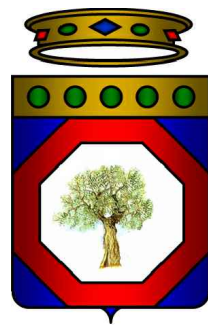


Comune di : SANT'AGATA di PUGLIA

Provincia di : FOGGIA

Regione : PUGLIA



PROPONENTE



S2SE TRE srl
Via di Selva Candida, 452 - 00166 ROMA (RM)

OPERA

PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 59.347,44 kWp CON SISTEMA DI ACCUMULO INTEGRATO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

"SOLARE SANT'AGATA DI PUGLIA - S2S"

OGGETTO

TITOLO ELABORATO :

RELAZIONE IDRAULICA

DATA : 27 novembre 2023

N°/CODICE ELABORATO :

SCALA : ---

Tipologia : REL (RELAZIONI)

REL 008

I TECNICI

PROGETTISTI:



S2S ENERGY s.r.l.
Via di Selva Candida, 452
00166 ROMA
Ing. Fernando Sonnino
Project Manager

TIMBRI E FIRME:



00	202202436	Emissione per Progetto Definitivo - Istanza di VIA e AU	S2SE TRE srl	Ing. Fernando Sonnino	Ing. Fernando Sonnino
N° REVISIONE	Cod. STMG	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

Proprietà e diritto del presente documento sono riservati - la riproduzione è vietata

Sommario

1	PREMESSA	2
2	LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO	4
2.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE	4
2.2	INTERVENTI DI PROGETTO	6
2.2.1	COMPONENTI PRINCIPALI.....	6
3	COMPATIBILITÀ CON LE NTA DEL PAI	8
4	ANALISI IDRAULICA	11
4.1	CODICE DI CALCOLO (FLO-2D)	11
4.2	USO DEL SUOLO - METODO DEL CURVE NUMBER	13
4.3	DEFINIZIONE DEL MODELLO IDRAULICO	16
4.3.1	MODELLO IDRAULICO A SCALA DI BACINO	16
4.3.2	MODELLO IDRAULICO A SCALA LOCALE.....	19
4.4	IPOTESI DI CALCOLO DEL MODELLO A SCALA LOCALE.....	22
4.5	DEFINIZIONE DELLE AREE A DIVERSA PERICOLOSITÀ	22
4.6	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	25
4.6.1	MODELLO IDRAULICO ANTE OPERAM	25
4.6.2	MODELLO IDRAULICO POST OPERAM	32
5	INTERSEZIONI OPERE DI PROGETTO CON I RETICOLI IDROGRAFICI	41
5.1	ATTRAVERSAMENTO DEL RETICOLO IDROGRAFICO CON LA TECNICA DELLA TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA (T.O.C.)	43
6	CONCLUSIONI	45

1 PREMESSA

La società S2SE TRE s.r.l., con sede in Via di Selva Candida n. 452 – 00166 Roma (RM), realizzare, su un'area agricola della estensione di 130,225 ettari ubicata in agro del Comune di SANT'AGATA DI PUGLIA (FG), un impianto agrivoltaico a terra denominato "SANT'AGATA DI PUGLIA-S2S". Il parco esprime una di potenza nominale in DC di **59,347 MWp**, a cui corrisponde una potenza massima in immissione in AC di **55,968 MW**, come da preventivo STMG di Terna codice pratica 202202436. L'insediamento è completato da un Sistema di Accumulo integrato da **17,1 MW** di potenza e **70 MWh** di capacità, ripartito in due lotti di terreno agricolo.

L'impianto in oggetto realizzato in area agricola può essere definito "agrivoltaico" in quanto si tratta di un impianto fotovoltaico che adotta soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione, e rispetta i requisiti minimi **A, B e D2** introdotti dalla Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici alla Parte II art. 2.2, 2.3 e 2.4, pubblicati dal MITE nel giugno 2022.

Nella presente relazione, a partire dalle risultanze dell'analisi idrologica effettuata sul sito di interesse (cfr. all. REL008 Relazione idrologica e idrogeologica), si fornisce una stima del valore delle portate di piena che, con assegnata probabilità di accadimento (sintetizzata nel parametro Tempo di Ritorno), possono essere convogliate dai reticoli idrografici che lambiscono l'impianto e la ricostruzione delle modalità di deflusso della piena duecentennale (tempo di ritorno di 200 anni).

Come illustrato nella figura che segue, l'area interessata dall'intervento è ubicata nella Regione Puglia e ricade nei limiti territoriali dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia.

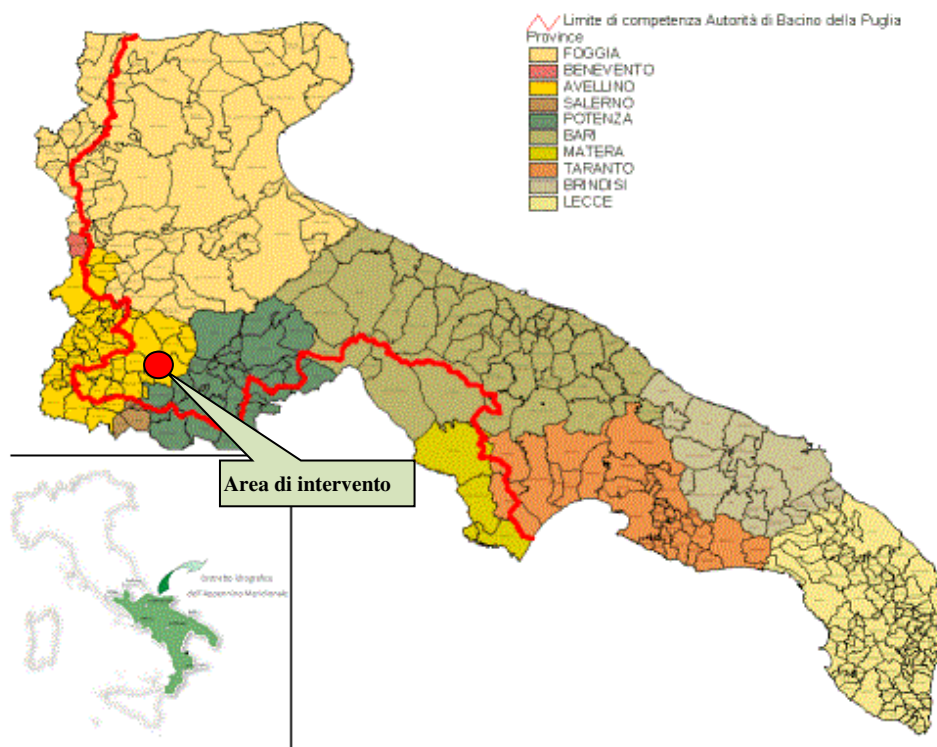


Figura 1 – Inquadramento dell'area di studio

L' area di intervento è interessata da alcune "linee azzurre" individuate sulla carta dei reticoli idrografici redatta dall' Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale - UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto (ex AdB interr. Puglia).

A seguito del completamento del "II° Ciclo" il reticolo idrografico individuato dal "Piano di Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.)" è da considerarsi connesso al PAI e quindi è da assoggettare a quanto previsto delle relative N.T.A..

Le N.T.A. del P.A.I. disciplinano gli interventi su aree poste a distanza inferiore di 150 m dai corsi d'acqua individuati sulla carta IGM 1:25.000. In base al combinato disposto dell'Art. 6 comma 8 e dell'Art. 10 comma 3, la realizzazione di questi interventi è subordinata alla verifica della loro compatibilità Idrologica ed Idraulica con le potenziali aree inondabili del corso d'acqua, con riferimento ad un Tempo di Ritorno di 200 anni,

La presente Relazione è finalizzata alla ricostruzione delle modalità di deflusso della piena duecentennale (tempo di ritorno di 200 anni) nelle linee azzurre di cui si è detto. Ad essa sono allegati i seguenti elaborati:

- Allegato 1 – Corografia dei bacini idrografici;
- Allegato 2 – Inquadramento dei bacini idrografici su Carta Tecnica Regionale;
- Allegato 3 – Planimetria delle aree a Media Pericolosità Idraulica (MP) nella condizione ante operam;
- Allegato 4 – Planimetria delle aree a Media Pericolosità Idraulica (MP) nella condizione post operam;

2 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

L'area interessata dall'intervento è ubicata nella parte Nord della Regione Puglia, in Provincia di Foggia, in agro del Comune di SANT'AGATA di PUGLIA, in località Monte Rotondo, ad una quota media sul livello del mare di 350 metri.



Figura 2 – Inquadramento Geografico

L'area di intervento è suddivisa in 2 lotti, che interessano una superficie totale di 130,225 ettari, tutti in agro del Comune di SANT'AGATA di Puglia (FG), circa 5,3 km a Nord Est del centro abitato e circa 7,3 km a Nord Ovest del comune di Candela.

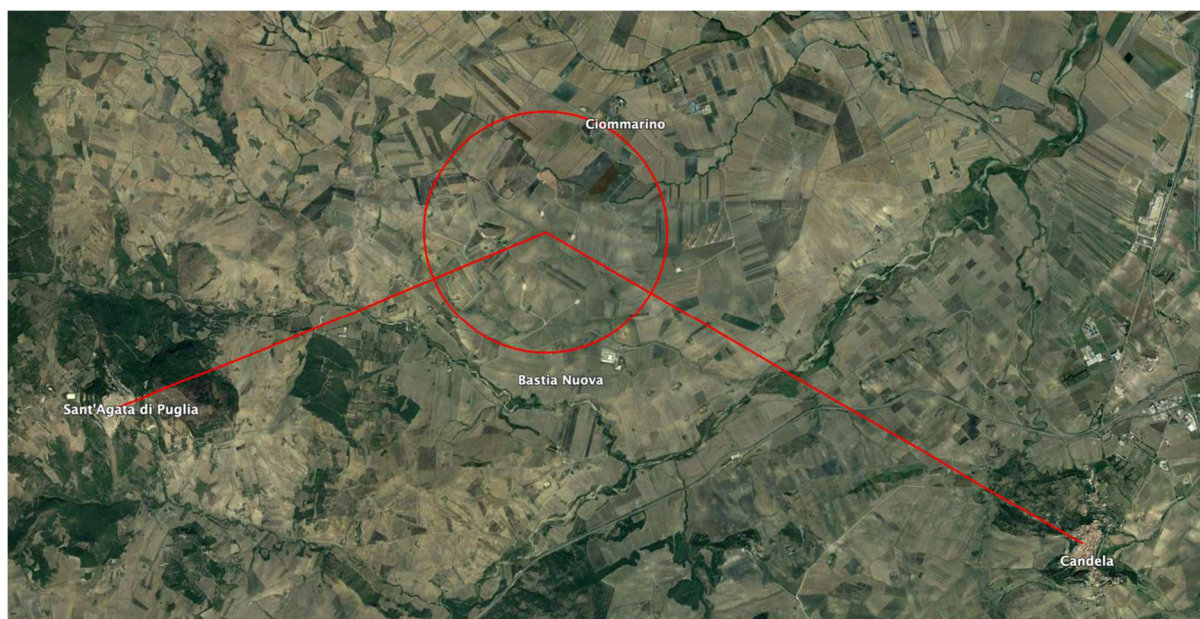


Figura 3 – Inquadramento su ortofoto

Il sito è raggiungibile dall'Autostrada dei due mari (A16) mediante una fitta rete di strade di vario ordine presenti in zona; tra queste si individuano le Strade Provinciali SP119 ed SP101.

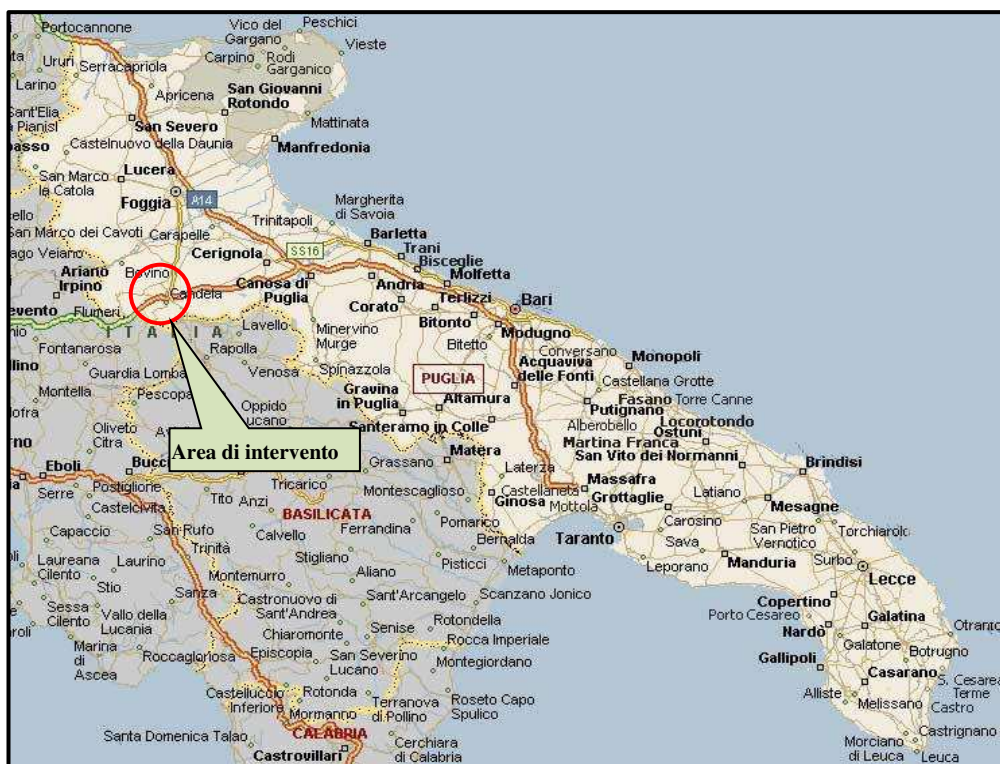


Figura 2: Inquadramento regionale

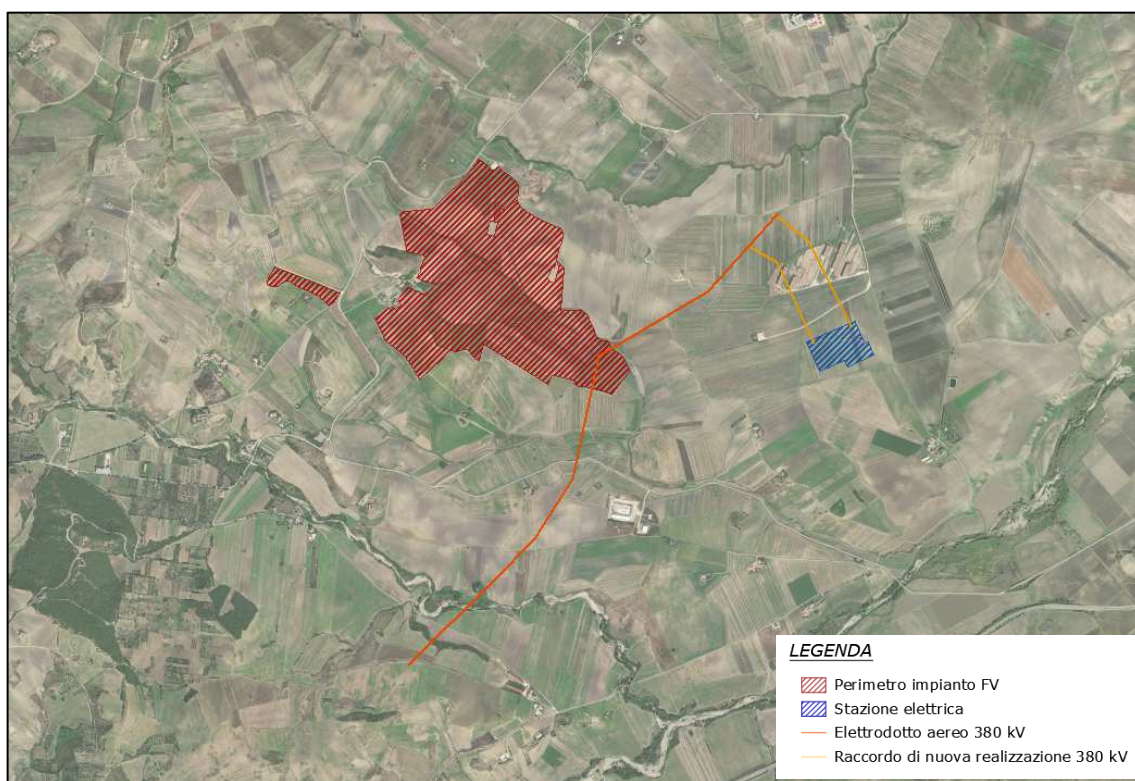


Figura 4 - Inquadramento delle aree di intervento su base ortofoto

2.2 INTERVENTI DI PROGETTO

L'impianto agrivoltaico a terra denominato "SANT'AGATA DI PUGLIA-S2S" interessa i suoli catastalmente individuati come segue :

Lotto	Comune	Località	Area (ha)	Potenza nominale (kWp)	Latitudine	Longitudine	Altitudine media (m)
1	Sant'Agata di Puglia (FG)	Monte Rotondo	126,5758	57.512,64	41,169444	15,437778	325
2	Sant'Agata di Puglia (FG)	Monte Rotondo	3,6492	1.834,80	41,168611	15,425	387
		TOTALE	130,225	59.347,44			

2.2.1 COMPONENTI PRINCIPALI

INSEGUITORI SOLARI:	1.891 Tracker Valmont Solar CONVERT-2P single axis solar tracker di cui 1.667 in configurazione 2P24 e 224 in configurazione 2P12
MODULI FOTOVOLTAICI:	85.392 moduli marca CANADIAN SOLAR modello CS7N-695TB-AG TOPBiHiKu7 con una potenza unitaria di 695 Wp , bifacciali in silicio monocristallino, montati in configurazione bifilare 2P24 e 2P12 con Pitch = 12,00 m su strutture ad inseguimento solare monoassiale, con stringa elettrica da 24 moduli.
INVERTER:	I 159 convertitori statici sono INVERTER distribuiti marca SUNGROW modello SG350HX con Potenza Max 352 kVA
CABINE DI CAMPO:	12 Cabine prefabbricate con 12 trasformatori BT/MT 30kV da 5.000 MVA– dimensioni 5,0x3,0x3,1 m
CABINE DI SMISTAMENTO:	3 Cabine prefabbricate– dimensioni 6,78x2,5x3,1 m
CONTROL ROOM:	2 Cabine prefabbricate– dimensioni 3,25x2,5x2,7 m
CABINA DI CONSEGNA:	1 Cabina prefabbricata – dimensioni 6,0x2,5x3,1 m
SISTEMA DI ACCUMULO:	3.600 mq recintati, 15 container della capacità di 5.184 kWh con 6 PC STATION con trasformatori da 3.150 kVA

L'impianto FV è esercito in MT a 30 kV tra le Cabine di Campo, di smistamento e di consegna, fino alla SSEE Utente 30/36 kV dove viene trasformata la tensione in AT per la connessione con la RTN nella Nuova SE Terna 36/150/380 kV Rocchetta Sant'Antonio.

La STMG emessa da TERNA prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36kV su una Nuova Stazione Elettrica (SE) 380/150/36 kV della RTN denominata "Rocchetta di Sant'Antonio", da inserire in entra-esce all'elettrodotto 380 kV "Bisaccia-Deliceto". La NUOVA SE è prevista nel comune di SANT'AGATA di PUGLIA (FG), al Foglio 12 Particella 318, 347, 319 in località

Masseria Palino ad un'altitudine media di circa 305 slm, Latitudine 41,164722° N - Longitudine 15,463333° E.

La connessione con la RTN sarà realizzata con un cavidotto interrato a 30kV della lunghezza di **1.780 m** tra la Cabina di Consegna e la SSEE Utente 30/36 kV, quindi da un cavidotto interrato di **110 m** a 36 kV dalla SSEE Utente 30/36 kV fino alla sezione a 36 kV della Nuova SE "Rocchetta di Sant'Antonio".

Il percorso del cavidotto di connessione si sviluppa interamente su aree agricole private: i primi **400 m** all'interno dell'area di progetto, poi per **1.490 m** nelle particelle 324, 224, 508, 299 e 318 del Foglio n. 12 del catasto di Sant'Agata di Puglia, ai cui proprietari sarà riconosciuta un'indennità di asservimento per una fascia di 5 m (Vedi REL023 Piano particellare descrittivo esproprio).

3 COMPATIBILITÀ CON LE NTA DEL PAI

Dall'analisi della cartografia riguardante l'assetto idraulico delle aree a pericolosità e rischio idraulico del Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico (PAI), redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia (AdB), si evince che **l'area di interesse non è soggetta né a vincolo per pericolosità idraulica, né a vincolo per pericolosità geomorfologica** (cfr. Figura 5).

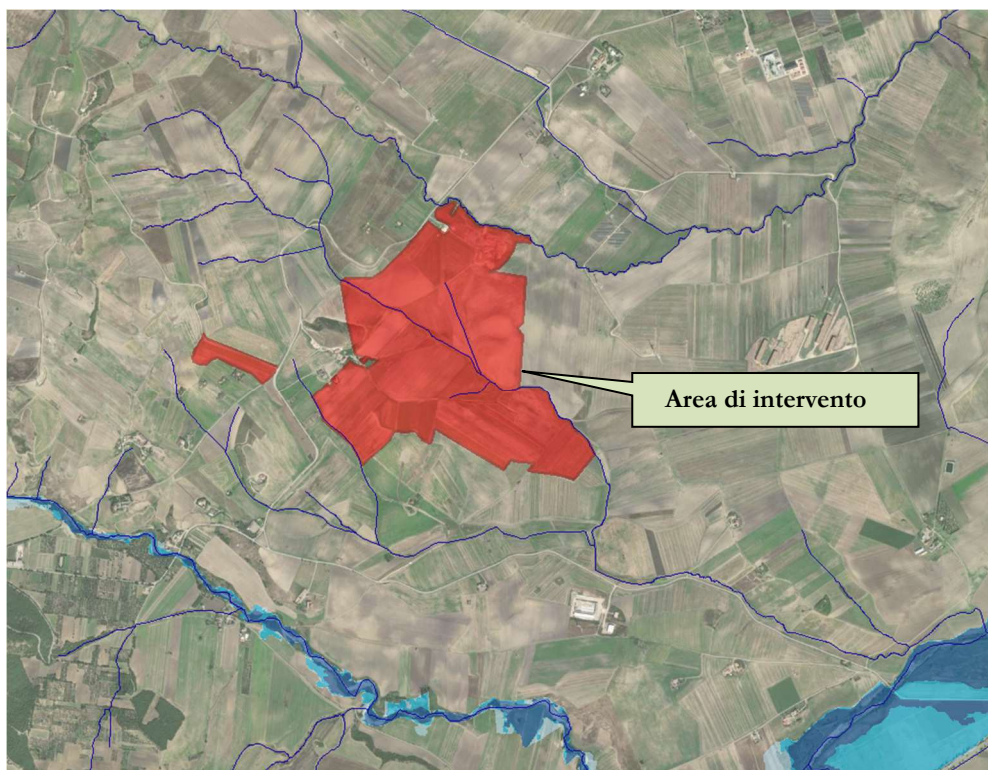


Figura 5 - Inquadramento dell'area di intervento su carta della pericolosità idraulica (fonte P.G.R.A.).

Tuttavia, come si è accennato, all'interno del perimetro di impianto sono presenti dei corsi d'acqua episodici (le c.d. "linee azzurre").

Il Piano di Assetto Idrogeologico individua i reticoli idrografici in tutto il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia, nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali.

Le aree golenali e quelle di pertinenza fluviale sono sottoposte a regime di tutela, e qualsiasi intervento effettuato al loro interno deve ottemperare a precise prescrizioni finalizzate alla loro salvaguardia.

Il regime vincolistico, in assenza di arginature, si estende fino ad una distanza di 150 m dalla linea azzurra che individua il corso d'acqua sulla carta Idrogeomorfologica predisposta dalla stessa AdB. Tale ampiezza della fascia di sicurezza risulta dal combinato disposto degli art.6 e 10 delle NTA del PAI così come di seguito riportati:

- *Art. 6 comma 8 quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono realmente individuate nella cartografia in allegato e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m.*

- *Art. 10 comma 3, quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermina all'area golenale, come individuata all'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.*

Il reticolo idrografico interferente con l'area è ben rappresentato nelle immagini che seguono. Si tratta di corsi d'acqua presenti sia sulla carta IGM 25.000 che sulla carta dei reticoli idrografici redatta dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale - UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto (ex AdB interr. Puglia).

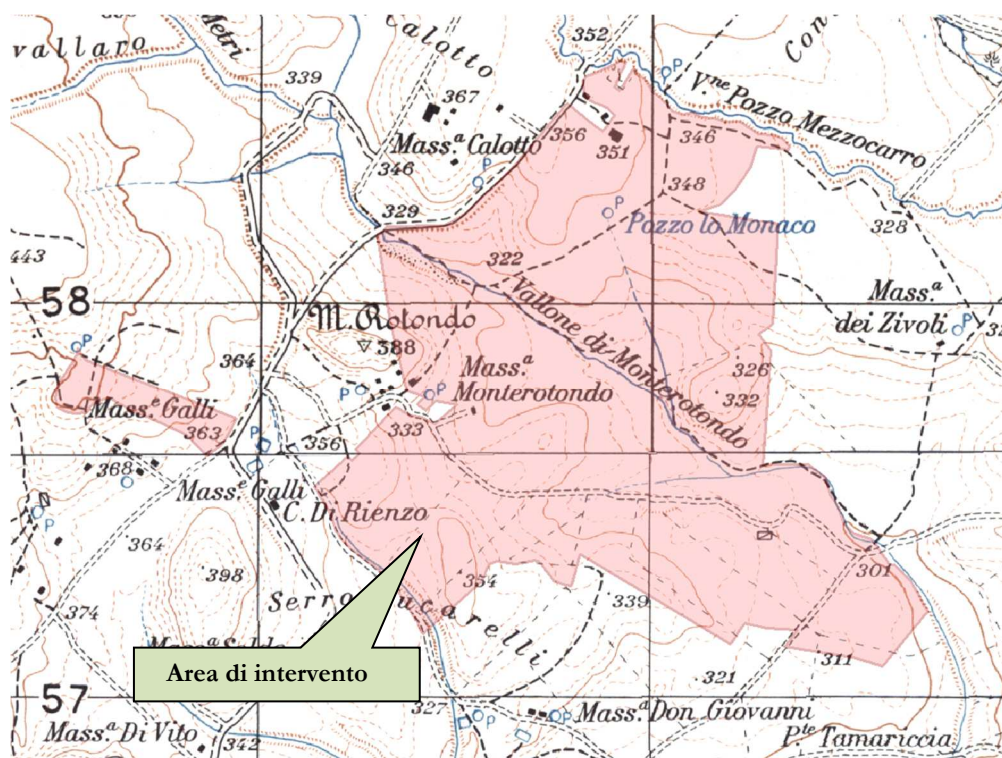


Figura 6 - Inquadramento dell'area di intervento su carta IGM 25.000.

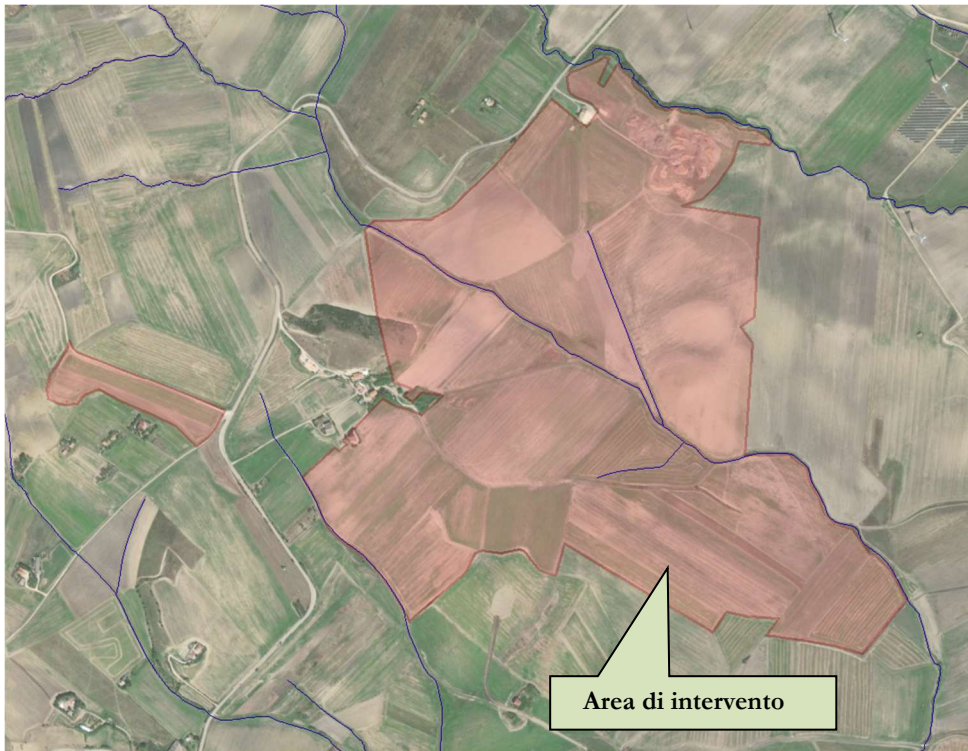


Figura 7 - Inquadramento dell'area di intervento su carta dei reticoli redatta dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale - UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto (ex AdB Puglia).

Riconosciuta la presenza del reticolo idrografico, è stata valutata la compatibilità dell'intervento conformemente a quanto dettato dagli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI, determinando le aree inondabili dell'alveo interferente.

L'analisi idraulica è stata condotta secondo le seguenti direttrici:

- A. stima delle portate di piena, per tempi di ritorno TR differenti, mediante i classici metodi dell'Idraulica Tecnica che consentono di legare i deflussi (portate) agli afflussi meteorici:
 - Il Metodo Razionale;
 - Il Metodo SCS-CN.
- B. studio idraulico delle aste fluviali di interesse e determinazione delle aree inondabili, per tempi di ritorno TR di 200 anni, mediante l'ausilio di un software bidimensionale che opera in moto vario (FLO-2D).
- C. verifica della compatibilità delle opere di progetto.

4 ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica è stata finalizzata alla definizione delle caratteristiche di deflusso, in termini di tiranti, velocità e profili idrici.

Le dinamiche di propagazione della piena del bacino idrografico sono state ricostruite utilizzando un modello di propagazione bidimensionale operante in moto vario.

In particolare, il modello idraulico è stato sviluppato a due scale:

- A. “*scala di bacino*”: considerando un dominio più vasto, in modo da determinare l'idrogramma del reticolo che lambisce le aree di intervento; quest'ultimo costituisce l'input idrologico al successivo modello idraulico a scala locale;
- B. “*scala locale*”: analisi più dettagliata dello stato dei luoghi al fine di valutare la compatibilità dell'intervento.

4.1 CODICE DI CALCOLO (FLO-2D)

Il tracciamento delle aree inondabili è stato condotto utilizzando il codice di calcolo FLO-2D versione 2007.06, sviluppato dalla FLO-2D Software, Inc.

Il FLO-2D è un software per la modellazione idraulica bidimensionale utilizzato per diversi tipi di verifiche idrauliche, come la propagazione delle piene, anche quando siano interessate le golene, deflussi in zone non confinate, deflussi in aree urbane, trasformazione afflussi-deflussi, deflusso delle piene in aree costiere e colate fangose e detritiche.

Esso permette di simulare un'inondazione su una topografia complessa e con una data scabrezza basando il suo funzionamento sulla conservazione del volume, caratteristica fondamentale per avere un'esatta distribuzione della piena.

Il modello usa l'equazione completa del moto di un'onda dinamica ed uno schema centrale alle differenze finite con otto potenziali direzioni di flusso per prevedere il deflusso dell'idrogramma di piena su una griglia di elementi quadrati.

L'inondazione che si sviluppa in due dimensioni è portata a termine tramite un'integrazione numerica delle equazioni del moto e della conservazione del volume fluido, sia per un'inondazione di acqua sia per un flusso di sedimento.

Quindi le equazioni costitutive su cui si basa il modello sono:

1. l'equazione di continuità:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h v_x}{\partial x} = i \quad (25)$$

2. l'equazione del moto (equazione del momento di un'onda dinamica):

$$S_{fx} = S_{ox} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{v_x}{g} \cdot \frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{v_x}{g} \cdot \frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial v_x}{\partial t} \quad (26)$$

dove h è la profondità di flusso, V_x è la componente della velocità mediata lungo la profondità, S_{fx} è la componente di attrito del pendio, basata sull'equazione di Manning, S_{ox} è la pendenza del letto, $\delta y/\delta x$ è il gradiente della pressione, $V\delta V/g\delta x$ è l'accelerazione convettiva e $\delta V/g\delta t$ è l'accelerazione locale.

L'equazione del moto è risolta calcolando la velocità di flusso media attraverso un elemento di griglia

di confine, considerando una direzione alla volta. Ci sono otto direzioni potenziali di flusso, le quattro perimetrali (nord, sud, est, ovest) e le quattro diagonali (nord-est, sud-est, nord-ovest, sud-ovest). Ogni calcolo di velocità è essenzialmente monodimensionale in natura ed è risolto indipendentemente delle altre sette direzioni.

La stabilità di questo schema numerico esplicito è basata su uno specifico criterio di controllo della misura della variabile computazionale “intervallo temporale”.

La grandezza delle componenti dell’accelerazione relative alla pendenza del fondo ed ai termini di pressione è importante.

Henderson nel 1966 calcolò i termini dell’equazione del moto per un canale alluvionale ripido ed un idrogramma crescente velocemente. I risultati di Henderson sono i seguenti:

	Bed Slope	Pressure Gradient	Convective Acceleration	Local Acceleration
Momentum Equation Term:	S_o	$\partial h / \partial x$	$V \partial V / g \partial x$	$\partial V / g \partial t$
Magnitude (ft/mi)	26	0.5	0.12 - 0.25	0.05

Figura 8 - Valori utilizzati dal software FLO-2D per le diverse grandezze.

Egli dimostrò su varie applicazioni per diverse pendenze, che l’applicazione dell’onda cinematica ($S_o=S_f$) è sufficiente per modellare la progressione dell’onda di piena e che il contributo del gradiente di pressione e delle accelerazioni può essere trascurato. L’aggiunta del gradiente di pressione migliorerà la simulazione del flusso su superfici caratterizzate da una complessa topografia.

L’equazione di onda diffusiva con il gradiente di pressione è necessaria se il sistema di griglie presenta depressioni topografiche. I termini dell’accelerazione locale e convettiva sono importanti soprattutto per la soluzione di canali con pendenze nulle (secche) o con pendenze molto elevate o con condizioni di flusso instabile.

Quindi è sempre usata l’equazione completa del moto, senza apportare nessuna delle semplificazioni suddette, enunciate soltanto per chiarire meglio il modello teorico che è alla base del FLO-2D.

4.2 USO DEL SUOLO - METODO DEL CURVE NUMBER

Per la corretta modellazione del deflusso di piena è necessario fornire al software informazioni in merito alla tipologia di suolo, attraverso l'attribuzione, in ogni cella del corretto valore del Curve Number.

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Il Soil Conservation Service (SCS), sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- **GRUPPO A:** Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso; capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
- **GRUPPO B:** Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso; elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
- **GRUPPO C:** Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta; scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
- **GRUPPO D:** Potenzialità di deflusso molto elevata; scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione.

Di seguito, per ciascun gruppo, si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo.

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Culture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Culture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Culture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Culture temporanee associate a colture permanente	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Tabella 1 - Valori del CN in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale.

Classe AMC	Precipitazioni nei dieci giorni precedenti (mm)
I (Terreno secco)	0 < P < 50
II (Umidità media)	50 < P < 110
III (Terreno da mediamente umido a saturo)	P > 110

Tabella 2 - Definizione delle condizioni di umidità antecedenti l'evento (AMC).

Secondo il corrente approccio, la superficie del bacino deve essere classificata in base al suo grado di umidità pregresso rispetto al verificarsi dell'evento meteorico che dà luogo alla piena.

In particolare, sono state individuate tre possibili classi ad umidità pregressa crescente (cfr. Tabella 2).

I valori del CN riportati nella Tabella 1 si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico di tipo standard, precisamente quella intermedia indicata come AMC II (Antecedent Moisture Condition II).

Per condizioni iniziali differenti vengono utilizzate delle relazioni di trasformazione del valore CN_{II} in CN_I e CN_{III} .

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{0,43 + 0,0057 \times CN_{II}} \quad (18)$$

$$CN_{III} = \frac{23 \times CN_{II}}{10 + 0,13 \times CN_{II}} \quad (19)$$

Nella fattispecie, nonostante la modesta entità ed importanza degli interventi, **si è preferito, a vantaggio di sicurezza, adottare un valore di Curve Number pari al CN_{III}** , che, essendo a parità di copertura maggiore del CN_{II} , risulta più cautelativo, in quanto dà luogo a deflussi maggiori.

La definizione dei valori di CN_{II} di partenza è stata effettuata sovrapponendo i bacini idrografici alla cartografia tematica pertinente e, segnatamente, alla carta di uso del suolo e a quella geologica. In tal modo, sono state ricavate le superfici omogenee in base alla qualità culturale ed alla tipologia di suolo.

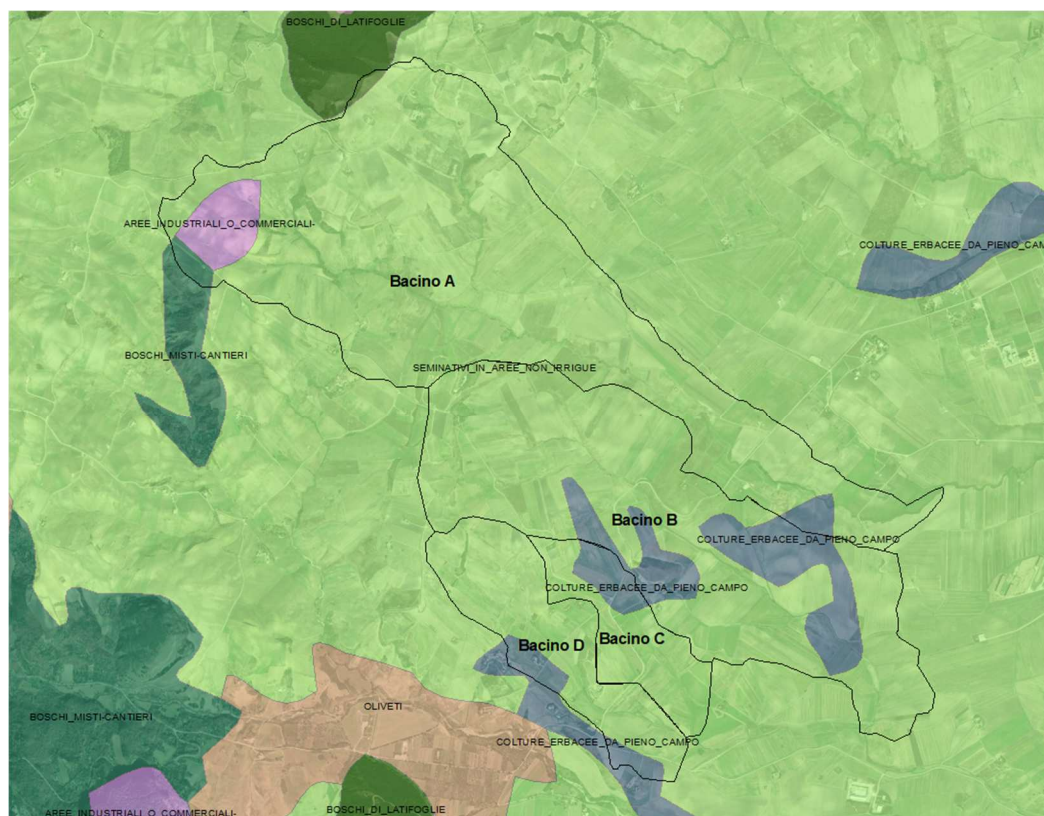


Figura 9 - Individuazione dell'uso del suolo del bacino idrografico di interesse.

Per i bacini idrografici in esame è stato infine ricavato un valore medio del CN effettuando una media pesata dei valori corrispondenti alle differenti sub-aree isoparametriche, utilizzando come peso la superficie della singola area rapportata a quella complessiva del bacino considerato.

Di seguito si riportano i valori del **CN_{II}** e **CN_{III}** per il bacino in oggetto:

Bacino idrografico	CN _{II}	CN _{III}
A	78.70	89.57
B	79.81	90.19
C	79.96	90.27
D	79.22	89.87

Tabella 3 - Valori del CN del bacino idrografico di interesse.

4.3 DEFINIZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

Il software è una combinazione tra modello idrologico e modello idraulico per cui richiede, per ogni simulazione delle piene, due tipi di informazioni: una associata alle quote altimetriche del terreno (modello digitale del terreno, DTM) e una associata alla distribuzione pluviometrica.

La topografia della superficie di flusso potenziale è rappresentata da un sistema di maglie quadrate. Un'applicazione del FLO-2D, denominata GDS (Grid Developer System), genera il sistema a griglia ed assegna ad ognuna di essa le quote altimetriche. Il GDS sovrappone le celle sui punti del DTM ed interpolando per mezzo di particolari punti, detti filtri, determina le quote di ogni elemento del sistema a griglia.

Esso genera automaticamente il “piano di piena” (che rappresenterà schematicamente la superficie di inondazione, detto anche dominio computazionale) e gli altri dati per cominciare una simulazione di inondazione.

Come detto precedentemente, **il modello idraulico è stato sviluppato a due livelli:**

- “a scala di bacino”;
- “a scala locale”.

4.3.1 MODELLO IDRAULICO A SCALA DI BACINO

Il modello idraulico a scala di bacino è stato implementato su una estensione più vasta di quella dei bacini idrografici, in modo da determinare l'idrogramma dei reticoli che lambiscono le aree di intervento; quest'ultimi costituiscono l'input idrologico per il successivo modello idraulico a scala locale.

La ricostruzione dell'orografia dell'area di intervento è stata effettuata elaborando i files vettoriali disponibili (D.T.M. della Regione Puglia con risoluzione a terra di 8 m).

Il DEM ricavato è stato processato attraverso il Preprocessing Grid Developer System (GDS). Il GDS consente di elaborare il DEM inserendo tutti gli elementi necessari per la costruzione della geometria di calcolo. Il GDS opera su un grid di dimensione di cella predefinita, ovviamente le dimensioni della cella sono correlate alla stabilità del sistema in funzione del time-step di calcolo, delle condizioni al contorno, ecc.

Nel caso in esame è stata utilizzata una griglia di calcolo la cui dimensione di cella è stata prefissata pari a 10 metri, dimensione che, secondo l'esperienza dello scrivente, per domini di questa estensione, consente di ottimizzare tempi di calcolo ed accuratezza della rappresentazione.



Figura 10 - Dominio computazionale (FLO-2D).

Grid Element Ground Surface Elevation

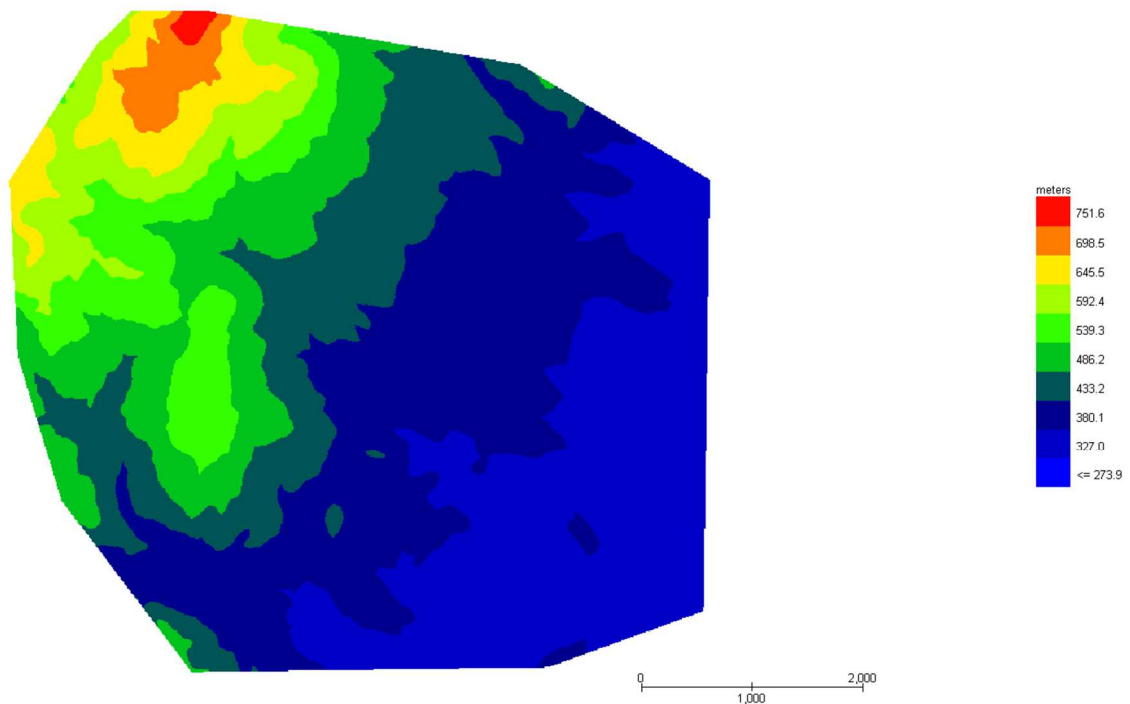
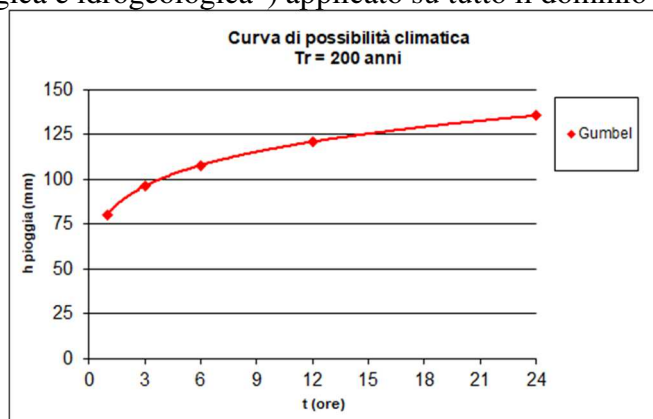


Figura 11 – Modello digitale del terreno (FLO-2D).

La simulazione è stata condotta utilizzando i seguenti parametri:

- le condizioni a contorno di monte hanno riguardato un ietogramma di pioggia con distribuzione centrale, avente tempo di ritorno pari a 200 anni (cfr. elaborato “REL009 - Relazione idrologica e idrogeologica”) applicato su tutto il dominio di calcolo;



- coefficiente di scabrezza “n” secondo Manning pari a 0.04. Il valore adottato è quello consigliato dal manuale Cremonese per alvei con presenza di vegetazione, ed è cautelativo ai fini delle determinazioni idrauliche conseguenti.
- infiltrazione del suolo calcolata utilizzando il metodo del Curve Number inserendo per ogni cella il valore corrispondente al CN_{III} pari a quanto riportato nella Tabella 3;
- le condizioni al contorno di valle, inserite nelle estremità del modello, sono state imposte come “celle di outflow” con libera uscita dal dominio in moto uniforme;
- è stata poi inserita una condizione di controllo mediante la creazione di una sezione nella quale è possibile monitorare le grandezze idrodinamiche.

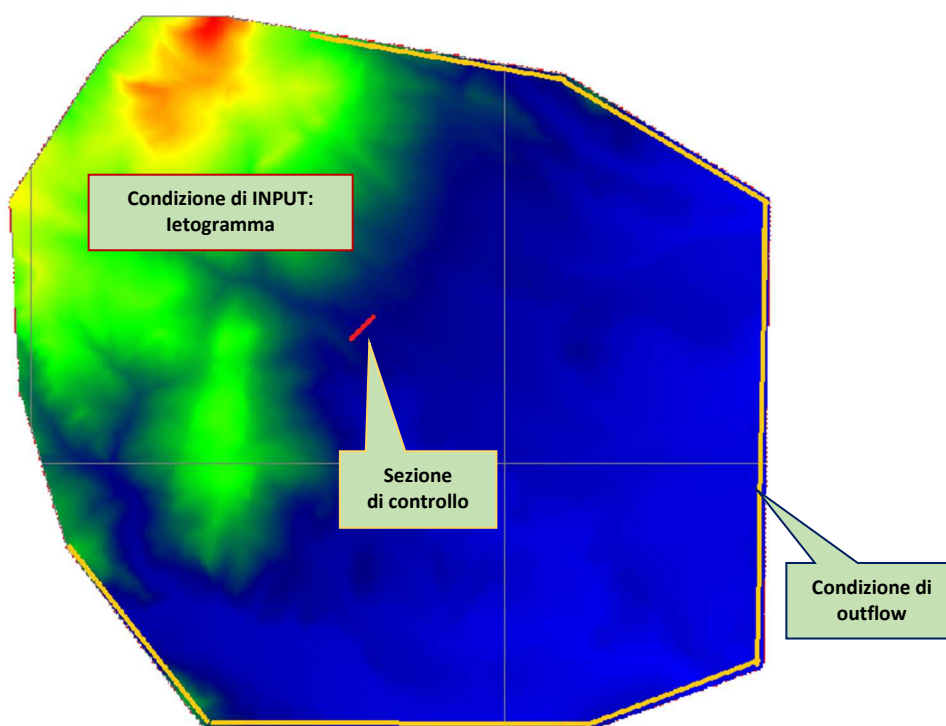


Figura 12 – – Dominio computazionale nel software FLO-2D.

L'idrogramma di piena che si genera in questa sezione, costituirà l'input per il modello a scala di dettaglio.

In sostanza l'azione del bacino idrografico di monte viene riassunta nell'idrogramma, mentre lo ietogramma con $T_r=200$ anni, testimonierà gli apporti locali a valle.

4.3.2 MODELLO IDRAULICO A SCALA LOCALE

Il modello idraulico di dettaglio è stato implementato al fine di rappresentare una analisi più dettagliata dello stato dei luoghi e, conseguentemente, valutare la compatibilità dell'intervento.

Nel caso specifico è stata creata un'area bidimensionale che circonda tutto il territorio contermini al sito in oggetto. **La discretizzazione del dominio è stata effettuata utilizzando celle quadrate di lato 5 metri** al fine di ottenere un dettaglio e un modello quanto più aderente alla realtà



Figura 13 – Dominio computazionale (FLO-2D).

Grid Element Ground Surface Elevation

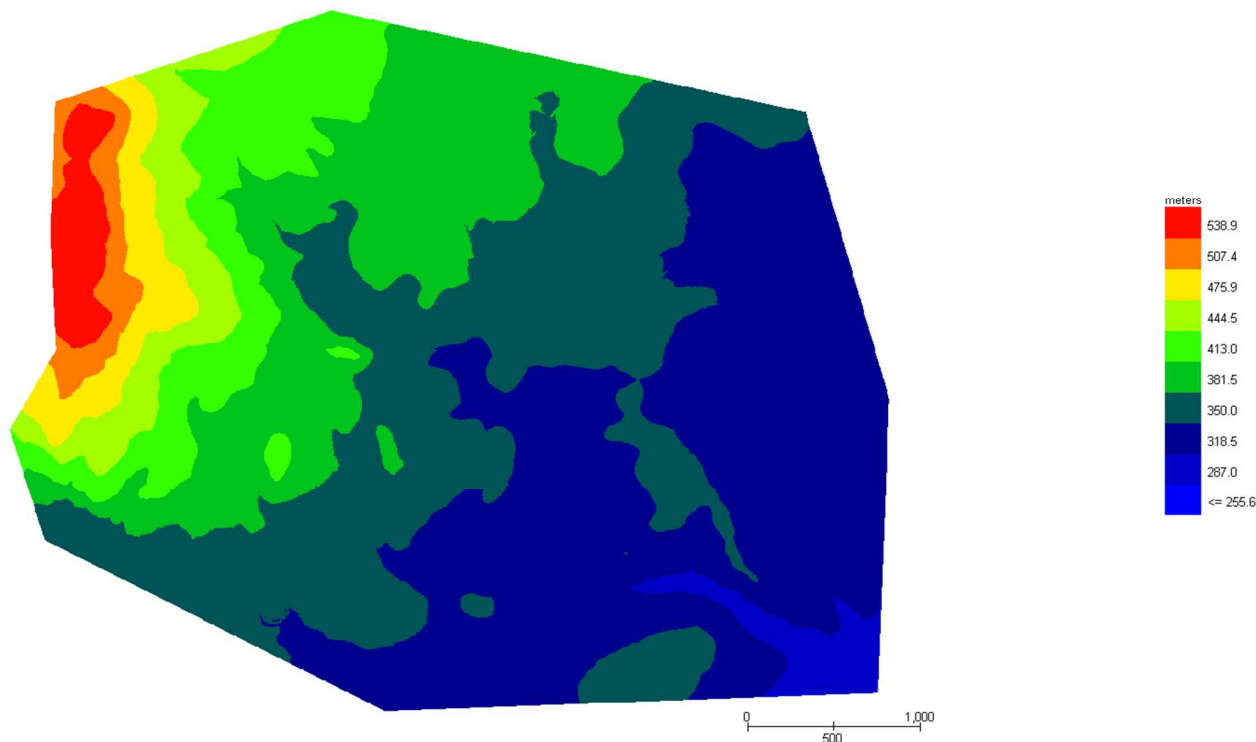
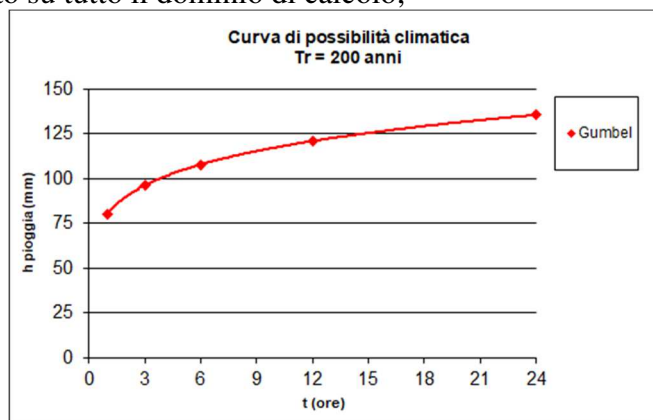


Figura 14 – Modello digitale del terreno (FLO-2D).

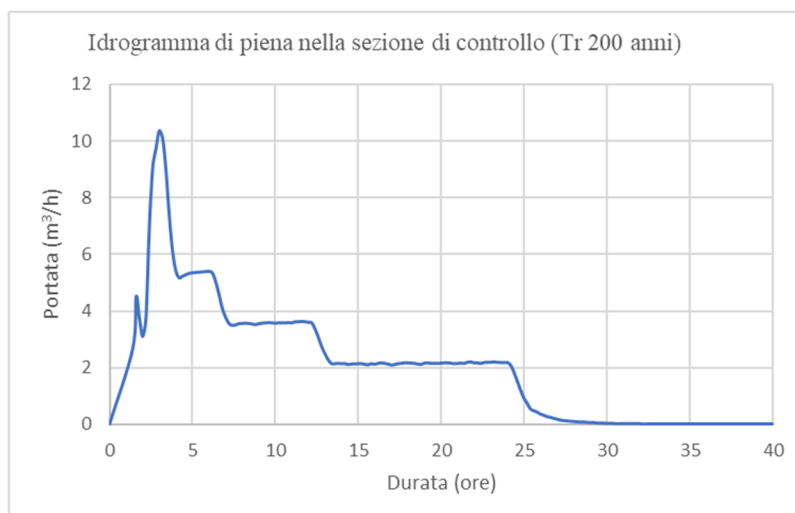
Come si è detto, la azione del bacino di monte viene rappresentata attraverso l’idrogramma ricostruito in una opportuna sezione di controllo, mentre i contributi locali sono modellati attraverso la curva di pioggia.

Pertanto, le condizioni al contorno sono state così imposte:

- le condizioni a contorno di monte hanno riguardato:
 - a) un ietogramma di pioggia con distribuzione centrale, avente tempo di ritorno pari a 200 anni applicato su tutto il dominio di calcolo;



- b) un’idrogramma afferente alla sezione di controllo precedentemente individuata;



- coefficiente di scabrezza “n” secondo Manning pari a 0.04 nelle aree agricole. Come si è già detto, si tratta di un valore cautelativo ai fini delle determinazioni idrauliche conseguenti.
- infiltrazione del suolo calcolata utilizzando il metodo del Curve Number inserendo per ogni cella il valore corrispondente al CN_{III} pari a quanto riportato nella Tabella 3;
- le condizioni al contorno di valle, inserite nelle estremità del modello, sono state imposte come “celle di outflow” con libera uscita dal dominio in moto uniforme.

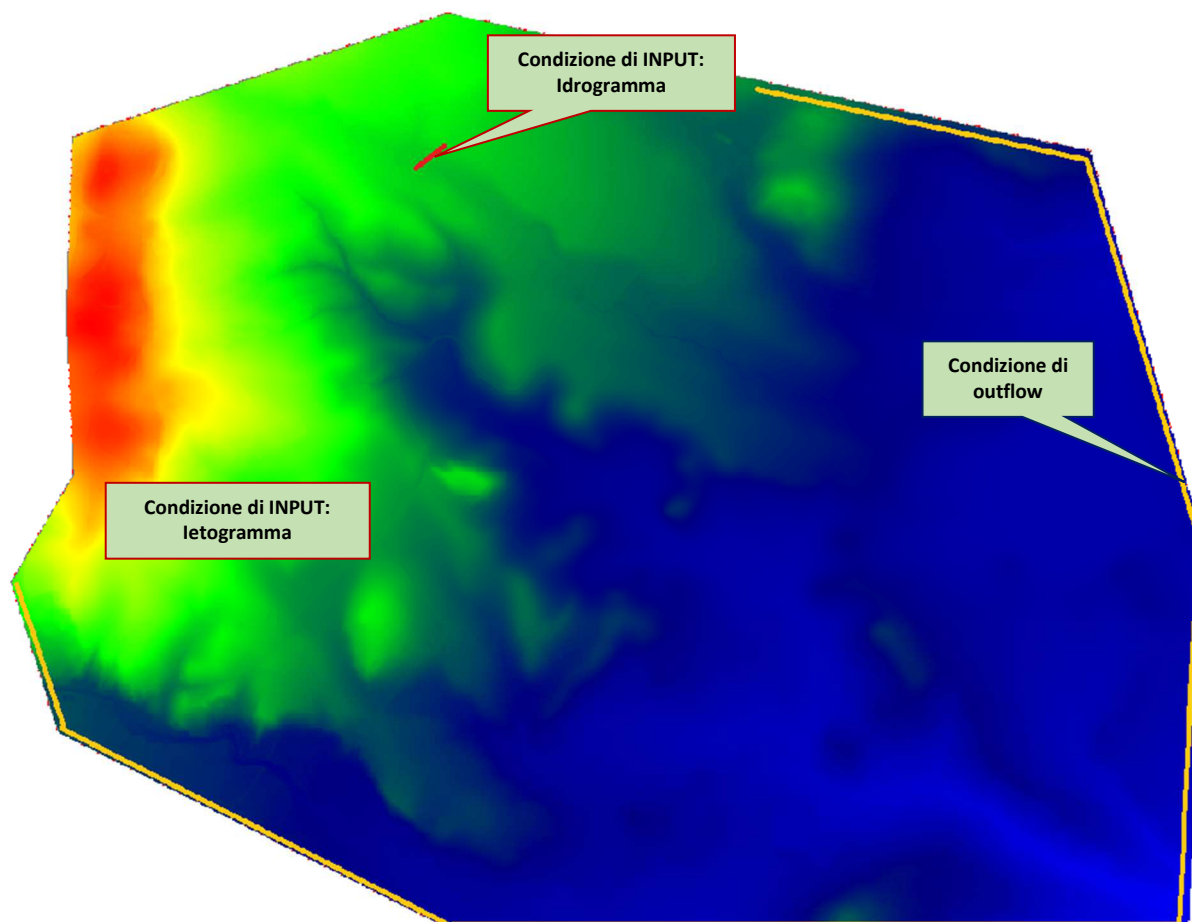


Figura 15 -- Dominio computazionale di dettaglio nel software FLO-2D.

4.4 IPOTESI DI CALCOLO DEL MODELLO A SCALA LOCALE

Lo scopo della presente relazione consiste nel valutare i parametri idraulici della piena sia nella condizione ante-operam e post-operam. Tale confronto è necessario affinché si possa dimostrare la compatibilità fra l'intervento e il livello di pericolosità esistente.

Pertanto, definito il modello geometrico dello stato di fatto, si è provveduto a inserire, nelle celle interessate dall'intervento (cabine elettriche, supporti pannelli fotovoltaici e conversione culturale), i parametri di conversione del suolo (valore del Curve Number).

Lo studio idraulico è stato effettuato, quindi, secondo le seguenti ipotesi di calcolo:

1. ANTE-OPERAM (senza nuove opere e sistemi colturali con valore di CN_{III} pari a quanto indicato nella Tabella 3);
2. POST-OPERAM (con le opere di progetto e conversione delle aree di intervento in oliveto irriguo con valore di CN_{II} pari a 88,00 e CN_{III} pari a 94,46).

4.5 DEFINIZIONE DELLE AREE A DIVERSA PERICOLOSITÀ

Le valutazioni idrauliche condotte e sopra descritte hanno consentito di individuare le aree interessate dall'inondazione in riferimento alla piena duecentennale (tempo di ritorno pari a 200 anni).

L'indicazione di allagamento di una superficie non è di per sé un fattore di pericolosità, particolari condizioni di allagamento però possono mettere in condizioni di pericolo le persone presenti nelle aree in cui essi si verificano.

Oltre al tirante idrico, i fattori che influiscono sul livello di pericolo sono la velocità di scorrimento idrico e la persistenza del fenomeno. Infatti un allagamento che presenta un tirante idrico di 0,1 metri risulta diverso da quello derivante da 2 metri, anche se si verifica con lo stesso tempo di ritorno. Al contrario, se il primo possiede una elevata velocità di scorrimento, potrebbe diventare più pericoloso del secondo valore se fosse quest'ultimo quasi statico.

L'Autorità di Bacino della Puglia non dà indicazioni a riguardo, tuttavia altre Autorità di Bacino propongono una serie di approcci per procedere alla perimetrazione delle aree di allagamento.

L'Autorità di Bacino del Tevere ha proposto un diagramma che mette in relazione i due parametri fondamentali nella determinazione del livello di pericolosità dell'inondazione, tirante e velocità.

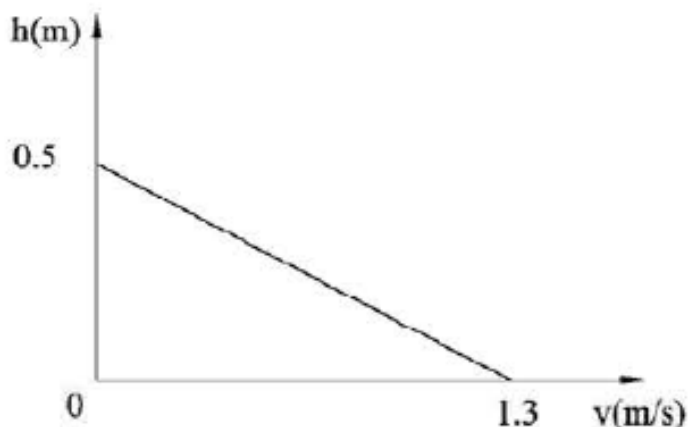


Figura 16 – Diagramma de/fa vulnerabilità (autorità di Bacino del Tevere).

Nel caso dell'Autorità del Tevere la superficie esondata è stata suddivisa in sotto-zone caratterizzate

da un medesimo valore della spinta idrostatica. Il valore della spinta è funzione della velocità di scorrimento U , e del tirante idrico h ; nel grafico sottostante (Uh) sono identificate porzioni caratterizzate da stesso valore delle spinte. A seconda della coppia $U-h$ ogni punto geografico dell'area allagata è catalogato con il riferimento (1, 2, 3, 4) relativo alla porzione del grafico all'interno del quale ricade il punto ($U-h$).

Vengono così definite aree "marginali", quelle ricadenti nella porzione 4 del grafico precedente o colorato in nero nel grafico successivo; qui le condizioni di rischio in termini di incolumità delle persone risultano accettabili anche per minori e disabili con accompagnamento.

Si giunge quindi ad una distinzione generale delle aree a pericolosità in tre classi: dirette, indirette e marginali. I primi due termini derivano da considerazioni prettamente idrauliche, già esposte in precedenza e funzione delle caratteristiche del deflusso, il terzo esprime una condizione di effettiva trascurabilità del rischio.

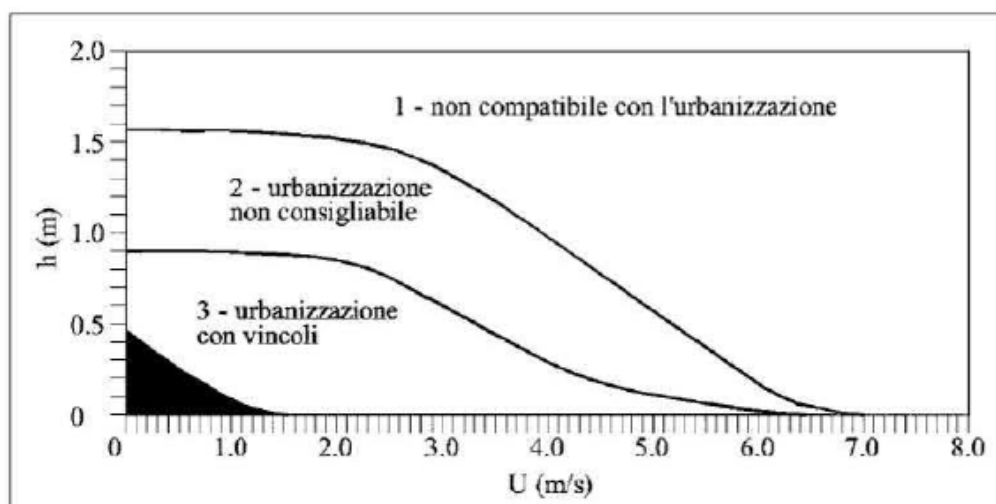


Figura 17 – Fonte A.B. Tevere. 2002.

In definitiva, in questo studio, viene messo in evidenza il fatto che le condizioni di rischio non dipendono solo dalla presenza/assenza d'acqua e dell'entità del tirante idrico ma anche il fattore velocità di scorrimento (valutata localmente) gioca un ruolo nell'attribuzione del livello di danno effettivo.

Altro esempio, da prendere come riferimento, sono le indicazioni dell'Autorità di Bacino dell'Adige che ha individuato 4 aree di pericolosità idraulica (molto elevata, elevata, media, moderata) in base allo schema seguente:

- 1) *aree di pericolosità idraulica molto elevata (P4): aree allagate in occasione dell'evento di piena con tempo di ritorno di 30 anni nel quale risulti o la presenza di una lama d'acqua sul piano di campagna superiore ad 1 m o una velocità massima di trasferimento superiore ad 1 m/s;*
- 2) *aree di pericolosità idraulica elevata (P3): aree allagate o in occasione di un evento di piena con tempo di ritorno di 30 anni e condizioni di lama d'acqua massima raggiunta sul piano di campagna tra 50 cm ed 1 m, o per un evento più raro ($Tr= 100$ anni) con condizioni come quelle stabilite per pericolosità molto elevata (lama d'acqua massima maggiore di 1 m oppure velocità superiore ad 1 m/s);*

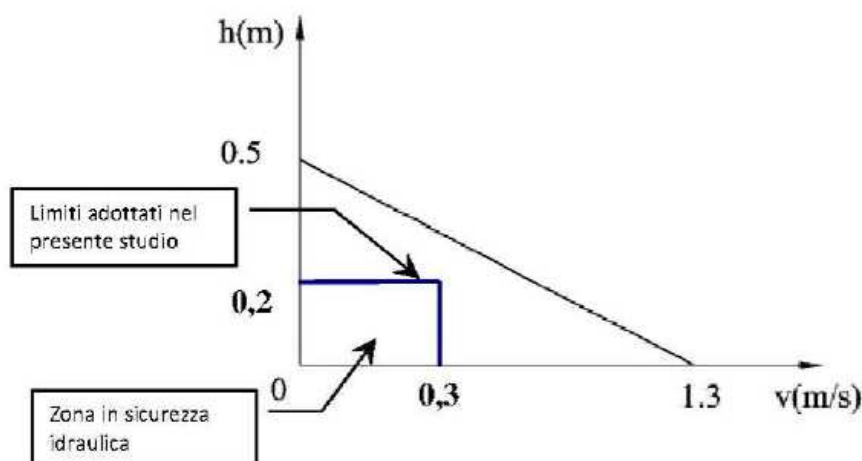
- 3) *aree di pericolosità idraulica media (P2): aree allagate per un evento caratterizzato da un tempo di ritorno di 100 anni nelle quali si instaurino condizioni di **lama d'acqua massima sul piano di campagna compresa tra 0 cm ed 1 m**;*
- 4) *aree di pericolosità idraulica moderata (P1): aree esondabili con eventi di piena meno frequenti ($Tr=200$ anni) **in qualunque condizione di lama d'acqua e velocità sul piano di campagna.***

Sulla base di questa distinzione sono state perimetrare aree a diversa pericolosità, attraverso un modello di propagazione dell'onda di piena. Ovviamente le ultime due classi di pericolosità danno luogo ad un rischio NON elevato e quindi non pericoloso per l'incolumità di persone o cose.

Nel caso in oggetto si è preferito, cautelativamente, assumere come limiti di rappresentazione della pericolosità, e quindi della vulnerabilità idraulica, i seguenti:

- **tirante idrico** > **0,2 m**;
- **velocità** > **0,3 m/s**.

Che risultano comunque molto cautelativi rispetto ai limiti proposti dalla letteratura tecnica del settore e dalle Autorità di Bacino sopra indicate.



4.6 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Nel seguito si riportano e si commentano i risultati dello studio idraulico relativo all'area di intervento, effettuato in condizioni di moto vario con portata di piena caratterizzata da eventi piovosi con tempo di ritorno di 200 anni.

4.6.1 MODELLO IDRAULICO ANTE OPERAM

Come detto ai paragrafi precedenti, le particelle sono attualmente adibite a seminativo ed incolto. Quindi, con riferimento ai valori indicati nella Tabella 3, nel modello idraulico della condizione ante operam sono stati utilizzati i seguenti valori:

Bacino idrografico	CN _{II}	CN _{III}
A	78.70	89.57
B	79.81	90.19
C	79.96	90.27
D	79.22	89.87

Tabella 4 – Valore di CN_{III} delle aree di interesse.

Nelle figure seguenti sono riportate le aree inondabili, l'andamento delle velocità e l'andamento della pressione al passaggio dell'onda di piena duecentennale.



Figura 18 – Vista delle aree inondabili con indicazione del tirante idrico (portata 200 anni).

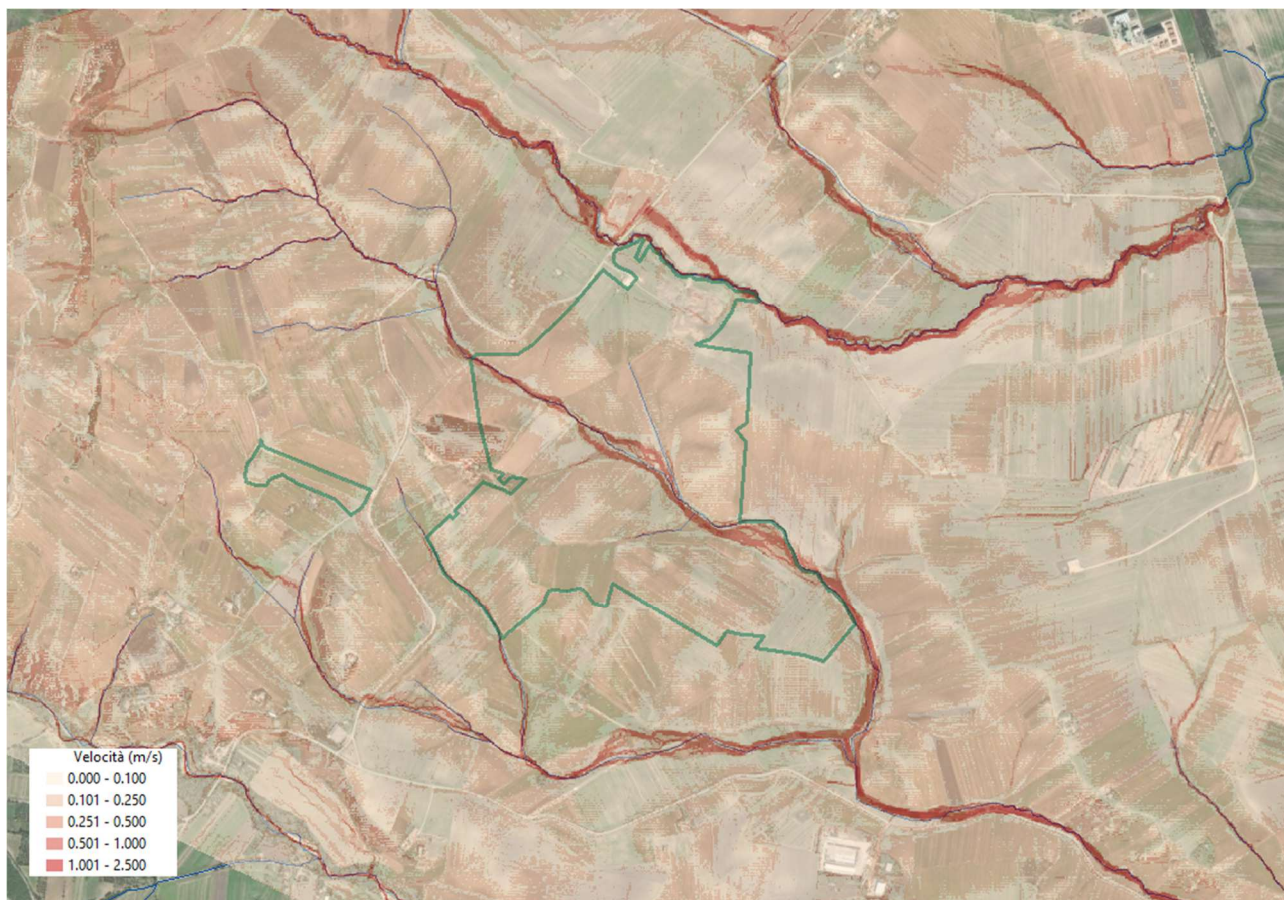


Figura 19 – Vista degli andamenti delle velocità (portata 200 anni).

Nelle figure seguenti sono riportate le diverse fasi temporali del deflusso della portata di piena in prossimità dell'area di intervento, estrapolate nel corso del funzionamento del software, dalle quali è possibile evincere il sistema di formazione dei volumi di piena e delle conseguenti aree inondabili



Figura 20 – Mappa dei tiranti idrici su base ortofoto (Tr=200 anni) – 0.50 ore.



Figura 21 – Mappa dei tiranti idrici su base ortofoto (Tr=200 anni) – 1.00 ora.

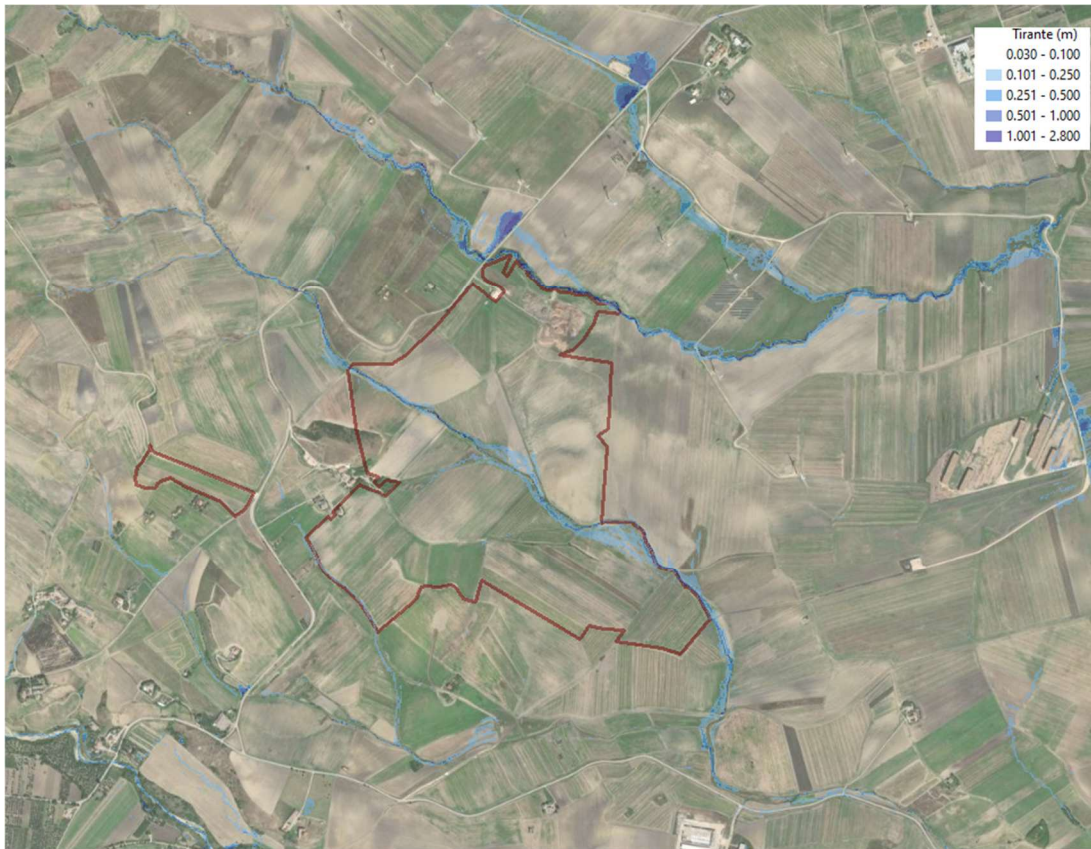


Figura 22 – Mappa dei tiranti idrici su base ortofoto ($Tr=200$ anni) – 2.00 ore.



Figura 23 – Mappa dei tiranti idrici su base ortofoto ($Tr=200$ anni) – 3.00 ore.



Figura 24 – Mappa dei tiranti idrici su base ortofoto ($Tr=200$ anni) – 4.00 ore.



Figura 25 – Mappa dei tiranti idrici su base ortofoto ($Tr=200$ anni) – 6.00 ore.



Figura 26 – Mappa dei tiranti idrici su base ortofoto (Tr=200 anni) – 12.00 ore.

L'analisi della distribuzione spaziale dei deflussi idrici conseguenti al transito della portata di piena centennale, graficamente illustrati nelle figure precedenti, permette di sviluppare alcune considerazioni in merito alle caratteristiche idrauliche dell'evento di piena dell'area di intervento oggetto del presente studio.

Le aree inondabili, tracciate considerando le mappe dei tiranti idrici (con soglia > 0,2 m) e delle velocità (con soglia > 0,3 m/s), sono riportate nell'elaborato grafico All. 3 – Planimetria delle aree a Media Pericolosità Idraulica (MP) nella condizione ante operam.

Dalla consultazione di quest'ultimo elaborato, un cui stralcio è riportato nella immagine seguente, si evince che la zona centrale dell'impianto è interessata da esondazioni connesse al passaggio della piena duecentennale.



Figura 27 – Area a media pericolosità idraulica (TR 200 anni) (involuppo delle mappe precedenti).

Nel dettaglio, si riscontrano i seguenti valori dei parametri idrodinamici:

- tirante massimo di 28 cm e velocità massima di 1,14 m/s nelle aree a centrali dell'impianto (individuata con il colore rosso);
- tirante massimo di 30 cm e velocità massima di 0,86 m/s nelle aree di valle dell'impianto (individuata con il colore verde).

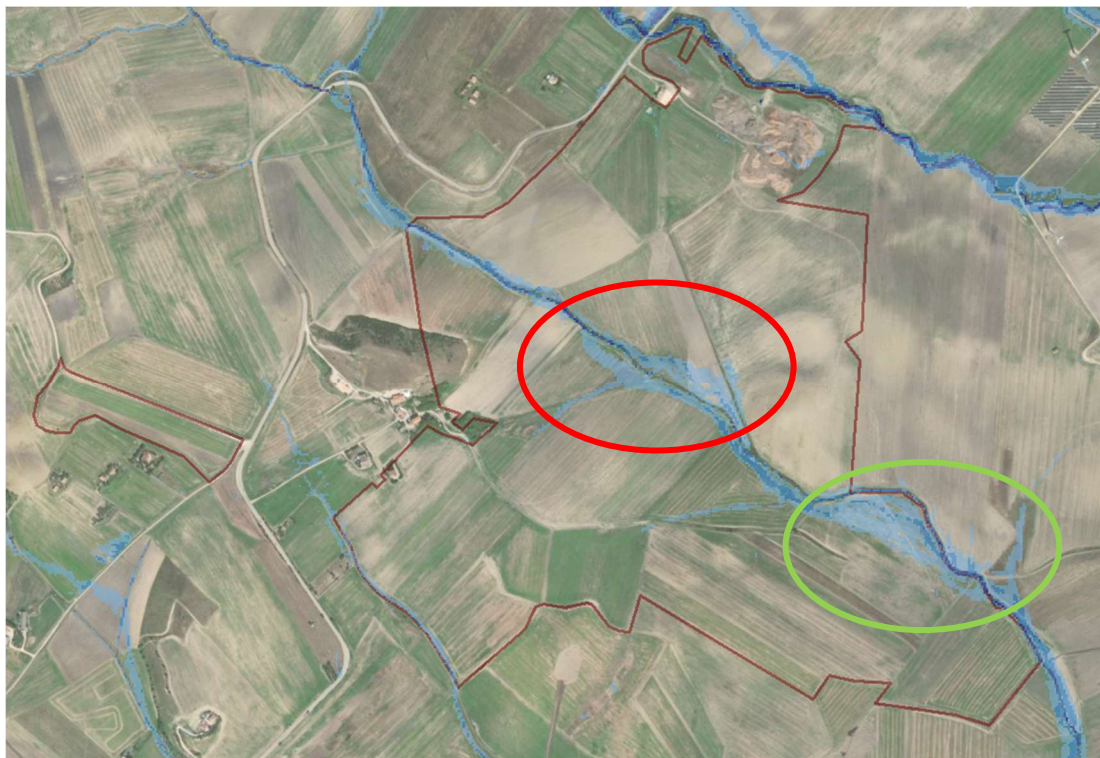


Figura 28 – Vista delle aree allagabili (TR 200 anni).

4.6.2 MODELLO IDRAULICO POST OPERAM

Come già detto al paragrafo precedente, la simulazione è stata eseguita considerando le opere di progetto (cabine elettriche e supporti pannelli fotovoltaici); esse sono state inserite nel modello assegnando una riduzione dell'area (area Reductions Factors - ARF).

In particolare, **la presenza delle cabine è stata modellata come celle completamente bloccate, mentre la presenza dei supporti pannelli fotovoltaici come una riduzione del 10% dell'area utile. Tali assunzioni sono estremamente cautelative visto che i supporti occupano una superficie pari all'1% della dimensione della cella (5 x 5 m) del modello.**

Inoltre, su tutta la superficie oggetto d'intervento è prevista la piantumazione di un uliveto superintensivo. Con riferimento ai valori indicati nella Tabella 1, nel modello idraulico della condizione post operam è stato utilizzato il seguente valore:

Area di intervento	CN _{II}	CN _{III}
Oliveti irrigui	88.00	94.46
Colture erbacee	88.00	94.46

Tabella 5 – Valore di CN_{III} delle aree di interesse.

Nelle figure seguenti sono riportate le aree inondabili, l'andamento delle velocità e l'andamento della pressione al passaggio dell'onda di piena duecentennale.



Figura 29 – Vista delle aree inondabili con indicazione del tirante idrico (portata 200 anni).

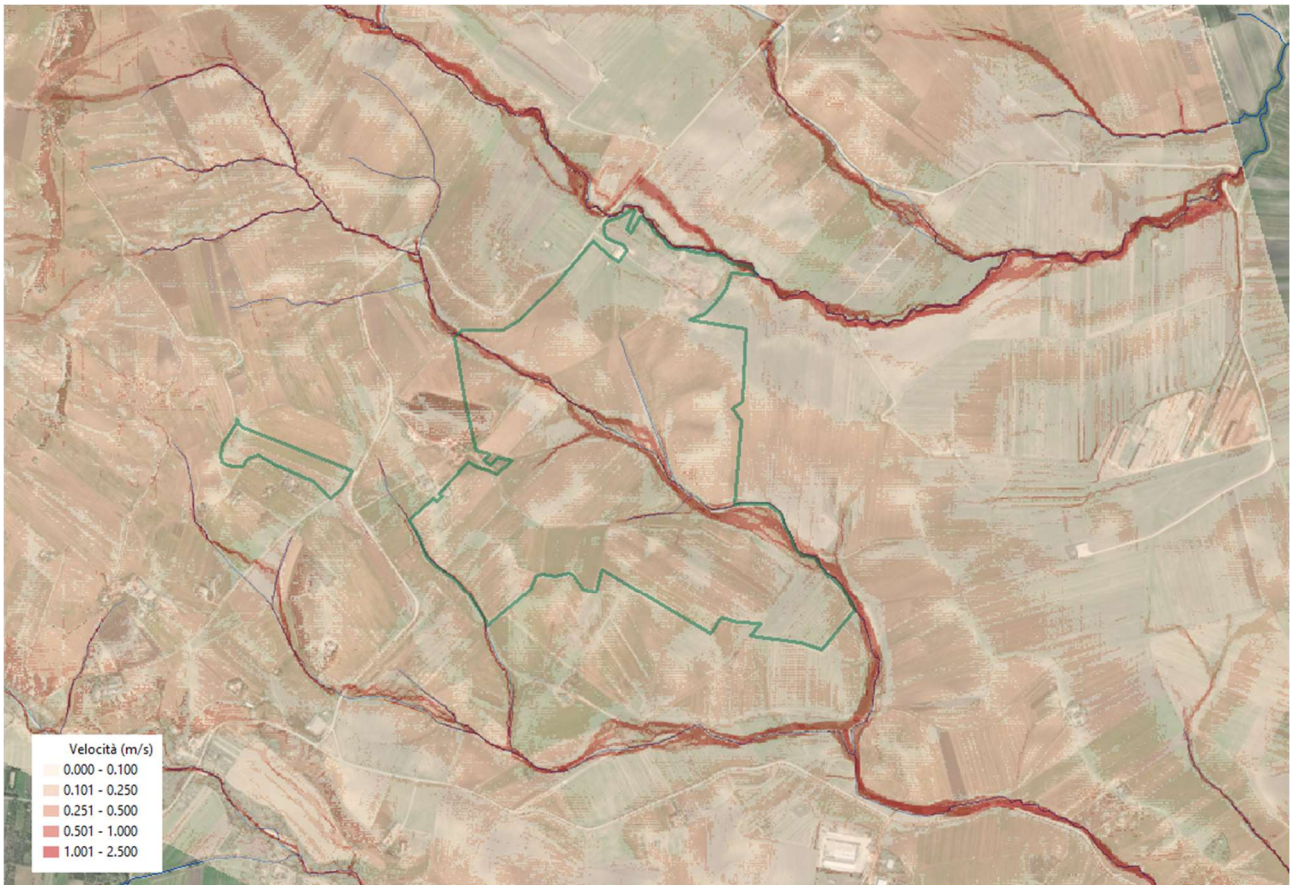


Figura 30 – Vista degli andamenti delle velocità (portata 200 anni).

Nelle figure seguenti sono riportate le diverse fasi temporali del deflusso della portata di piena in prossimità dell'area di intervento, estrapolate nel corso del funzionamento del software, dalle quali è possibile evincere il sistema di formazione dei volumi di piena e delle conseguenti aree inondabili



Figura 31 – Mappa dei tiranti idrici su base ortofoto ($Tr=200$ anni) – 0.50 ore.



Figura 32 – Mappa dei tiranti idrici su base ortofoto ($Tr=200$ anni) – 1.00 ora.



Figura 33 – Mappa dei tiranti idrici su base ortofoto ($Tr=200$ anni) – 2.00 ore.



Figura 34 – Mappa dei tiranti idrici su base ortofoto ($Tr=200$ anni) – 3.00 ore.



Figura 35 – Mappa dei tiranti idrici su base ortofoto ($Tr=200$ anni) – 4.00 ore.



Figura 36 – Mappa dei tiranti idrici su base ortofoto ($Tr=200$ anni) – 6.00 ore.



Figura 37 – Mappa dei tiranti idrici su base ortofoto ($Tr=200$ anni) – 12.00 ore.

Le aree inondabili, tracciate considerando le mappe dei tiranti idrici (con soglia $> 0,2$ m) e delle velocità (con soglia $> 0,3$ m/s), sono riportate nell'elaborato grafico All. 4 – Planimetria delle aree a Media Pericolosità Idraulica (MP) nella condizione post operam.

Dalla consultazione di quest'ultimo elaborato, un cui stralcio è riportato nella immagine seguente, si evince che, anche in questo caso, l'area di intervento è interessata da esondazioni in corrispondenza del passaggio della piena duecentennale.

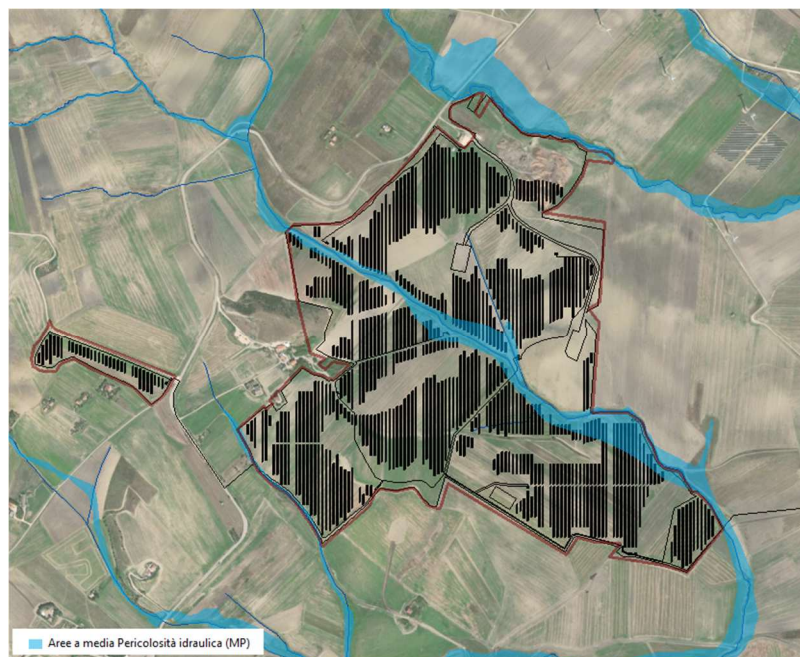


Figura 38 – Area a media pericolosità idraulica (TR 200 anni) (involuppo delle mappe precedenti).

In particolare, nella configurazione post operam, si riscontrano i seguenti valori dei parametri idrodinamici:

- tirante massimo di 29 cm e velocità massima di 1,14 m/s nelle aree a centrali dell'impianto (individuata con il colore rosso);
- tirante massimo di 30 cm e velocità massima di 0,86 m/s nelle aree di valle dell'impianto (individuata con il colore verde).

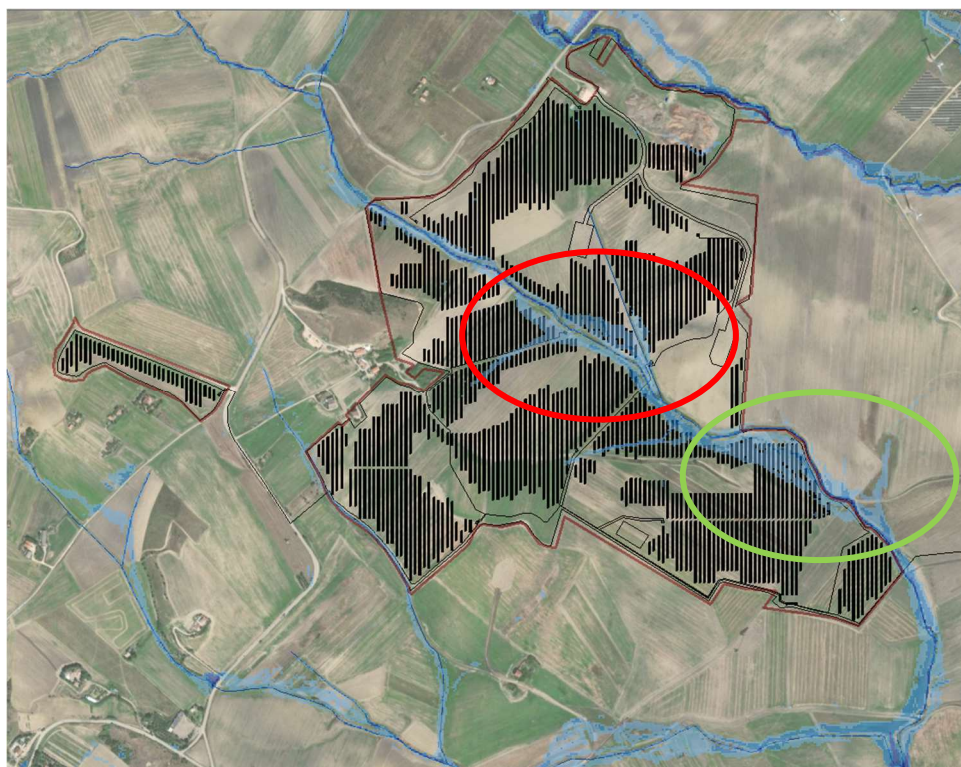


Figura 39 – Vista delle aree allagabili (TR 200 anni).

5 INTERSEZIONI OPERE DI PROGETTO CON I RETICOLI IDROGRAFICI

Il presente paragrafo è redatto al fine di fornire un'ampia ed esaustiva descrizione di come verrà effettuata la posa del cavidotto, necessario alla realizzazione della connessione elettrica dell'impianto, nei tratti interessati dall'intersezione dello stesso cavidotto con i reticoli idrografici presenti sul territorio.

Il cavidotto rappresenta una infrastruttura a rete interrata, indispensabile per il funzionamento del parco agrivoltaico e non delocalizzabile, in quanto vincolata a monte dalla ubicazione degli inverter ed a valle dalla posizione della cabina elettrica assegnata dal GSE.

In particolare, si è rilevato, analizzando la cartografia a disposizione e dai sopralluoghi in sito, un'intersezione che corrisponde con le strade esistenti.

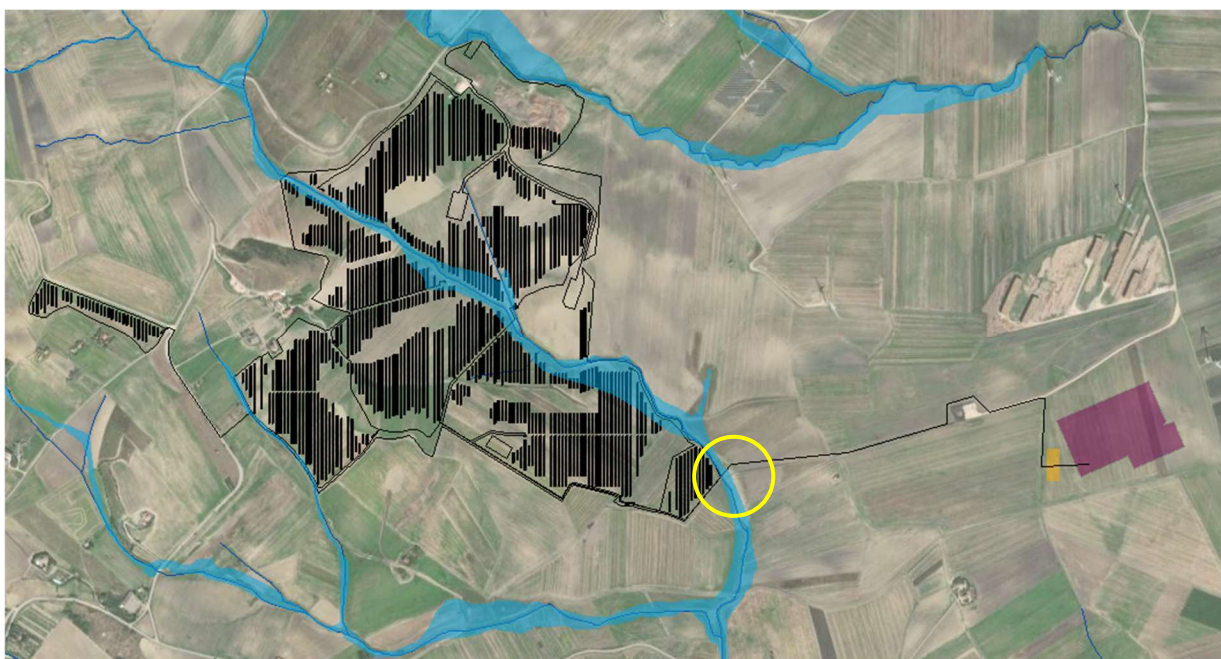


Figura 42 - Inquadramento delle intersezioni del cavidotto con i reticoli idrografici

Si precisa che l'attraversamento del reticolo idrografico verrà realizzato senza alcun intervento in alveo, ma con l'impiego di tecnologie no-dig (cfr. paragrafo successivo).

La scelta del tracciato dell'elettrodotta dal parco agrivoltaico al punto di consegna è stata dettata dalle seguenti motivazioni:

- a) privilegiare l'uso della viabilità esistente, al fine di non eseguire operazioni di cantiere invasive e potenzialmente impattanti sulle componenti ambientali e paesaggistiche del contesto locale,
- b) minimizzare l'attraversamento di terreni agricoli, al fine di interessare un numero minimo di proprietari nella procedura espropriativa e ridurre l'impatto sulle componenti naturali presenti nelle aree di intervento,
- c) ottimizzare la lunghezza del tracciato, in funzione della fattibilità tecnica delle operazioni di cantiere previste,
- d) minimizzare le interferenze con i sottoservizi esistenti nelle aree di intervento,
- e) **minimizzare le interferenze con gli elementi del reticolo idrografico superficiale,**

mediante l'adozione della tecnica della perforazione orizzontale teleguidata, la quale consente di non interferire con il naturale deflusso superficiale delle acque e di non compromettere le condizioni statiche dei manufatti idraulici esistenti sui canali e impluvi interessati dal tracciato del cavidotto,

- f) **garantire la compatibilità idraulica degli attraversamenti da realizzare, interrando i cavidotti ad una profondità scelta in funzione della potenziale erodibilità degli alvei, assicurando un adeguato franco di sicurezza in corrispondenza dei manufatti idraulici interessati.**

Gli aspetti tecnici elencati avvalorano la scelta del percorso del tracciato effettuata, motivando, pertanto, **la non delocalizzabilità** degli interventi previsti per la realizzazione della linea di connessione del parco fotovoltaico alla Rete Elettrica Nazionale.

Si rappresenta che qualora si fosse optato per la scelta di un tracciato della linea di connessione che si sviluppasse prevalentemente in terreni agricoli, si sarebbero verificate le seguenti criticità:

- ⊗ aumento del numero dei soggetti interessati dalla procedura espropriativa,
- ⊗ realizzazione di operazioni di cantiere maggiormente invasive e impattanti sulle componenti ambientali e paesaggistiche del contesto di riferimento
- ⊗ maggior numero di interferenze con gli elementi del reticolo idrografico superficiale, che si presenta piuttosto ramificato nell'area di intervento, con il conseguente aumento dell'onerosità degli interventi necessari per la realizzazione degli attraversamenti e per garantirne la relativa sicurezza idraulica.

Alla luce delle osservazioni e delle valutazioni tecniche sopra esposte, si conclude che il tracciato scelto per l'elettrodotto di connessione del parco agrovoltaiico alla Rete Elettrica risulta il più vantaggioso sia dal punto di vista della fattibilità tecnica, che della compatibilità degli interventi previsti con il contesto ambientale e paesaggistico che caratterizza le aree di intervento, giustificando, quindi la non delocalizzabilità degli stessi interventi.

5.1 ATTRAVERSAMENTO DEL RETICOLO IDROGRAFICO CON LA TECNICA DELLA TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA (T.O.C.)

In prossimità del reticolo idrografico il cavidotto elettrico, posto alla profondità di cm 100 dal piano stradale, verrà spinto oltre il compluvio con la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.), che consente di operare senza generare alcun impatto o interferenza in superficie.



Figura 43: Sistema di trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.).

La posa del cavidotto avviene mediante il radio-controllo del suo andamento plano-altimetrico, reso possibile dall'utilizzo di una sonda radio montata in cima alla punta di perforazione, che, dialogando con l'unità operativa esterna, permette di controllare il percorso della trivellazione e correggere in tempo reale gli eventuali errori.

L'esecuzione della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) consta essenzialmente di due fasi di lavoro:

- In una prima fase, dopo aver piazzato la macchina perforatrice, si realizza un foro pilota, infilando nel terreno, mediante spinta e rotazione, una successione di aste che guidate opportunamente dalla testa, crea un percorso sotterraneo che va da un pozzetto di partenza a quello di arrivo;
- nella seconda fase si prevede che il recupero delle aste venga sfruttato per portarsi dietro un alesatore che, opportunamente avvitato al posto della testa, ruotando con le aste genera il foro del diametro voluto ($\Phi = 200 \div 500\text{mm}$). Insieme all'alesatore, o successivamente, vengono posati in opera i tubi camicia che ospiteranno il cavidotto. Infine si effettuerà il riempimento delle tubazioni con bentonite.

6 CONCLUSIONI

Dall'analisi dei risultati ottenuti dal presente Studio, con il quale sono state determinate le caratteristiche del deflusso ante e post operam relativo al transito, negli alvei potenzialmente interferenti, della portata di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni, si è potuto evincere che l'area di interesse è soggetta a un ruscellamento di entità modeste (cfr. figura seguente) e, soprattutto, di caratteristiche sovrapponibili tra il pre e post operam. In particolare, si riscontrano i seguenti valori dei parametri idrodinamici:

- tirante massimo di 29 cm e velocità massima di 1,14 m/s nelle aree a centrali dell'impianto (individuata con il colore rosso);
- tirante massimo di 30 cm e velocità massima di 0,86 m/s nelle aree di valle dell'impianto (individuata con il colore verde).

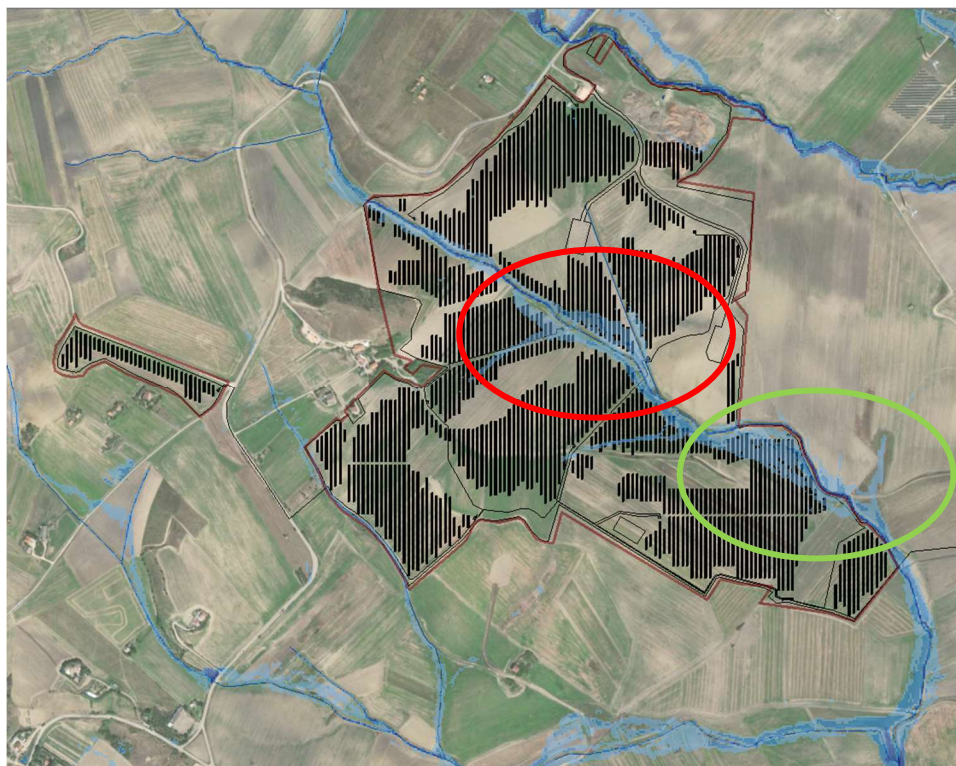


Figura 48 – Vista delle aree allagabili (TR 200 anni).

Si può, pertanto, asserire che **gli interventi di progetto non comportano alcuna modifica al perimetro delle aree a media (MP) probabilità di inondazione** (corrispondente al passaggio della portata di piena avente tempo di ritorno pari a 200 anni), **e nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.**

Relativamente all'intersezione delle opere di progetto con il reticolo idrografico, **si può asserire che la posa del cavidotto mediante la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) ad una profondità di 1,5 m dal fondo alveo garantisce la assenza di interferenze tra le opere di progetto e i corsi d'acqua episodici, garantendo allo stesso tempo un ampio margine di sicurezza idraulica sia nei confronti dei deflussi superficiali che di quelli (eventuali) sotterranei.**

Sulla base dei risultati ottenuti nel corso del presente Studio, si può quindi concludere che le opere risultano essere compatibile con le finalità e le prescrizioni del PAI.