilizzato un valore del Curve Number in condizioni AMC III, e la formula di calcolo è la seguente:

$$CN_{III} = \frac{23 CN_{II}}{10 + 0.13 CN_{II}}$$



<sup>9</sup> Relazione Generale, pag. 57-59. P.O. FESR 2007 – 2013 PROGRAMMA PLURIENNALE DI ATTUAZIONE DELL'ASSE II AZIONE 2.3.6. "MIGLIORAMENTO DEL SISTEMA DELL'INFORMAZIONE, DEL MONITORAGGIO E DEL CONTROLLO NEL SETTORE DELLA DIFESA DEL SUOLO": "Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico pugliese, con particolare riferimento alle aree del Gargano, delle coste joniche e salentine della regione Puglia"

LEGENDA	
<input type="checkbox"/>	altre colture permanenti
<input type="checkbox"/>	aree a pascolo naturale, praterie, incolti
<input type="checkbox"/>	aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novelleto)
<input type="checkbox"/>	aree a ricolonizzazione naturale
<input type="checkbox"/>	aree a vegetazione sclerofilla
<input type="checkbox"/>	aree archeologiche
<input type="checkbox"/>	aree con vegetazione rada
<input type="checkbox"/>	aree estrattive
<input type="checkbox"/>	aree per gli impianti delle telecomunicazioni
<input type="checkbox"/>	aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali
<input type="checkbox"/>	aree sportive (caldo, atletica, tennis, etc)
<input type="checkbox"/>	aree verdi urbane
<input type="checkbox"/>	bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui
<input type="checkbox"/>	bacini senza manifeste utilizzazioni produttive
<input type="checkbox"/>	boschi di conifere
<input type="checkbox"/>	boschi di latifoglie
<input type="checkbox"/>	boschi misti di conifere e latifoglie
<input type="checkbox"/>	canali e idrovie
<input type="checkbox"/>	cantieri e spazi in costruzione e scavi
<input type="checkbox"/>	cespuglieti e arbusteti
<input type="checkbox"/>	cimiteri
<input type="checkbox"/>	colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue
<input type="checkbox"/>	colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue
<input type="checkbox"/>	colture temporanee associate a colture permanenti
<input type="checkbox"/>	depositi di rottami a cielo aperto, dimeri di autoveicoli
<input type="checkbox"/>	discariche e depositi di cave, miniere, industrie
<input type="checkbox"/>	fiumi, torrenti e fossi
<input type="checkbox"/>	frutteti e frutti minori
<input type="checkbox"/>	grandi impianti di concentrazione e smistamento merci
<input type="checkbox"/>	insediamenti ospedalieri
<input type="checkbox"/>	insediamenti produttivi agricoli
<input type="checkbox"/>	insediamento commerciale
<input type="checkbox"/>	insediamento degli impianti tecnologici
<input type="checkbox"/>	insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati
<input type="checkbox"/>	insediamento in disuso
<input type="checkbox"/>	insediamento industriale o artigianale con spazi annessi
<input type="checkbox"/>	prati alberati, pascoli alberati
<input type="checkbox"/>	reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia
<input type="checkbox"/>	reti ferroviarie comprese le superfici annesse
<input type="checkbox"/>	reti stradali e spazi accessori
<input type="checkbox"/>	rocce nude, falesie e affioramenti
<input type="checkbox"/>	seminativi semplici in aree irrigue
<input type="checkbox"/>	seminativi semplici in aree non irrigue
<input type="checkbox"/>	sistemi colturali e particellari complessi
<input type="checkbox"/>	suoli rimaneggiati e artefatti
<input type="checkbox"/>	superfici a copertura erbacea densa
<input type="checkbox"/>	tessuto residenziale continuo antico e denso
<input type="checkbox"/>	tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso
<input type="checkbox"/>	tessuto residenziale continuo, denso recente, alto
<input type="checkbox"/>	tessuto residenziale discontinuo
<input type="checkbox"/>	tessuto residenziale rado e nucleiforme
<input type="checkbox"/>	tessuto residenziale sparso
<input type="checkbox"/>	uliveti
<input type="checkbox"/>	vigneti

Figura 30. Carta dell'uso del suolo per i bacini di interesse (fonte della carta: SIT Puglia).

Tabella 17. Valori di calcolo del Curve Number CN III assegnato ai singoli sottobacini.

Curve Number	CN III	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
		88.24	89.06	88.37	87.99	87.95	88.21	87.95	86.65	87.42	88.09	88.09

Curve Number	CN III	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24
		87.98	88.08	87.93	87.96	88.26	87.97	87.93	87.93	88.02	88.11	87.98	87.98

I valori del Curve Number  $CN_{III}$  per i singoli sottobacini sono stati valutati dall'analisi di un valore pesato basato sulle aree dell'uso del suolo riportate in Figura 30 (fonte della carta: SIT Puglia). I risultati sono riportati in Tabella 17.

Nelle pagine seguenti vengono riportate tutte le analisi effettuate sui singoli sottobacini e i singoli idrogrammi di piena stimati.

Tabella 18. Valori assunti dal Curve Number per le condizioni AMC II.

		A	B	C	D	MEDIO
ACQUACOLTURE	SUPERFICI 100% IMPERMEABILI	100	100	100	100	100.0
ALTRE COLTURE PERMANENTI	TERRE COLTIVATE CON TRATTAMENTI DI CONSERVAZIONE DEL SUOLO	62	71	78	81	73.0
AREE A PASCOLO NATURALE, PRATERIE, INCOLTI	PASCOLO IN CATTIVE CONDIZIONI	68	79	86	89	80.5
AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE (RIMBOSCHIMENTI NELLA FASE DI NOVELLETO)	BOSCHI CON COPERTURA RADA	45	66	77	83	67.8
AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	BOSCHI CON COPERTURA RADA	45	66	77	83	67.8
AREE A VEGETAZIONE SCLEROFILLA	BOSCHI CON COPERTURA RADA	45	66	77	83	67.8
AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	AREE RESIDENZIALI (65% IMPERMEABILI)	77	85	90	92	86.0
AREE AGROFORESTALI	BOSCHI CON COPERTURA RADA	45	66	77	83	67.8
AREE ARCHEOLOGICHE	TERRENO INCOLTO	77	86	91	94	87.0
AREE CON VEGETAZIONE RADA	PASCOLO IN CATTIVE CONDIZIONI	68	79	86	89	80.5
AREE ESTRATTIVE	SUPERFICI 100% PERMEABILI	0	0	0	0	0.0
AREE INTERESSATE DA INCENDI O ALTRI EVENTI DANNOSI	BOSCHI CON COPERTURA RADA	45	66	77	83	67.8
AREE PER GLI IMPIANTI DELLE TELECOMUNICAZIONI	AREE RESIDENZIALI (65% IMPERMEABILI)	77	85	90	92	86.0
AREE PORTUALI	PARCHEGGI, TETTI, STRADE CARRABILI	98	98	98	98	98.0
AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	TERRE COLTIVATE CON TRATTAMENTI DI CONSERVAZIONE DEL SUOLO	62	71	78	81	73.0
AREE SPORTIVE (CALCIO, ATLETICA, TENNIS, ECC...)	SPAZI APERTI E PARCHI IN CONDIZIONI MEDIE	49	69	79	84	70.3
AREE VERDI URBANE	AREE RESIDENZIALI (12% IMPERMEABILI)	46	65	77	82	67.5
BACINI CON PREVALENTEMENTE E UTILIZZAZIONE PER SCOPI IRRIGUI	SUPERFICI 100% IMPERMEABILI	100	100	100	100	100.0
BACINI SENZA MANIFESTE E UTILIZZAZIONI PRODUTTIVE	SUPERFICI 100% IMPERMEABILI	100	100	100	100	100.0
BOSCHI DI CONIFERE	BOSCHI CON COPERTURA MEDIA	36	60	73	79	62.0
BOSCO DI LATIFOGIE	BOSCHI CON COPERTURA MEDIA	36	60	73	79	62.0
BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGIE	BOSCHI CON COPERTURA MEDIA	36	60	73	79	62.0
CAMPEGGI, STRUTTURE TURISTICHE RICETTIVE A BUNGALOW O SIMILI	SPAZI APERTI E PARCHI IN CONDIZIONI MEDIE	49	69	79	84	70.3
CANALI E IDROVIE	SUPERFICI 100% IMPERMEABILI	100	100	100	100	100.0
CANTIERI E SPAZI IN COSTRUZIONE E SCAMI	AREE RESIDENZIALI (65% IMPERMEABILI)	77	85	90	92	86.0
CESPUGLIETI E ARBUSTETI	BOSCHI CON COPERTURA RADA	45	66	77	83	67.8
CIMITERI	AREE RESIDENZIALI (38% IMPERMEABILI)	61	75	83	87	76.5
COLTURE ORTICOLE IN PIENO CAMPO IN SERRA E SOTTO PLASTICA IN AREE IRRIGUE	COLTURE FILARI, DRITTI IN CATTIVE CONDIZIONI	72	81	88	91	83.0
COLTURE ORTICOLE IN PIENO CAMPO IN SERRA E SOTTO PLASTICA IN AREE NON IRRIGUE	COLTURE FILARI, DRITTI IN CATTIVE CONDIZIONI	72	81	88	91	83.0
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE A COLTURE PERMANENTI	TERRE COLTIVATE CON TRATTAMENTI DI CONSERVAZIONE DEL SUOLO	62	71	78	81	73.0
DEPOSITI DI ROTTA MI A CIELO APERTO, CIMITERI DI AUTOVEICOLI	AREE COMMERCIALI (85% IMPERMEABILI)	89	92	94	95	92.5
DISCARICHE E DEPOSITI DI CAVE, MINIERE, INDUSTRIE	TERRENO INCOLTO	77	86	91	94	87.0
ESTUARI	SUPERFICI 100% IMPERMEABILI	100	100	100	100	100.0
FIUMI, TORRENTI E FOSSI	SUPERFICI 100% IMPERMEABILI	100	100	100	100	100.0
FRUTTE E FRUTTI MINORI	COLTURE IN FILARI DRITTI IN BUONE CONDIZIONI	67	78	85	89	79.8
GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO E SMISTAMENTO MERCI (INTERPORTI E SIMILI)	AREE COMMERCIALI (85% IMPERMEABILI)	89	92	94	95	92.5
INSEDIAMENTI OSPEDALIERI	AREE COMMERCIALI (72% IMPERMEABILI)	81	88	91	93	88.3
INSEDIAMENTI PRODUTTIVI AGRICOLI	AREE RESIDENZIALI (65% IMPERMEABILI)	77	85	90	92	86.0
INSEDIAMENTI COMMERCIALI	AREE COMMERCIALI (85% IMPERMEABILI)	89	92	94	95	92.5
INSEDIAMENTO DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI	AREE COMMERCIALI (72% IMPERMEABILI)	81	88	91	93	88.3
INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI SERVIZI PUBBLICI E PRIVATI	AREE COMMERCIALI (85% IMPERMEABILI)	89	92	94	95	92.5
INSEDIAMENTO IN DISUSO	AREE RESIDENZIALI (38% IMPERMEABILI)	61	75	83	87	76.5
INSEDIAMENTI INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI	AREE COMMERCIALI (72% IMPERMEABILI)	81	88	91	93	88.3
LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERE	SUPERFICI 100% IMPERMEABILI	100	100	100	100	100.0
PALUDI INTERNE	SUPERFICI 100% IMPERMEABILI	100	100	100	100	100.0
PALUDI SALMASTRE	SUPERFICI 100% IMPERMEABILI	100	100	100	100	100.0
PARCHI DI DIVERTIMENTO (ACQUAPARK, ZOOSAFARI E SIMILI)	SPAZI APERTI E PARCHI IN CONDIZIONI MEDIE	49	69	79	84	70.3
PRATI ALBERATI, PASCOLI ALBERATI	PASCOLO IN CONDIZIONI MEDIE	49	69	79	84	70.3
RETI E AREE PER LA DISTRIBUZIONE, LA PRODUZIONE E IL TRASPORTO DELL'ENERGIA	AREE COMMERCIALI (85% IMPERMEABILI)	89	92	94	95	92.5
RETI FERROVIARIE COMPRESSE LE SUPERFICI ANNESSE (STAZIONI, SMISTAMENTI, DEPOSITI ECC.)	STRADE IN GHIAIA	76	85	89	91	85.3
RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI (SVINCOLI, STAZIONI DI SERVIZIO, AREE DI PARCHEGGIO ECC.)	STRADE PAVIMENTATE CON CORDOLI E FOGNATURE	98	98	98	98	98.0
ROCCHE NUDE, FALESIE E AFFIORAMENTI	TERRENO INCOLTO	77	86	91	94	87.0
SALINE	SUPERFICI 100% IMPERMEABILI	100	100	100	100	100.0
SEMINATIVI IN AREE IRRIGUE	GRANO IN BUONE CONDIZIONI (FILARI DRITTI)	63	75	83	87	77.0
SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	GRANO IN CATTIVE CONDIZIONI (FILARI DRITTI)	65	76	84	88	78.3
SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	TERRE COLTIVATE SENZA TRATTAMENTI DI CONSERVAZIONE DEL SUOLO	72	81	88	91	83.0
SPIAGGE DUNE E SABBIE	SPAZI APERTI E PARCHI IN CONDIZIONI MEDIE	49	69	79	84	70.3
SUOLI RIMANEGGIATI E ARTEFATTI	TERRENO INCOLTO	77	86	91	94	87.0
SUPERFICI A COPERTURA ERBACEA DENSATA	PASCOLO IN CONDIZIONI MEDIE	49	69	79	84	70.3
TESSUTO RESIDENZIALE CONTINUO, ANTICO E DENSO	AREE COMMERCIALI (85% IMPERMEABILI)	89	92	94	95	92.5
TESSUTO RESIDENZIALE CONTINUO, DENSO PIU' RECENTE E BASSO	AREE COMMERCIALI (85% IMPERMEABILI)	89	92	94	95	92.5
TESSUTO RESIDENZIALE CONTINUO, DENSO, RECENTE E ALTO	AREE COMMERCIALI (85% IMPERMEABILI)	89	92	94	95	92.5
TESSUTO RESIDENZIALE DISCONTINUO	AREE RESIDENZIALI (65% IMPERMEABILI)	77	85	90	92	86.0
TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME A CARATTERE RESIDENZIALE E SUBURBANO	AREE RESIDENZIALI (38% IMPERMEABILI)	61	75	83	87	76.5
TESSUTO RESIDENZIALE SPARSO	AREE RESIDENZIALI (30% IMPERMEABILI)	57	72	81	86	74.0
ULIVETI	COLTURE IN FILARI DRITTI IN BUONE CONDIZIONI	67	78	85	89	79.8
VIGNETI	COLTURE IN FILARI DRITTI IN BUONE CONDIZIONI	67	78	85	89	79.8

### 5.2.1 Portata sottobacino A2

Tabella 19. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A2.

BACINO A2 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.343
Curve Number III	CN III	[-]	88.24
Lunghezza	L	[km]	0.73
Pendenza bacino	s	[m/m]	12.25
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.22
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	0.59
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.23
Tempo di ritardo	t <sub>i</sub>	[h]	0.14
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.165
Volume di deflusso	V	[mm]	5.91
Invaso suolo	W	[mm]	11.50
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	17.41
Invaso massimo	S	[mm]	33.86
Precipitazione totale	P	[mm]	24.19
Infiltrazione	I	[mm]	6.77
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	1.92
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		70.0
Parametro n curva pioggia	n		0.72
Coefficiente di deflusso	C		0.245

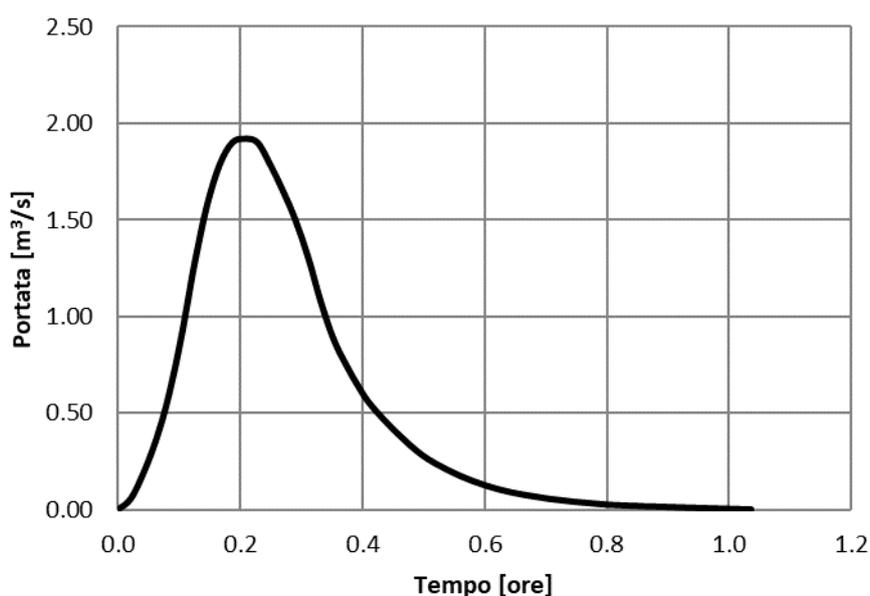


Figura 31. Idrogramma relativo al bacino A2. TR=200 anni.

### 5.2.2 Portata sottobacino A3

Tabella 20. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A3.

BACINO A3 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.214
Curve Number III	CN III	[-]	89.06
Lunghezza	L	[km]	0.7434
Pendenza bacino	s	[m/m]	7.33
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.29
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	0.77
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.29
Tempo di ritardo	t <sub>i</sub>	[h]	0.17
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.226
Volume di deflusso	V	[mm]	8.87
Invaso suolo	W	[mm]	12.78
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	21.65
Invaso massimo	S	[mm]	31.20
Precipitazione totale	P	[mm]	27.89
Infiltrazione	I	[mm]	6.24
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>1.37</b>
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		70.0
Parametro n curva pioggia	n		0.745
Coefficiente di deflusso	C		0.318

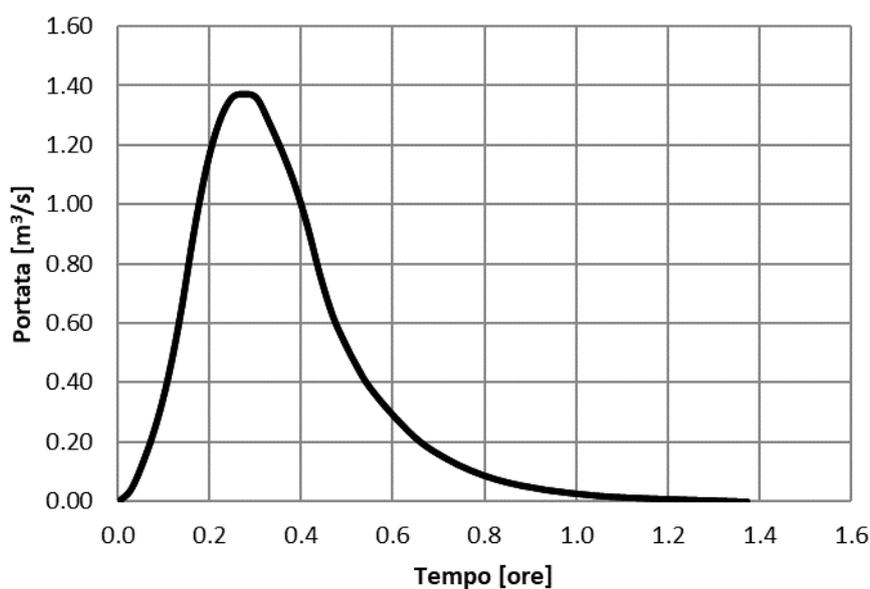


Figura 32. Idrogramma relativo al bacino A3. TR=200 anni.

### 5.2.3 Portata sottobacino A4

Tabella 21. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A4.

BACINO A4 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.195
Curve Number III	CN III	[-]	88.37
Lunghezza	L	[km]	0.7832
Pendenza bacino	s	[m/m]	9.11
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.27
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	0.73
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.28
Tempo di ritardo	t <sub>i</sub>	[h]	0.17
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.213
Volume di deflusso	V	[mm]	8.35
Invaso suolo	W	[mm]	13.05
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	21.40
Invaso massimo	S	[mm]	33.44
Precipitazione totale	P	[mm]	28.09
Infiltrazione	I	[mm]	6.69
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>1.24</b>
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		70.0
Parametro n curva pioggia	n		0.716
Coefficiente di deflusso	C		0.297

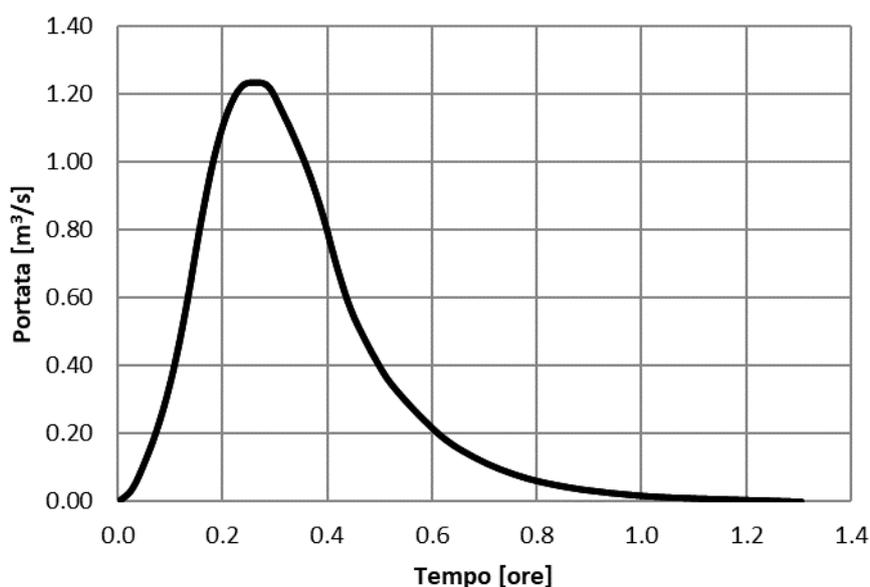


Figura 33. Idrogramma relativo al bacino A4. TR=200 anni.

### 5.2.4 Portata sottobacino A5

Tabella 22. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A5.

BACINO A5 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.256
Curve Number III	CN III	[-]	87.99
Lunghezza	L	[km]	0.94
Pendenza bacino	s	[m/m]	10.86
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.30
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	0.79
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.30
Tempo di ritardo	t <sub>i</sub>	[h]	0.18
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.232
Volume di deflusso	V	[mm]	9.53
Invaso suolo	W	[mm]	14.02
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	23.55
Invaso massimo	S	[mm]	34.66
Precipitazione totale	P	[mm]	30.48
Infiltrazione	I	[mm]	6.93
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	1.71
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		70.0
Parametro n curva pioggia	n		0.691
Coefficiente di deflusso	C		0.313

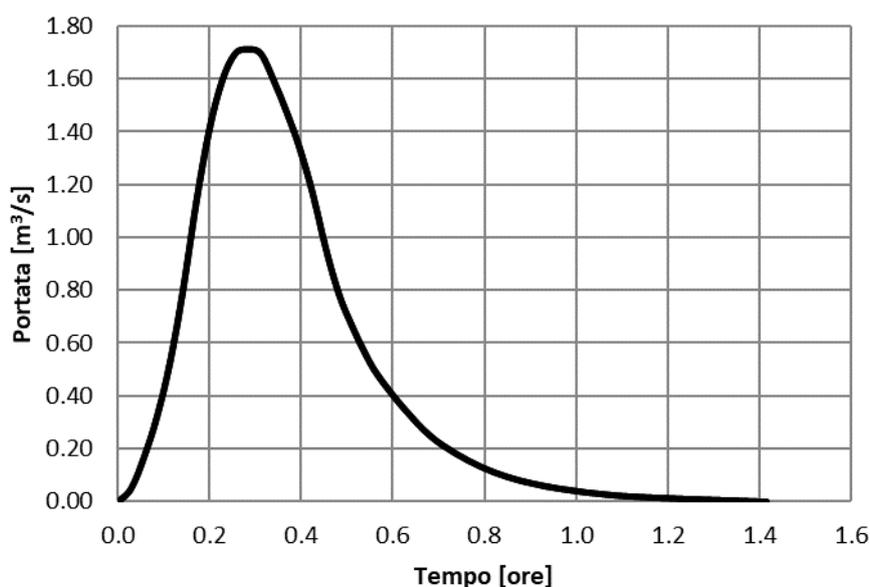


Figura 34. Idrogramma relativo al bacino A5. TR=200 anni.

### 5.2.5 Portata sottobacino A6

Tabella 23. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A6.

BACINO A6 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.077
Curve Number III	CN III	[-]	87.95
Lunghezza	L	[km]	0.3159
Pendenza bacino	s	[m/m]	12.86
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.10
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	0.27
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.12
Tempo di ritardo	t <sub>l</sub>	[h]	0.07
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.065
Volume di deflusso	V	[mm]	1.88
Invaso suolo	W	[mm]	7.20
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	9.08
Invaso massimo	S	[mm]	34.79
Precipitazione totale	P	[mm]	16.03
Infiltrazione	I	[mm]	6.96
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>0.29</b>
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		70.0
Parametro n curva pioggia	n		0.68
Coefficiente di deflusso	C		0.117

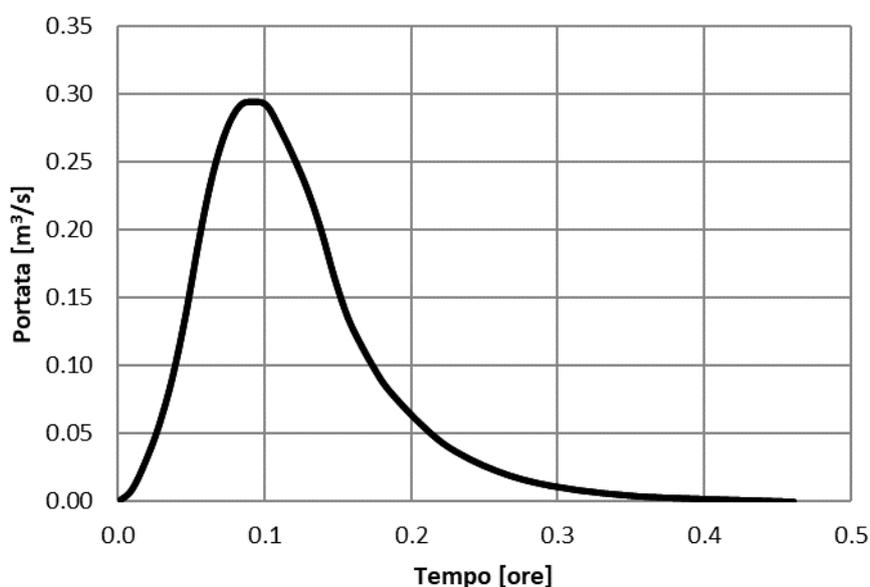


Figura 35. Idrogramma relativo al bacino A6. TR=200 anni.

### 5.2.6 Portata sottobacino A7

Tabella 24. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A7.

BACINO A7 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.248
Curve Number III	CN III	[-]	88.21
Lunghezza	L	[km]	0.7625
Pendenza bacino	s	[m/m]	13.63
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.22
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	0.58
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.23
Tempo di ritardo	t <sub>i</sub>	[h]	0.14
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.164
Volume di deflusso	V	[mm]	6.37
Invaso suolo	W	[mm]	11.86
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	18.23
Invaso massimo	S	[mm]	33.94
Precipitazione totale	P	[mm]	25.02
Infiltrazione	I	[mm]	6.79
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	1.51
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		70.0
Parametro n curva pioggia	n		0.690
Coefficiente di deflusso	C		0.255

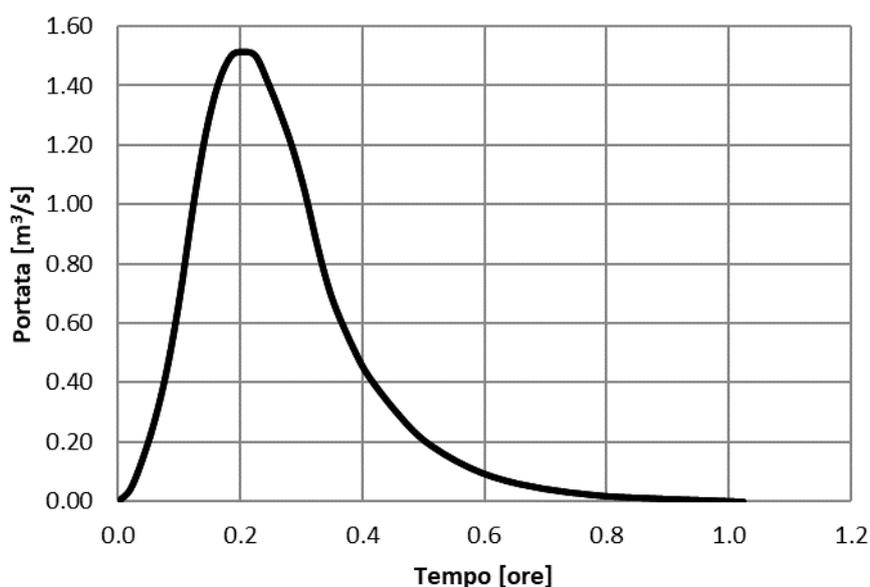


Figura 36. Idrogramma relativo al bacino A7. TR=200 anni.

### 5.2.7 Portata sottobacino A8

Tabella 25. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A8.

BACINO A8 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.083
Curve Number III	CN III	[-]	87.95
Lunghezza	L	[km]	0.3128
Pendenza bacino	s	[m/m]	13.84
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.10
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	0.26
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.11
Tempo di ritardo	t <sub>l</sub>	[h]	0.07
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.061
Volume di deflusso	V	[mm]	1.73
Invaso suolo	W	[mm]	6.95
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	8.68
Invaso massimo	S	[mm]	34.80
Precipitazione totale	P	[mm]	15.64
Infiltrazione	I	[mm]	6.96
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>0.31</b>
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		70.0
Parametro n curva pioggia	n		0.681
Coefficiente di deflusso	C		0.111

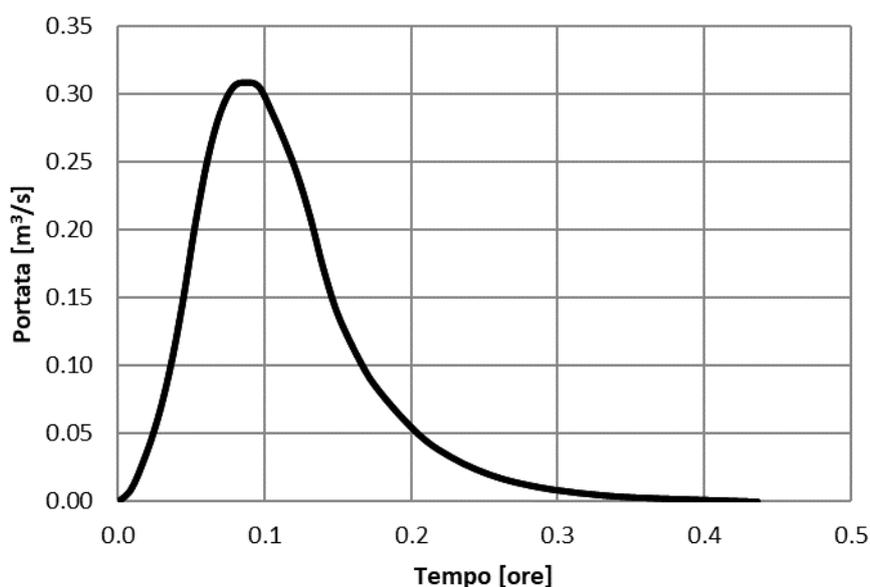


Figura 37. Idrogramma relativo al bacino A8. TR=200 anni.

### 5.2.8 Portata sottobacino A9

Tabella 26. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A9.

BACINO A9 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	45.45
Curve Number III	CN III	[-]	86.65
Lunghezza	L	[km]	22.64
Pendenza bacino	s	[m/m]	14.89
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	3.69
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	9.84
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	3.44
Tempo di ritardo	t <sub>i</sub>	[h]	2.07
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	3.241
Volume di deflusso	V	[mm]	96.23
Invaso suolo	W	[mm]	29.87
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	126.11
Invaso massimo	S	[mm]	39.15
Precipitazione totale	P	[mm]	133.94
Infiltrazione	I	[mm]	7.83
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>246.79</b>
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		64.8
Parametro n curva pioggia	n		0.587
Coefficiente di deflusso	C		0.719

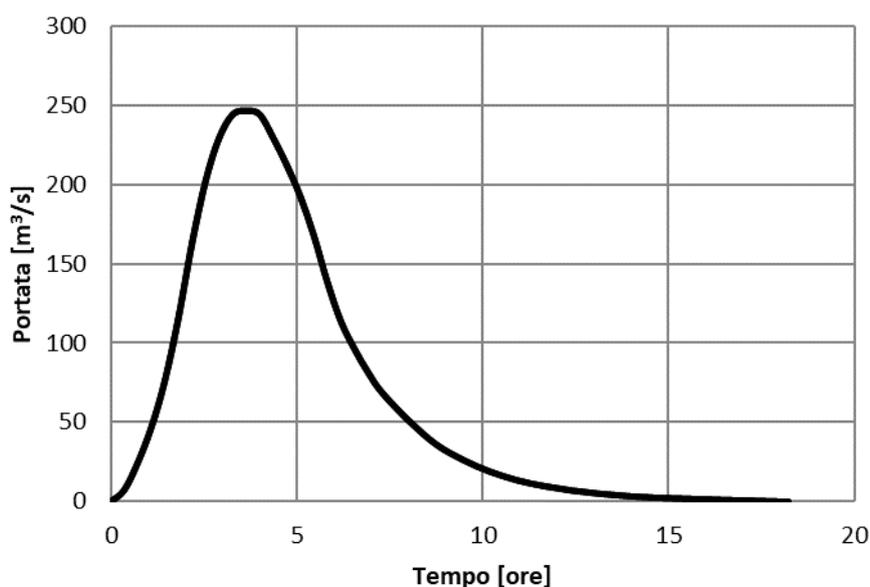


Figura 38. Idrogramma relativo al bacino A9. TR=200 anni.

### 5.2.9 Portata sottobacino A10

Tabella 27. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A10.

BACINO A10 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.46
Curve Number III	CN III	[-]	87.42
Lunghezza	L	[km]	0.9818
Pendenza bacino	s	[m/m]	7.00
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.40
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	1.06
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.40
Tempo di ritardo	t <sub>i</sub>	[h]	0.24
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.319
Volume di deflusso	V	[mm]	13.74
Invaso suolo	W	[mm]	16.56
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	30.30
Invaso massimo	S	[mm]	36.54
Precipitazione totale	P	[mm]	37.61
Infiltrazione	I	[mm]	7.31
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>3.31</b>
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		69.9
Parametro n curva pioggia	n		0.670
Coefficiente di deflusso	C		0.365

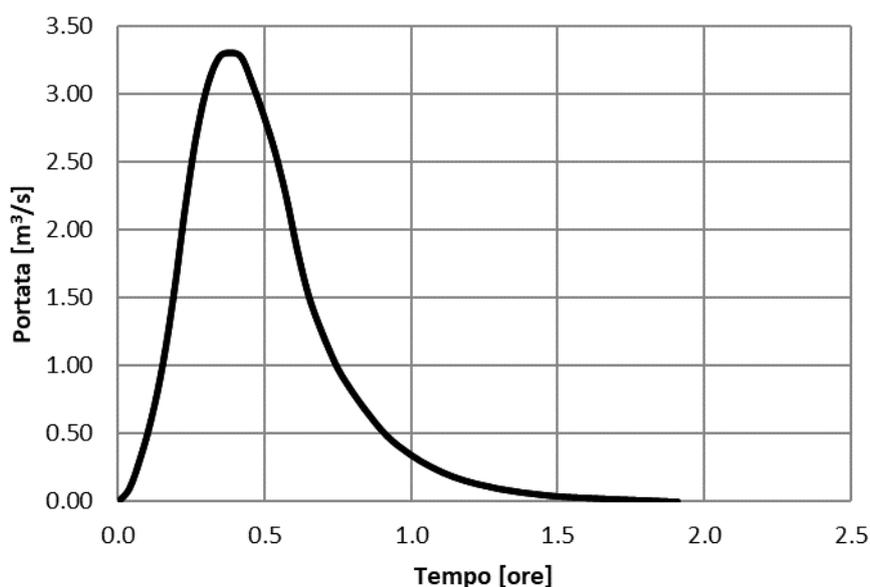


Figura 39. Idrogramma relativo al bacino A10. TR=200 anni.

## 5.2.10 Portata sottobacino A11

Tabella 28. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A11.

BACINO A11 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.099
Curve Number III	CN III	[-]	88.09
Lunghezza	L	[km]	0.3554
Pendenza bacino	s	[m/m]	6.84
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.17
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	0.45
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.17
Tempo di ritardo	t <sub>l</sub>	[h]	0.10
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.129
Volume di deflusso	V	[mm]	7.24
Invaso suolo	W	[mm]	12.56
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	19.80
Invaso massimo	S	[mm]	34.33
Precipitazione totale	P	[mm]	26.66
Infiltrazione	I	[mm]	6.87
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>0.89</b>
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		70.0
Parametro n curva pioggia	n		0.551
Coefficiente di deflusso	C		0.272

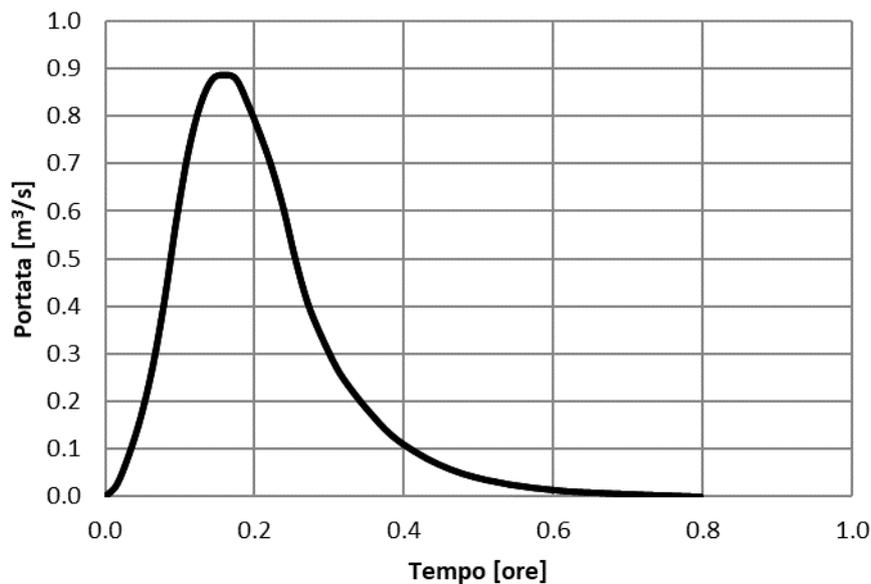


Figura 40. Idrogramma relativo al bacino A11. TR=200 anni.

## 5.2.11 Portata sottobacino A12

Tabella 29. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A12.

BACINO A12 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.154
Curve Number III	CN III	[-]	88.09
Lunghezza	L	[km]	0.5418
Pendenza bacino	s	[m/m]	6.93
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.24
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	0.64
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.24
Tempo di ritardo	t <sub>l</sub>	[h]	0.14
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.190
Volume di deflusso	V	[mm]	10.80
Invaso suolo	W	[mm]	14.60
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	25.40
Invaso massimo	S	[mm]	34.34
Precipitazione totale	P	[mm]	32.27
Infiltrazione	I	[mm]	6.87
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>1.44</b>
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		70.0
Parametro n curva pioggia	n		0.544
Coefficiente di deflusso	C		0.335

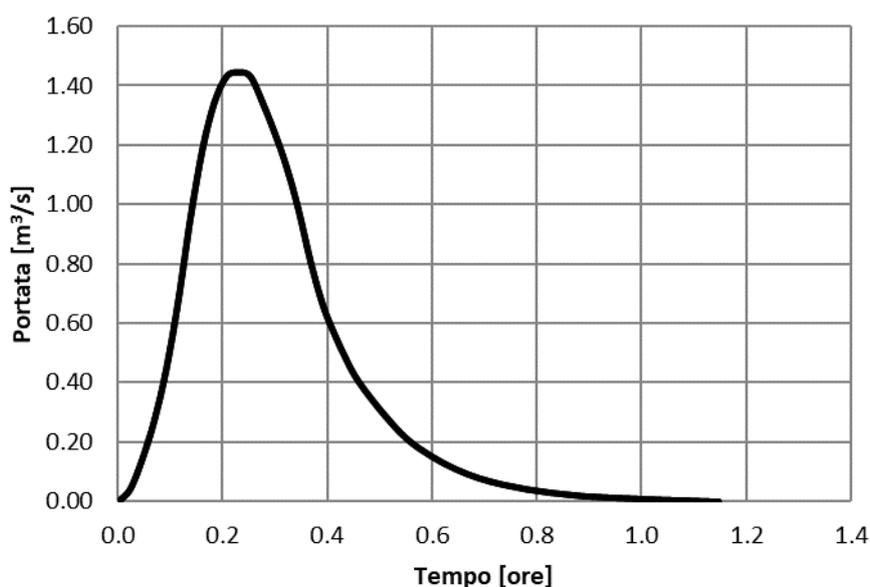


Figura 41. Idrogramma relativo al bacino A12. TR=200 anni.

## 5.2.12 Portata sottobacino A13

Tabella 30. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A13.

BACINO A13 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.187
Curve Number III	CN III	[-]	87.98
Lunghezza	L	[km]	0.5038
Pendenza bacino	s	[m/m]	2.86
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.36
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	0.96
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.36
Tempo di ritardo	t <sub>i</sub>	[h]	0.21
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.295
Volume di deflusso	V	[mm]	16.41
Invaso suolo	W	[mm]	17.03
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	33.44
Invaso massimo	S	[mm]	34.69
Precipitazione totale	P	[mm]	40.38
Infiltrazione	I	[mm]	6.94
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	1.77
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		70.0
Parametro n curva pioggia	n		0.532
Coefficiente di deflusso	C		0.406

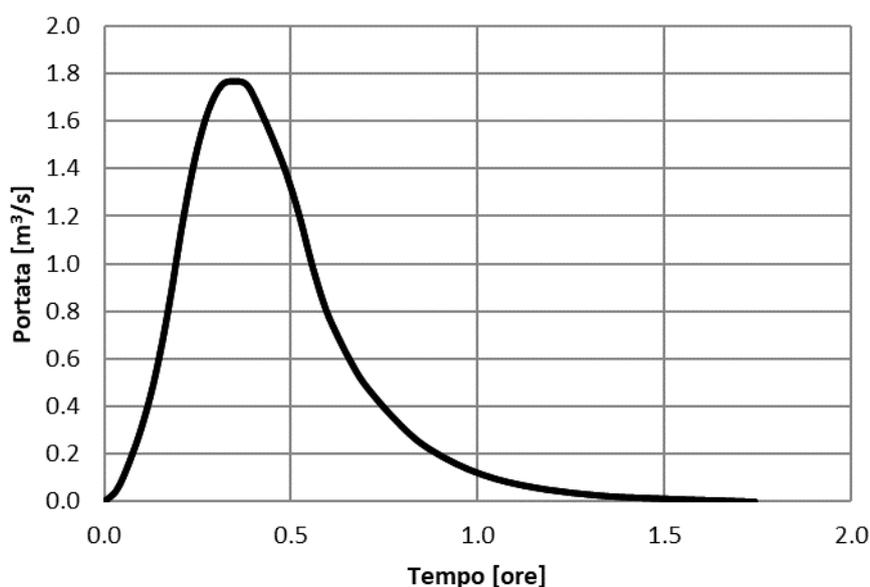


Figura 42. Idrogramma relativo al bacino A13. TR=200 anni.

## 5.2.13 Portata sottobacino A14

Tabella 31. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A14.

BACINO A14 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.531
Curve Number III	CN III	[-]	88.08
Lunghezza	L	[km]	1.66
Pendenza bacino	s	[m/m]	2.93
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.95
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	2.54
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.91
Tempo di ritardo	t <sub>l</sub>	[h]	0.55
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.815
Volume di deflusso	V	[mm]	37.72
Invaso suolo	W	[mm]	21.79
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	59.51
Invaso massimo	S	[mm]	34.37
Precipitazione totale	P	[mm]	66.38
Infiltrazione	I	[mm]	6.87
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>4.37</b>
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		69.9
Parametro n curva pioggia	n		0.546
Coefficiente di deflusso	C		0.568

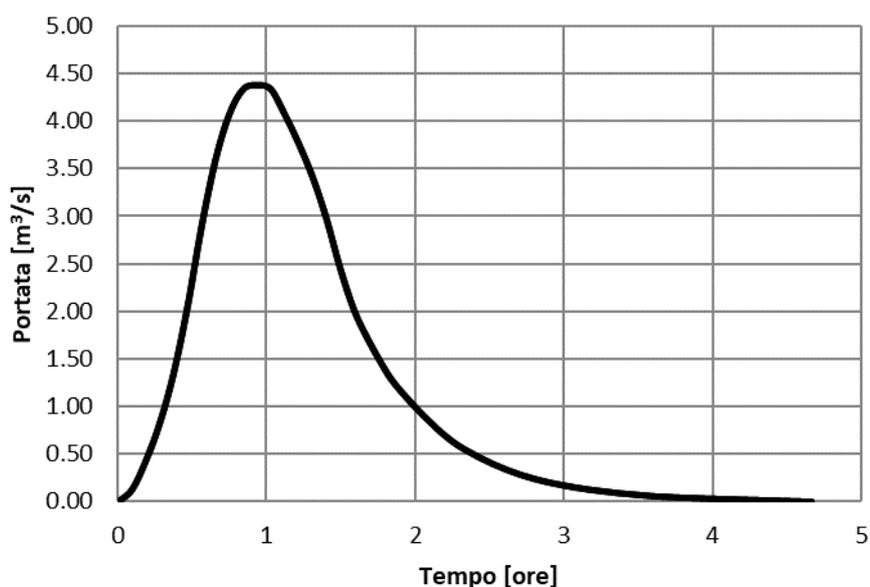


Figura 43. Idrogramma relativo al bacino A14. TR=200 anni.

## 5.2.14 Portata sottobacino A15

Tabella 32. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A15.

BACINO A15 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.7
Curve Number III	CN III	[-]	87.93
Lunghezza	L	[km]	1.33
Pendenza bacino	s	[m/m]	2.78
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.82
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	2.19
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.79
Tempo di ritardo	t <sub>i</sub>	[h]	0.47
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.698
Volume di deflusso	V	[mm]	33.57
Invaso suolo	W	[mm]	21.32
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	54.89
Invaso massimo	S	[mm]	34.86
Precipitazione totale	P	[mm]	61.87
Infiltrazione	I	[mm]	6.97
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	5.95
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		69.9
Parametro n curva pioggia	n		0.511
Coefficiente di deflusso	C		0.543

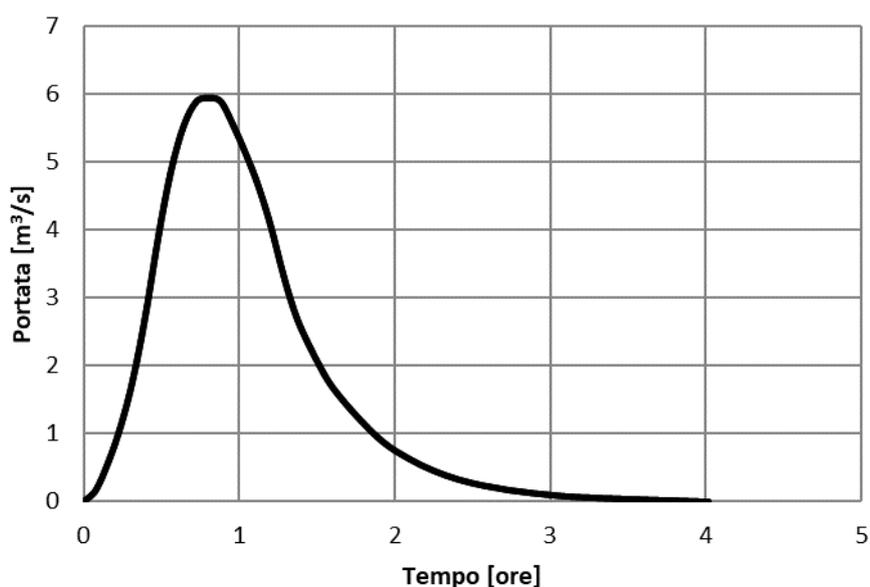


Figura 44. Idrogramma relativo al bacino A15. TR=200 anni.

## 5.2.15 Portata sottobacino A16

Tabella 33. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A16.

BACINO A16 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	1.211
Curve Number III	CN III	[-]	87.96
Lunghezza	L	[km]	2.737
Pendenza bacino	s	[m/m]	1.82
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	1.84
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	4.91
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	1.73
Tempo di ritardo	t <sub>l</sub>	[h]	1.04
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	1.598
Volume di deflusso	V	[mm]	58.66
Invaso suolo	W	[mm]	24.52
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	83.18
Invaso massimo	S	[mm]	34.77
Precipitazione totale	P	[mm]	90.13
Infiltrazione	I	[mm]	6.95
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>8.04</b>
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		69.9
Parametro n curva pioggia	n		0.464
Coefficiente di deflusso	C		0.651

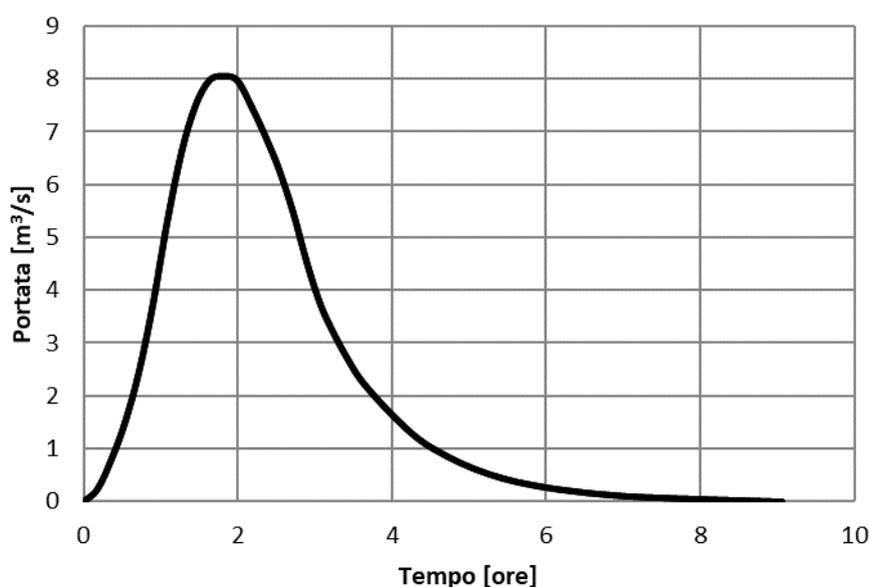


Figura 45. Idrogramma relativo al bacino A16. TR=200 anni.

## 5.2.16 Portata sottobacino A17 – TR=200anni

Tabella 34. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A17.

BACINO A17 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	21.47
Curve Number III	CN III	[-]	88.26
Lunghezza	L	[km]	9.773
Pendenza bacino	s	[m/m]	8.27
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	2.37
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	6.32
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	2.22
Tempo di ritardo	t <sub>l</sub>	[h]	1.33
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	2.075
Volume di deflusso	V	[mm]	71.87
Invaso suolo	W	[mm]	25.05
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	96.92
Invaso massimo	S	[mm]	33.78
Precipitazione totale	P	[mm]	103.68
Infiltrazione	I	[mm]	6.76
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	135.49
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		67.9
Parametro n curva pioggia	n		0.532
Coefficiente di deflusso	C		0.693

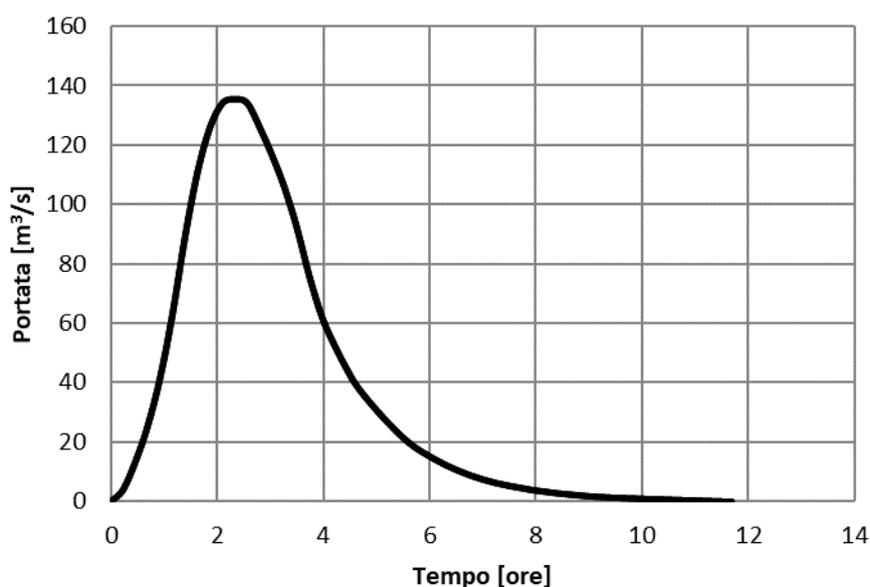


Figura 46. Idrogramma relativo al bacino A17. TR=200 anni.

## 5.2.17 Portata sottobacino A17 – TR=500anni

Tabella 35. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A17.

BACINO A17 500 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	21.47
Curve Number III	CN III	[-]	88.26
Lunghezza	L	[km]	9.773
Pendenza bacino	s	[m/m]	8.27
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	2.38
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	6.35
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	2.22
Tempo di ritardo	t <sub>i</sub>	[h]	1.33
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	2.092
Volume di deflusso	V	[mm]	85.28
Invaso suolo	W	[mm]	25.91
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	111.18
Invaso massimo	S	[mm]	33.78
Precipitazione totale	P	[mm]	117.94
Infiltrazione	I	[mm]	6.76
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	160.17
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	500
Parametro a curva pioggia	a		77.2
Parametro n curva pioggia	n		0.532
Coefficiente di deflusso	C		0.723

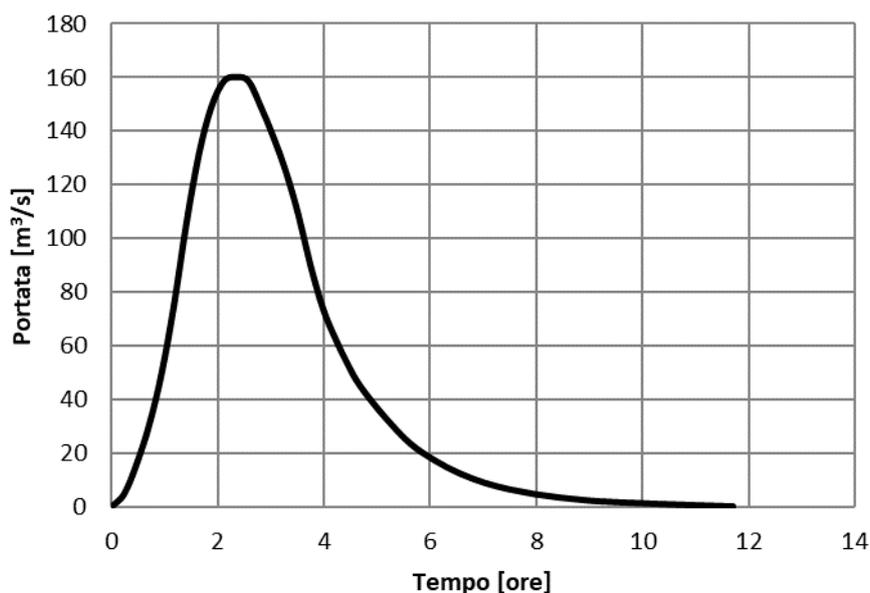


Figura 47. Idrogramma relativo al bacino A17. TR=500 anni.

## 5.2.18 Portata sottobacino A18

Tabella 36. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A18.

BACINO A18 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	1.413
Curve Number III	CN III	[-]	87.97
Lunghezza	L	[km]	1.851
Pendenza bacino	s	[m/m]	6.91
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.67
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	1.80
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.65
Tempo di ritardo	t <sub>l</sub>	[h]	0.39
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.569
Volume di deflusso	V	[mm]	29.18
Invaso suolo	W	[mm]	20.43
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	49.61
Invaso massimo	S	[mm]	34.73
Precipitazione totale	P	[mm]	56.56
Infiltrazione	I	[mm]	6.95
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>12.73</b>
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		69.8
Parametro n curva pioggia	n		0.487
Coefficiente di deflusso	C		0.516

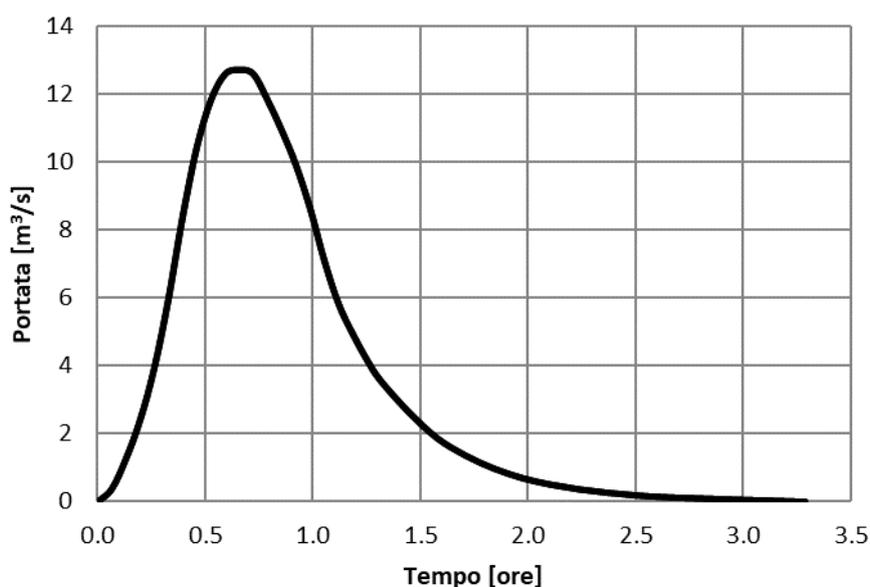


Figura 48. Idrogramma relativo al bacino A18. TR=200 anni.

## 5.2.19 Portata sottobacino A19

Tabella 37. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A19.

BACINO A19 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.327
Curve Number III	CN III	[-]	87.93
Lunghezza	L	[km]	0.834
Pendenza bacino	s	[m/m]	6.74
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.35
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	0.95
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.35
Tempo di ritardo	t <sub>i</sub>	[h]	0.21
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.291
Volume di deflusso	V	[mm]	18.21
Invaso suolo	W	[mm]	17.69
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	35.90
Invaso massimo	S	[mm]	34.87
Precipitazione totale	P	[mm]	42.87
Infiltrazione	I	[mm]	6.97
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>3.50</b>
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		70.0
Parametro n curva pioggia	n		0.464
Coefficiente di deflusso	C		0.425

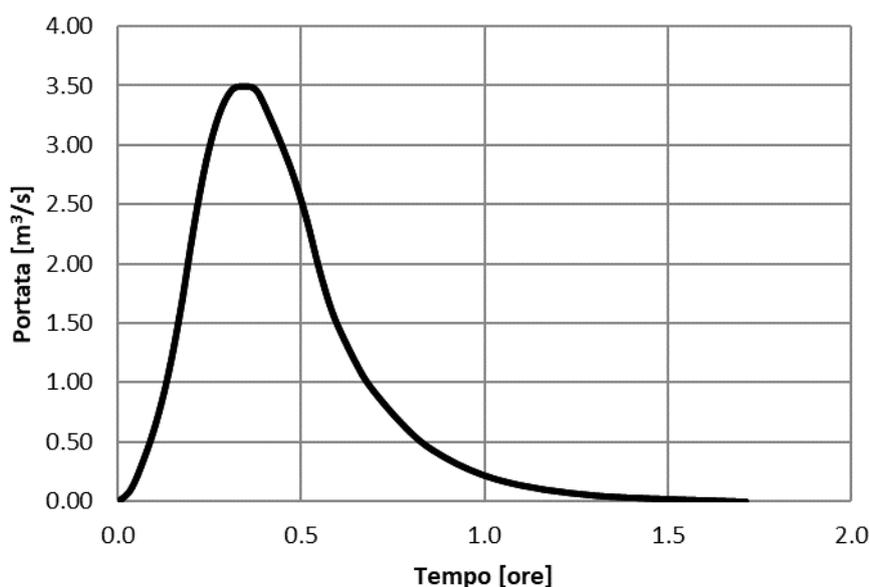


Figura 49. Idrogramma relativo al bacino A19. TR=200 anni.

## 5.2.20 Portata sottobacino A20

Tabella 38. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A20.

BACINO A20 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.358
Curve Number III	CN III	[-]	87.93
Lunghezza	L	[km]	0.7384
Pendenza bacino	s	[m/m]	6.32
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.33
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	0.88
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.33
Tempo di ritardo	t <sub>i</sub>	[h]	0.20
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.272
Volume di deflusso	V	[mm]	17.50
Invaso suolo	W	[mm]	17.46
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	34.96
Invaso massimo	S	[mm]	34.87
Precipitazione totale	P	[mm]	41.93
Infiltrazione	I	[mm]	6.97
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>3.93</b>
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		70.0
Parametro n curva pioggia	n		0.456
Coefficiente di deflusso	C		0.417

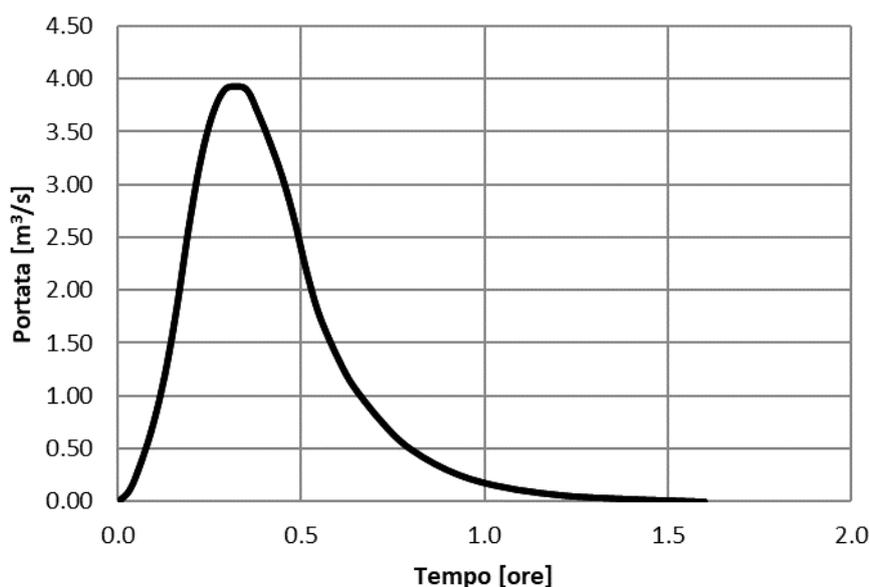


Figura 50. Idrogramma relativo al bacino A20. TR=200 anni.

## 5.2.21 Portata sottobacino A21

Tabella 39. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A21.

BACINO A21 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.824
Curve Number III	CN III	[-]	88.02
Lunghezza	L	[km]	1.176
Pendenza bacino	s	[m/m]	9.56
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.39
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	1.04
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.38
Tempo di ritardo	t <sub>i</sub>	[h]	0.23
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.323
Volume di deflusso	V	[mm]	19.28
Invaso suolo	W	[mm]	17.92
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	37.21
Invaso massimo	S	[mm]	34.58
Precipitazione totale	P	[mm]	44.12
Infiltrazione	I	[mm]	6.92
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>8.45</b>
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		69.9
Parametro n curva pioggia	n		0.479
Coefficiente di deflusso	C		0.437

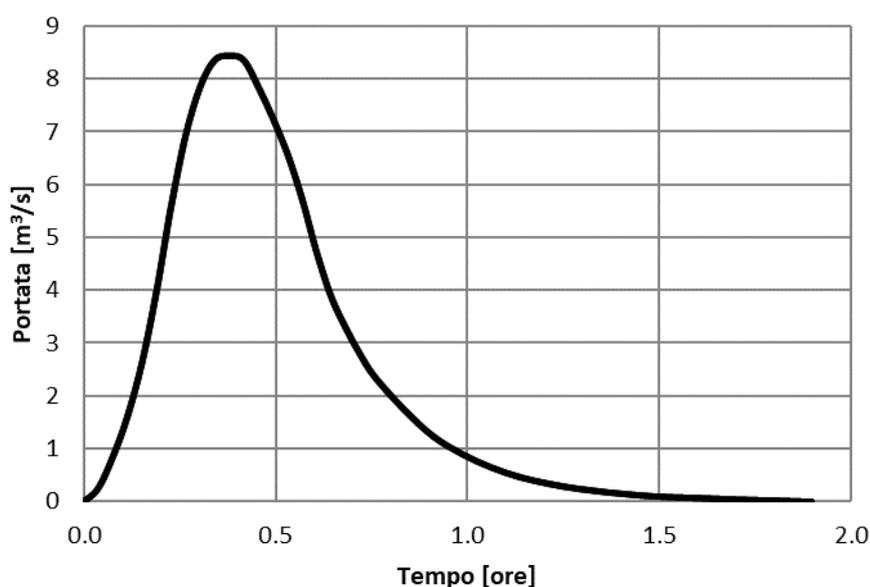


Figura 51. Idrogramma relativo al bacino A21. TR=200 anni.

## 5.2.22 Portata sottobacino A22

Tabella 40. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A22.

BACINO A22 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.908
Curve Number III	CN III	[-]	88.11
Lunghezza	L	[km]	1.216
Pendenza bacino	s	[m/m]	7.84
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.44
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	1.19
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.43
Tempo di ritardo	t <sub>l</sub>	[h]	0.26
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.368
Volume di deflusso	V	[mm]	20.81
Invaso suolo	W	[mm]	18.26
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	39.07
Invaso massimo	S	[mm]	34.27
Precipitazione totale	P	[mm]	45.92
Infiltrazione	I	[mm]	6.85
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>8.85</b>
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		69.9
Parametro n curva pioggia	n		0.502
Coefficiente di deflusso	C		0.453

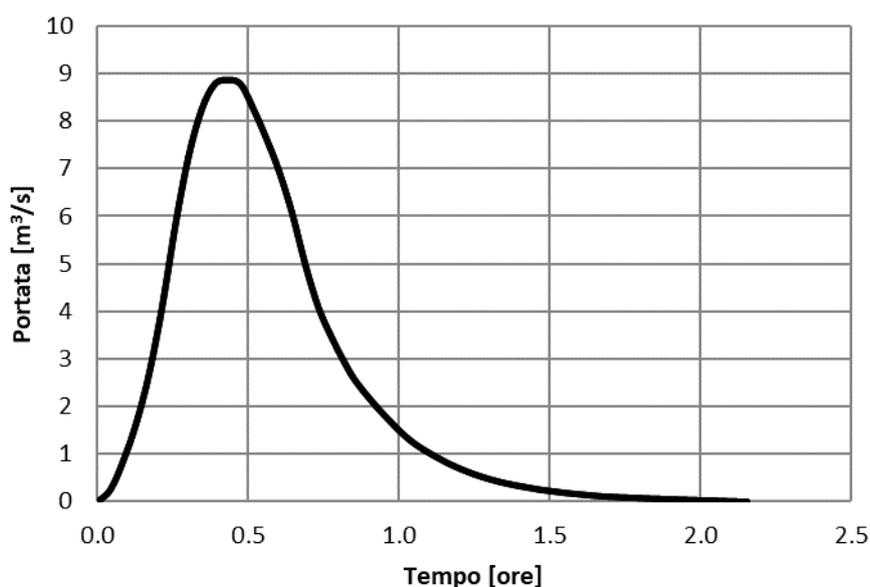


Figura 52. Idrogramma relativo al bacino A22. TR=200 anni.

## 5.2.23 Portata sottobacino A23

Tabella 41. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A23.

BACINO A23 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.197
Curve Number III	CN III	[-]	87.98
Lunghezza	L	[km]	0.952
Pendenza bacino	s	[m/m]	11.96
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.29
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	0.78
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.29
Tempo di ritardo	t <sub>i</sub>	[h]	0.17
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.238
Volume di deflusso	V	[mm]	15.21
Invaso suolo	W	[mm]	16.60
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	31.81
Invaso massimo	S	[mm]	34.71
Precipitazione totale	P	[mm]	38.75
Infiltrazione	I	[mm]	6.94
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	2.13
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		70.0
Parametro n curva pioggia	n		0.477
Coefficiente di deflusso	C		0.393

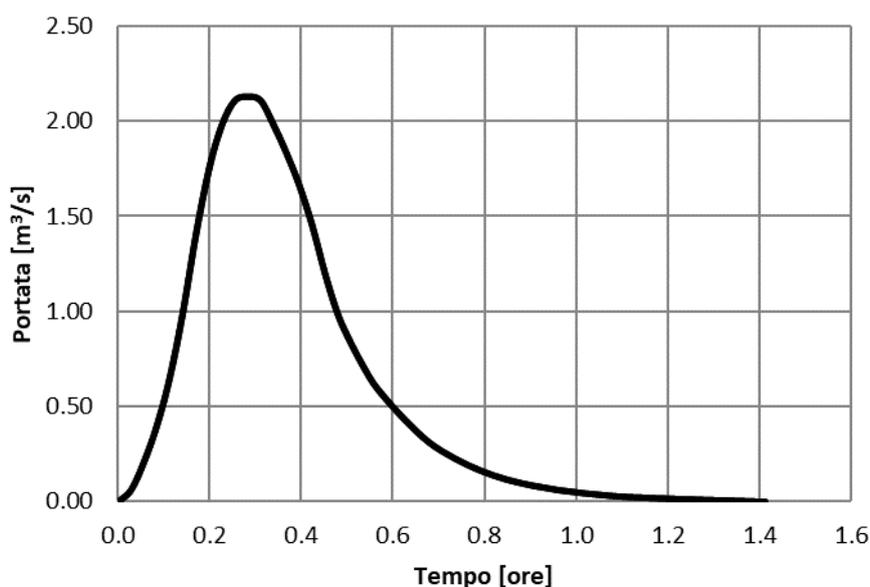


Figura 53. Idrogramma relativo al bacino A23. TR=200 anni.

## 5.2.24 Portata sottobacino A24

Tabella 42. Grandezze di calcolo generali di interesse per il metodo SCS, A24.

BACINO A24 200 ANNI			
Area	A	[km <sup>2</sup> ]	0.374
Curve Number III	CN III	[-]	87.98
Lunghezza	L	[km]	1.236
Pendenza bacino	s	[m/m]	15.67
Tempo picco	t <sub>a</sub>	[h]	0.31
Tempo totale	t <sub>b</sub>	[h]	0.84
Tempo corrivazione CN	t <sub>c</sub>	[h]	0.31
Tempo di ritardo	t <sub>i</sub>	[h]	0.19
Tempo efficace	t <sub>eff</sub>	[h]	0.255
Volume di deflusso	V	[mm]	14.65
Invaso suolo	W	[mm]	16.38
Precipitazione netta	P <sub>n</sub>	[mm]	31.03
Invaso massimo	S	[mm]	34.70
Precipitazione totale	P	[mm]	37.97
Infiltrazione	I	[mm]	6.94
Portata colmo	Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	3.62
Tempo di ritorno	T <sub>r</sub>	[h]	200
Parametro a curva pioggia	a		70.0
Parametro n curva pioggia	n		0.524
Coefficiente di deflusso	C		0.386

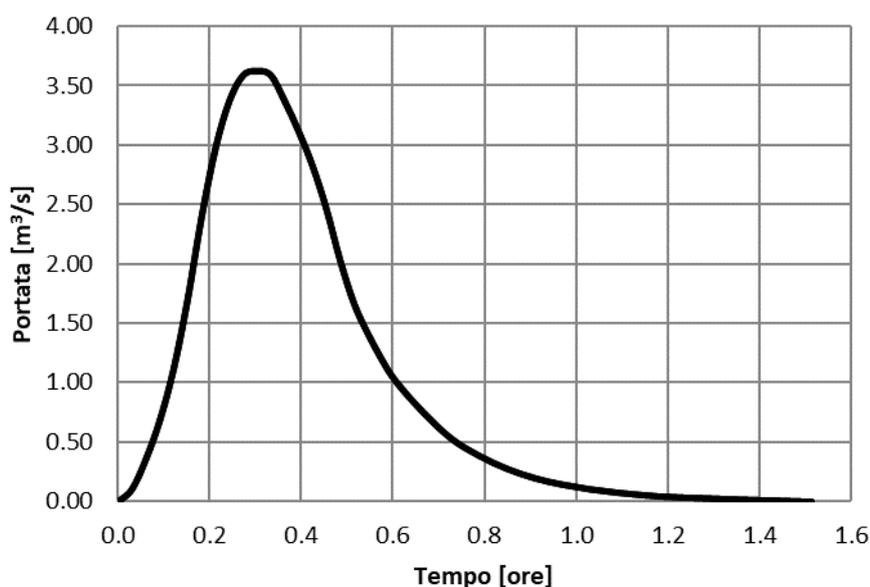


Figura 54. Idrogramma relativo al bacino A24. TR=200 anni.

## 6 VERIFICA IDRAULICA

### 6.1 DATI DI INPUT

Sono state realizzate simulazioni in moto vario mediante il software HecRas 6.3.1 utilizzando come dati di portata di input gli idrogrammi di piena applicati ai singoli sottobacini descritti nel presente lavoro, relativi a tempi di ritorno di 200 anni per tutti i sottobacini e anche di 500 anni per il sottobacino A17, valutati mediante il metodo SCS.

Il dominio di calcolo è stato sovrapposto alla cartografia DTM del terreno valutata come descritto nel capitolo “Descrizione dei bacini scolanti”.

Modificando la dimensione delle celle del dominio di calcolo e il time step temporale (computational interval) si è provveduto a realizzare una serie di simulazioni fino alla convergenza dei risultati finali in corrispondenza dei quali il numero di Courant<sup>10</sup> massimo si teneva molto al di sotto del valore 5, suggerito per la risoluzione delle equazioni implicite in HecRas<sup>11</sup>. Infatti il modello utilizzato è quello delle equazioni di diffusione dell’onda (Diffusion Wave equations) per il quale è possibile ottenere risultati attendibili (stabili e accurati) anche con time step di calcolo relativamente grandi e con numeri di Courant più permissivi. In ogni caso una attenzione particolare è stata concentrata sulla convergenza dei risultati per il campo delle velocità, in quanto spesso solamente quello delle altezze idriche non è affidabile.

I risultati sono stati ottenuti andando ad assegnare una dimensione variabile delle maglie del dominio di calcolo a seconda del sottobacino considerato, imponendo breakline lungo gli assi dei corsi d’acqua e in corrispondenza degli eventuali attraversamenti stradali. Gli intervalli di computazione sono variabili, generalmente di 0.5 s o di 1 s, anche in questo caso in dipendenza della dimensione del sottobacino.

Si tenga presente che, nonostante le risoluzioni di maglia anche del valore di 20 m (per i sottobacini di dimensione maggiore), il modello HecRas garantisce la valutazione delle aree allagabili anche a dimensioni subcella.

Sono riportati di seguito i domini di calcolo, con l’indicazione delle sezioni di ingresso (inlet) e di uscita (outlet) dell’onda di piena. Le linee azzurre individuano gli assi dei corsi d’acqua/aste del bacino di pertinenza.

---

<sup>10</sup> Il numero di Courant è definito, per semplicità nel caso unidimensionale, come  $C = u \frac{\Delta t}{\Delta x}$  e dovrebbe essere inferiore a un certo valore  $C_{max}$ , ovvero soddisfare la condizione di Courant-Friedrichs-Lewy (CFL) per garantire la convergenza del sistema numerico per la risoluzione delle equazioni alle derivate da risolvere. Negli schemi espliciti  $C_{max} = 1$  mentre può essere maggiore di 1 in quelli impliciti (HecRas). Nell’espressione del numero,  $u$  è la velocità del fluido lungo la direzione  $x$ ,  $\Delta t$  l’intervallo temporale di computazione e  $\Delta x$  la dimensione spaziale della cella della griglia del dominio di calcolo. La riduzione di  $C$  si ottiene diminuendo  $\Delta t$  mantenendo la griglia costante o aumentando  $\Delta x$  mantenendo il passo temporale costante. Qualora si dovessero variare contemporaneamente le due quantità è necessario che il loro rapporto sia tale da ridurre il valore del numero di Courant, per cui non è detto che modificandoli entrambi la soluzione numerica sia accettabile. Il numero di Courant rappresenta una convezione artificiale (o numerica) causata dalla discretizzazione delle equazioni alle derivate parziali di partenza e rappresenta la velocità con cui si propaga l’informazione attraverso la cella della griglia di calcolo nel tempo  $\Delta t$ . Quando esso è elevato allora l’informazione, dopo l’intervallo di tempo  $\Delta t$ , potrebbe ritrovarsi anche nelle celle adiacenti risultando più veloce della velocità del flusso  $u$ , rendendo la soluzione inaccurata. L’informazione in questione è costituita dagli errori del metodo numerico scelto che si propagano nello spazio lungo la griglia di calcolo.

<sup>11</sup> <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/r2dum/latest/running-a-model-with-2d-flow-areas/selecting-an-appropriate-grid-size-and-time-step>

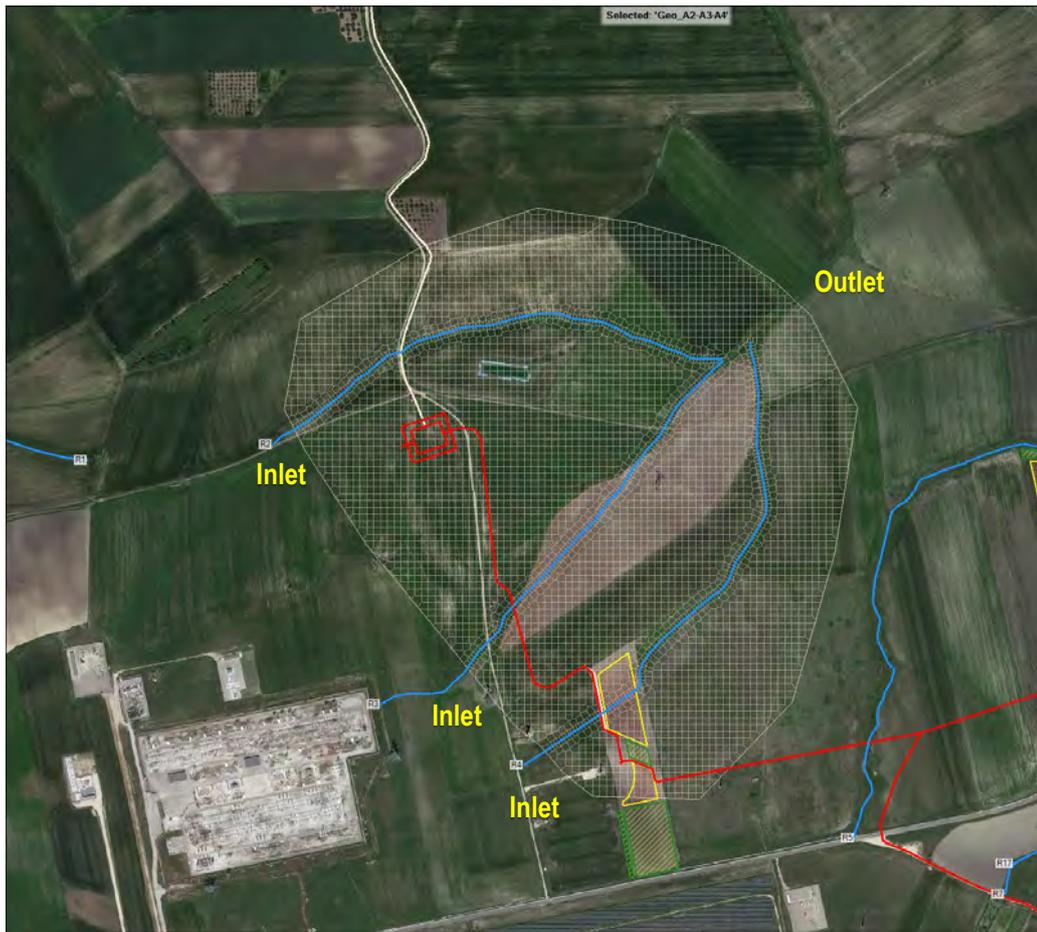


Figura 55. Dominio di calcolo per i sottobacini A2, A3 e A4. Passo di cella pari a 10 m.

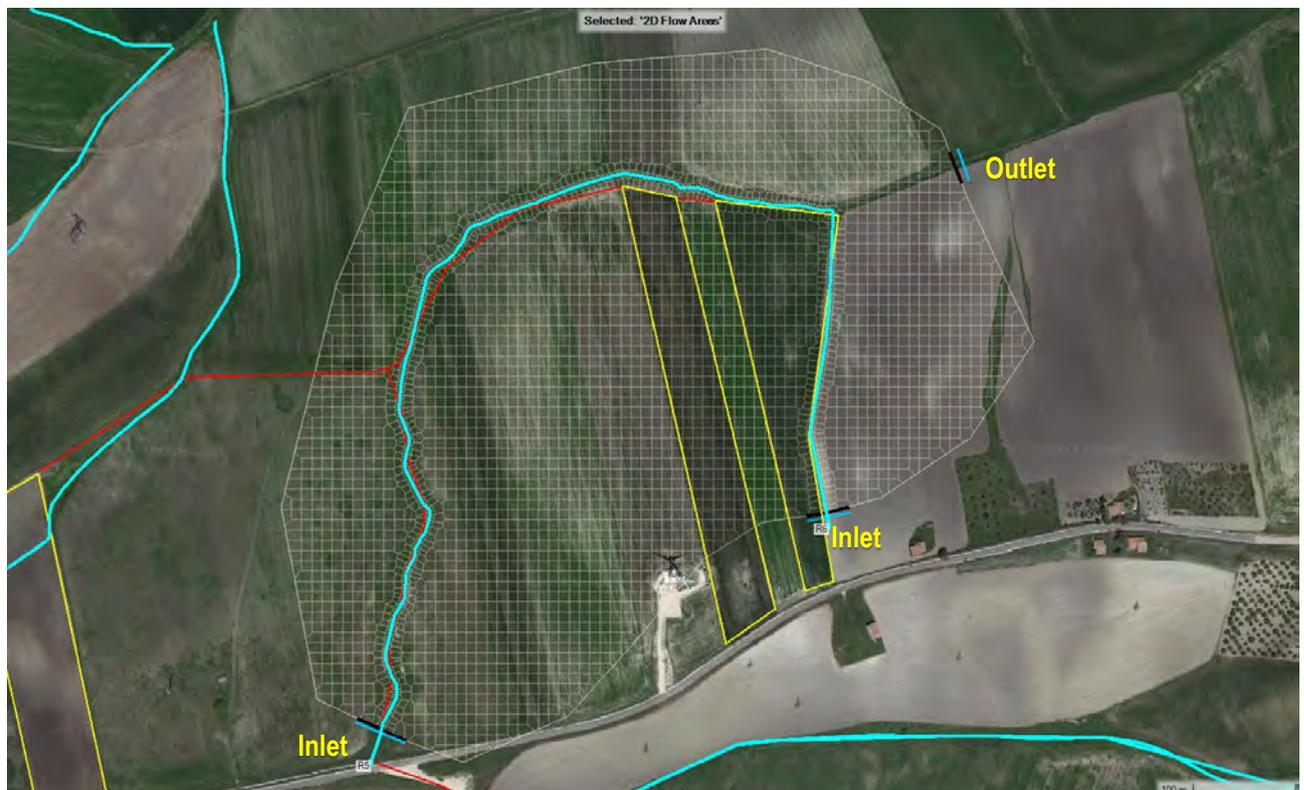


Figura 56. Dominio di calcolo per i sottobacini A5 e A6. Passo di cella pari a 10 m.



Figura 57. Dominio di calcolo per il sottobacino A7. Passo di cella pari a 5 m.

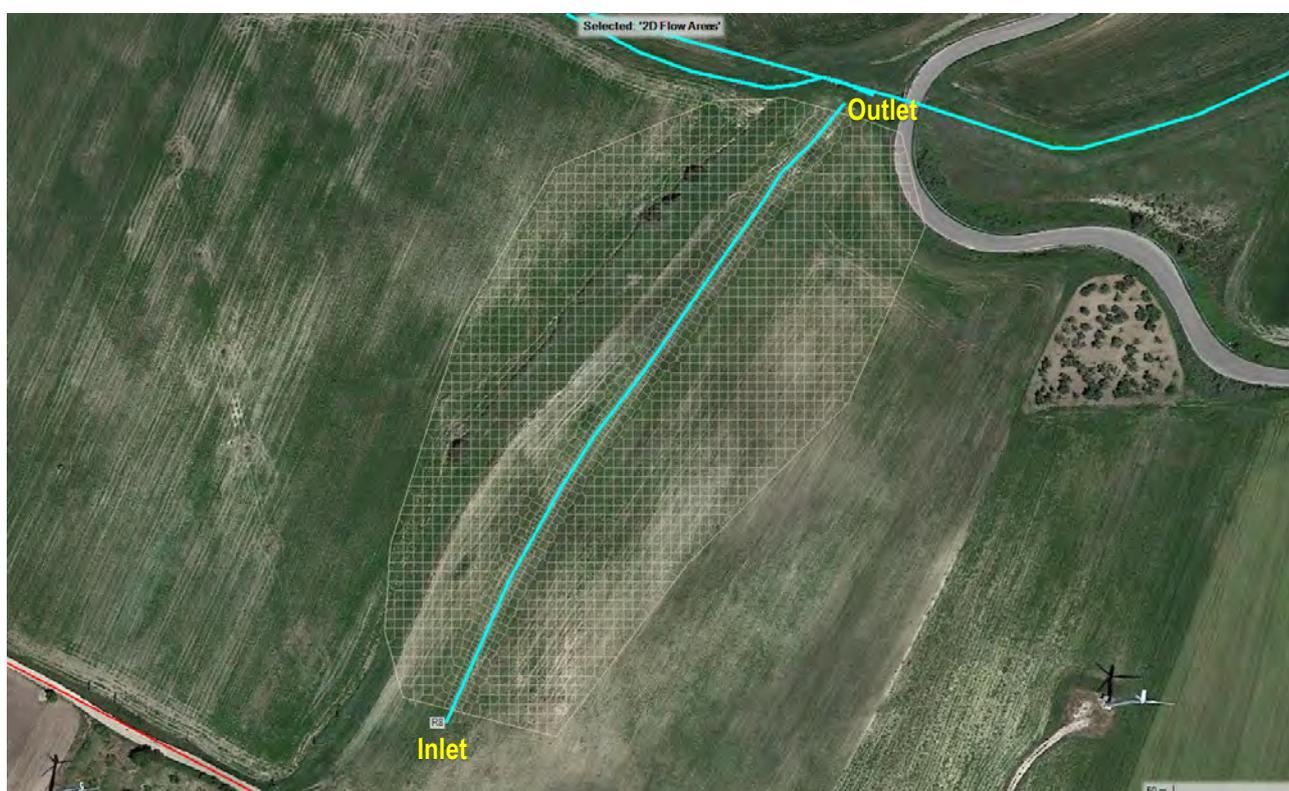


Figura 58. Dominio di calcolo per il sottobacino A8. Passo di cella pari a 4 m.

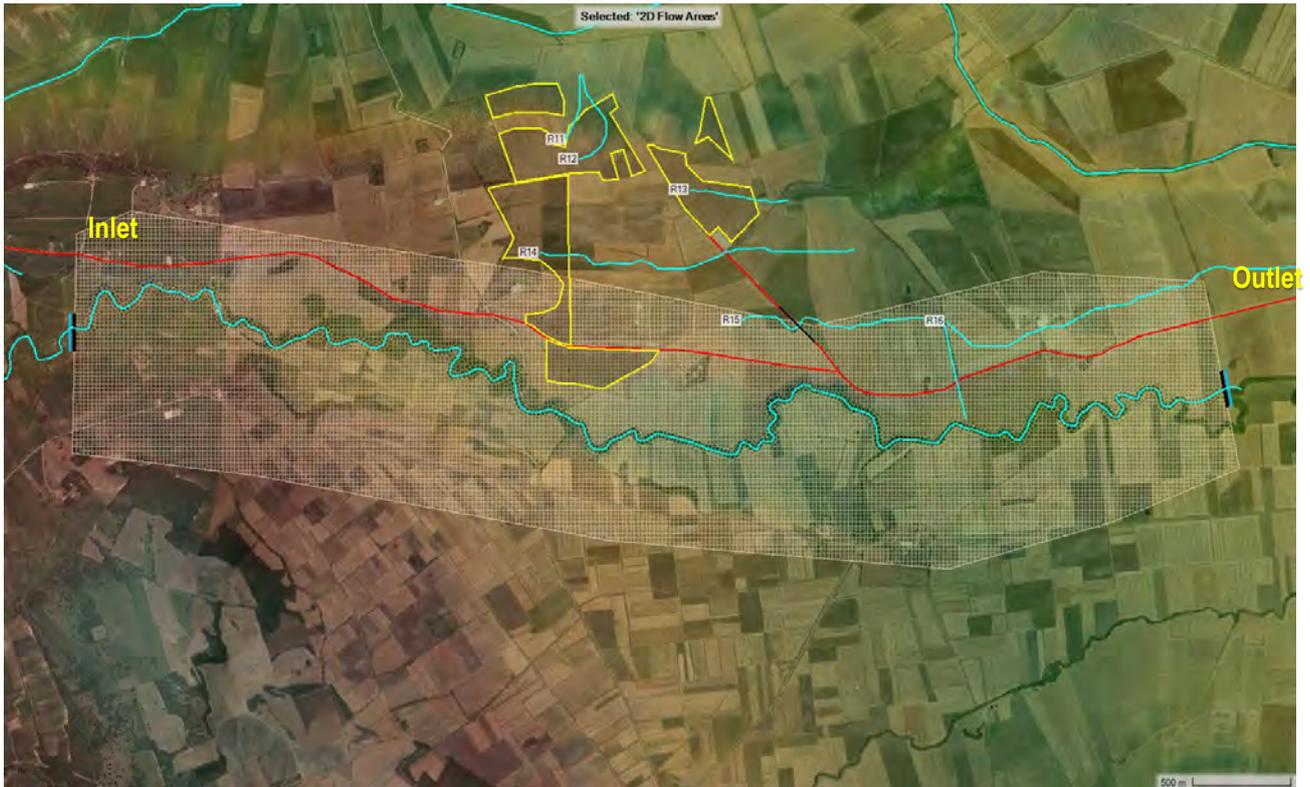


Figura 59. Dominio di calcolo per il sottobacino A9. Passo di cella pari a 20 m.



Figura 60. Dominio di calcolo per il sottobacino A10. Passo di cella pari a 5 m.

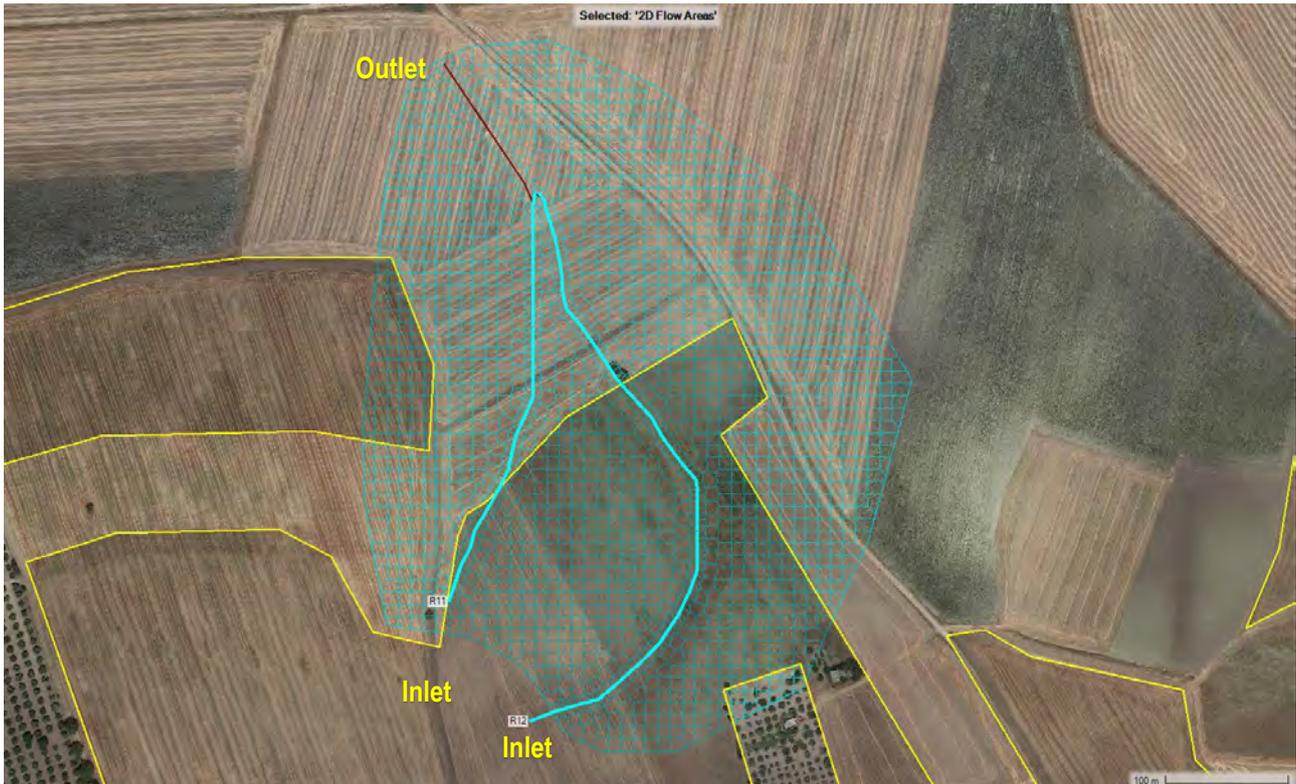


Figura 61. Dominio di calcolo per i sottobacini A11 e A12. Passo di cella pari a 10 m.

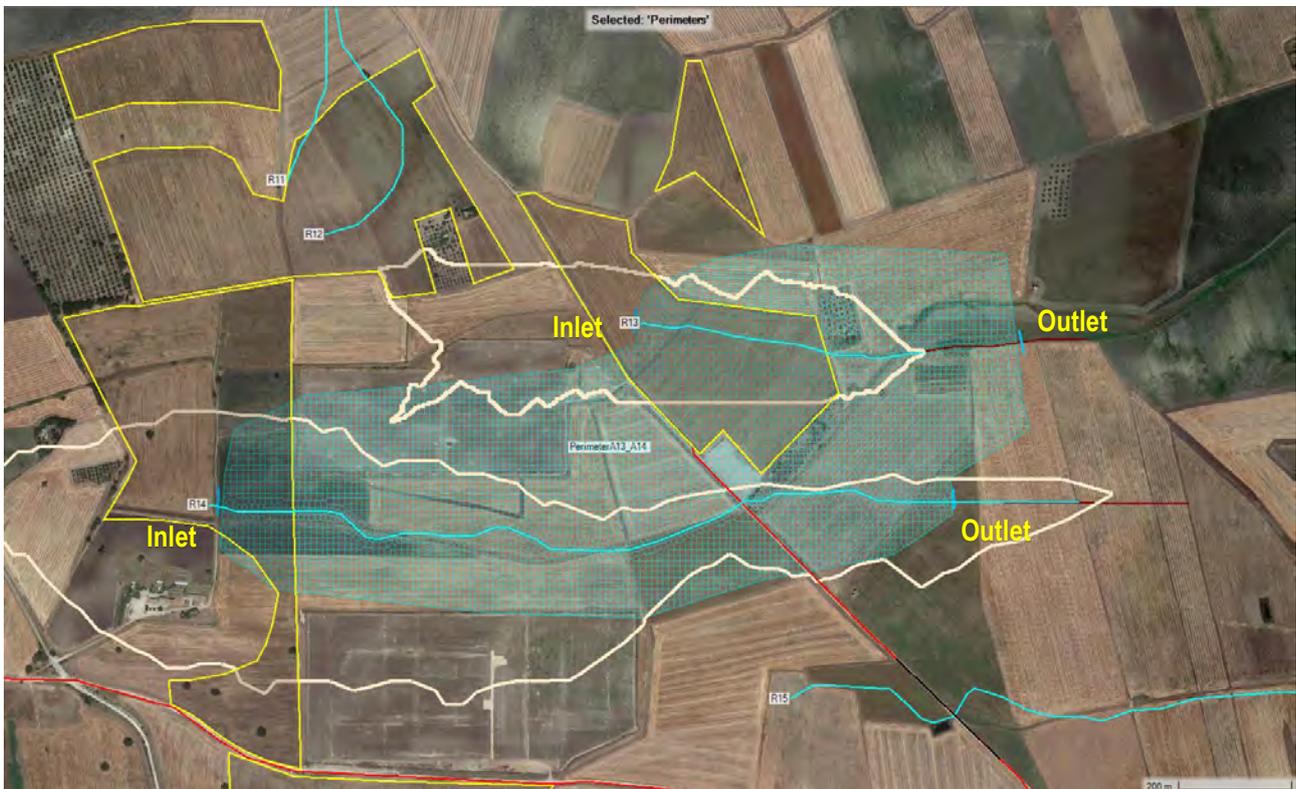


Figura 62. Dominio di calcolo per i sottobacini A13 e A14. Passo di cella pari a 10 m.



Figura 63. Dominio di calcolo per il sottobacino A15. Passo di cella pari a 10 m.

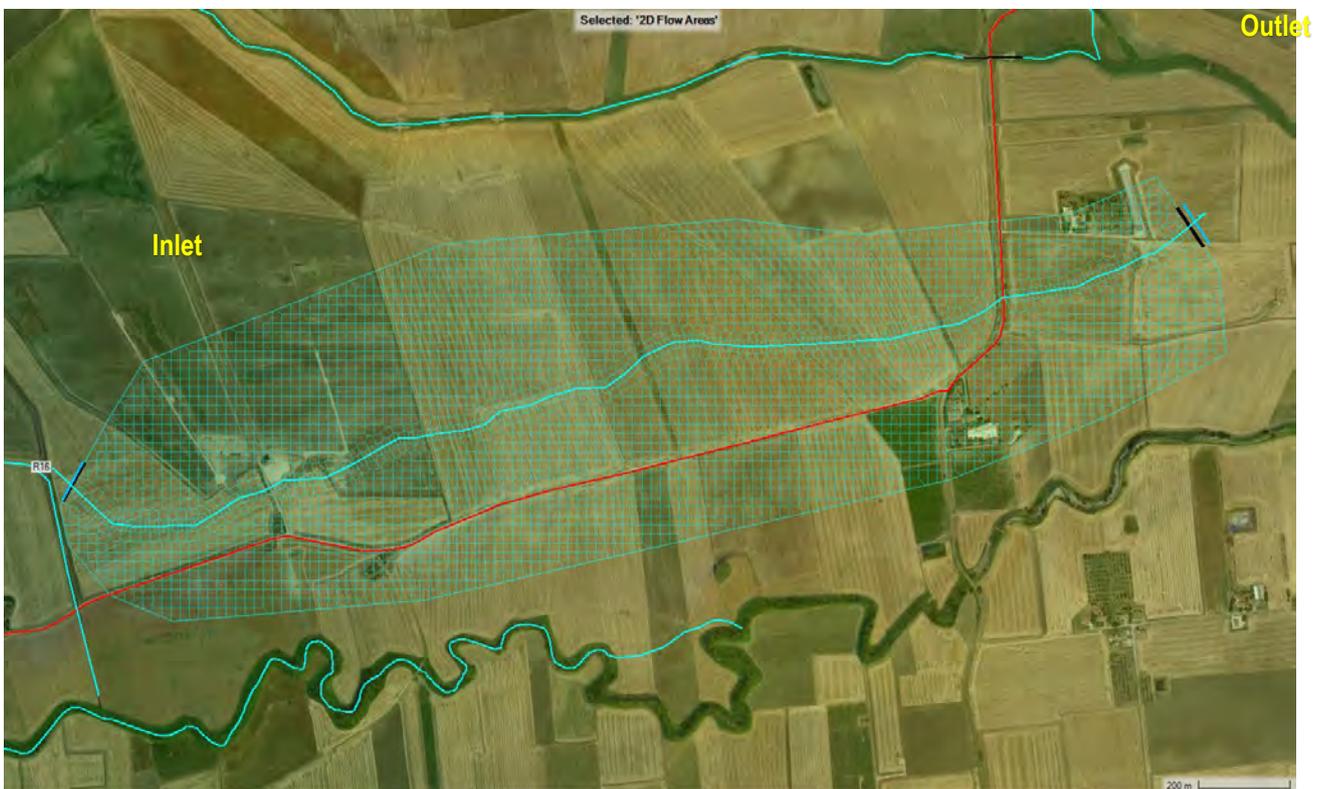


Figura 64. Dominio di calcolo per il sottobacino A16. Passo di cella pari a 20 m.

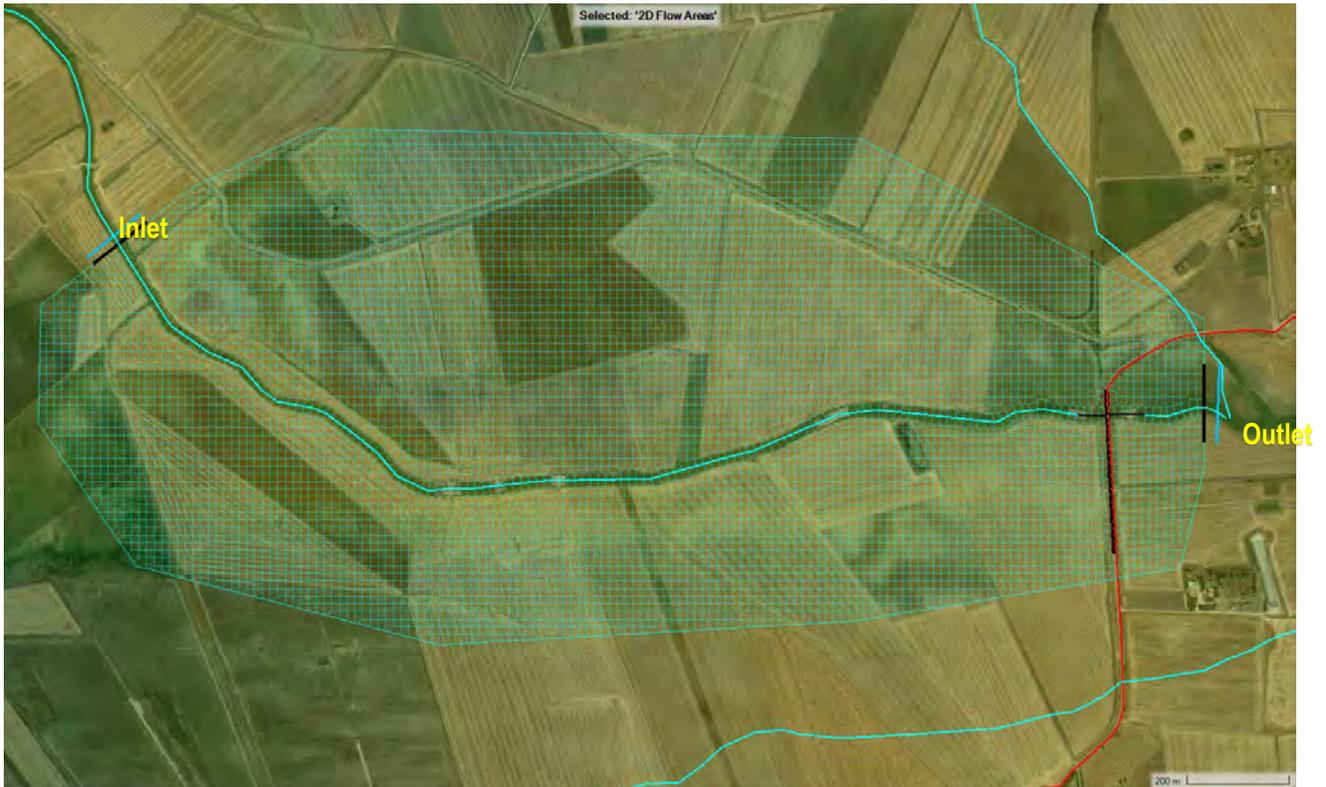


Figura 65. Dominio di calcolo per il sottobacino A17. Passo di cella pari a 15 m.

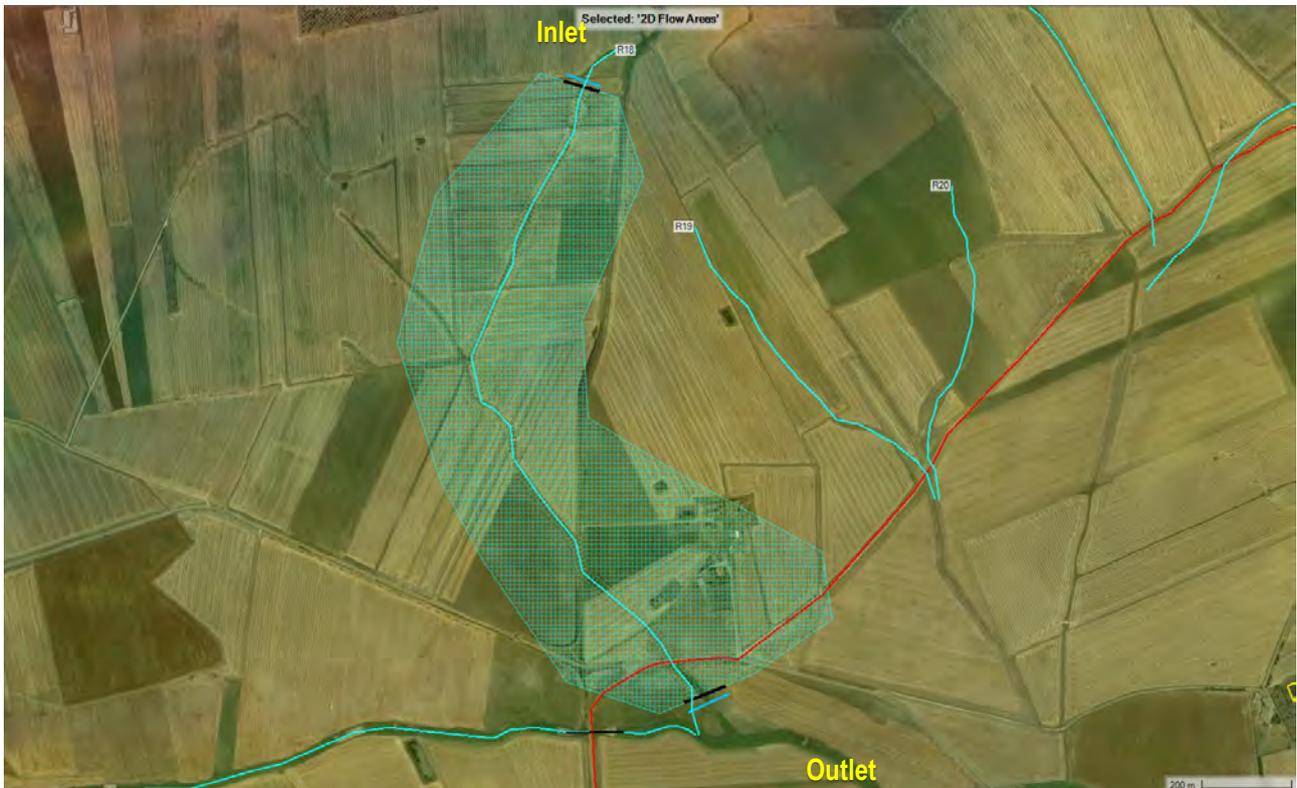


Figura 66. Dominio di calcolo per il sottobacino A18. Passo di cella pari a 10 m.

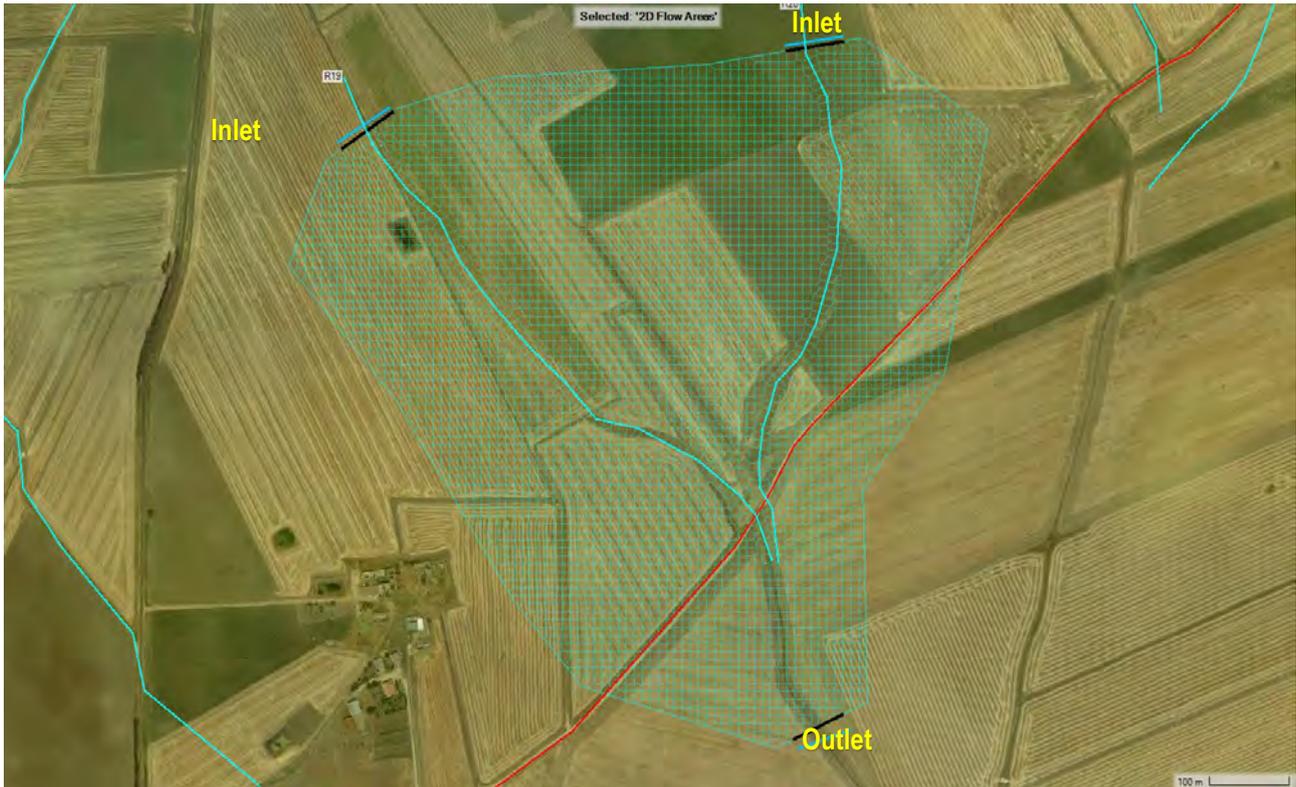


Figura 67. Dominio di calcolo per i sottobacini A19 e A20. Passo di cella pari a 10 m.

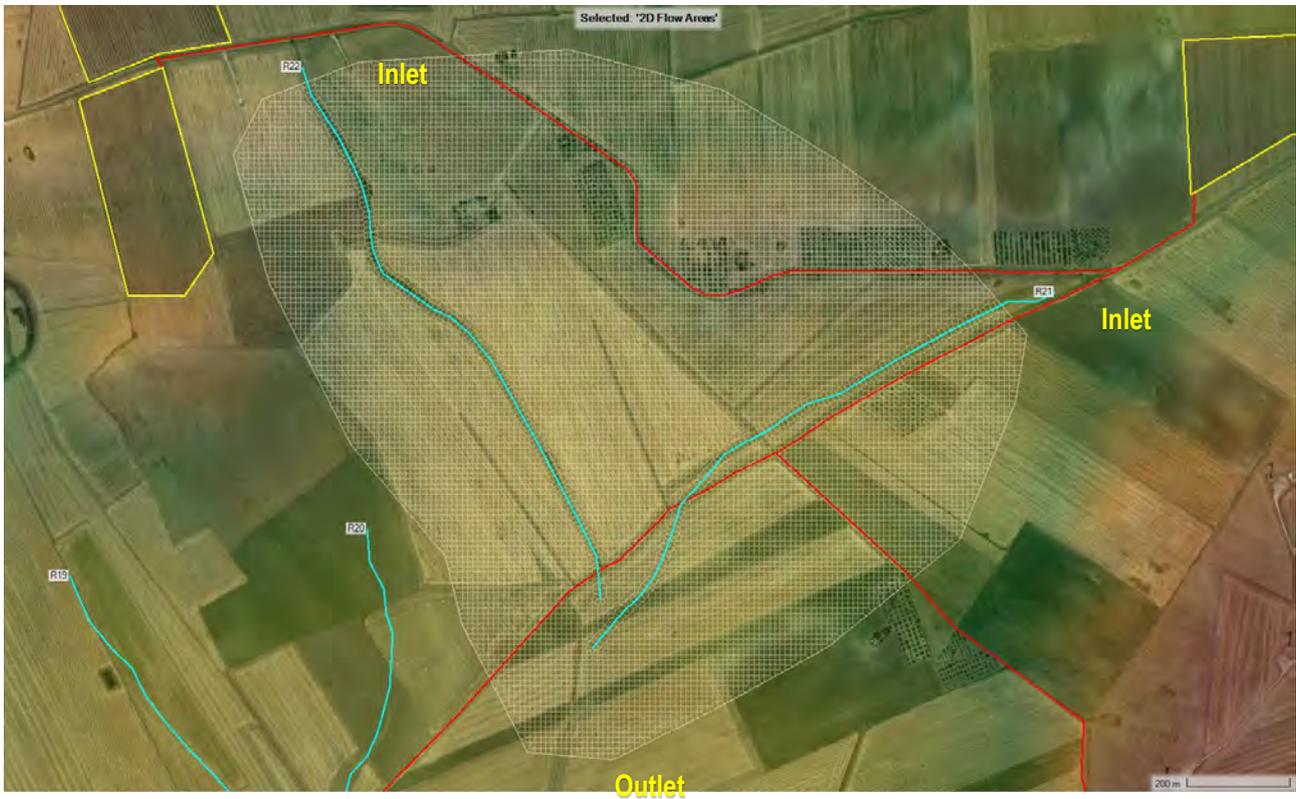


Figura 68. Dominio di calcolo per i sottobacini A21 e A22. Passo di cella pari a 10 m.



Figura 69. Dominio di calcolo per i sottobacini A23 e A24. Passo di cella pari a 10 m.

Per quanto riguarda la scabrezza si è sovrapposto al dominio di calcolo la carta dell'Uso del Suolo (fonte della carta: SIT Puglia), associando alle singole aree un numero di Manning sulla base dei valori riportati nello "Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico pugliese, con particolare riferimento alle aree del Gargano, delle coste joniche e salentine della regione Puglia"<sup>12</sup>. In HecRas è stata sovrapposta l'area dei numeri di Manning, come mostrato in Figura 70. In particolare i numeri di Manning imposti sono riportati in Tabella 43.

<sup>12</sup> Relazione Generale, pag. 50-51. P.O. FESR 2007 – 2013 PROGRAMMA PLURIENNALE DI ATTUAZIONE DELL'ASSE II AZIONE 2.3.6. "MIGLIORAMENTO DEL SISTEMA DELL'INFORMAZIONE, DEL MONITORAGGIO E DEL CONTROLLO NEL SETTORE DELLA DIFESA DEL SUOLO"

Tabella 43. Valori medi del numero indice di Manning.

Categoria di Uso del Suolo	Numero indice di Manning (medio) [m <sup>1/3</sup> /s]	Categoria di Uso del Suolo	Numero indice di Manning (medio) [m <sup>1/3</sup> /s]
Acquacolture	0.035	Fiumi, torrenti e fossi	0.030
Altre colture permanenti	0.060	Frutteti e frutti minori	0.060
Aree a pascolo naturale, praterie, incolti	0.030	Grandi impianti di concentrazione e smistamento merc	0.200
Aree a ricolonizzazione artificiale	0.100	Insedimenti ospedalieri	0.150
Aree a ricolonizzazione naturale	0.060	Insedimenti produttivi agricoli	0.100
Aree a vegetazione sclerofilla	0.085	Insedimento commerciale	0.200
Aree aeroportuali ed eliporti	0.054	Insedimento degli impianti tecnologici	0.100
Aree agroforestali	0.035	Insedimento dei grandi impianti di servizi pubblici e pri	0.100
Aree archeologiche	0.120	Insedimento in disuso	0.120
Aree con vegetazione rada	0.035	Insedimento industriale o artigianale con spazi annessi	0.200
Aree estrattive	0.120	Lagune, laghi e stagni costieri	0.040
Aree interessate da incendi o altri eventi dannosi	0.050	Paludi interne	0.050
Aree per gli impianti delle telecomunicazioni	0.054	Paludi salmastre	0.040
Aree portuali	0.054	Parchi di divertimento (acquapark, zoosafari e simili)	0.073
Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con	0.070	Prati alberati, pascoli alberati	0.050
Aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	0.073	Reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il	0.100
Aree verdi urbane	0.020	Reti ferroviarie comprese le superfici annesse	0.033
Bacini con prevalentemente utilizzazione per scopi irrigu	0.030	Reti stradali e spazi accessori	0.020
Bacini senza manifeste utilizzazioni produttive	0.030	Rocce nude, falesie e affioramenti	0.040
Boschi di conifere	0.150	Saline	0.040
Boschi di latifoglie	0.120	Seminativi semplici in aree irrigue	0.040
Boschi misti di conifere e latifoglie	0.135	Seminativi semplici in aree non irrigue	0.040
Campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o sir	0.073	Sistemi culturali e particellari complessi	0.037
Canali e idrovie	0.025	Spiagge, dune, sabbie	0.020
Cantieri e spazi in costruzione e scavi	0.120	Suoli rimaneggiati e artefatti	0.120
Cespuglieti e arbusteti	0.050	Superfici a copertura erbacea densa	0.035
Cimiteri	0.150	Tessuto residenziale continuo antico e denso	0.200
Colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica	0.070	Tessuto residenziale continuo, denso più recente e bas	0.200
Colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica	0.070	Tessuto residenziale continuo, denso, recente e alto	0.200
Colture temporanee associate a colture permanenti	0.040	Tessuto residenziale discontinuo	0.100
Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	0.200	Tessuto residenziale rado e nucleiforme	0.100
Discariche e depositi di cave, miniere, industrie	0.120	Tessuto residenziale sparso	0.100
Estuari	0.030	Uliveti	0.060
		Vigneti	0.100

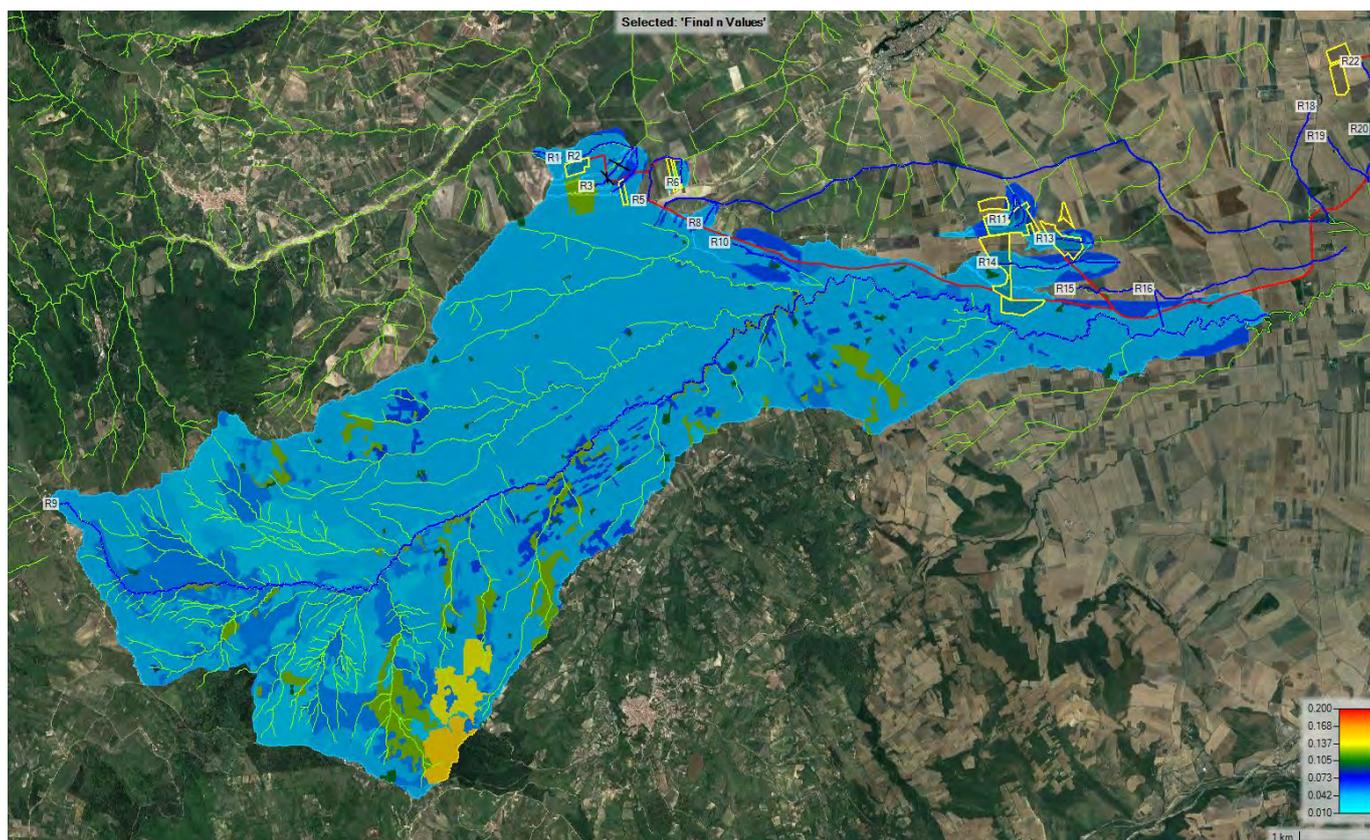


Figura 70. Carta dei numeri di Manning in corrispondenza delle aree del dominio di calcolo sulla base delle carte dell'Uso del Suolo del territorio di dell'agro di Troia (fonte della carta: SIT Puglia).

## 6.2 RISULTATI

Si riportano i risultati delle simulazioni per il tempo di ritorno di 200 anni valide per tutti i sottobacini e per il tempo di ritorno di 500 anni valida per il sottobacino A17, interessata anche da bassa pericolosità idraulica. In particolare si tratta, rispettivamente, delle mappe di inondazione e dei campi della velocità massima.

### 6.2.1 Sottobacini A2-A3-A4

Il cavidotto interrato è interessato a una fascia di allagamento dell'ampiezza massima di circa 18 m all'interno del sottobacino A2, con profondità inferiori a 10 cm (Figura 73) e velocità massima di circa 1.1 m/s.

L'area di parco agrivoltaico interessata da allagamenti nel sottobacino A3 è rappresentata in Figura 75. La fascia di allagamento è di circa 12 m, con tiranti massimi di circa 13 cm e velocità massima di circa 1.5 m/s (Figura 76).

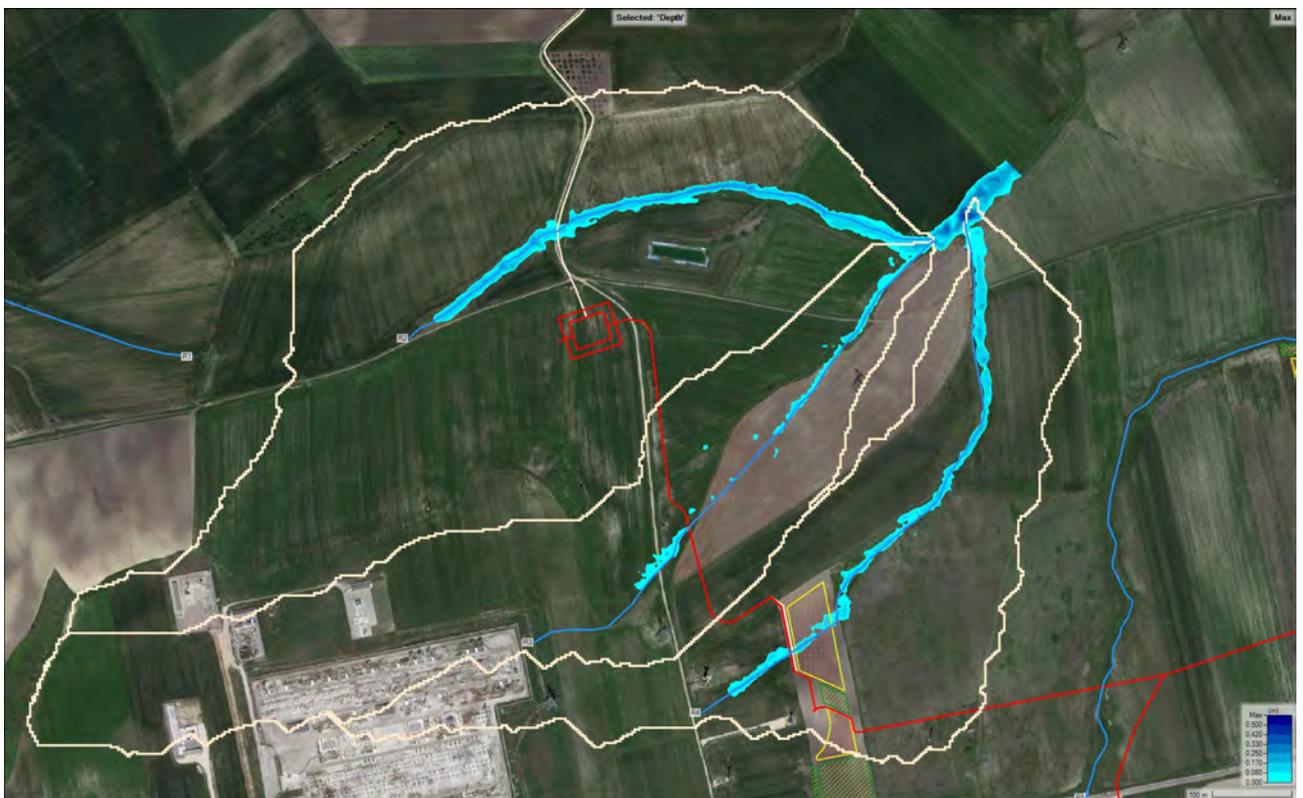


Figura 71. Mappa delle inondazioni. Sottobacini A2,A3,A4, TR=200 anni (tiranti espressi in metri). In bianco i perimetri dei sottobacini.

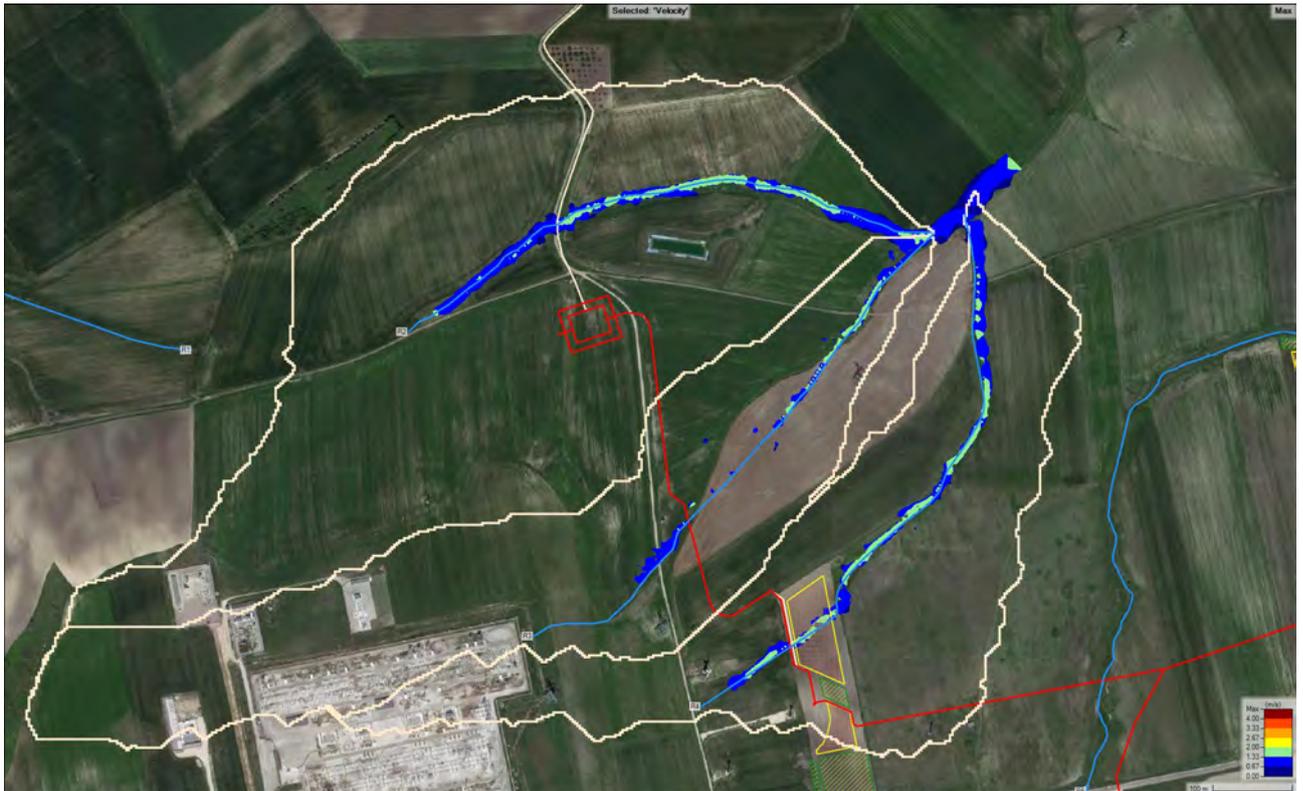


Figura 72. Mappa delle velocità massime. Sottobacini A2,A3,A4, TR=200 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.

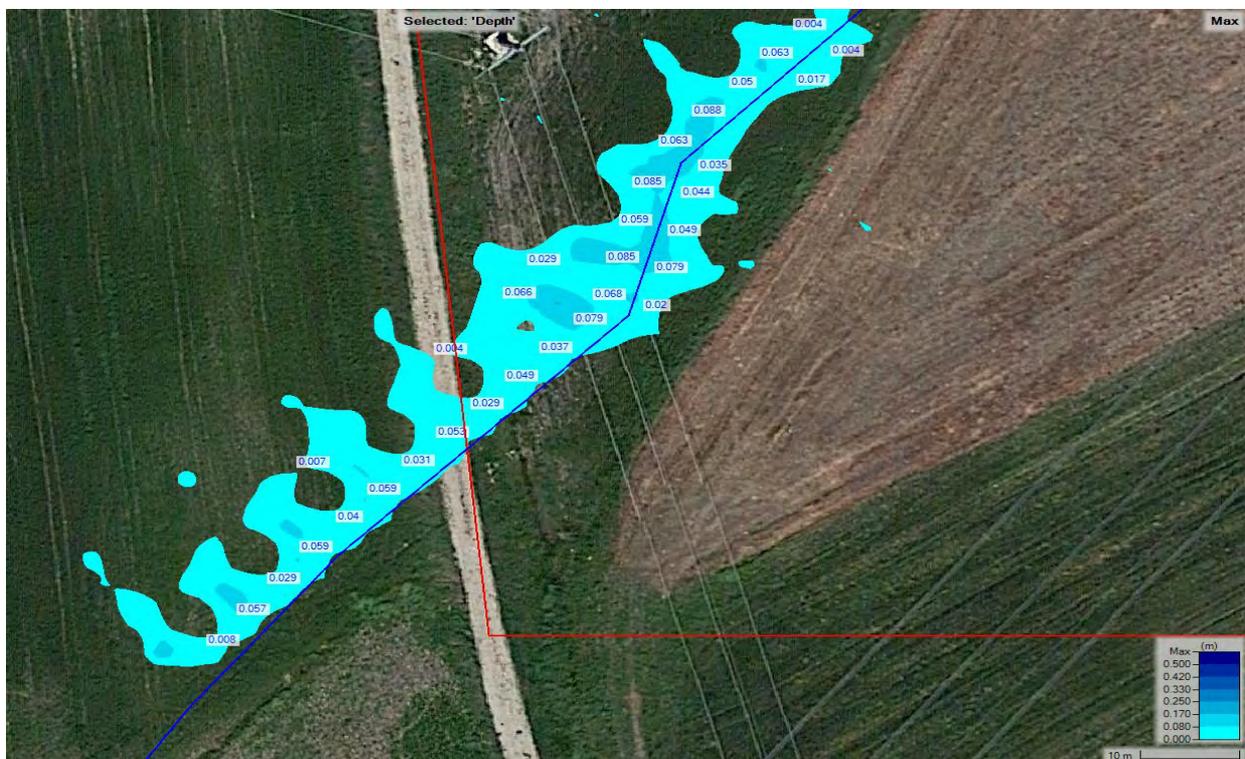


Figura 73. Impronta di allagamento in corrispondenza dell'attraversamento del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A2.



Figura 74. Velocità massime in corrispondenza dell'attraversamento del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A2.



Figura 75. Impronta di allagamento in corrispondenza dell'area del parco agrivoltaico all'interno del sottobacino A3.



Figura 76. Velocità massime in corrispondenza dell'area del parco agrivoltaico all'interno del sottobacino A3.

## 6.2.2 Sottobacini A5-A6

Per quasi tutta la sua lunghezza (circa 800 m) il cavidotto fiancheggia un corso d'acqua episodico naturale che presenta una fascia di allagamento della larghezza di circa 10 m. In alcuni punti il cavidotto attraversa detta fascia o si trova all'interno di essa. Il tirante idrico massimo, in corrispondenza dell'asse del cavidotto non supera mai i 20 cm (Figura 79 e Figura 80). Le velocità massime dell'acqua sul terreno sono di circa 2 m/s nella parte iniziale del tratto.

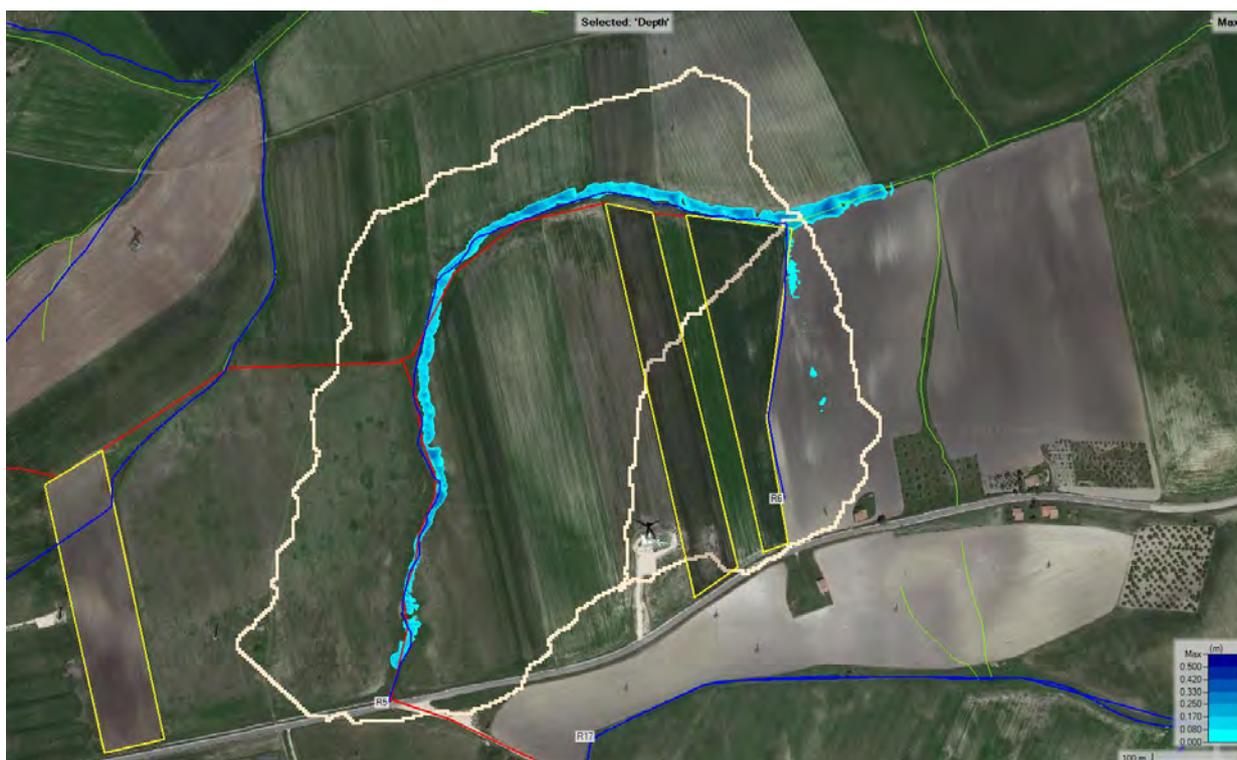


Figura 77. Mappa delle inondazioni. Sottobacini A5,A6, TR=200 anni (tiranti espressi in metri). In bianco i perimetri dei sottobacini.

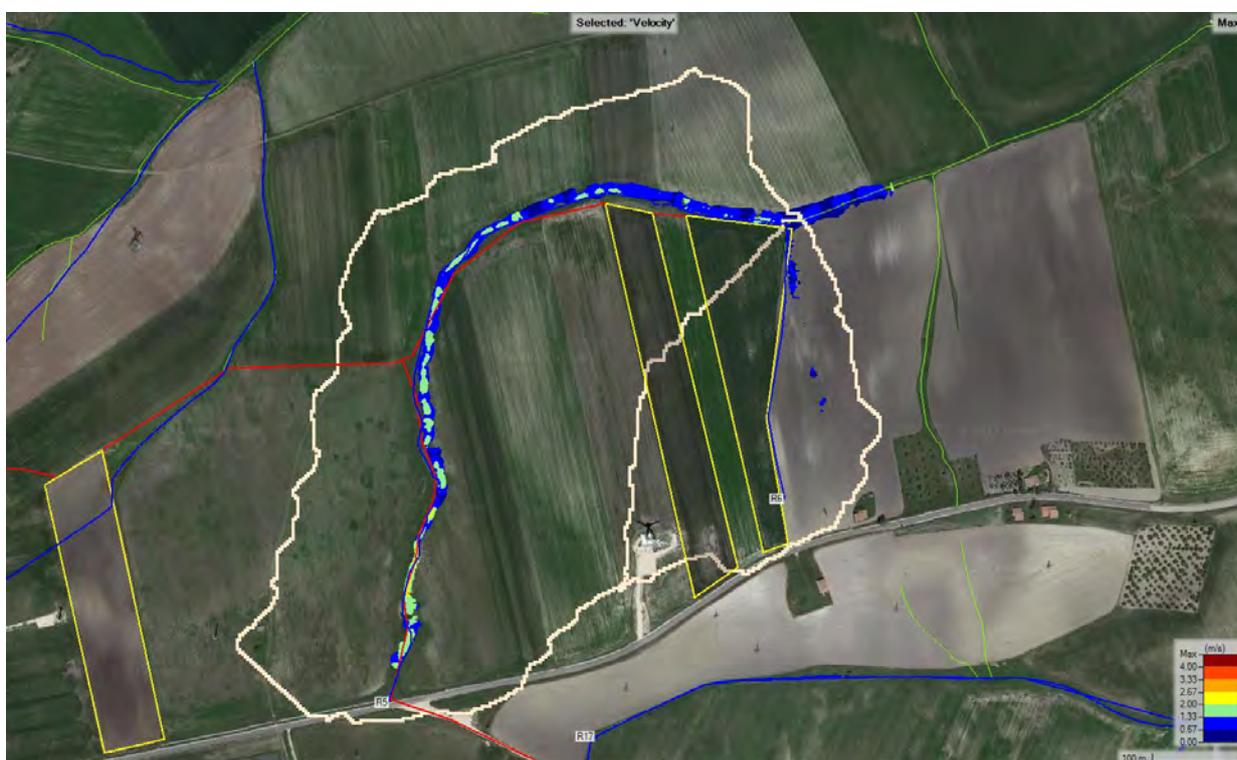


Figura 78. Mappa delle velocità massime. Sottobacini A5,A6, TR=200 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.

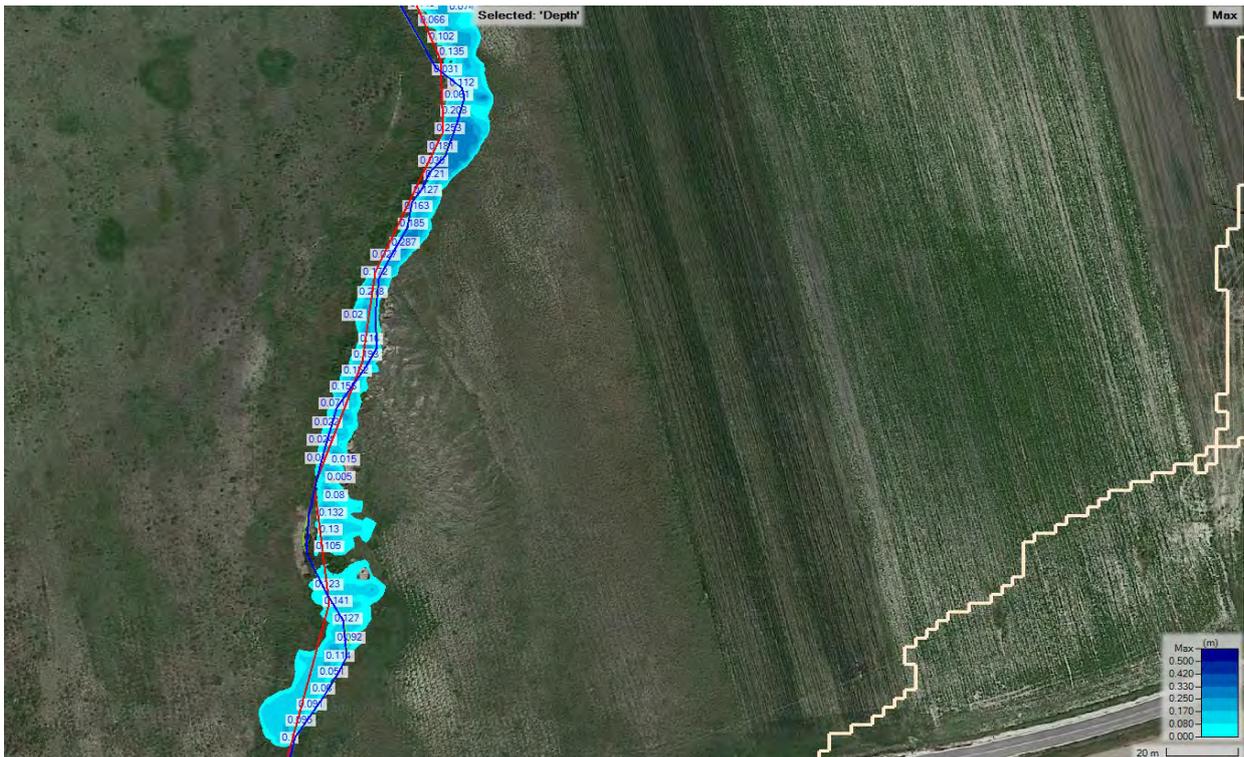


Figura 79. Impronta di allagamento in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A4.



Figura 80. Impronta di allagamento in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A4.

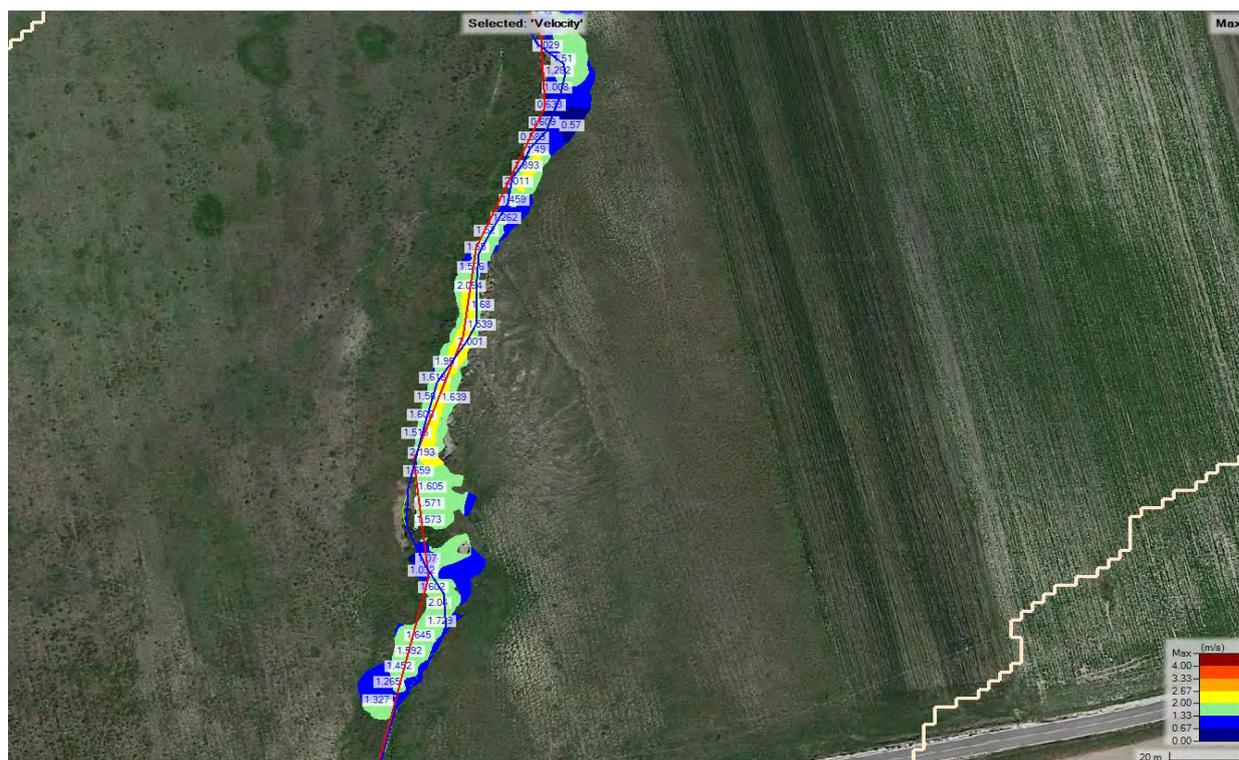


Figura 81. Velocità massime in corrispondenza dell'area del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A4.

### 6.2.3 Sottobacino A7

In questo caso le aree allagabili non interessano gli interventi previsti.



Figura 82. Mappa delle inondazioni. Sottobacino A7, TR=200 anni (tiranti espressi in metri). In bianco il perimetro del sottobacino.

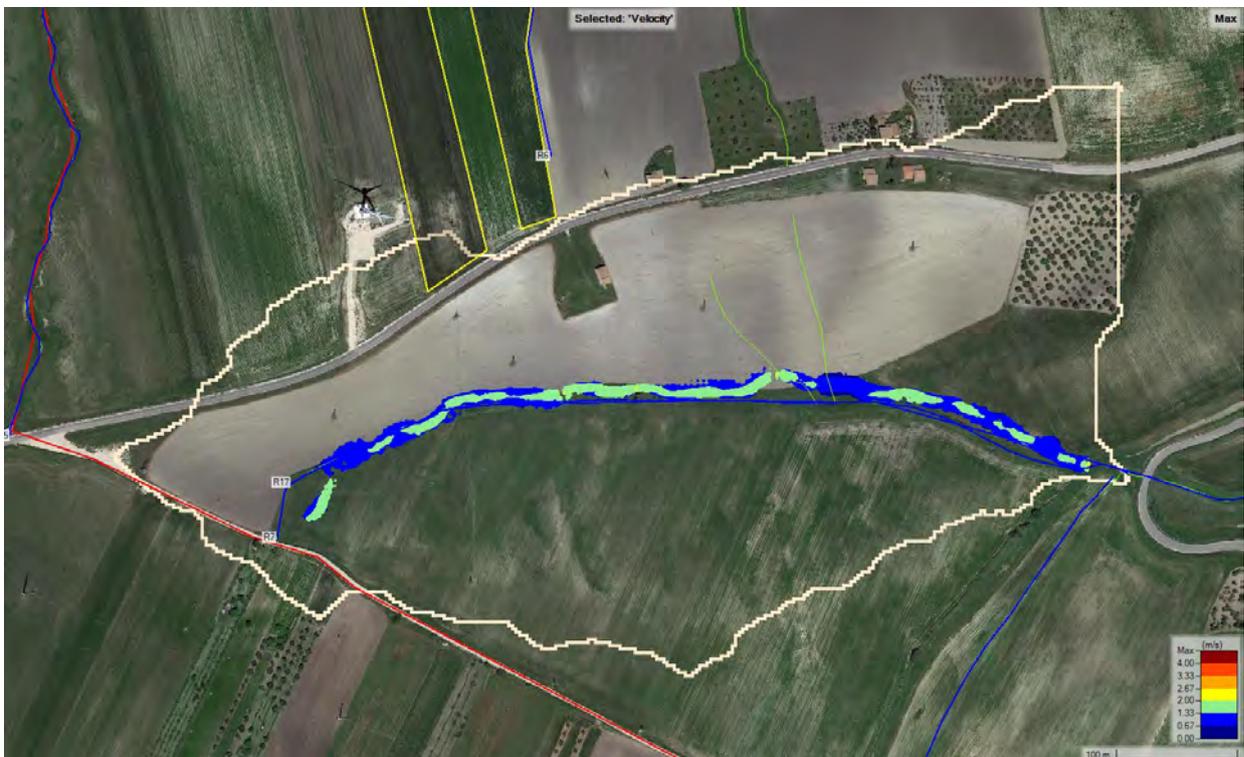


Figura 83. Mappa delle velocità massime. Sottobacino A7, TR=200 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.

## 6.2.4 Sottobacino A8

In questo caso le aree allagabili non interessano gli interventi previsti.

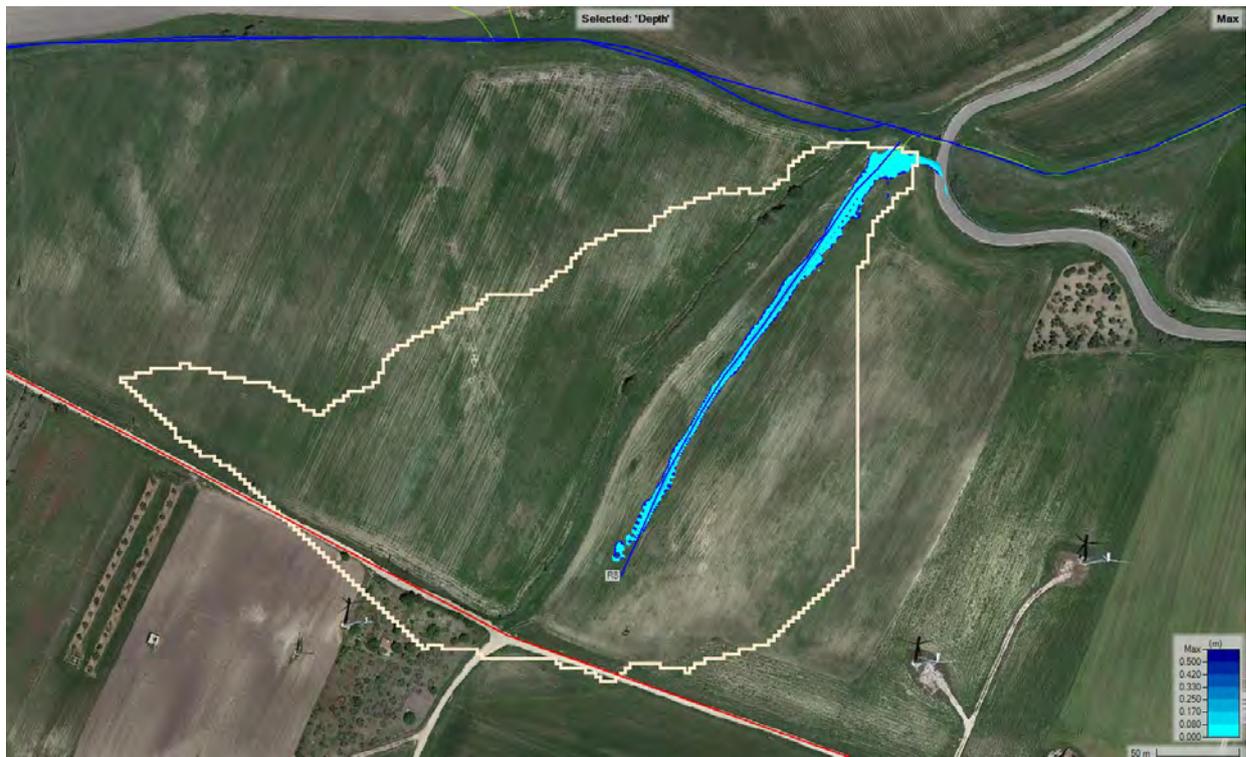


Figura 84. Mappa delle inondazioni. Sottobacino A8, TR=200 anni (tiranti espressi in metri). In bianco il perimetro del sottobacino.



Figura 85. Mappa delle velocità massime. Sottobacino A8, TR=200 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.

### 6.2.5 Sottobacino A9

In questo caso le aree allagabili non interessano gli interventi previsti.



Figura 86. Mappa delle inondazioni. Sottobacino A9, TR=200 anni (tiranti espressi in metri). In bianco il perimetro del sottobacino.



Figura 87. Mappa delle velocità massime. Sottobacino A9, TR=200 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.

### 6.2.6 Sottobacino A10

In questo caso le aree allagabili non interessano gli interventi previsti.

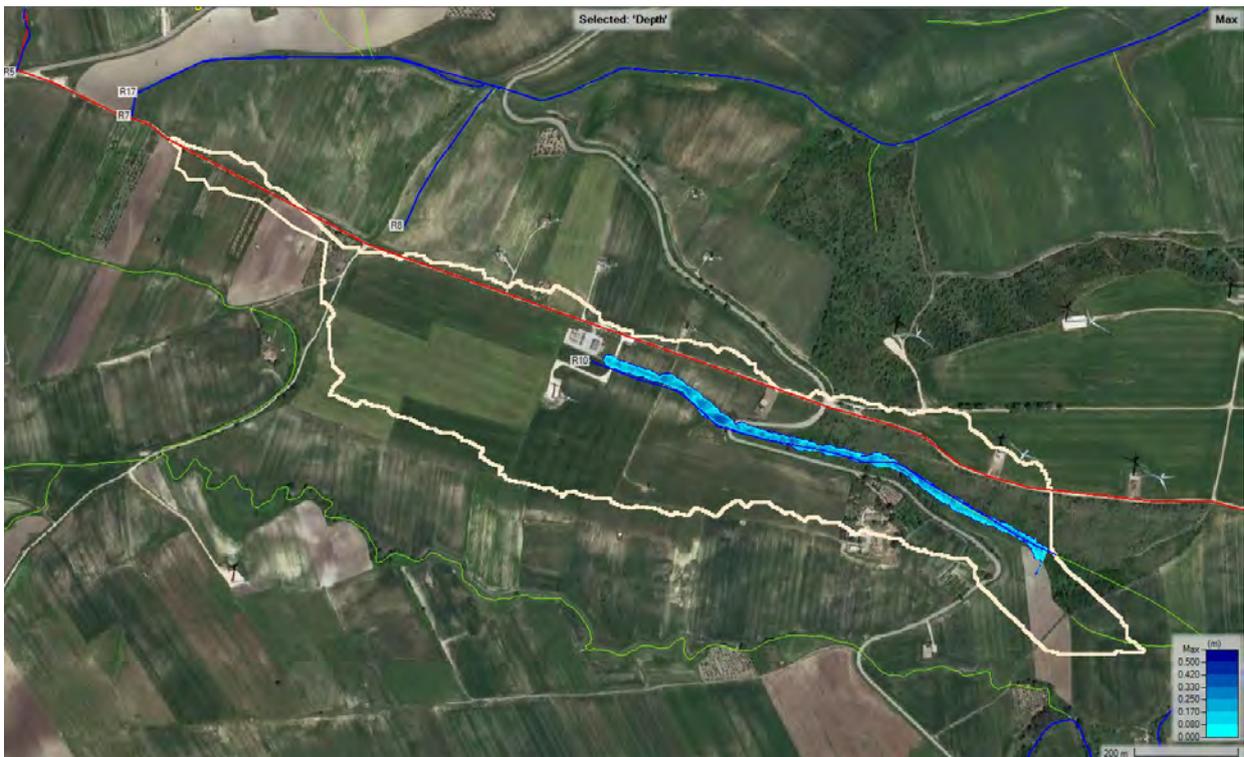


Figura 88. Mappa delle inondazioni. Sottobacino A10, TR=200 anni (tiranti espressi in metri). In bianco il perimetro del sottobacino.

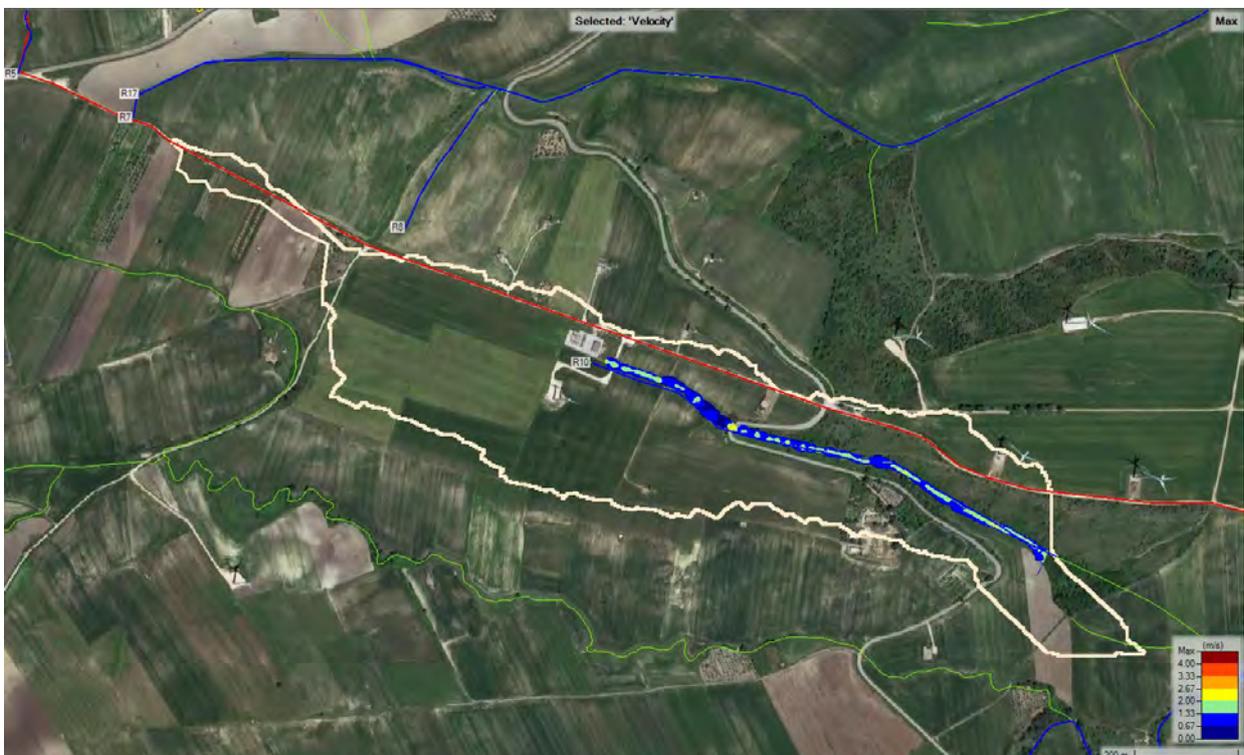


Figura 89. Mappa delle velocità massime. Sottobacino A10, TR=200 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.

### 6.2.7 Sottobacini A11-A12

In questo caso un'area adibita alla sistemazione dei pannelli fotovoltaici e che si trova sia all'interno del sottobacino A11 che del sottobacino A12 viene interessata da fasce di allagamento. Il tirante massimo stimato è di circa 15 cm, con velocità massime al suolo di circa 1.9 m/s. La fascia di allagamento presenta larghezza molto variabile arrivando a un massimo di circa 18 m (Figura 92 e Figura 93).

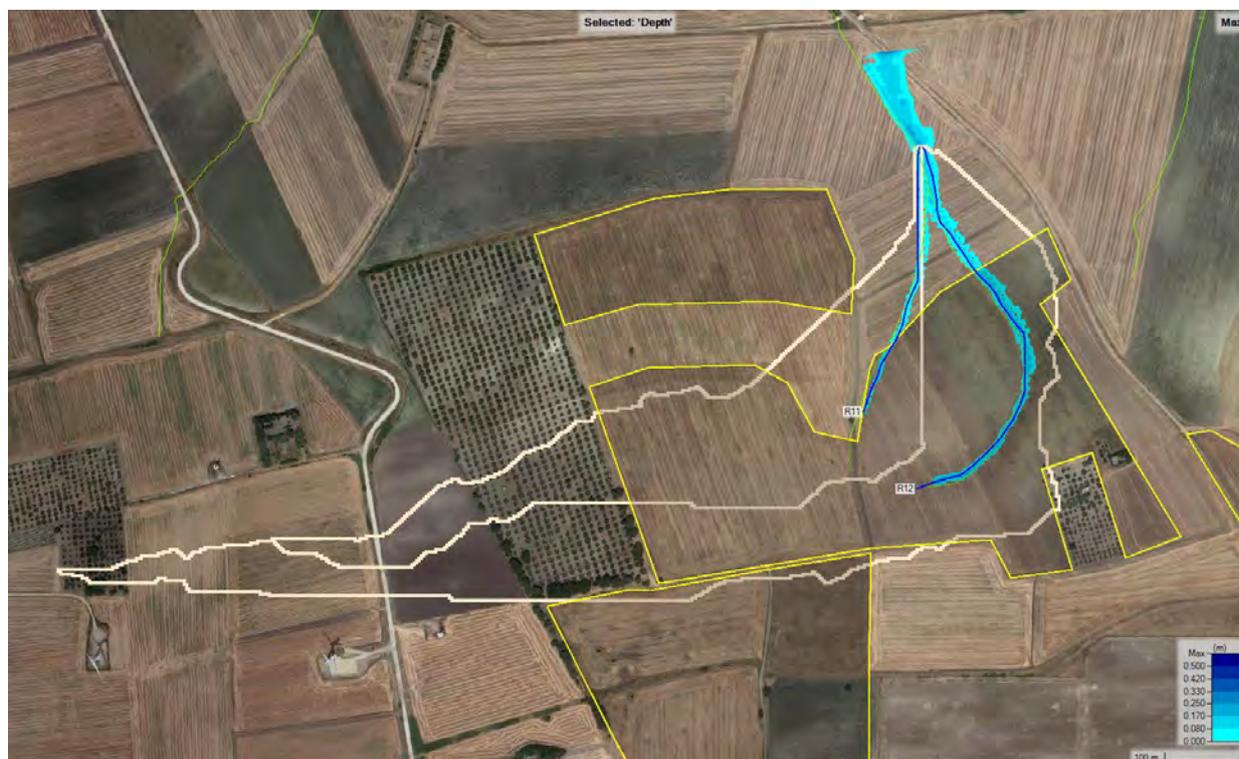


Figura 90. Mapa delle inondazioni. Sottobacini A11,A12, TR=200 anni (tiranti espressi in metri). In bianco i perimetri dei sottobacini.

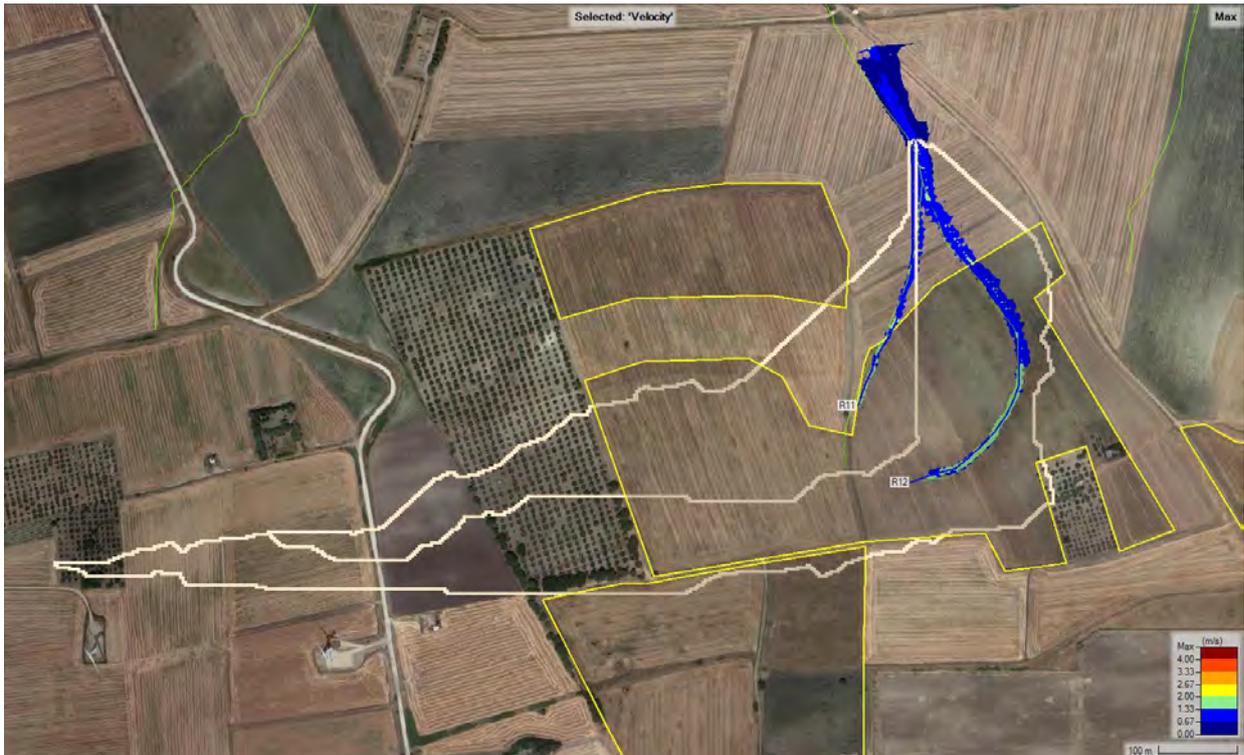


Figura 91. Mappa delle velocità massime. Sottobacini A5,A6, TR=200 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.



Figura 92. Impronta di allagamento in corrispondenza dell'area del parco agrivoltaico all'interno dei sottobacini A11/A12.



Figura 93. Velocità massime in corrispondenza dell'area del parco agrivoltaico all'interno dei sottobacini A11/A12.

## 6.2.8 Sottobacini A13-A14

L'area del parco agrivoltaico più a ovest viene in parte investita da una impronta di allagamento. Qui in realtà nasce il solco del corso d'acqua di invito dell'onda di piena per cui i risultati ottenuti risultano meno attendibili, avendo posto la sezione di ingresso della portata piena proprio all'interno del parco. I tiranti massimi attesi sono dell'ordine dei 25 cm e la velocità massima di 1.4 m/s (Figura 96 e Figura 97).

Il parco agrivoltaico più a est è interessato da una impronta di allagamento con tiranti massimi di 20 cm, velocità massima di 1.3 m/s, per una fascia di circa 30 m in larghezza e 480 m in lunghezza (Figura 98 e Figura 99).

Infine, il cavidotto, disposto lungo una interpoderale, è interessato da una fascia di allagamento all'interno del sottobacino A14, per una larghezza di circa 90 m, con tirante massimo di 17 cm e velocità massima di circa 0.45 m/s (Figura 100 e Figura 101).

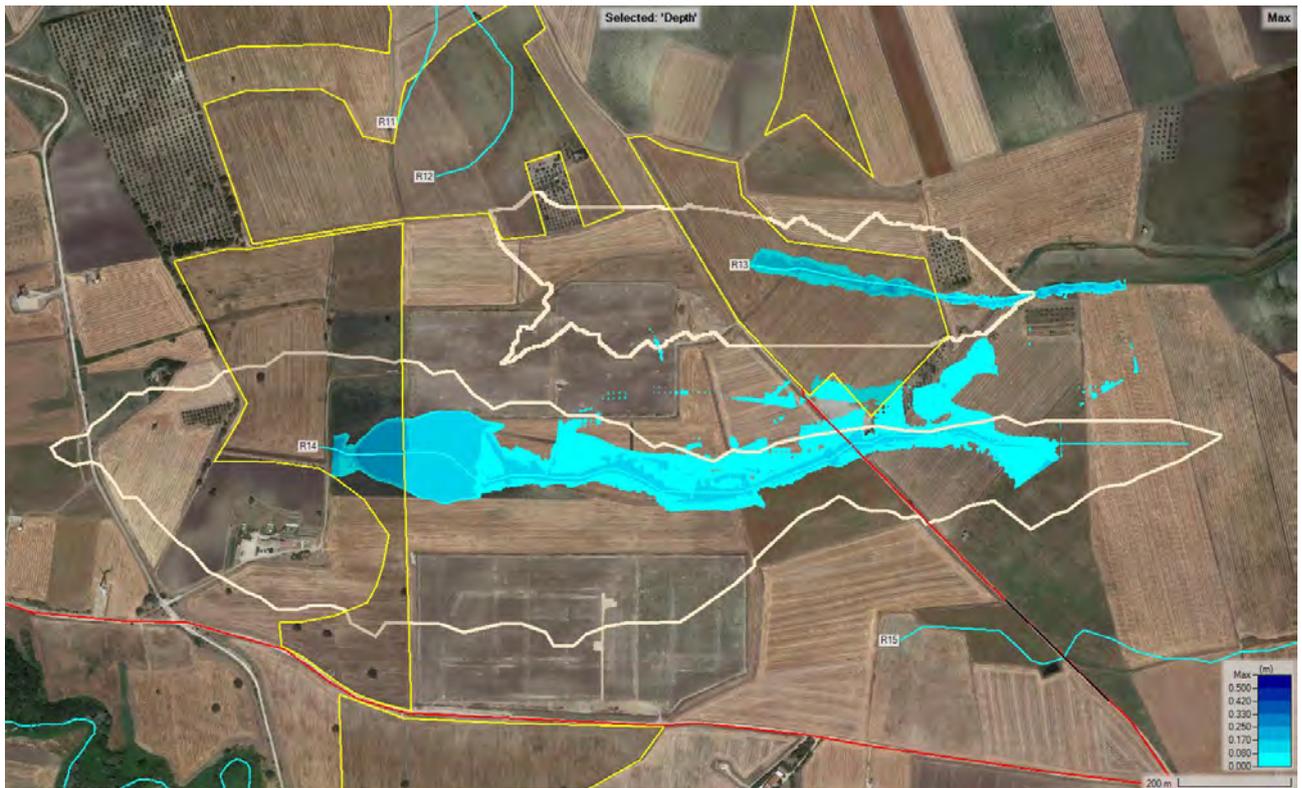


Figura 94. Mappa delle inondazioni. Sottobacini A13, A14, TR=200 anni (tiranti espressi in metri). In bianco i perimetri dei sottobacini.

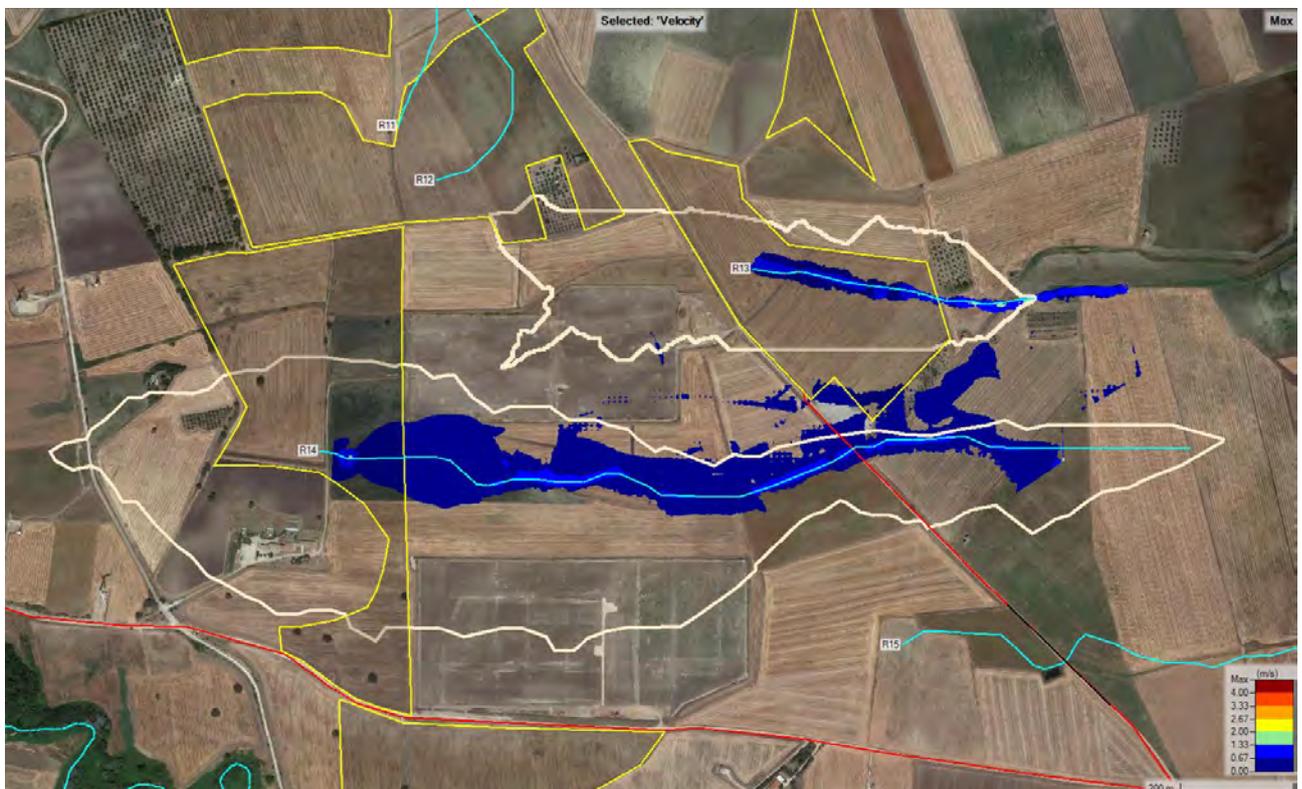


Figura 95. Mappa delle velocità massime. Sottobacini A13, A14, TR=200 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.

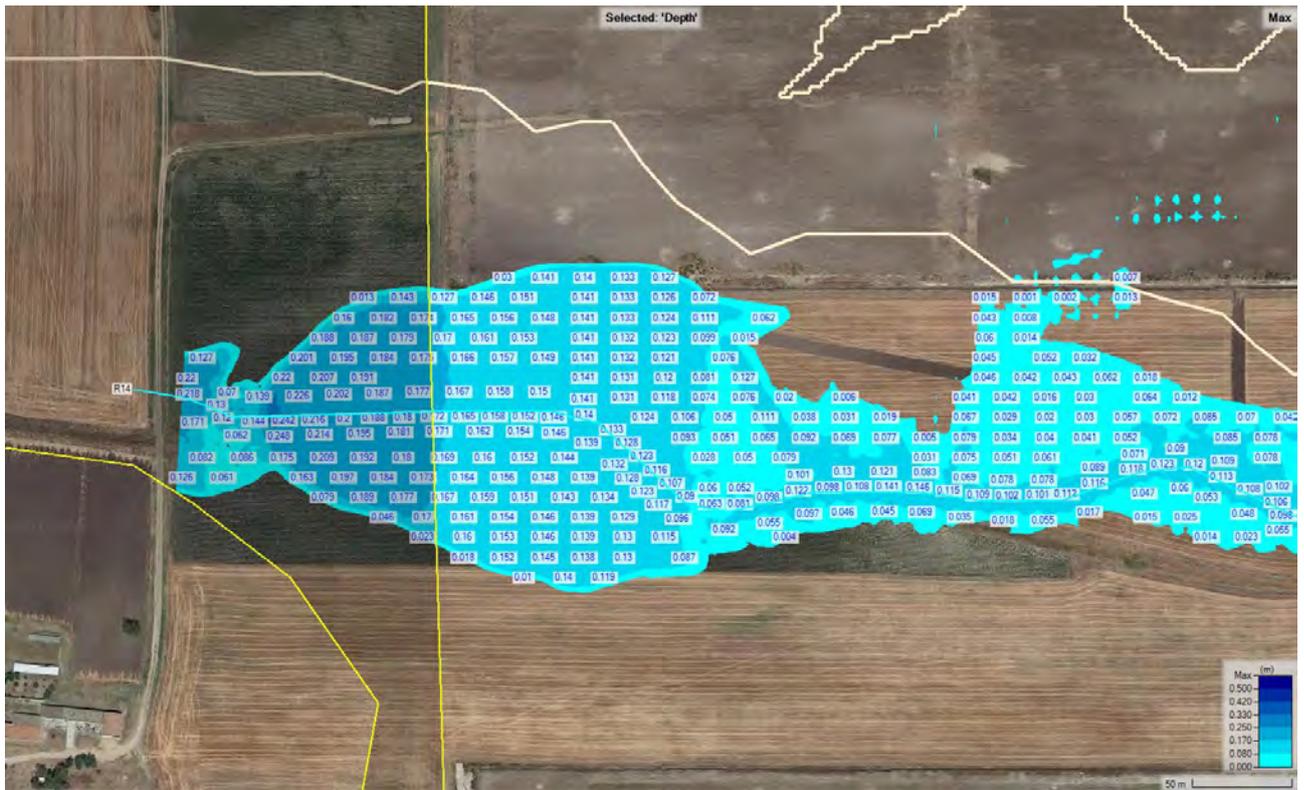


Figura 96. Impronta di allagamento in corrispondenza dell'area del parco agrivoltaico all'interno del sottobacino A14.

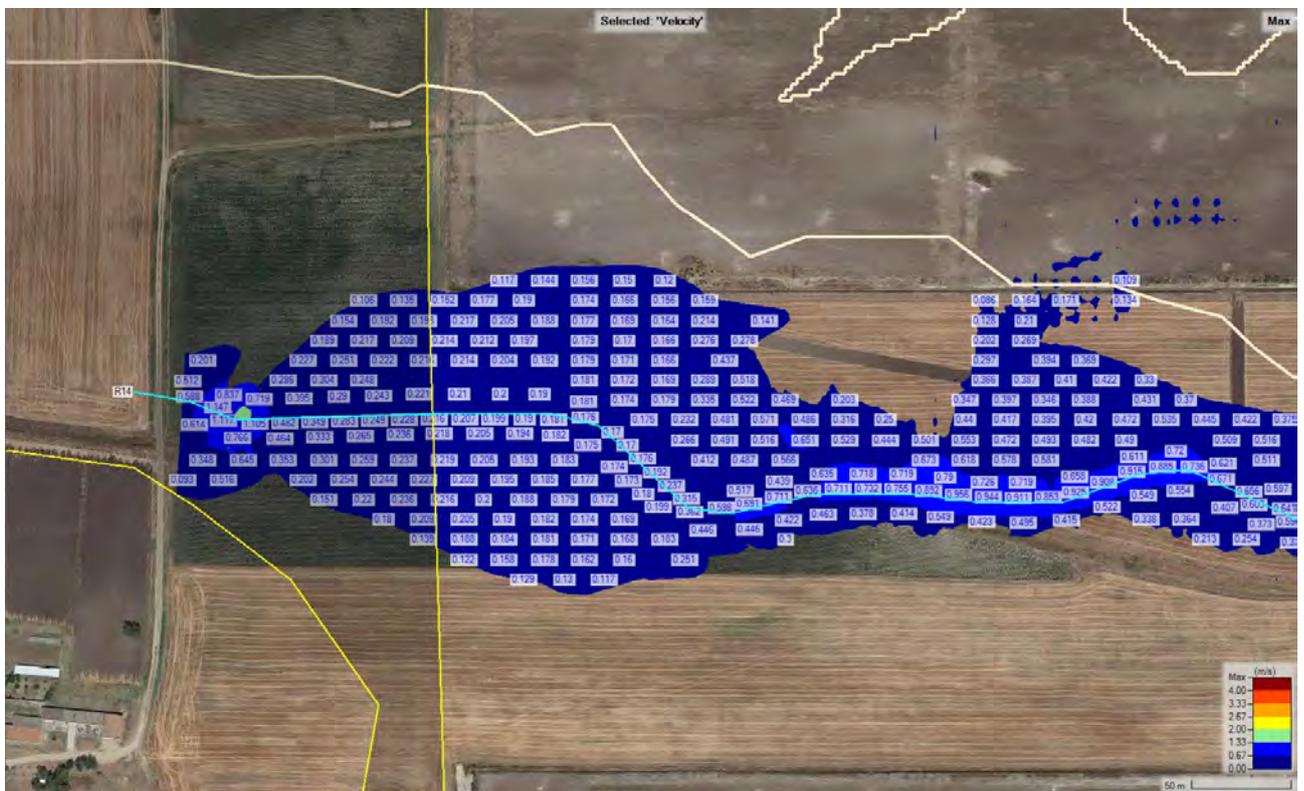


Figura 97. Velocità massime in corrispondenza dell'area del parco agrivoltaico all'interno del sottobacino A14.

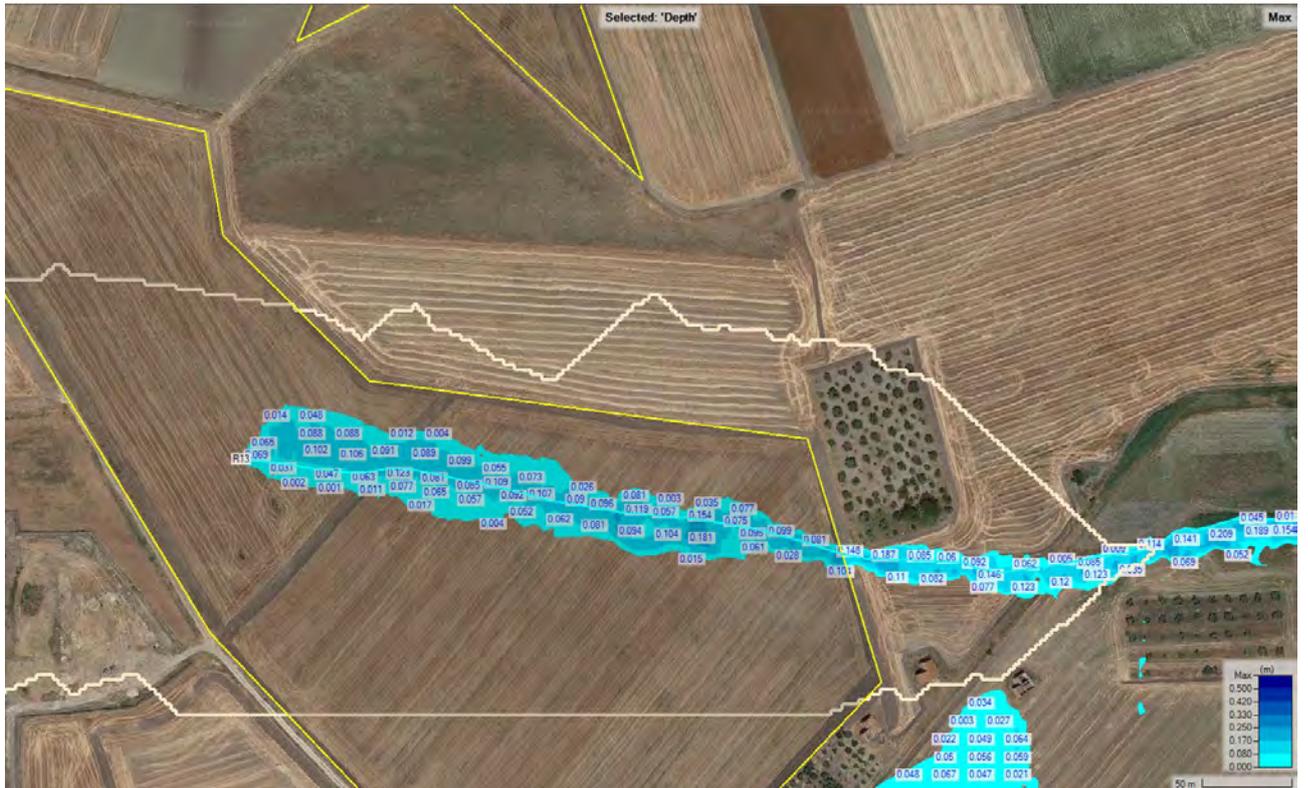


Figura 98. Impronta di allagamento in corrispondenza dell'area del parco agrivoltaico all'interno del sottobacino A13.

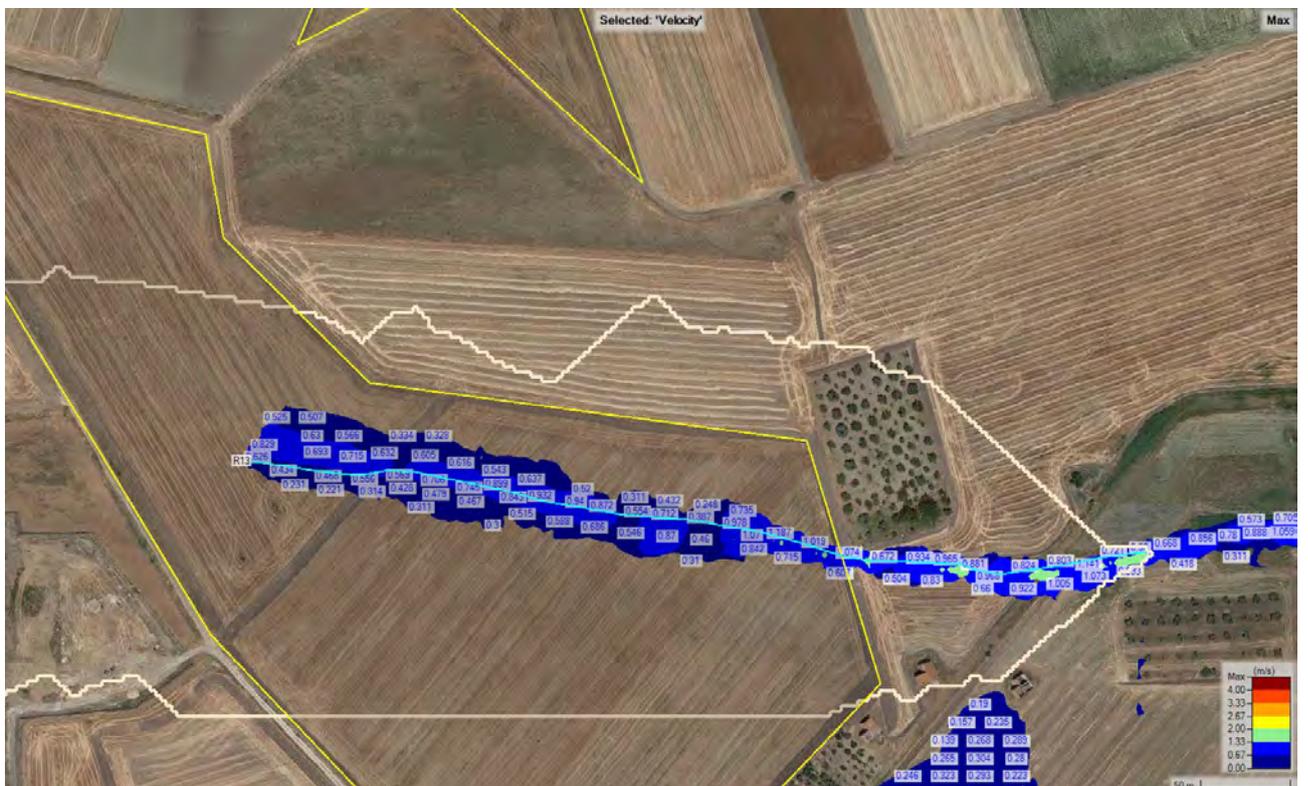


Figura 99. Velocità massime in corrispondenza dell'area del parco agrivoltaico all'interno del sottobacino A13.

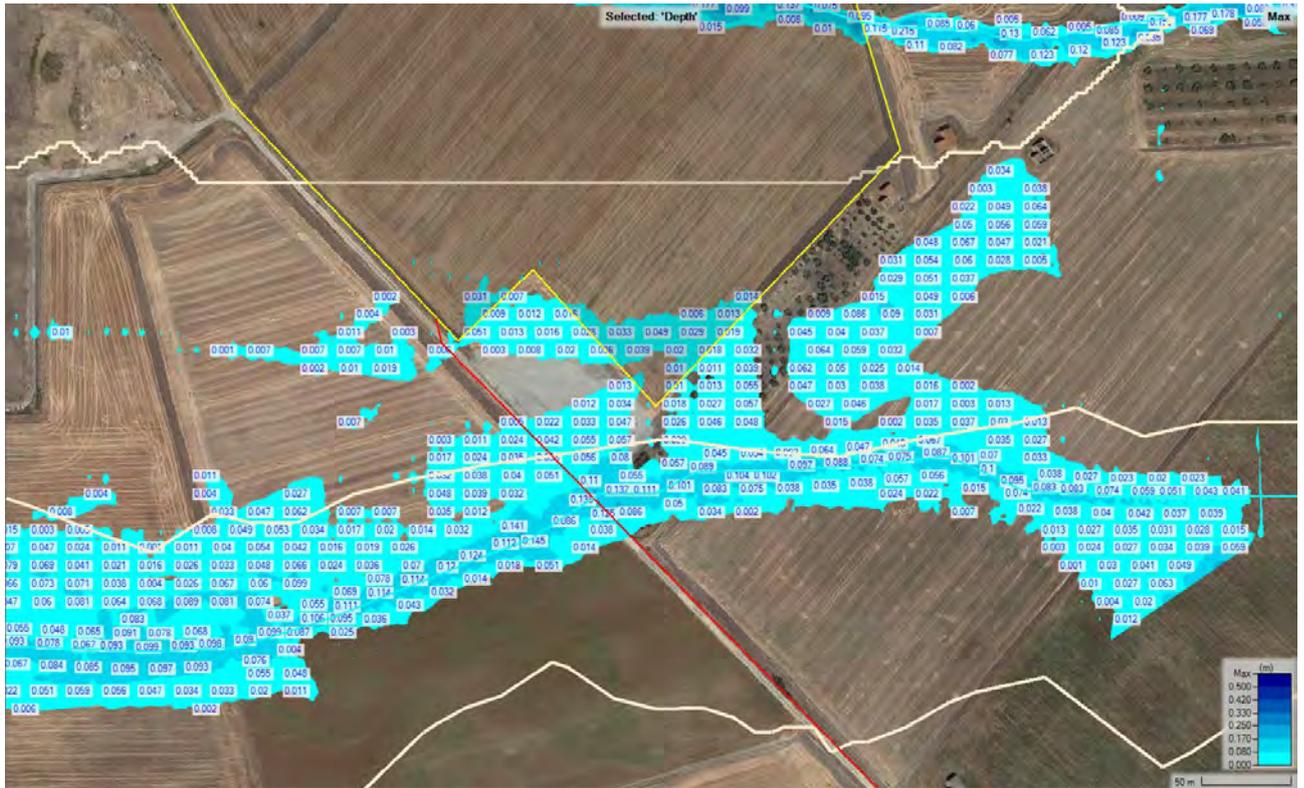


Figura 100. Impronta di allagamento in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A13.

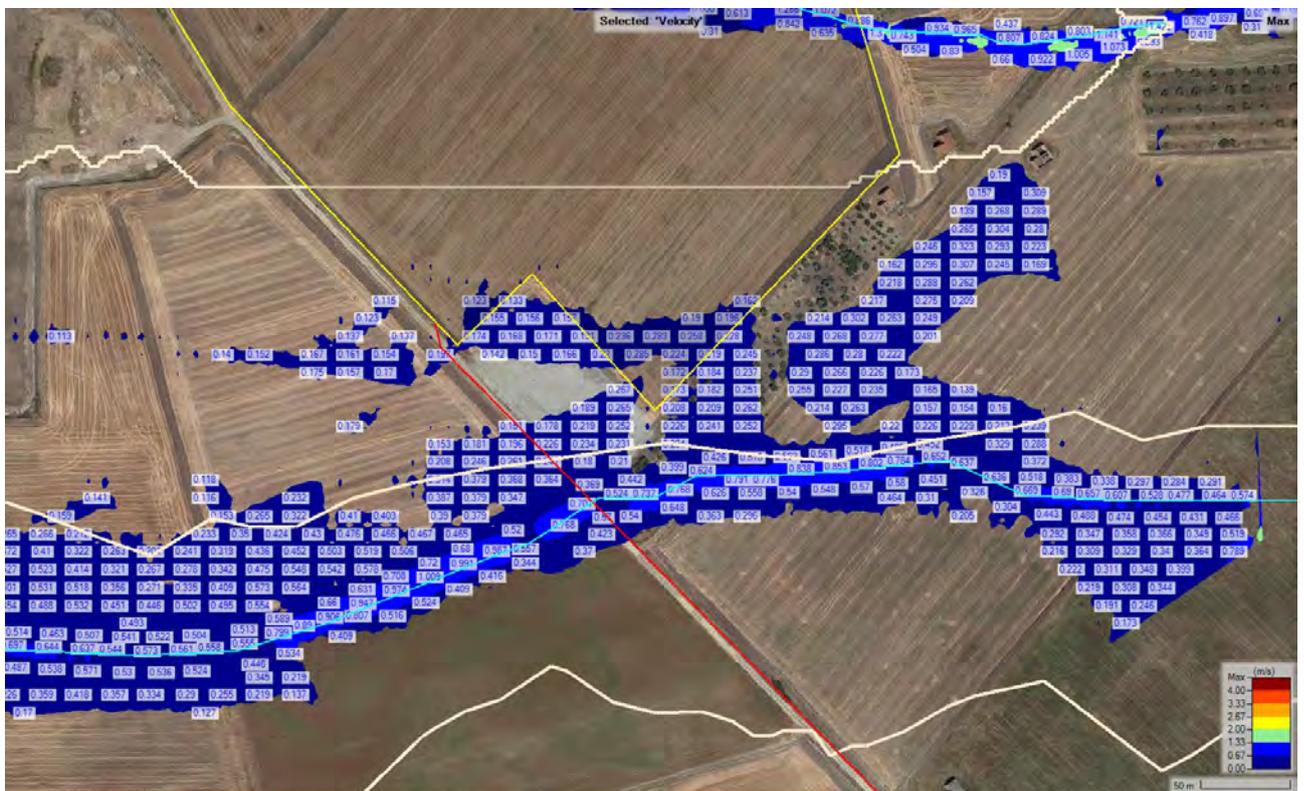


Figura 101. Velocità massime in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A13.

### 6.2.9 Sottobacino A15

Il cavidotto attraversa il sottobacino A15 essendo interessato da una fascia di allagamento della larghezza di circa 215 m, con tiranti massimi di circa 80 cm, velocità massime di circa 0.45 m/s (Figura 104 e Figura 105).

A est del bacino è presente un canale con asse in direzione nord-sud, a sezione trapezia e di larghezza di circa 6 m, il cui tirante arriva a circa 1 m in corrispondenza della zona di passaggio del cavidotto, con velocità di 1.5 m/s (Figura 106 e Figura 107).

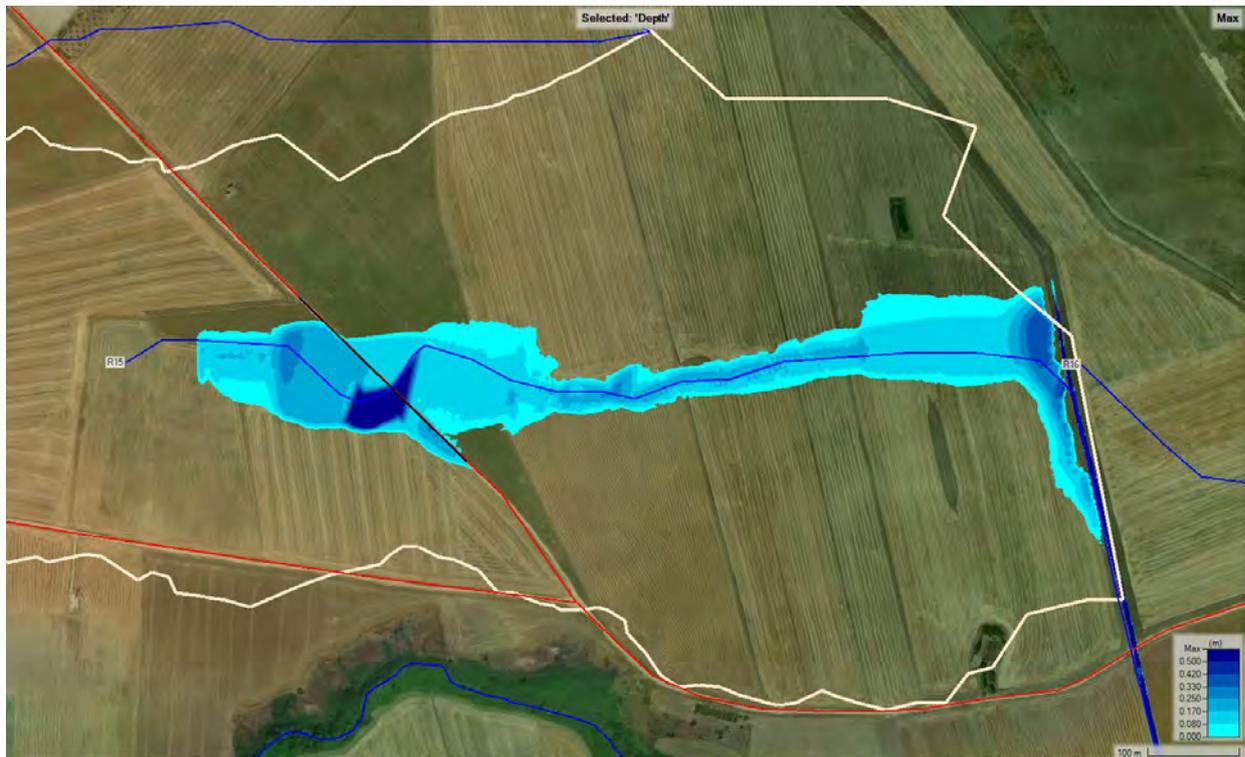


Figura 102. Mapa delle inondazioni. Sottobacino A15, TR=200 anni (tiranti espressi in metri). In bianco il perimetro del sottobacino.

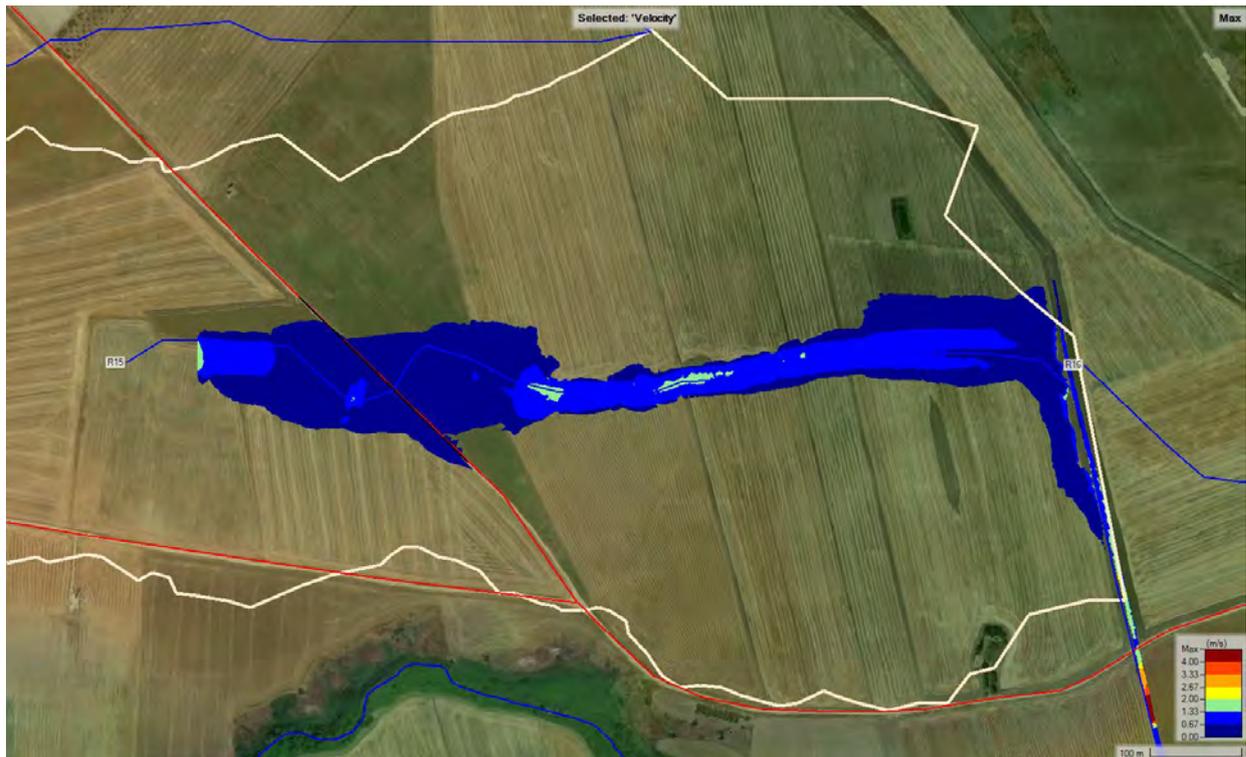


Figura 103. Mappa delle velocità massime. Sottobacino A15, TR=200 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.

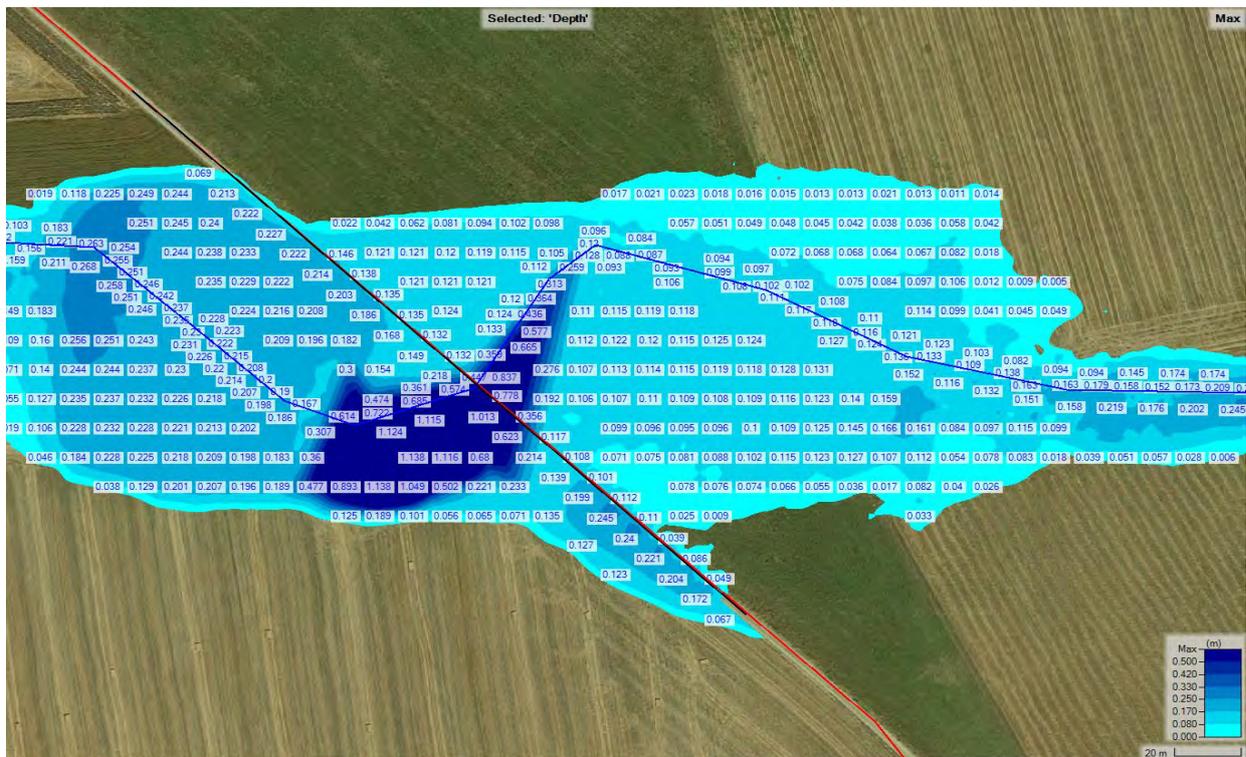


Figura 104. Impronta di allagamento in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A15.

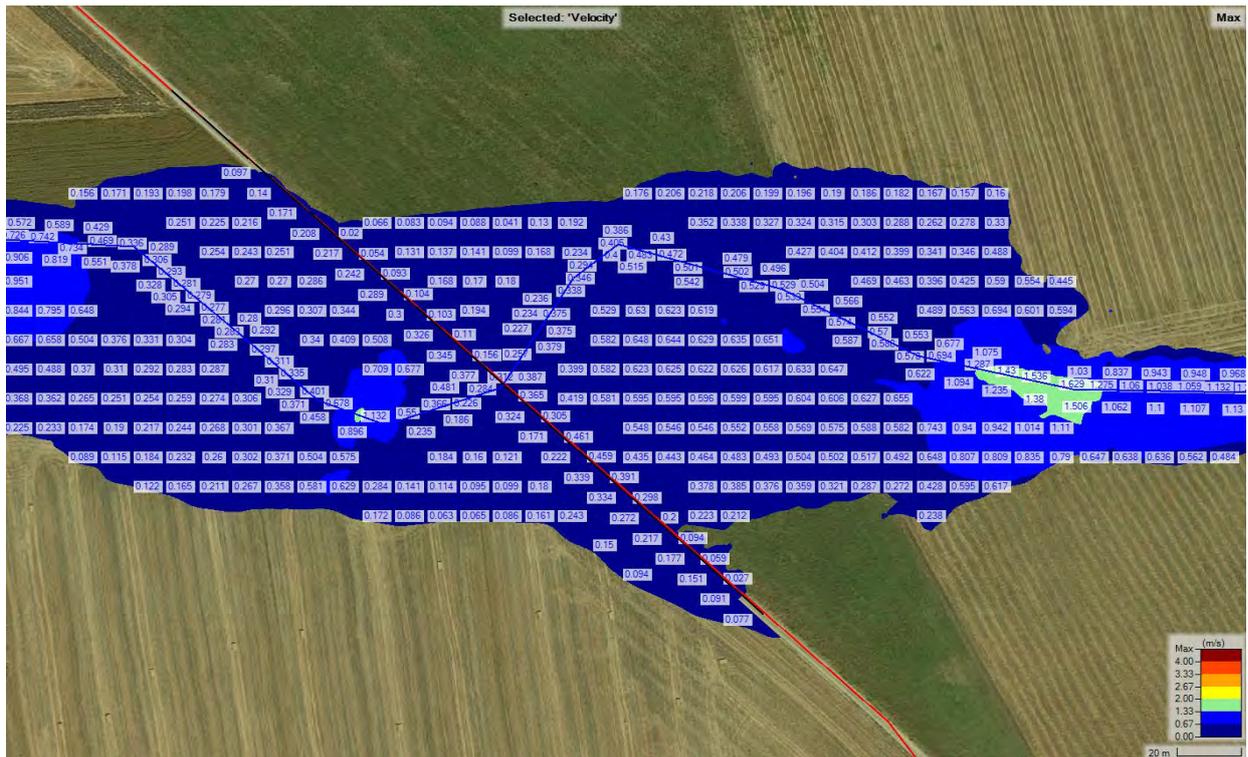


Figura 105. Velocità massime in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A15.

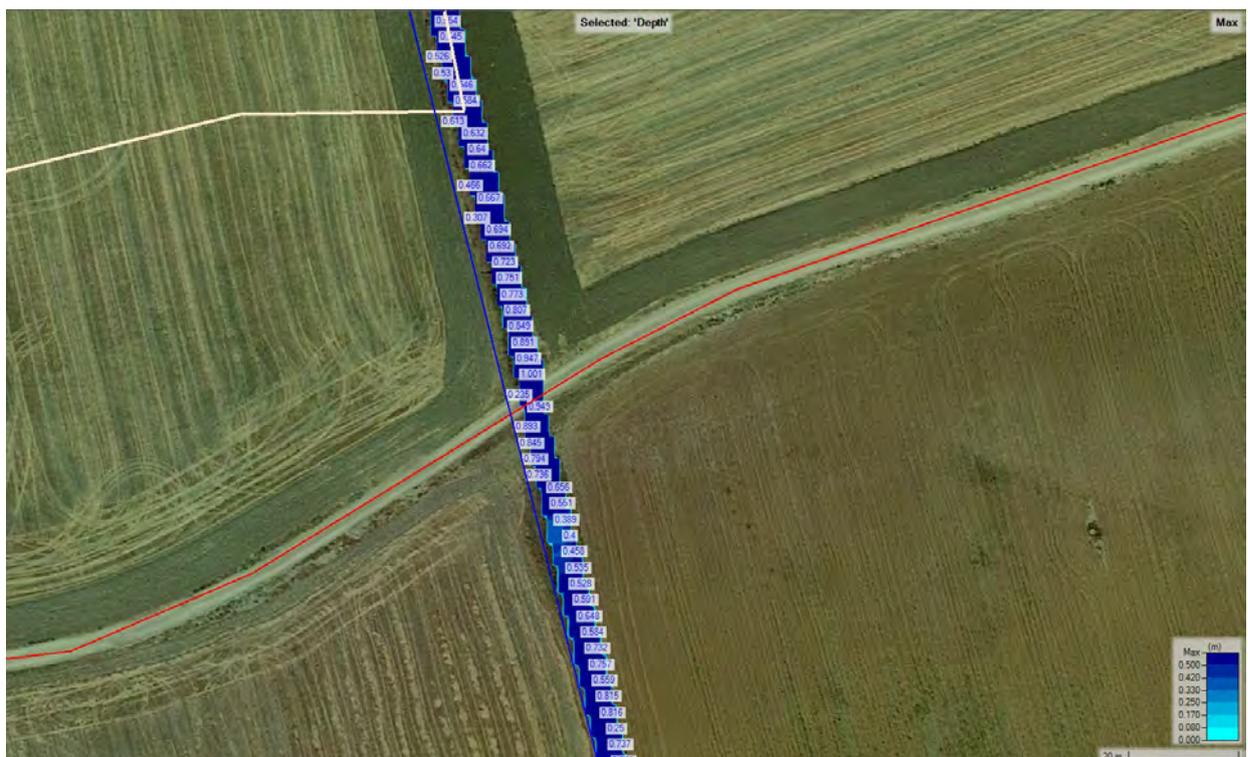


Figura 106. Impronta di alligamento in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A15.



Figura 107. Impronta di allagamento in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A15.

### 6.2.10 Sottobacino A16

Il cavidotto attraversa il sottobacino A16, percorrendo una strada che incrocia a circa 90 gradi il solco dell'asse dell'impluvio della zona. Esso è interessato da una fascia di allagamento di circa 70 m di larghezza, un tirante massimo di circa 22 cm e una velocità massima di circa 1.07 m/s (Figura 110 e Figura 111).

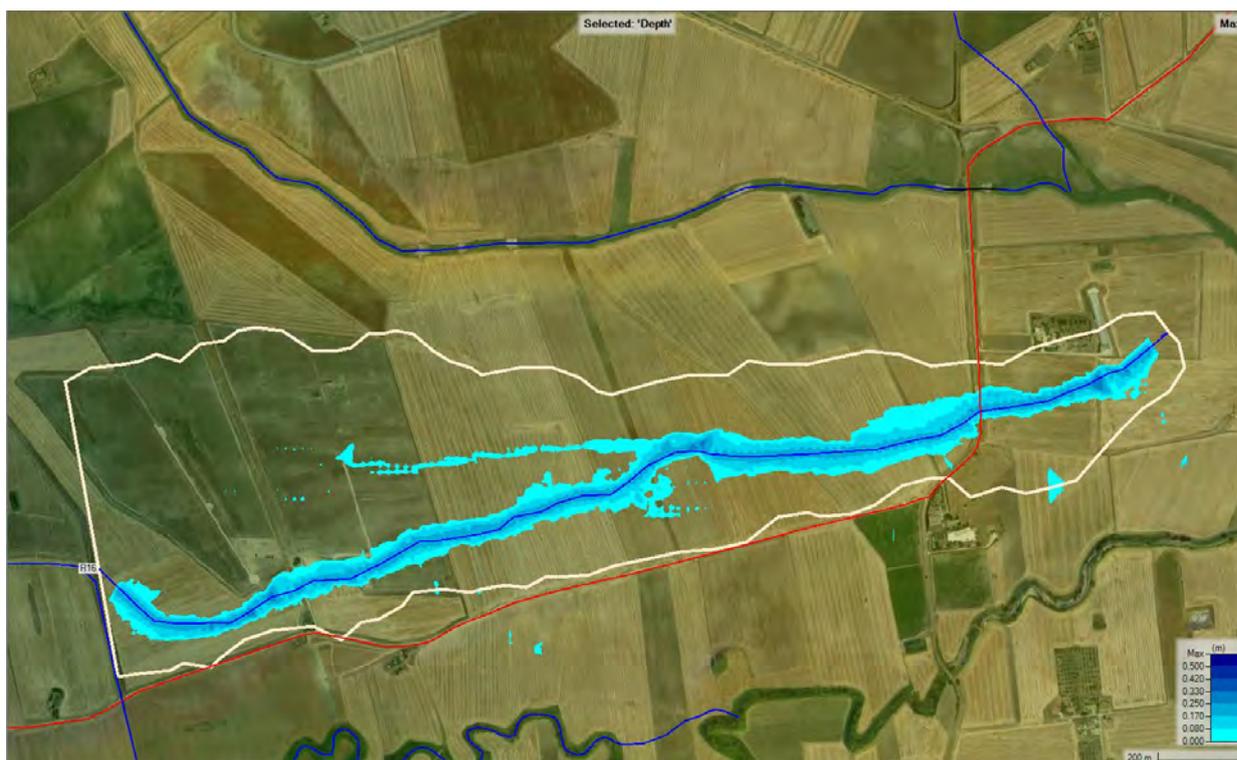


Figura 108. Mappa delle inondazioni. Sottobacino A16, TR=200 anni (tiranti espressi in metri). In bianco il perimetro del sottobacino.

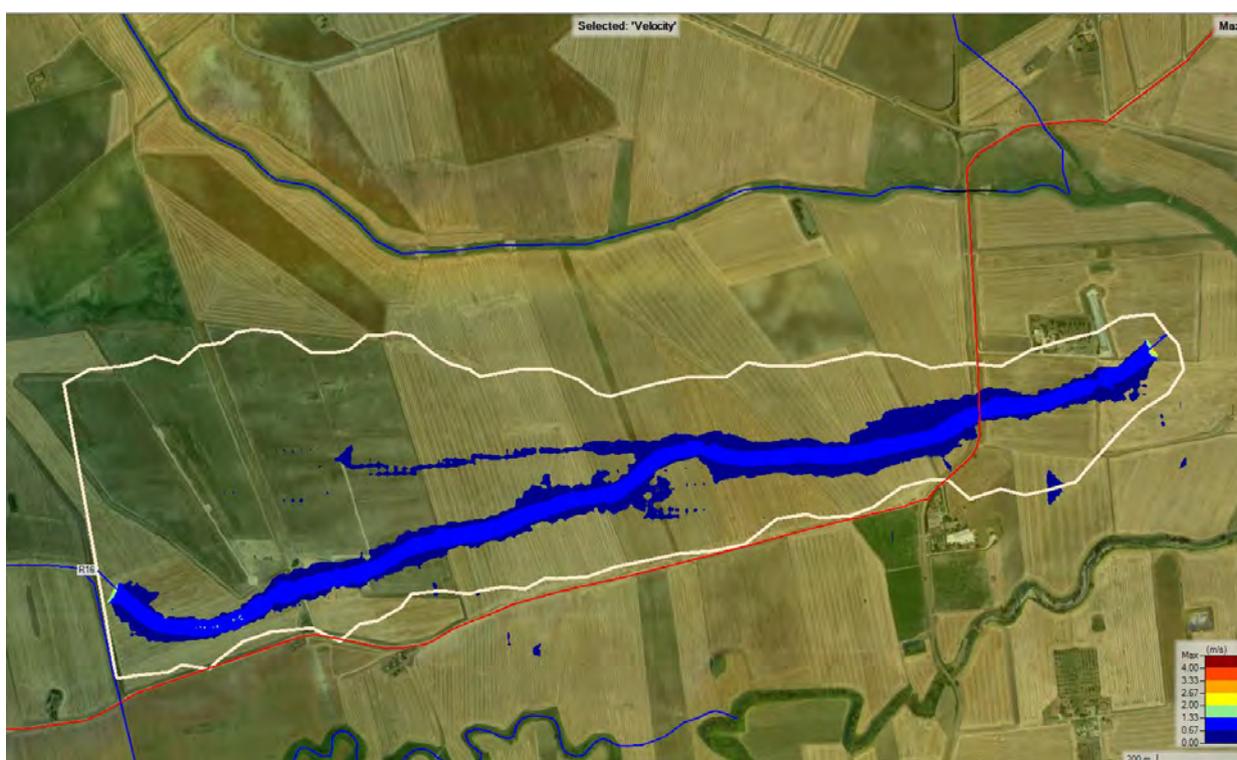


Figura 109. Mappa delle velocità massime. Sottobacino A16, TR=200 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.

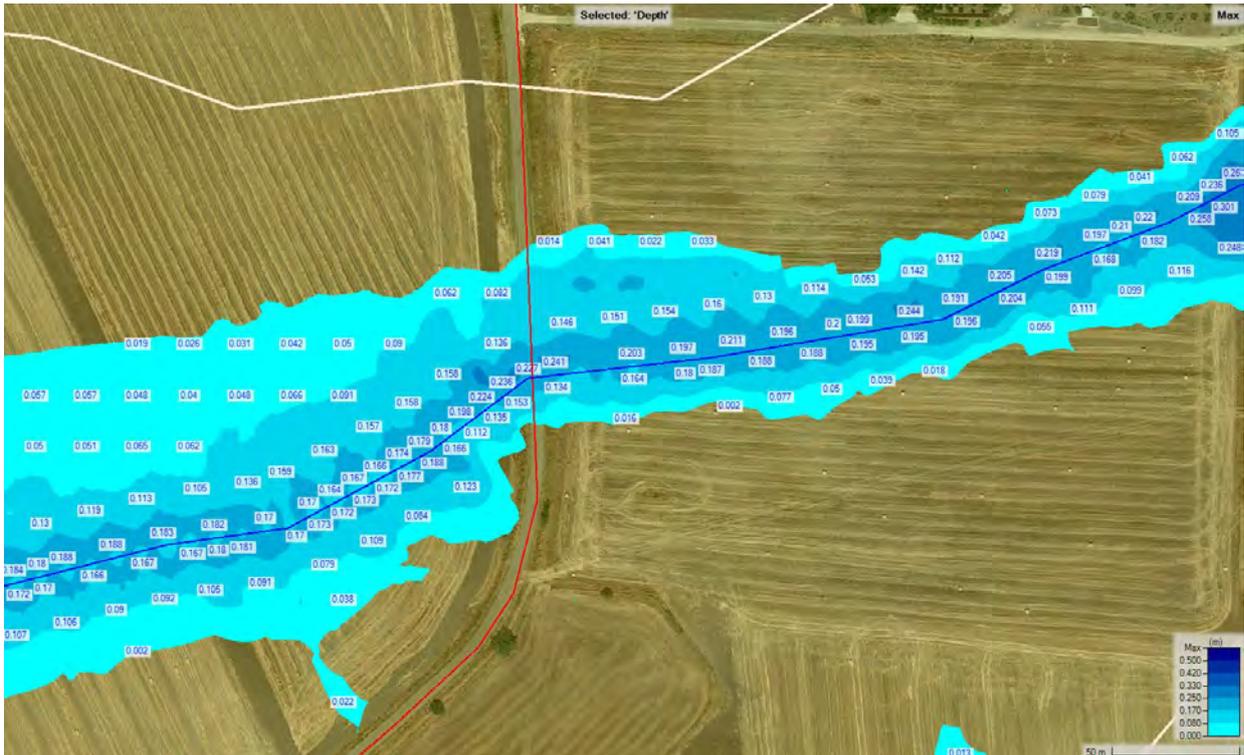


Figura 110. Impronta di allagamento in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A16.

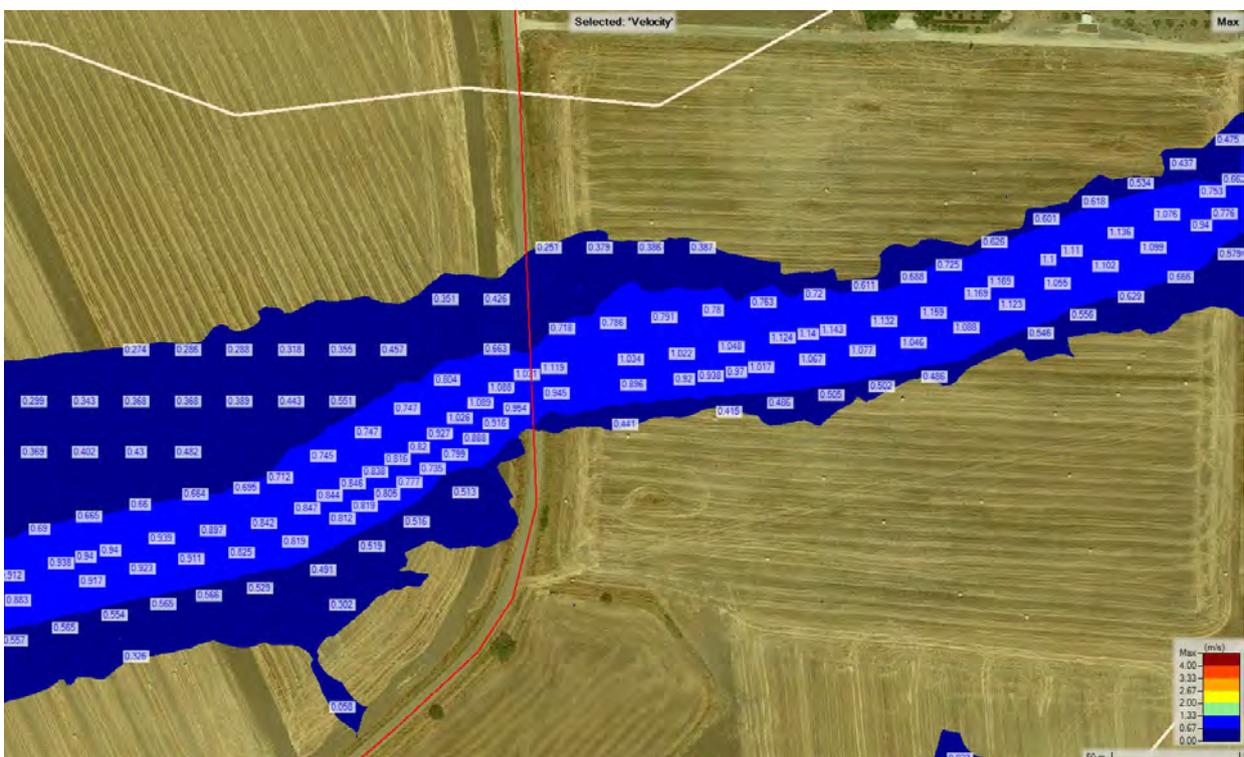


Figura 111. Velocità massime in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A16.

### 6.2.11 Sottobacino A17 (200 anni e 500 anni)

I risultati tra i tempi di ritorno di 200 e 500 anni non si discostano di molto. Il cavidotto attraversa il sottobacino A17, percorrendo una strada che incrocia a circa 90 gradi l'asse del corso d'acqua di zona tramite un attraversamento su ponte. Esso è interessato da una fascia di allagamento di circa 150 m di larghezza. Il tirante massimo in corrispondenza dell'attraversamento è di circa 2.30 m, misurato rispetto al fondo del canale. Sul livello del ponte è atteso un tirante di circa 30 cm, avendo posto la quota del livello stradale a 241 m sul livello del mare (Figura 110, Figura 111, Figura 118, Figura 119).



Figura 112. Mapa delle inondazioni. Sottobacino A17, TR=200 anni (tiranti espressi in metri). In bianco il perimetro del sottobacino.

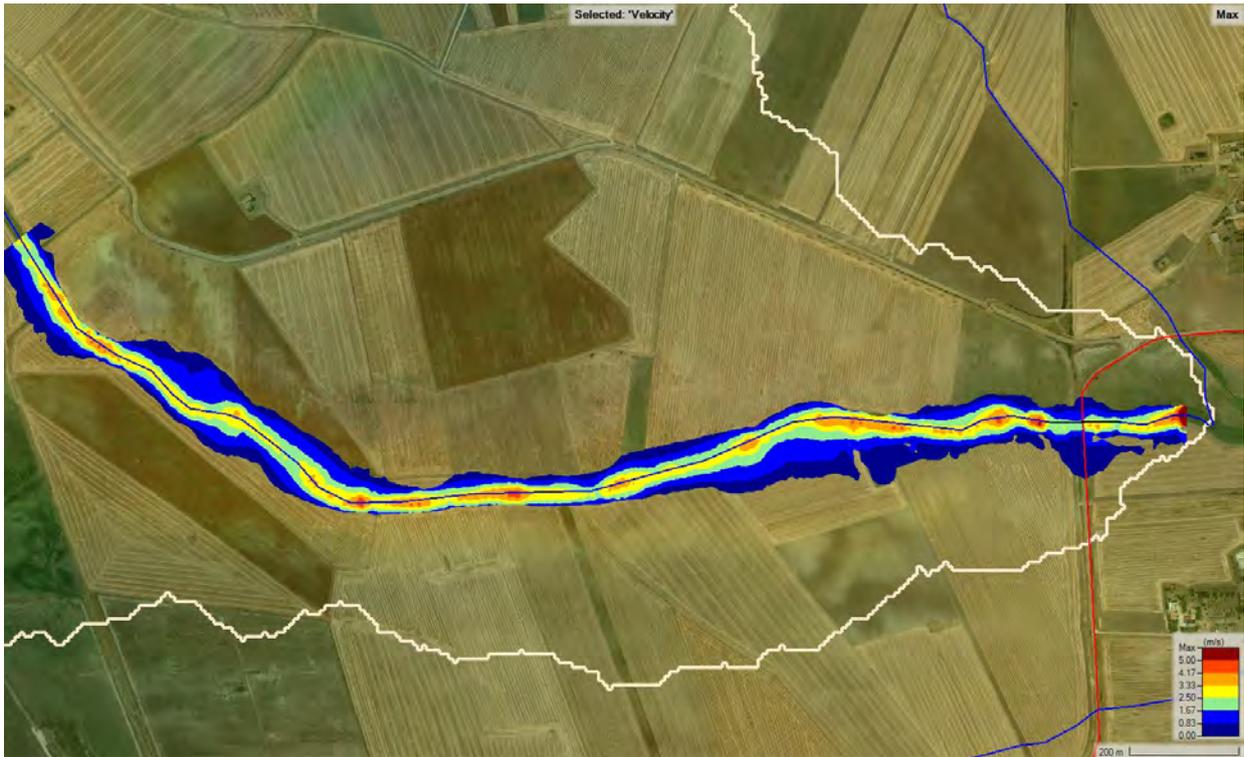


Figura 113. Mappa delle velocità massime. Sottobacino A17, TR=200 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.

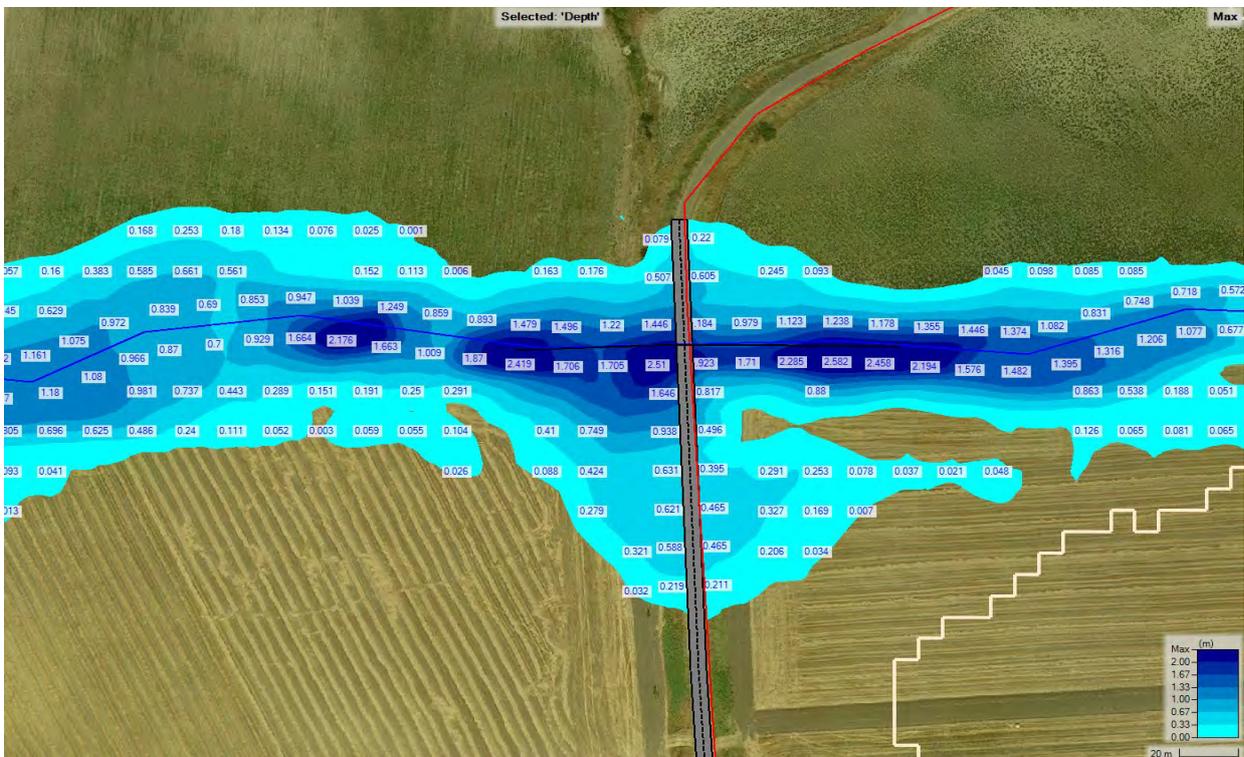


Figura 114. Impronta di allagamento in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A16.

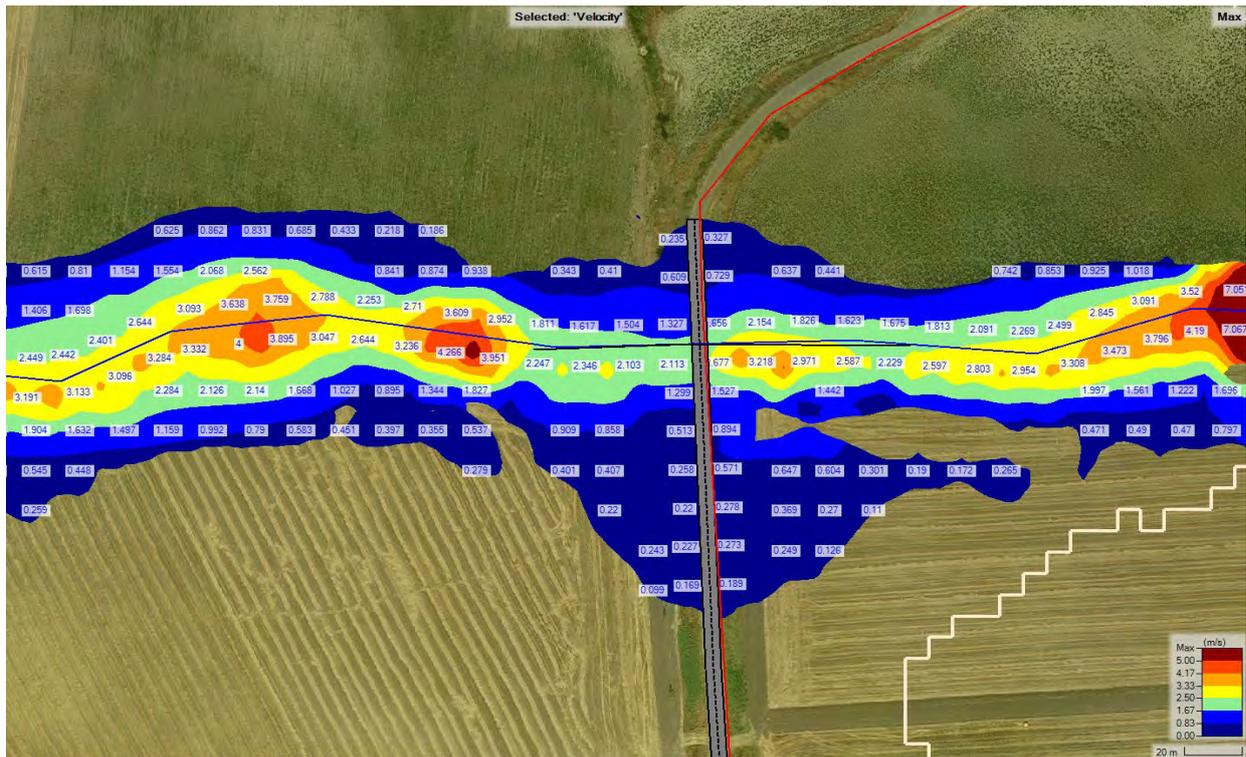


Figura 115. Velocità massime in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A16.



Figura 116. Mappa delle inondazioni. Sottobacino A17, TR=500 anni (tiranti espressi in metri). In bianco il perimetro del sottobacino.

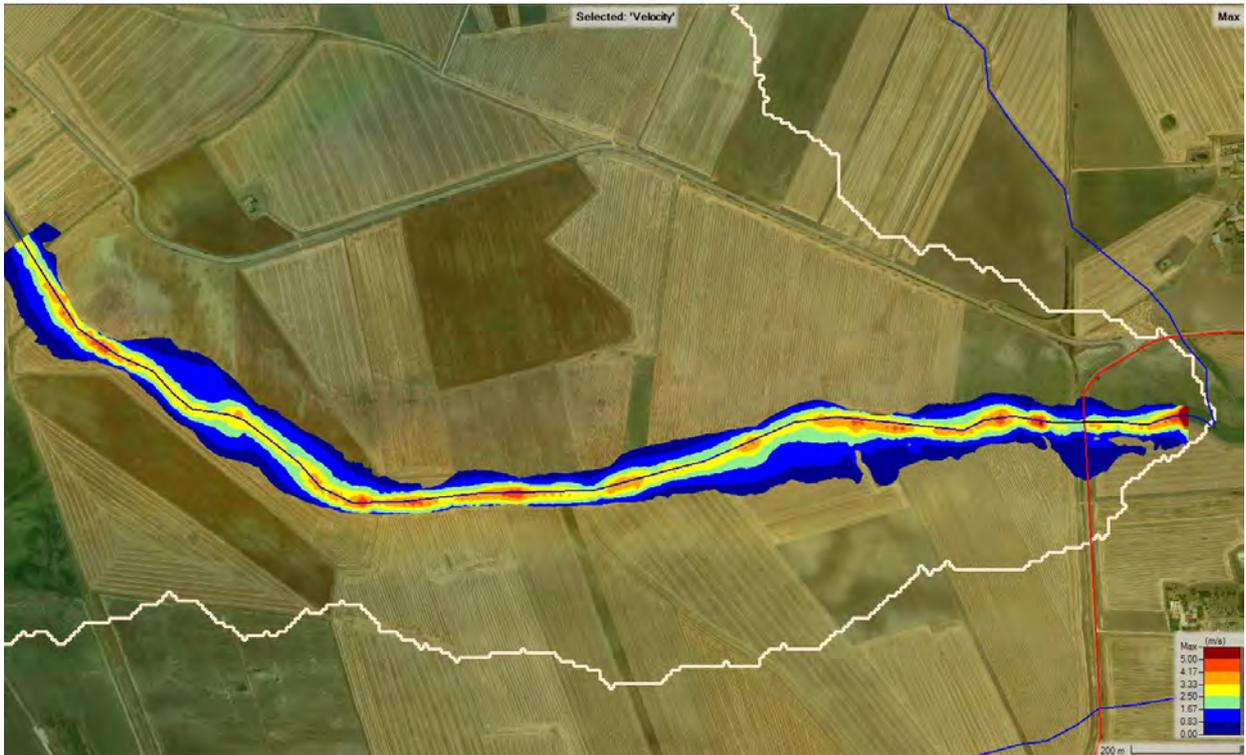


Figura 117. Mappa delle velocità massime. Sottobacino A17, TR=500 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.

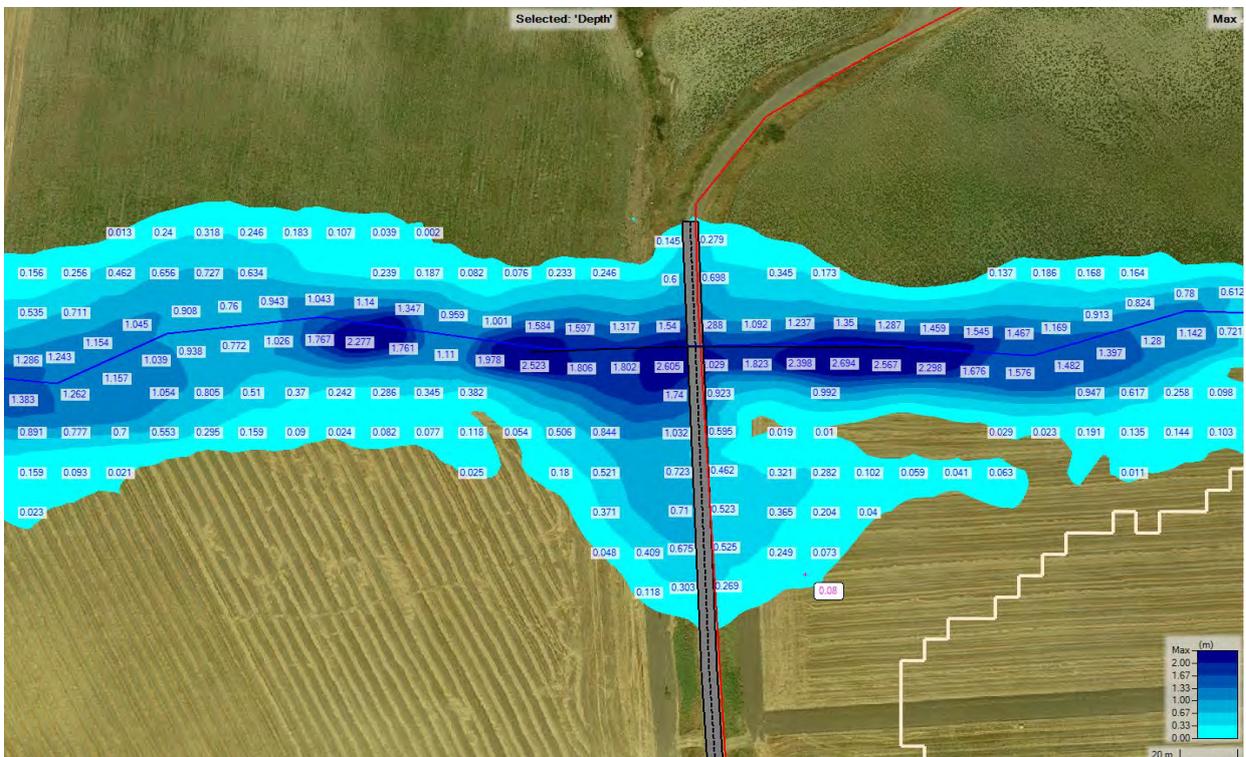


Figura 118. Impronta di allagamento in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A17. Tr=500 anni.

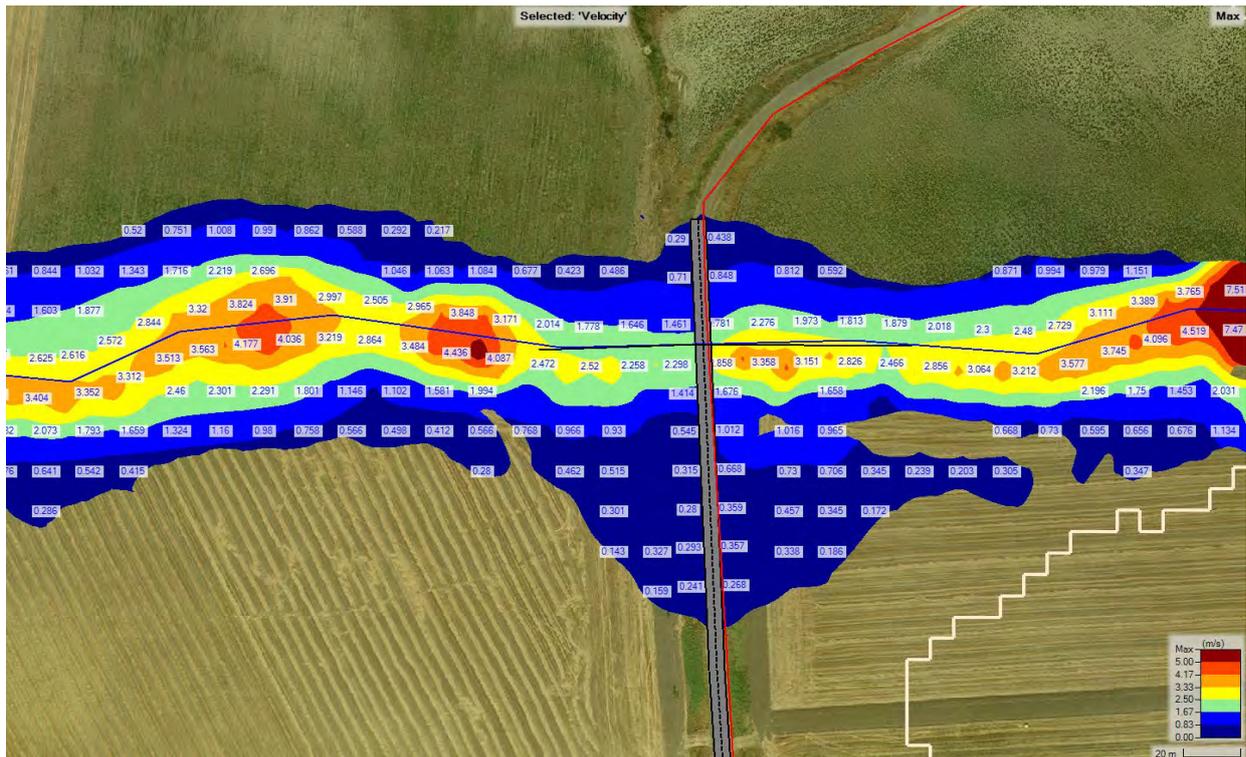


Figura 119. Velocità massime in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A16. Tr=500 anni.

### 6.2.12 Sottobacino A18

Il cavidotto attraversa il sottobacino A18, percorrendo una strada che incrocia il solco dell'asse dell'impiuvio della zona. Esso è interessato da una fascia di allagamento di circa 100 m di larghezza, un tirante massimo di circa 19 cm e una velocità massima di circa 1.5 m/s (Figura 122 e Figura 123).

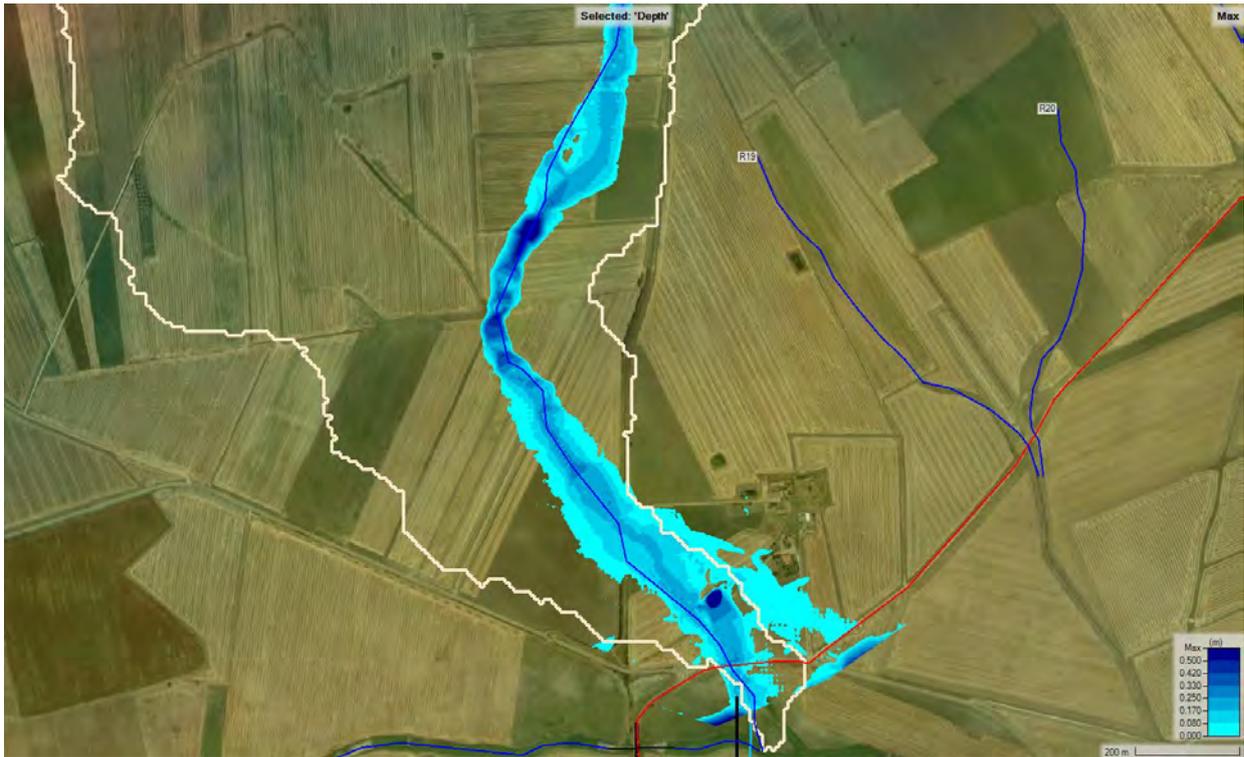


Figura 120. Mappa delle inondazioni. Sottobacino A18, TR=200 anni (tiranti espressi in metri). In bianco il perimetro del sottobacino.



Figura 121. Mappa delle velocità massime. Sottobacino A18, TR=200 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.

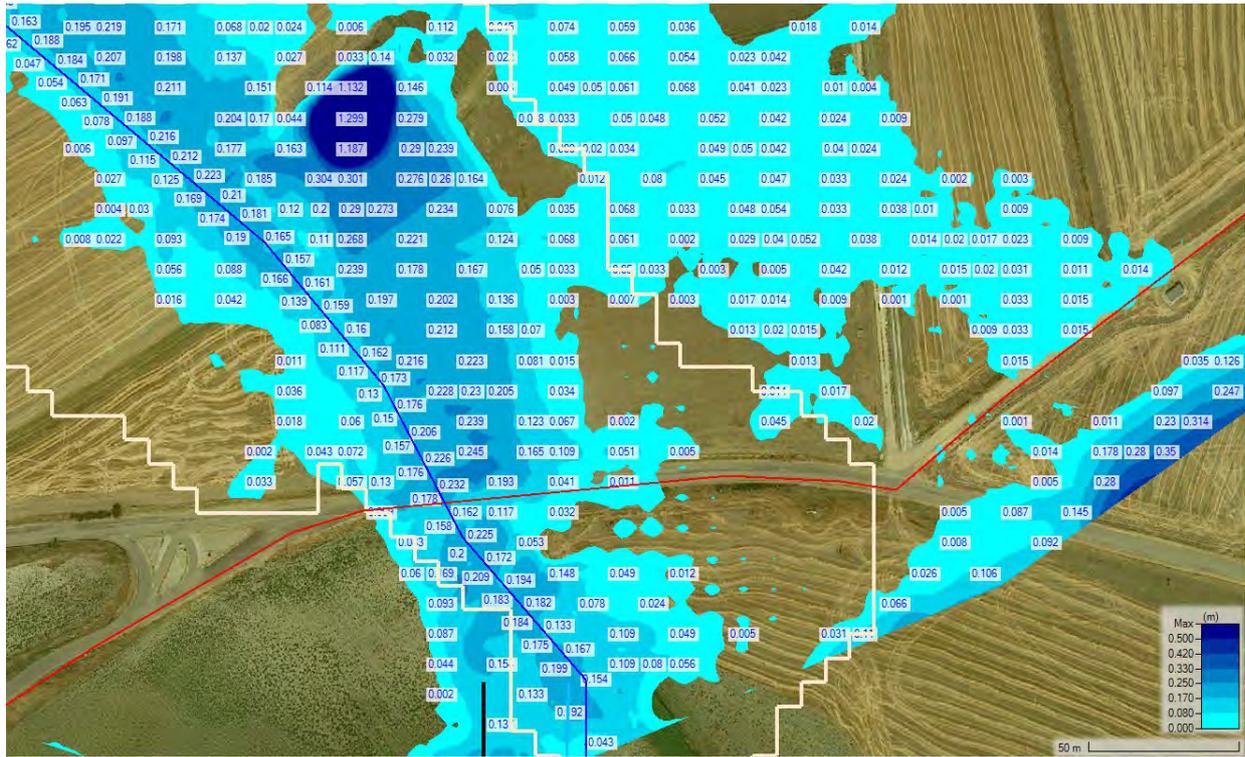


Figura 122. Impronta di allagamento in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A18.

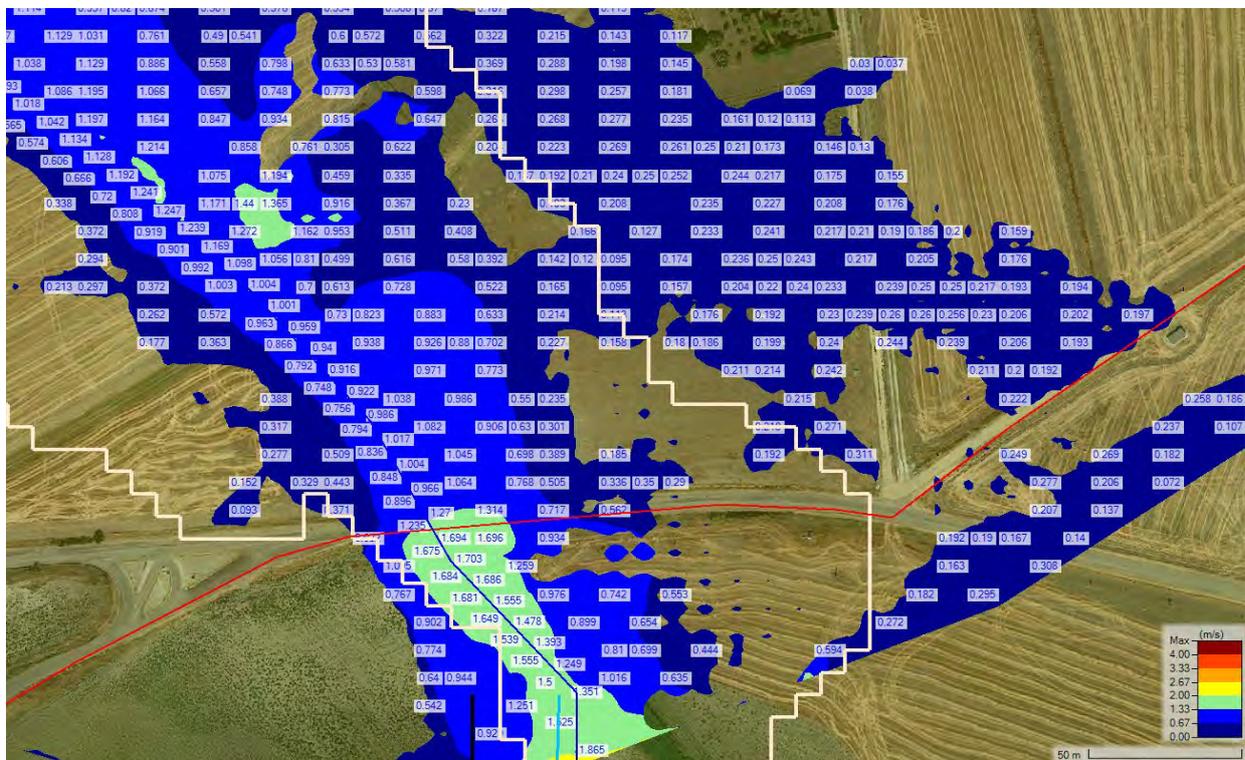


Figura 123. Velocità massime in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A18.

### 6.2.13 Sottobacini A19-A20

Il cavidotto attraversa i due sottobacini in corrispondenza della zona di unione delle due aste che li sottendono. Esso è interessato da una fascia di allagamento di circa 135 m di larghezza, un tirante massimo di circa 22 cm e una velocità massima di circa 0.8 m/s (Figura 126 e Figura 127).

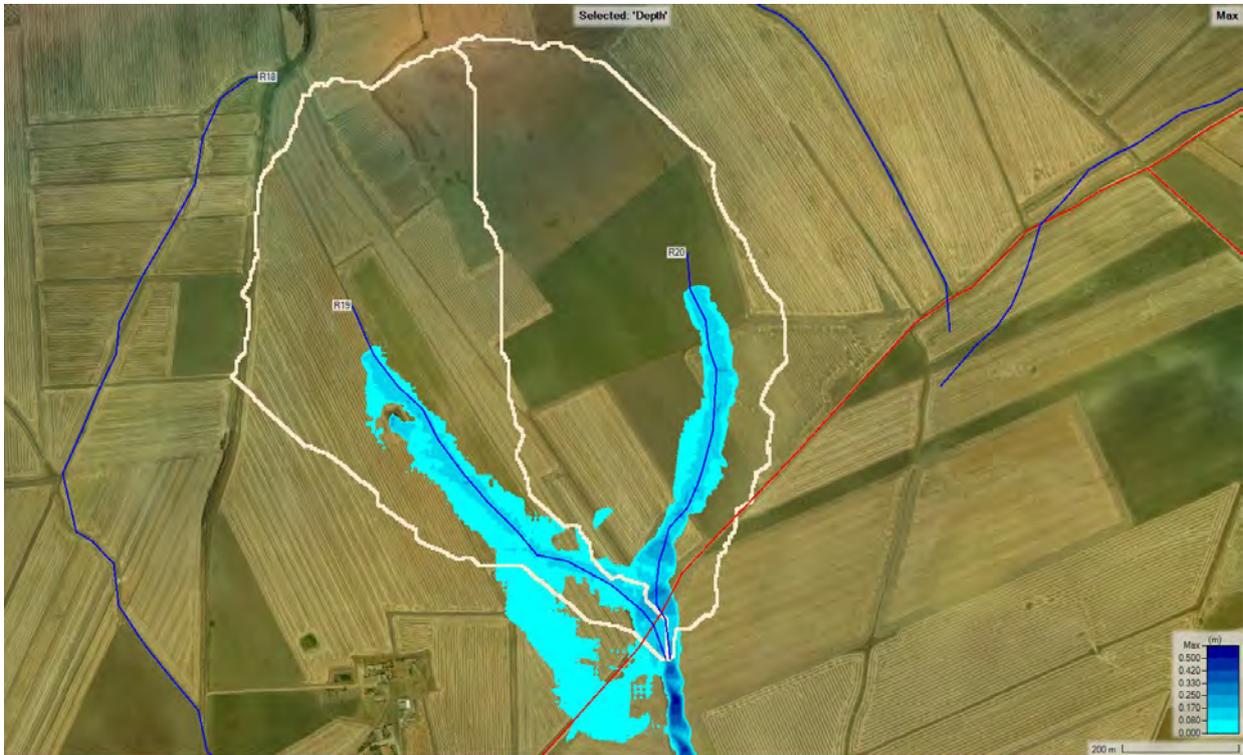


Figura 124. Mappa delle inondazioni. Sottobacini A19, A20, TR=200 anni (tiranti espressi in metri). In bianco i perimetri dei sottobacini.

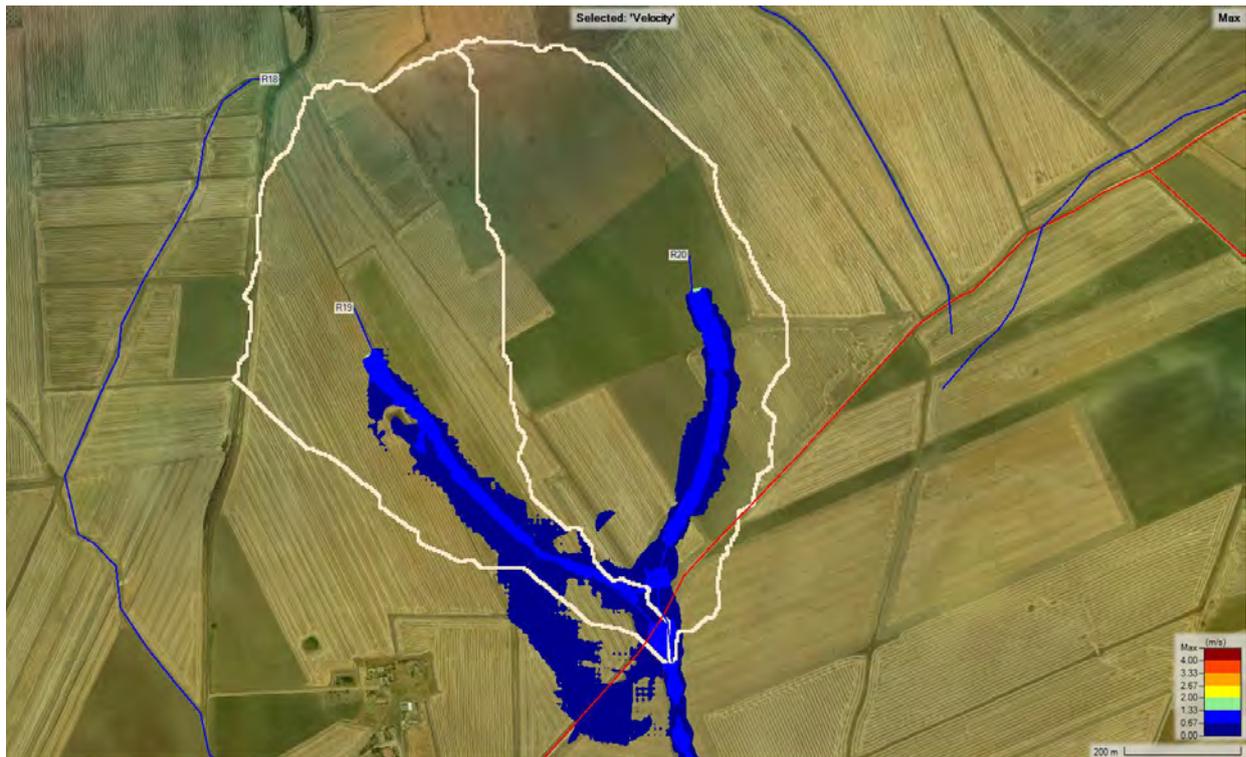


Figura 125. Mappa delle velocità massime. Sottobacini A19, A20, TR=200 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.

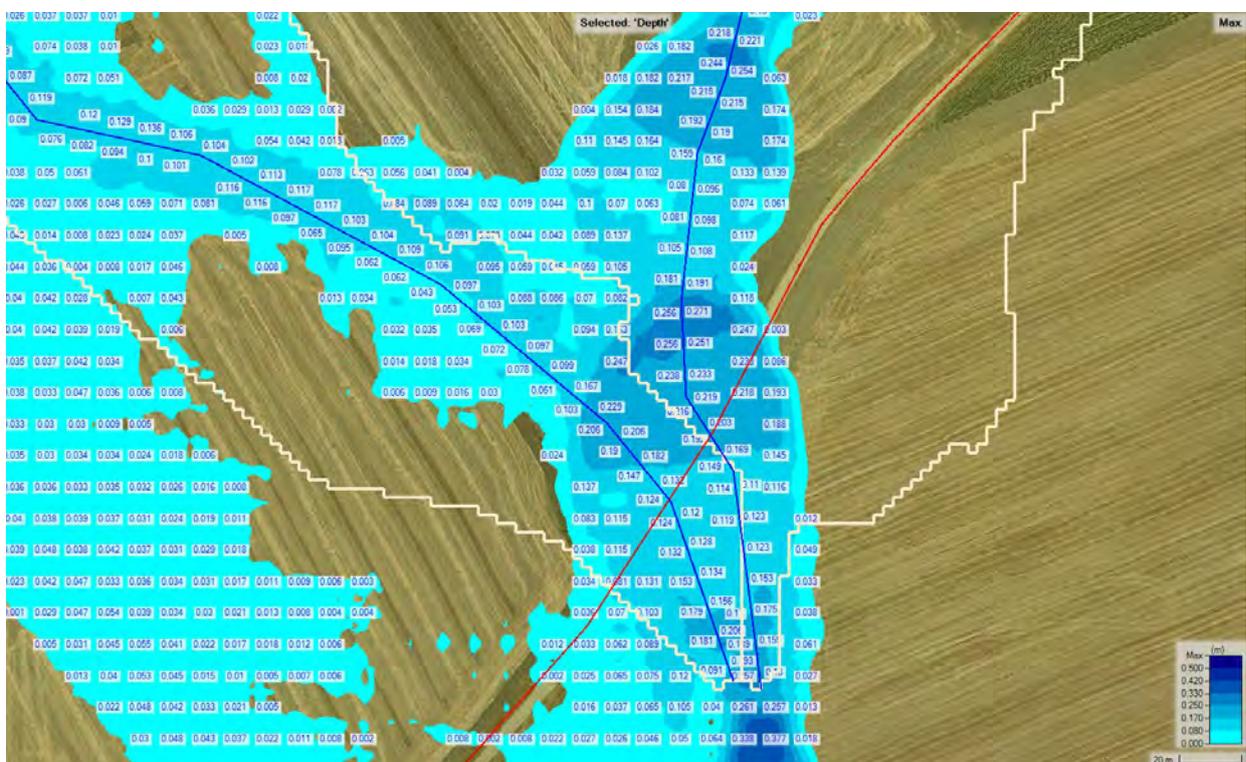


Figura 126. Impronta di allagamento in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A13.

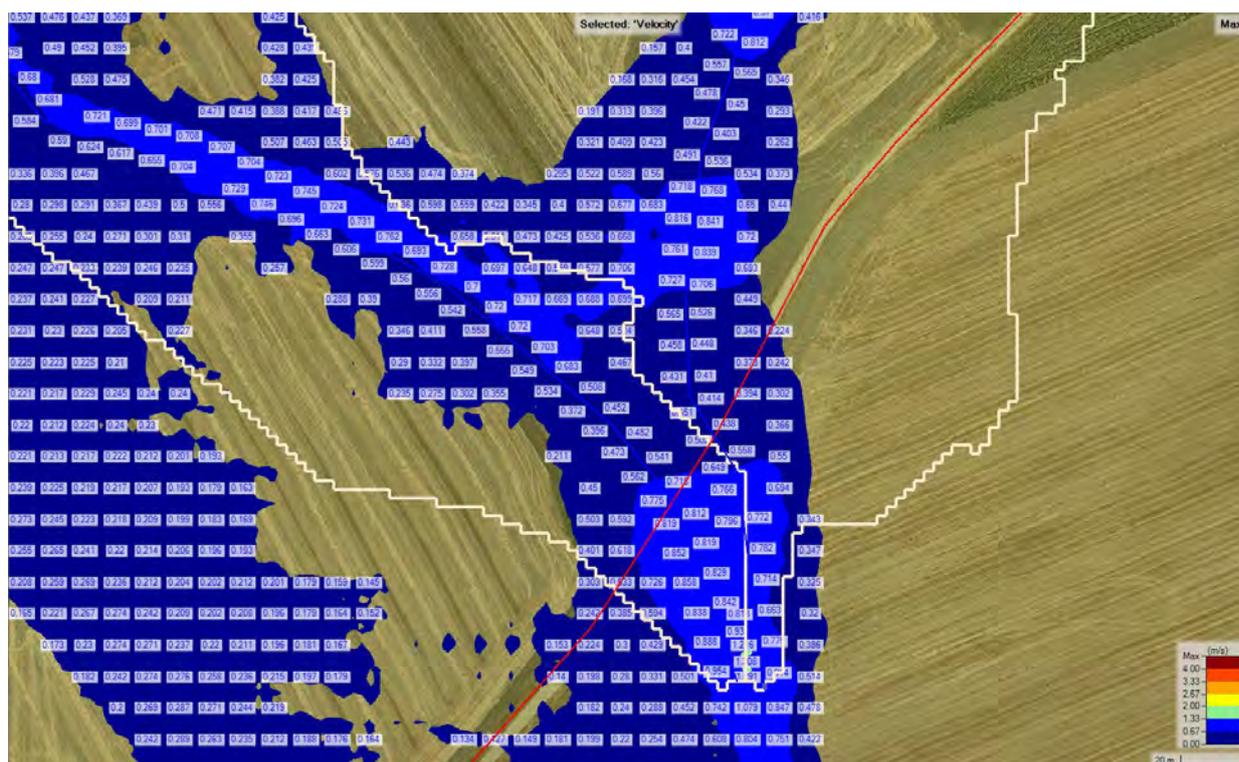


Figura 127. Velocità massime in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A13.

#### 6.2.14 Sottobacini A21-A22

Il cavidotto attraversa i due sottobacini in corrispondenza della zona di unione delle due aste che li sottendono. Esso è interessato da una fascia di allagamento di circa 420 m di larghezza, un tirante massimo di circa 22 cm e una velocità massima di circa 1.25 m/s (Figura 130 e Figura 131).



Figura 128. Mappa delle inondazioni. Sottobacini A21, A22, TR=200 anni (tiranti espressi in metri). In bianco i perimetri dei sottobacini.

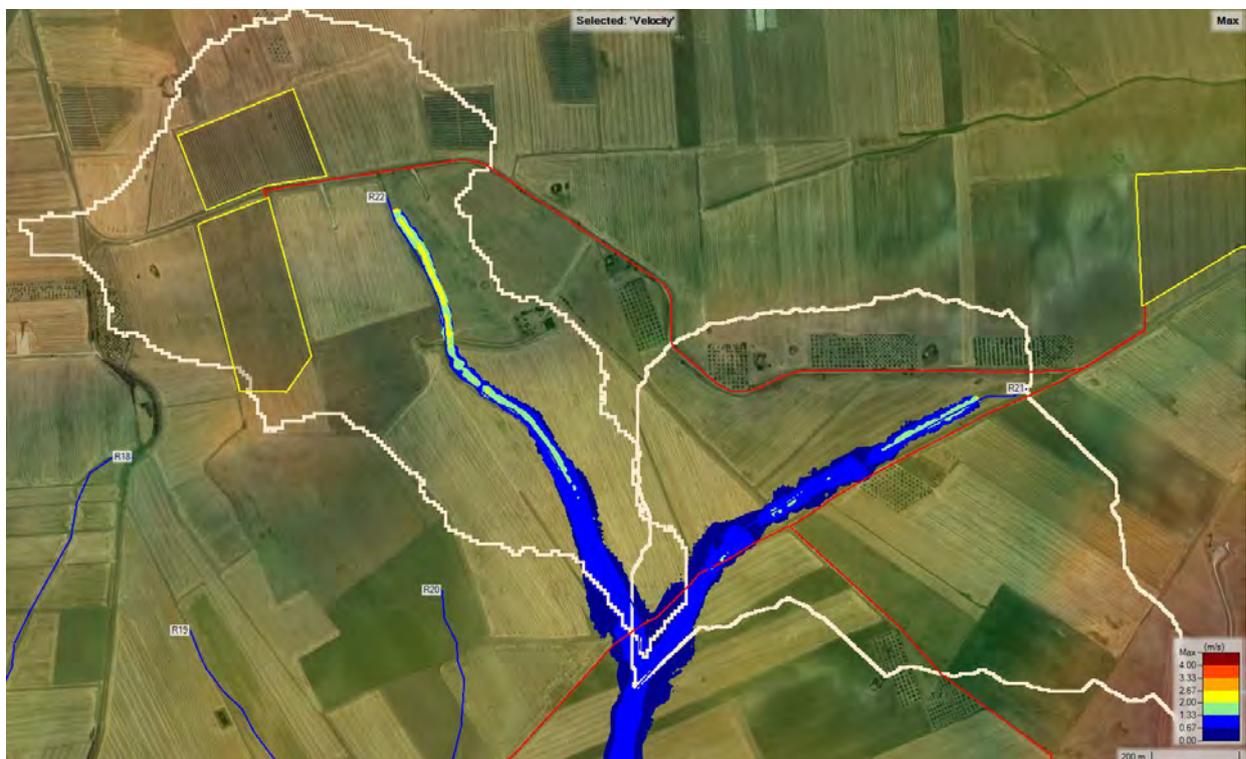


Figura 129. Mappa delle velocità massime. Sottobacini A21, A22, TR=200 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.



Figura 130. Impronta di allagamento in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A13.

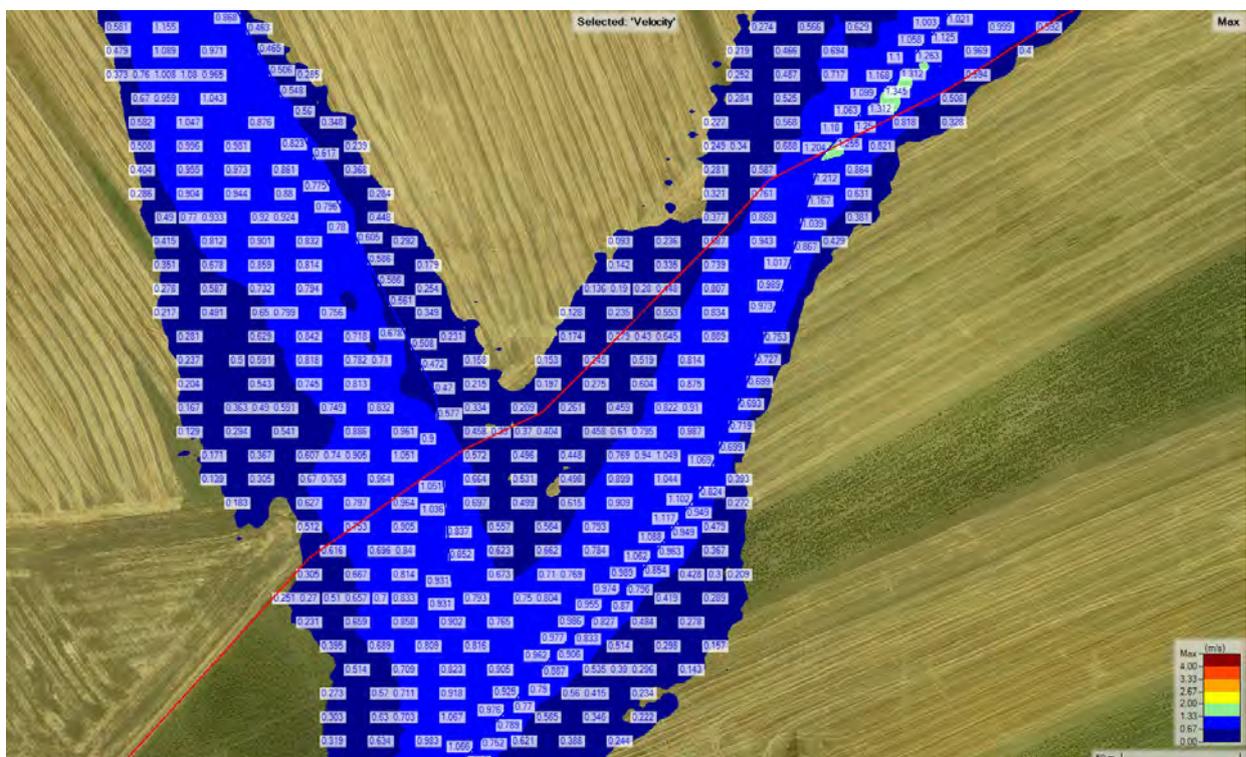


Figura 131. Velocità massime in corrispondenza del cavidotto (in rosso) all'interno del sottobacino A13.

### 6.2.15 Sottobacini A23-A24

L'area che ospiterà i pannelli fotovoltaici interessa i due bacini A23 e A24. Essa è sottoposta a una impronta di allagamento a nord-ovest all'interno del sottobacino A23, dove si realizza una larghezza massima di circa 30 m, un tirante di circa 18 cm e una velocità massima di circa 1.8 m/s (Figura 134 e Figura 135).

A est vi è la presenza di un'altra impronta di allagamento, interna al sottobacino A24: la larghezza massima è di circa 16 m, il tirante di circa 23 cm e la velocità massima di circa 2.40 m/s.

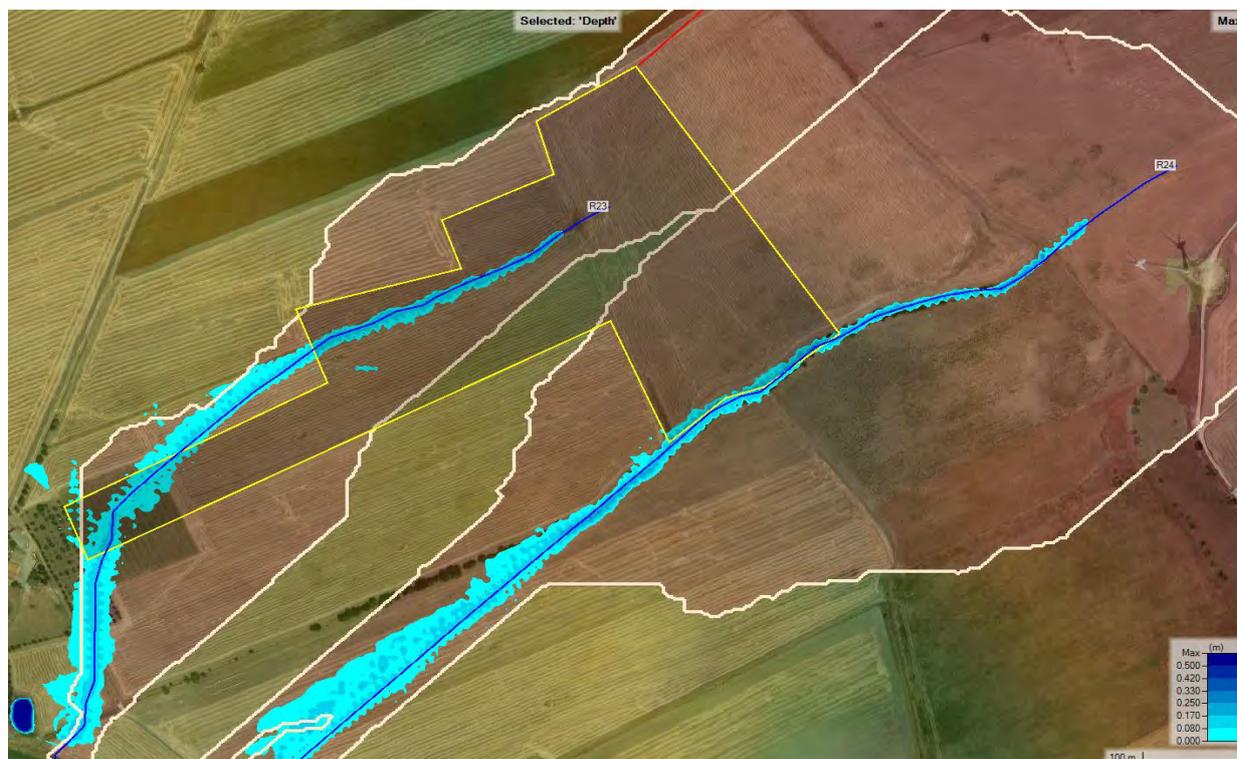


Figura 132. Mapa delle inondazioni. Sottobacini A23, A24, TR=200 anni (tiranti espressi in metri). In bianco i perimetri dei sottobacini.

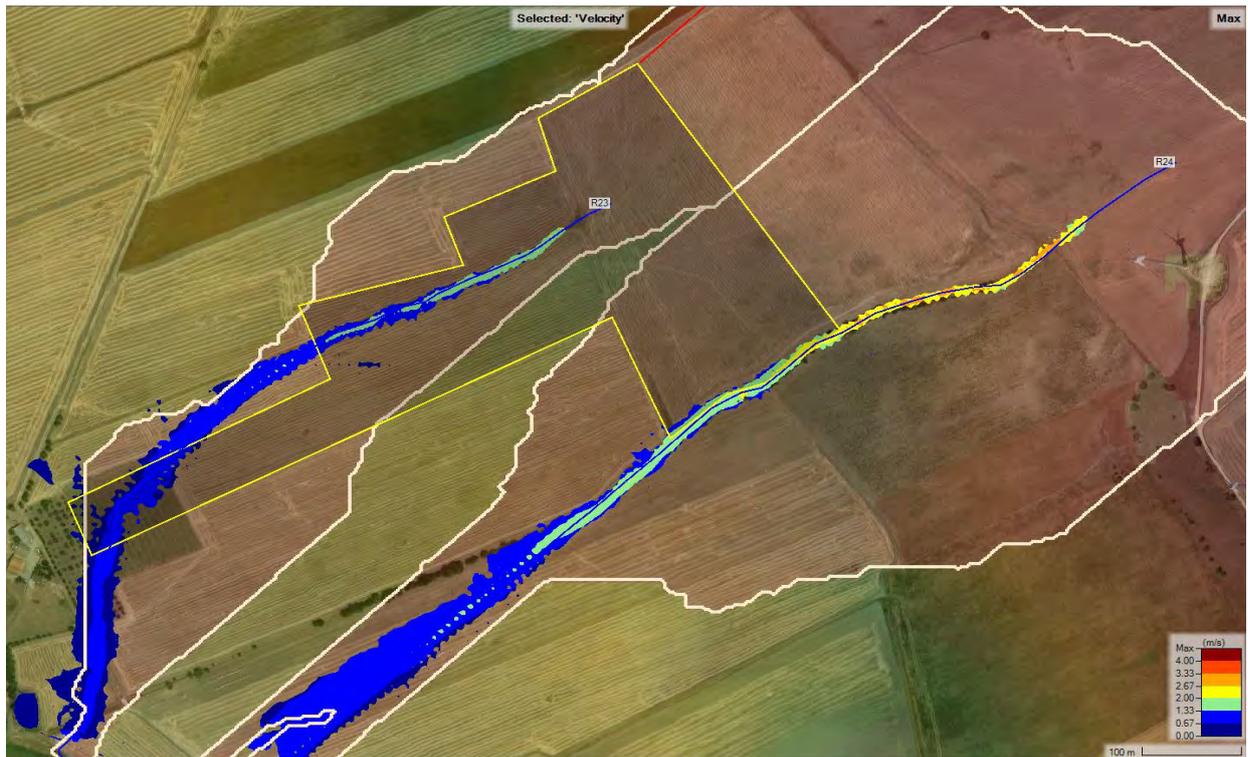


Figura 133. Mappa delle velocità massime. Sottobacini A23, A24, TR=200 anni (velocità espressa in metri al secondo). In bianco il perimetro del sottobacino.

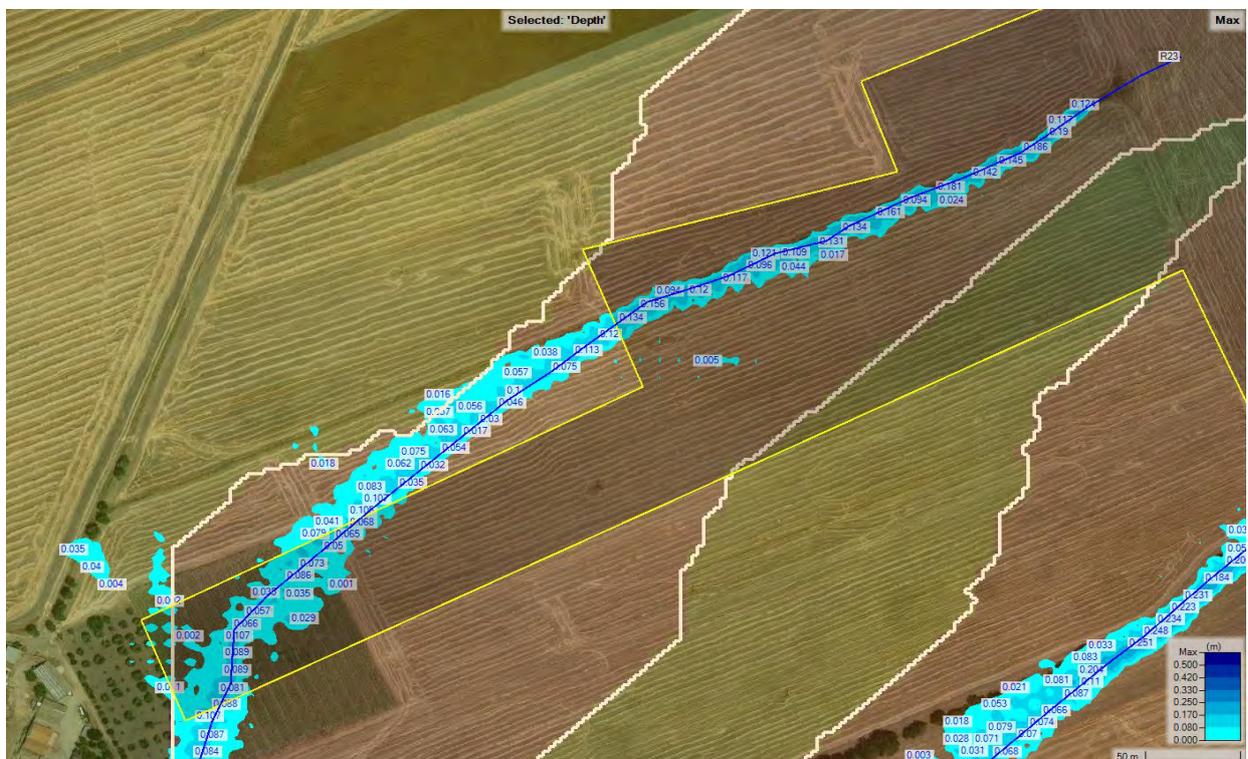


Figura 134. Impronta di allagamento dell'area del parco agrivoltaico all'interno del sottobacino A23.

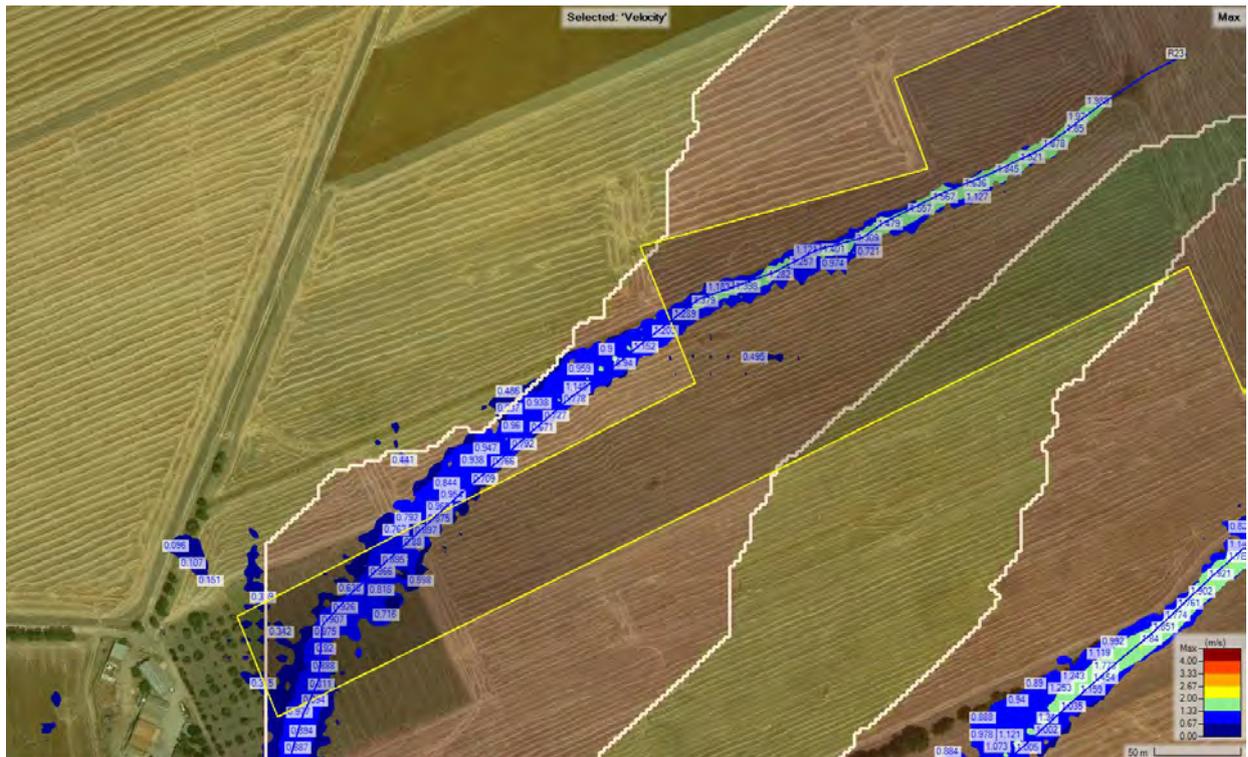


Figura 135. Velocità massime in corrispondenza dell'area del parco agrivoltaico all'interno del sottobacino A23.

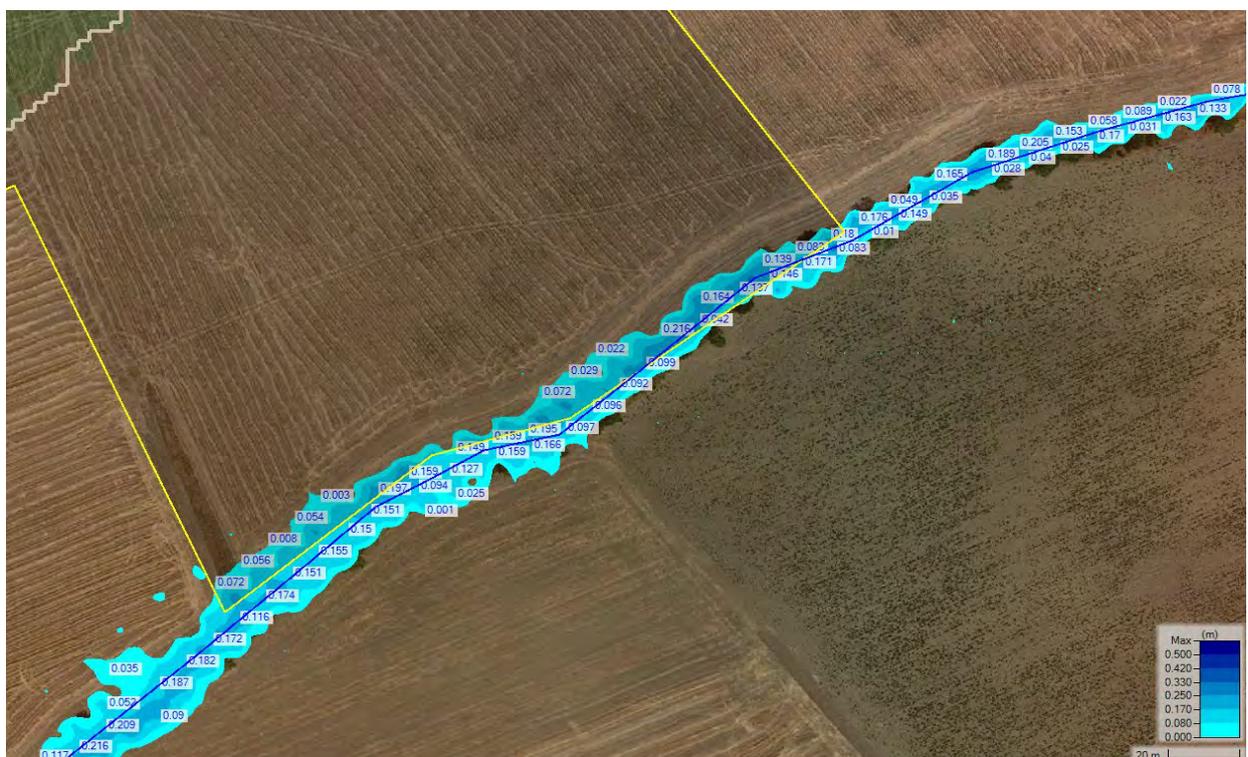


Figura 136. Impronta di allagamento dell'area del parco agrivoltaico all'interno del sottobacino A24.



Figura 137. Velocità massime in corrispondenza dell'area del parco agrivoltaico all'interno del sottobacino A24.

## 7 CONCLUSIONI

L'azienda committente Fluorite New Energy S.r.l., con sede legale in Piazza Cavour n.19, 00193 Roma (RM), intende realizzare un parco agrivoltaico e relative opere di connessione in alta e altissima tensione (AT e AAT), caratterizzato da una potenza massima nominale pari a 69.75 MWp, da ubicare su terreni agricoli (E1) in agro del Comune di Troia (FG) in località Piano di Napoli, I Bellini, San Pietro, Colazze, Pianerile, (FG)

L'impianto immetterà energia nella Rete Elettrica Nazionale attraverso una connessione interrata in alta tensione a 36 kV che collegherà lo stesso impianto di produzione alla futura Stazione Elettrica di Trasformazione AAT/AT 380/150/36 kV di ampliamento che si andrà a connettere sulla linea aerea AAT 380kV Troia-Foggia (FG).

I moduli fotovoltaici di tipo bifacciale, che costituiscono l'impianto di generazione, saranno montati su inseguitori monoassiali da 52, 78 e 104 moduli cadauno, che ottimizzeranno l'esposizione dei generatori solari permettendo di sfruttare al meglio la radiazione solare.

I moduli saranno montati a un'altezza da terra in modo da non compromettere la continuità delle attività agricole e pastorali, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione.

Potranno essere previsti anche sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.

Tra le file di inseguitori solari sarà prevista la coltivazione di ortaggi e verdure tipiche del posto, con rotazione nell'arco dell'anno in base alle migliori condizioni stagionali e di mercato. Lungo le aree perimetrali di impianto, invece, saranno posizionati alberi di ulivo tradizionali o da frutto tipici del paesaggio agrario, con fusto e chioma di medio-piccole dimensioni, tali da permettere sia la produzione agricola, che la mitigazione visiva dell'impianto stesso.

Gli interventi in oggetto **generalmente non ricadono in aree a pericolosità idraulica e rischio idraulico**, tranne che per un tratto di cavidotto interrato, il quale attraversa un'area **a bassa e media pericolosità idraulica**.

In aggiunta, si verifica che tutto il sistema costituito dalle aree ospitanti i pannelli fotovoltaici e i percorsi dei previsti elettrodotti si trova in gran parte all'interno dei buffer dei corsi d'acqua episodici di estensione 75/150 m.

**Per quanto appena evidenziato, in questo studio si è proceduto a effettuare simulazioni numeriche relative al flusso idrico superficiale interessante la zona degli interventi sulla base di eventi meteorici caratterizzati dai tempi di ritorno di 200 anni, ovvero relativi a situazioni di media pericolosità idraulica ed eventi caratterizzati da tempi di ritorno di 500 anni relativamente al corso d'acqua episodico attraversato dall'elettrodotto interrato.**

**In questo studio non si fa riferimento all'analisi idraulica relativa alla stazione di ampliamento SSE in quanto detta analisi è demandata a allo studio idraulico a cura della capofila incaricata dai diversi produttori per la progettazione delle opere di connessione Terna S.p.A.**

Sono state realizzate simulazioni in moto vario mediante il software HecRas 6.3.1 utilizzando come dati di portata di input gli idrogrammi di piena applicati ai singoli sottobacini descritti nel presente lavoro, relativi a tempi di ritorno di 200 anni per tutti i sottobacini e anche di 500 anni per il sottobacino A17, valutati mediante il metodo SCS. Il dominio di calcolo è stato sovrapposto alla cartografia DTM del terreno valutata come descritto nel capitolo "Descrizione dei bacini scolanti". I risultati delle simulazioni presenti in questo lavoro sono quelli ottenuti dopo convergenza dei risultati in condizioni di numero di Courant sempre molto sotto al valore di 5.

La mappa delle inondazioni mostra che l'impronta di allagamento interessa la zona nord delle particelle 25 e 26, in corrispondenza dell'area in cui sono previsti i moduli dell'impianto agrivoltaico.

**Qui si prevedono tiranti idrici che arrivano al massimo a circa 0.40 m con una impronta di allagamento sovrappoentesi all'area di interesse per circa 7200 m<sup>2</sup>.**

**I moduli fotovoltaici verranno installati su supporti che permettono di essere sollevati sul terreno di circa 1 m, valore ben al di sopra del tirante idrico atteso dalle simulazioni effettuate.**

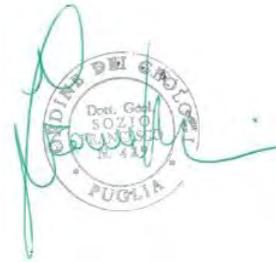
Si evincono, inoltre, velocità massima di 0.1 m/s in corrispondenza del perimetro nord dell'area e si rileva che nella zona di interesse l'indice di pericolosità è di tipo moderato avendo un valore massimo di 0.03 m<sup>2</sup>/s.

Per quanto concerne i **cavidotti di collegamento**, essi saranno realizzati interrati e lungo la già presente viabilità urbana, ove presente, e in tempi brevi con il ripristino dello stato dei luoghi in modo da riportare lo stato dei luoghi alla configurazione precedente ai lavori. **Nel complesso la realizzazione dell'opera non comporterà modifiche dello stato dei luoghi nello stato post operam rispetto allo stato ante operam.**

Si prescrive che, durante la fase di cantiere, dovrà essere assicurata la corretta regimazione delle acque superficiali, realizzando canalizzazioni e drenaggi necessari ad evitare fenomeni erosivi o di ristagno nell' area di scavo. Inoltre il materiale di risulta dello scavo dovrà essere allontanato dall'area, in modo da evitare che diventi un ostacolo a eventuali fenomeni di inondazione in caso di eventi meteorici.

Ginosa, Dicembre 2023

**Dott. Geol. Francesco SOZIO**



**Dott. Ing. Andrea POLLIO**

