



REGIONE  
PUGLIA



PROVINCIA  
DI BRINDISI



COMUNE  
DI CELLINO SAN MARCO

**Realizzazione di impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica SE nel Comune di Cellino San Marco (BR)**

Potenza nominale cc: 34,095 MWp - Potenza in immissione ca: 30,00 MVA

ELABORATO

**RELAZIONE IDROLOGICA e IDRAULICA**

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello progetto	Codice Pratica	documento	codice elaborato	n° foglio	n° tot. fogli	Nome file	Data	Scala
<b>PD</b>		R	2.23			R_2.23_IDRO.pdf	11/2022	n.a.

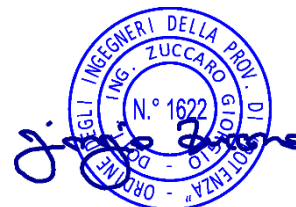
REVISIONI

Rev. n°	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	11/2022	1° Emissione	ZUCCARO	AMBRON	AMBRON

PROGETTAZIONE:

**MATE System Unipersonale srl**

Via Papa Pio XII, n.8 70020 Cassano delle Murge (BA)  
tel. +39 080 5746758  
mail: info@matesystemsrl.it pec: matesystem@pec.it



DIRITTI Questo elaborato è di proprietà della Ambra Solare 22 S.r.l. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

PROPONENTE:  
AMBRA SOLARE 22 S.R.L.  
Via TEVERE n.°41  
00198 ROMA



REGIONE  
PUGLIA



COMUNE DI  
CELLINO



PROVINCIA DI  
BRINDISI

## PROGETTO DEFINITIVO

Progetto di realizzazione di un impianto fotovoltaico nel comune di Cellino San Marco (BR)

Titolo elaborato

### Relazione idrologica e idraulica

Codice elaborato

**F0543ER01A**

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

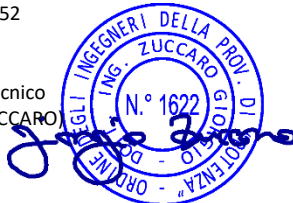
### Progettazione



#### F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza  
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452  
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico  
(ing. Giorgio ZUCCARO)



Gruppo di lavoro

Ing. Cristina GUGLIELMI  
Ing. Manuela NARDOZZA  
Ing. Simone LOTITO



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

### Committente



#### Mate System srl

Via Papa Pio XII 8, 70020 Cassano delle Murge (BA)

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Novembre 2022	Prima emissione	CGU	MNA	GZU

## Relazione idrologica e idraulica



## Sommario

<b>Relazione idrologica e idraulica</b>	<b>2</b>
<b>1 Premessa</b>	<b>4</b>
<b>2 Analisi idrologica</b>	<b>6</b>
2.1 Bacini idrografici	6
2.2 Tempi di corrivazione	7
2.3 Portate al colmo di piena nella configurazione pre intervento	7
<b>3 Analisi idraulica dello stato di fatto</b>	<b>11</b>
3.1 Geometria del modello idrodinamico	11
3.2 Portata di piena	12
3.3 Condizioni al contorno	12
3.4 Parametri di scabrezza	12
3.5 Risultati delle simulazioni della configurazione pre intervento	13
<b>4 Interventi in progetto</b>	<b>16</b>
4.1 Canali perimetrali	18
<b>5 Conclusioni</b>	<b>22</b>

## 1 Premessa

La presente relazione accompagna il progetto di realizzazione di un parco fotovoltaico da realizzarsi nel comune di Cellino San Marco (BR). I lotti di intervento sono situati a sud-est e a nord - ovest rispetto al centro abitato.

Per la finalità della presente analisi si è tenuto conto della presenza di un impluvio che attraversa il lotto situato a nord-ovest; tale area risulta parzialmente ad alta pericolosità idraulica come è possibile vedere dalla figura sotto riportata (cfr. Figura 1).

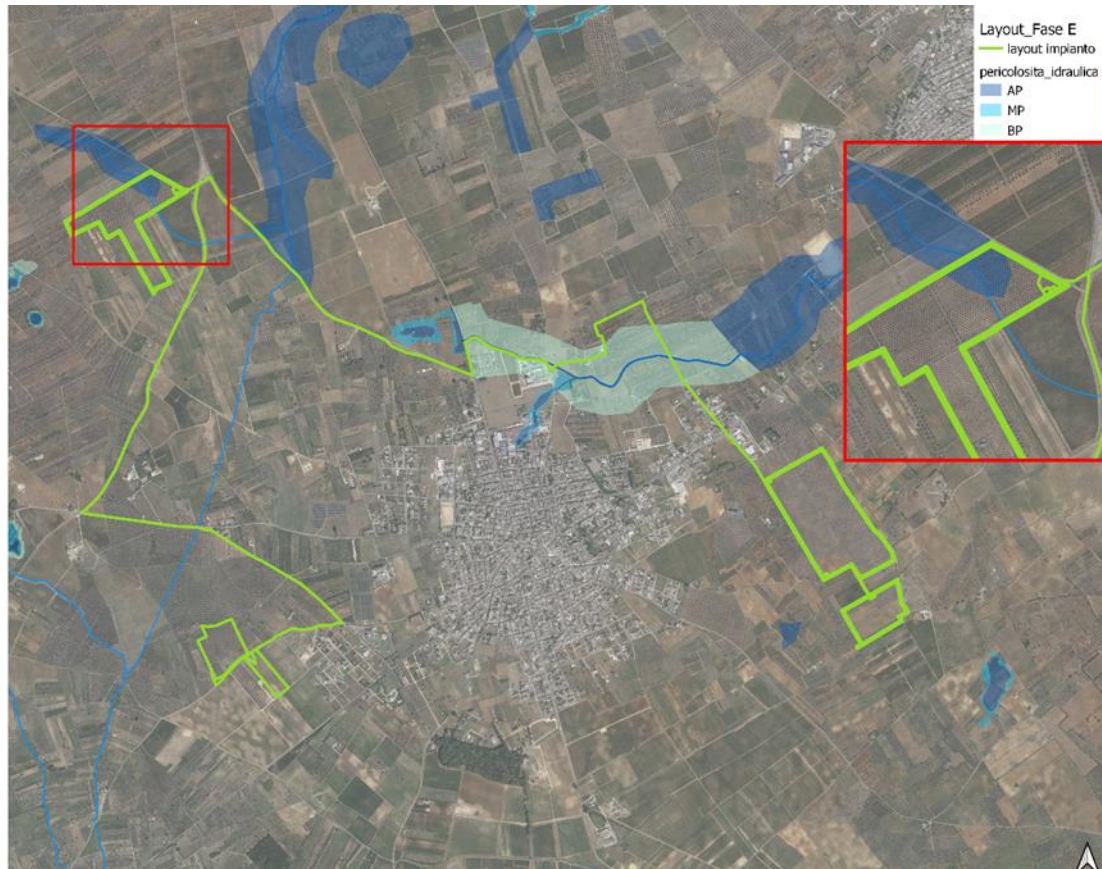
Oltre alla presenza dell'elemento idrico sopra citato, nella presente relazione sono stati valutati altresì gli apporti dell'acqua superficiale nelle aree di impianto.



**Figura 1: Planimetria dell'area di interesse con reticolo idrografico interferente e fasce PAI**

Riguardo all'individuazione degli impluvi, tra l'altro, si specifica che la cartografia IGM in scala 1:25.000 riporta l'asta sopra citata come unica interferente con l'impianto in progetto. Tuttavia, si è ritenuto necessario tenerne conto, dopo aver analizzato le pendenze e le geometrie delle sezioni trasversali presenti nell'area di interesse, anche dell'apporto dovuto al ruscellamento superficiale. Inoltre, la mappa della pericolosità idraulica riportata nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale – Puglia, dimostra che il sito di interesse risulta parzialmente a rischio idraulico.

Dunque è stato realizzato il presente studio di compatibilità idrologica ed idraulica che, in seguito ad un opportuno rilievo topografico del ramo di interesse, mostrato nel dettaglio di seguito (cfr. Figura 2), ne ha analizzato compiutamente i regimi di deflusso nonché l'effettiva estensione delle aree allagabili in modo da verificare la compatibilità con l'intervento in progetto.



**Figura 2: Ingrandimento della planimetria di inquadramento**

Le analisi idrologiche, illustrate in dettaglio nel seguito, sono state condotte mediante l'utilizzo del metodo VAPI Puglia, come previsto nelle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PAI al fine di stabilire le portate al colmo di piena per eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

Tali portate sono state utilizzate nella successiva analisi idraulica che, grazie all'utilizzo del modello idrodinamico monodimensionale HEC-RAS dello US Army Corps of Engineers, è finalizzata alla valutazione delle modalità di deflusso degli eventi di piena al fine di stabilire i massimi valori del livello di pelo libero e, di conseguenza, di valutare le effettive estensioni delle aree a diversa pericolosità idraulica.

## 2 Analisi idrologica

Nella presente analisi idrologica sono state determinate le portate al colmo di piena mediante l'utilizzo del metodo VAPI Puglia come illustrato all'interno della Relazione di Piano del PAI, redatto dall'Autorità di Bacino della Puglia.

Per tali scopi, sono state individuate le caratteristiche dei bacini idrografici che, successivamente, sono state utilizzate per la definizione dei tempi di corrivazione. Grazie al metodo VAPI, infine, sono state calcolate le massime altezze della precipitazione critica per i bacini individuati e, mediante l'utilizzo del metodo razionale, sono state valutate le portate al colmo di piena.

### 2.1 Bacini idrografici

Nella figura seguente è mostrato l'impluvio in esame con il bacino idrografico sotteso dalla sezione di chiusura individuata dall'area di interesse. La delimitazione è stata effettuata utilizzando sia la cartografia IGM in scala 1:25'000 che il Modello Digitale del Terreno (Digital Terrain Model, DTM) della Regione Puglia.

Nella tabella seguente sono indicate le caratteristiche fisiografiche del bacino ricavate dal DTM della Regione Puglia con dimensioni di cella di 8×8 m.

Tabella 1

Caratteristiche fisiografiche									
Bacino idrografico	S (km <sup>2</sup> )	Hmax (mslm)	Hmed (mslm)	Hmin (mslm)	L (km)	i (%)	y (%)	CN (-)	c (-)
A	0.437	62.42	60.77	59.04	1.18	0.29	0.38	55	0.30

Nella precedente tabella sono state indicate le seguenti grandezze:

- "S" (km<sup>2</sup>): superficie del bacino;
- "Hmax" (mslm): quota massima;
- "Hmed" (mslm): quota media;
- "Hmin" (mslm): quota minima;
- "L" (km): lunghezza dell'asta principale;
- "i" (%): pendenza dell'asta principale;
- "y" (%): pendenza media del versante;
- "c" (-): coefficiente di deflusso.

Come valore per il coefficiente di deflusso, in particolare, è stato scelto 0.30 per via del tipo di uso del suolo del bacino idrografico.

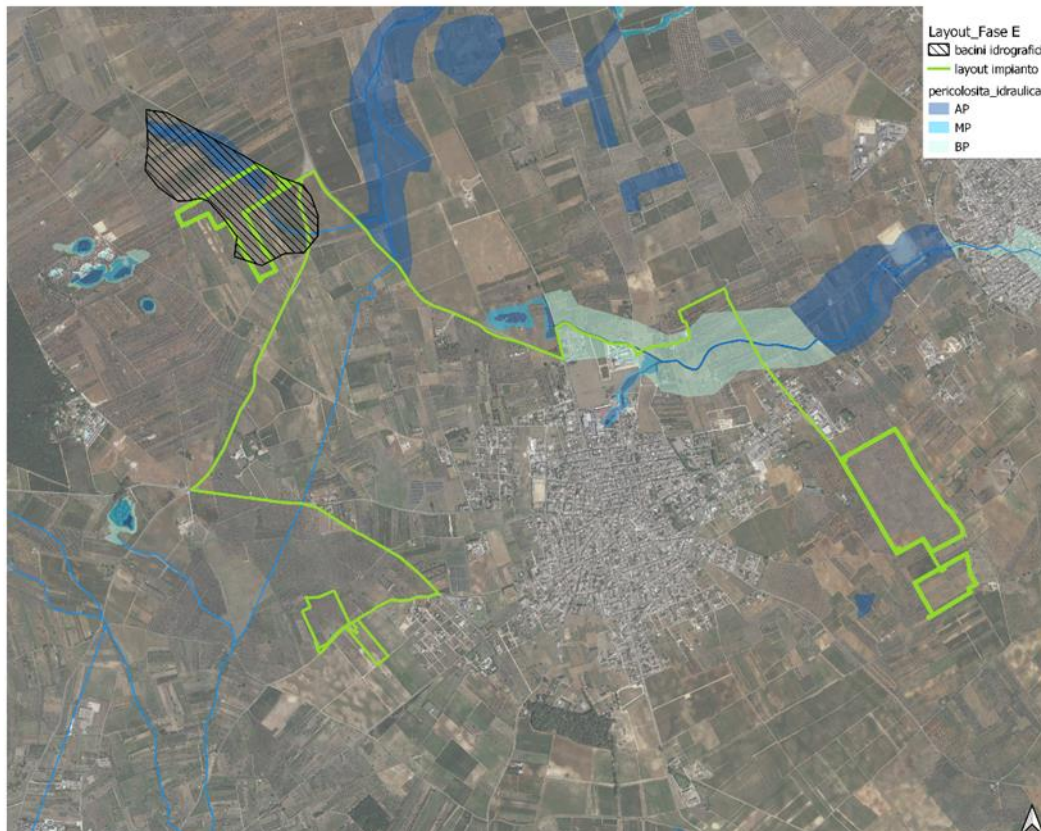


Figura 3: Corografia dell'area in esame con l'indicazione dei bacini idrografici per i quattro impluvi in esame.

Nella figura precedente è mostrato il ramo del reticolo idrografico in esame con il bacino idrografico sotteso dalla sezione di chiusura individuata dall'area di interesse. La delimitazione è stata effettuata utilizzando sia la cartografia IGM in scala 1:25'000 che il DTM della Regione Puglia.

## 2.2 Tempi di corrivazione

In funzione delle caratteristiche fisiografiche del bacino individuato, sono stati riportati, nella tabella seguente, differenti valori per i tempi di corrivazione in base a diverse formulazioni.

Tabella 2

Tempi di corrivazione						
Bacino idrografico	Giandotti (h)	Kirpich (h)	Ventura (h)	Pezzoli (h)	Pasini (h)	tc (h)
A	4.20	0.72	1.57	1.22	1.62	<b>1.29</b>

Viste le caratteristiche del bacino, tuttavia, come valore di riferimento per il tempo di corrivazione si è deciso di utilizzare la media delle sole espressioni di Kirpich, Ventura, Pezzoli e Pasini (escludendo la formula di Giandotti calibrata su bacini di estensione superiore).

## 2.3 Portate al colmo di piena nella configurazione pre intervento

Ai fini del calcolo delle portate al colmo di piena è stato utilizzato il metodo VAPI Puglia così come consigliato dalla Relazione di Piano del PAI (redatto dall'Autorità di Bacino della Puglia).



Nella figura seguente è mostrata una corografia della Puglia con l'individuazione delle zone pluviometriche omogenee del metodo VAPI. Il sito di interesse, in particolare, è situato nella "zona pluviometrica omogenea 6".

Il metodo scelto prevede il calcolo delle altezze di precipitazione critica utilizzando le seguenti espressioni:

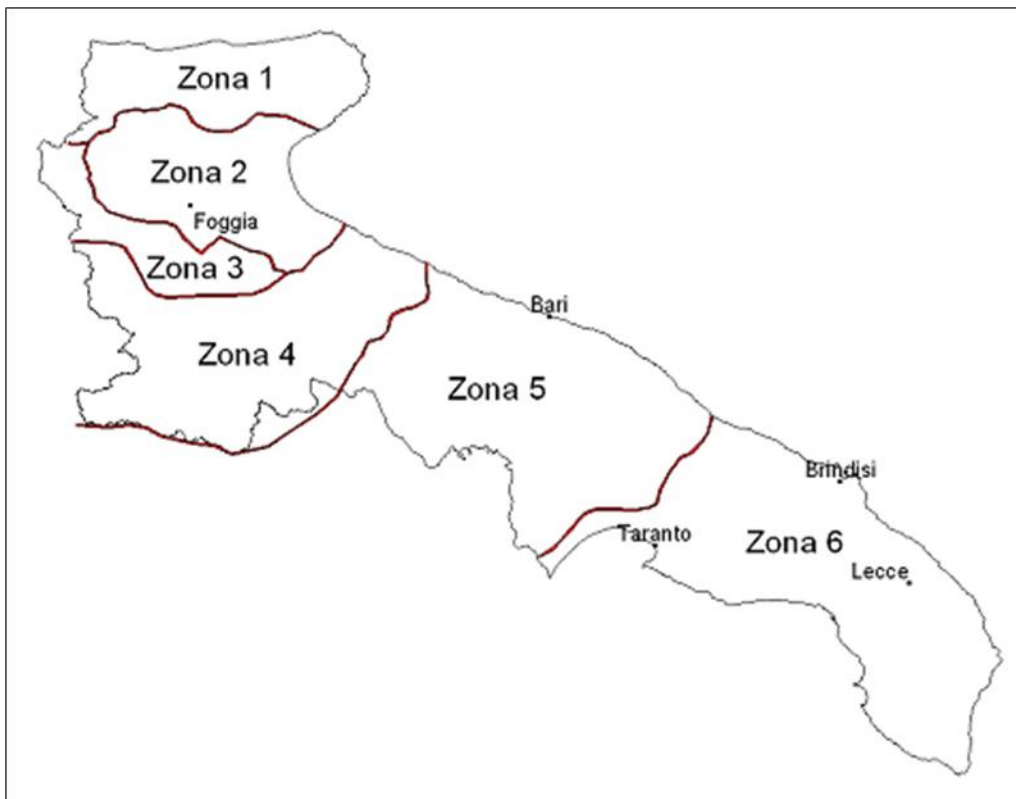
$$x = 33.7 \cdot t^{\left[\frac{0.488+0.0022z}{3.178}\right]}$$

dove:

- "t" (h): tempo di corrivazione del bacino;
- "z" (mslm): quota caratteristica del bacino.

A seconda del tempo di ritorno considerato, poi, l'altezza di pioggia deve essere moltiplicata per un coefficiente di crescita dato dalla seguente espressione:

$$\text{zona 6: } K_T = 0.1599 + 0.5166 \cdot \ln(T)$$



**Figura 4: Corografia della Puglia con la delimitazione delle zone pluviometriche omogenee del VAPI**

Nella seguente tabella, pertanto, sono stati calcolati sia i parametri delle curve di possibilità pluviometrica che le altezze di precipitazione critiche per i tempi di ritorno di riferimento di 30, 200 e 500 anni secondo la seguente espressione:

$$h_T = a_T \cdot t^n = K_T \cdot a' \cdot t^n$$

Tabella 3

Curve di possibilità pluviometrica ed altezze di precipitazione (VAPI, zona 6)										
Bacino idrografico	K02 (-)	K10 (-)	K30 (-)	K200 (-)	K500 (-)	a' (mm)	n (-)	h30 (mm)	h200 (mm)	h500 (mm)
A	0.5	1.3	1.9	2.9	3.4	33.7	0.196	67.9	102.5	119.3

Utilizzando il metodo razionale, infine, è possibile valutare le portate di piena da utilizzare come riferimento per l'analisi idraulica. Tale metodo calcola la portata al colmo di piena mediante la formula di Turazza:

$$Q_T = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot i_T}{3.6} = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot h_T}{3.6 \cdot t} = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot a_T \cdot t^{n-1}}{3.6} = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot K_T \cdot a' \cdot t^{n-1}}{3.6}$$

dove:

- "K" (-): fattore di riduzione areale;
- "S" (km<sup>2</sup>): superficie del bacino;
- "i" (mm/h): intensità di precipitazione;
- "c" (-): coefficiente di deflusso.

Per il calcolo del fattore di riduzione areale, come consigliato dalla Relazione di Piano del PAI, è stata utilizzata la formula dello *US Weather Bureau* che esprime tale fattore in funzione della superficie "S" e del tempo di corrivazione del bacino "t":

$$K = 1 - \left(1 - e^{-0.0021 \cdot S}\right) \cdot e^{-0.53 \cdot t^{0.25}}$$

Nel presente caso, tuttavia, si è preferito trascurare tale fattore per ragioni cautelative (quindi è stato considerato K = 1).

Nella tabella seguente sono presenti i valori delle portate al colmo di piena.

Tabella 4

Portate al colmo di piena (VAPI, zona 6)			
Bacino idrografico	Q30 (m <sup>3</sup> /s)	Q200 (m <sup>3</sup> /s)	Q500 (m <sup>3</sup> /s)
A	1.9	2.9	3.4

Le portate di riferimento per la successiva analisi idraulica sono quelle riportate nella tabella precedente. Nella tabella seguente sono riportati i volumi corrispondenti a tali eventi di piena e nella successiva i relativi coefficienti udometrici.

Tabella 5

Volumi di piena (VAPI, zona 6)			
Bacino idrografico	V30 (m <sup>3</sup> )	V200 (m <sup>3</sup> )	V500 (m <sup>3</sup> )
A	8896	13443	15640

**Tabella 6**

<b>Coefficienti udometrici (VAPI, zona 6)</b>			
<b>Bacino idrografico</b>	<b>u30 (m<sup>3</sup>/s·km<sup>2</sup>)</b>	<b>u200 (m<sup>3</sup>/s·km<sup>2</sup>)</b>	<b>u500 (m<sup>3</sup>/s·km<sup>2</sup>)</b>
A	4.4	6.6	7.7

### 3 Analisi idraulica dello stato di fatto

Nella presente analisi idraulica sono illustrate le condizioni di deflusso del corso d'acqua che lambisce l'area di interesse.

L'analisi è stata effettuata mediante l'utilizzo del modello idrodinamico monodimensionale HEC-RAS dello US Army Corps of Engineers. Per ragioni cautelative le portate, immesse come condizioni al contorno di monte all'interno del modello, sono state considerate costanti nel tempo e le simulazioni sono state condotte in condizioni di moto permanente.

I tempi di ritorno utilizzati, pari a 30, 200 e 500 anni, corrispondono ai tempi di ritorno di riferimento per la delimitazione delle aree ad "alta" (AP), "media" (MP) e "bassa" (BP) pericolosità idraulica del PAI.

All'interno del modello di calcolo sono state inserite le seguenti informazioni:

- geometria dei corsi d'acqua;
- portate di piena;
- condizioni al contorno;
- coefficienti di scabrezza.

#### 3.1 Geometria del modello idrodinamico

Per gli scopi della presente analisi è stato utilizzato il DTM della Regione Puglia.

Tabella 7

Stato di fatto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
A1	-1	0.00	125.00	60.33	0.0017
A2	-2	125.00	88.00	60.11	-0.0001
A3	-3	213.00	84.00	60.12	0.0006
A4	-4	297.00	57.75	60.07	0.0003
A5	-5	354.75	66.17	60.06	0.0014
A6	-6	420.92	0.00	59.96	0.0009

Nella figura seguente è presente la planimetria dell'area in esame con l'indicazione delle tracce delle sezioni trasversali utilizzate.

Le sezioni trasversali sono state riportate nella tabella precedente con l'indicazione del nome della sezione inserito nel modello ("station") delle distanze parziali e progressive, delle quote di fondo e delle pendenze.

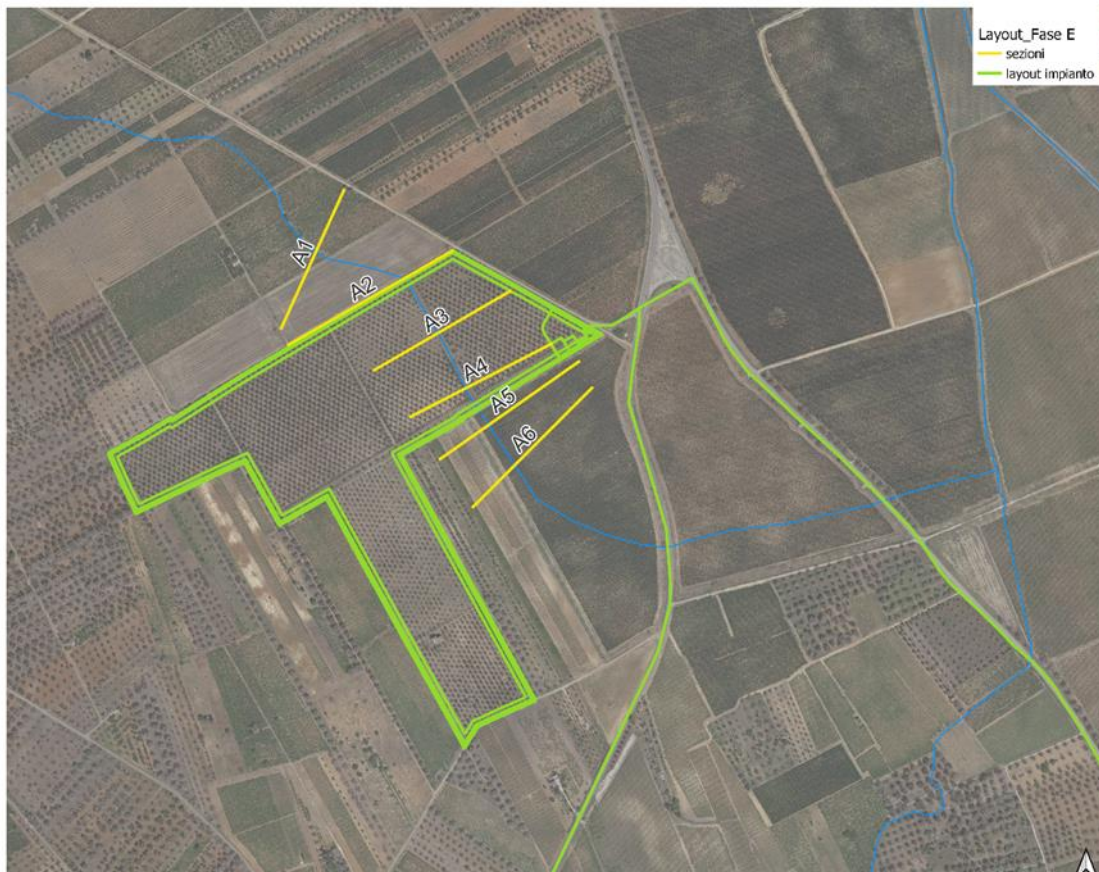


Figura 5: Planimetria del corso d'acqua analizzato con individuazione delle sezioni trasversali

## 3.2 Portata di piena

Come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nella precedente analisi idrologica (cfr. la precedente Tabella 4).

Come precisato in precedenza, le portate sono state considerate, per ragioni cautelative, costanti nel tempo e le simulazioni sono state condotte in condizioni di moto permanente.

## 3.3 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno, necessarie per l'esecuzione di simulazioni idrodinamiche con il modello, sono le seguenti:

- condizione al contorno di monte: scala di deflusso in moto uniforme della corrente con una pendenza pari a quella media del ramo rilevato;
- condizione al contorno di valle: scala di deflusso in moto uniforme della corrente con una pendenza pari a quella media del ramo rilevato.

## 3.4 Parametri di scabrezza

Come parametro di scabrezza è stato utilizzato un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a  $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  (corrispondente ad un coefficiente secondo Manning pari a  $0.050 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ ).

Tale coefficiente è stato determinato in base a quanto stabilito nelle tabelle parametriche riportate all'interno del "Manuale dell'Ingegnere" (83<sup>a</sup> edizione, Nuovo Colombo, Hoepli, 2001) in corrispondenza di "piccoli corsi di pianura, puliti, diritti e senza ristagni d'acqua".

### **3.5 Risultati delle simulazioni della configurazione pre intervento**

Come già anticipato in precedenza, le simulazioni sono state effettuate utilizzando il modello di calcolo HEC-RAS dello US Army Corps of Engineers. Tali simulazioni sono state effettuate, per ragioni cautelative, in regime di moto permanente della corrente.

Si è anche verificato come tali condizioni risultino molto cautelative dato che, in caso di simulazioni non stazionarie, i livelli di pelo libero riscontrabili siano nettamente inferiori a causa del fenomeno della laminazione dei colmi di piena.

Nelle figure seguenti, in particolare, sono mostrati il profilo longitudinale e le planimetrie delle aree allagabili del tratto di impluvio analizzato, mentre nella tabella seguente sono presenti tutti i valori numerici ottenuti dal modello nella configurazione pre intervento.

Per la delimitazione delle aree allagabili per gli eventi con i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, in particolare, è stato utilizzato il DTM della Regione Puglia.

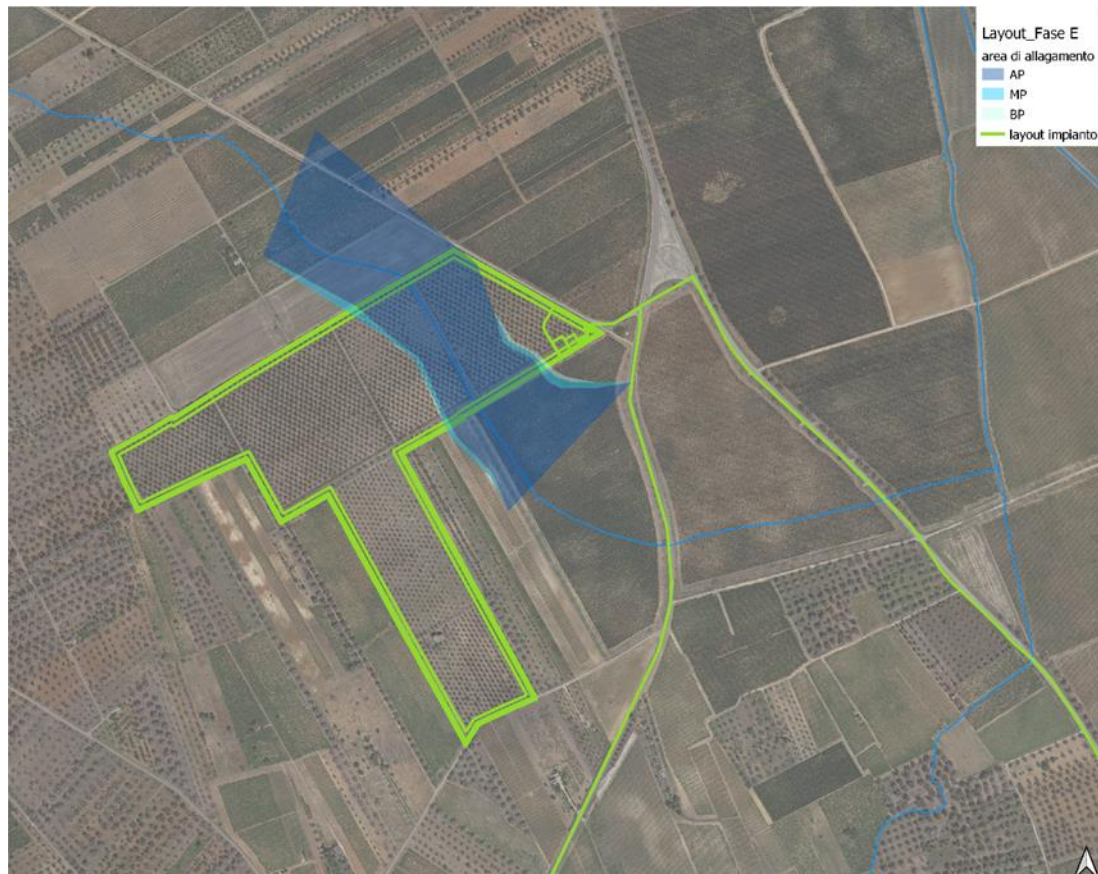
La metodologia seguita, ripetuta per ciascun evento di piena, è la seguente:

- in base ai risultati forniti dal modello idrodinamico monodimensionale sono stati assegnati i valori dei livelli di pelo libero a ciascuna sezione trasversale;
- è stato realizzato un TIN ("triangulated irregular network", rete irregolare di triangoli) in grado di rappresentare la superficie del pelo libero;
- il TIN precedente è stato convertito in GRID delle stesse dimensioni del DTM;
- è stata effettuata una sottrazione, cella per cella, tra il GRID della superficie del pelo libero e il DTM in modo da ottenere il GRID delle altezze d'acqua.

Stato di fatto - T = 30 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m <sup>2</sup> )	Tensione di parete (N/m <sup>2</sup> )	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	60.33	1.9	60.45	0.12	90.88	0.25	7.50	3.61	0.28
A2	-2	125.00	60.11	1.9	60.45	0.34	110.71	0.10	18.20	0.49	0.08
A3	-3	213.00	60.12	1.9	60.32	0.20	101.46	0.16	12.15	1.22	0.14
A4	-4	297.00	60.07	1.9	60.25	0.18	140.41	0.12	15.41	0.70	0.11
A5	-5	354.75	60.06	1.9	60.17	0.11	163.26	0.17	11.58	1.40	0.19
A6	-6	420.92	59.96	1.9	60.09	0.13	191.85	0.12	15.93	0.73	0.13
Stato di fatto - T = 200 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m <sup>2</sup> )	Tensione di parete (N/m <sup>2</sup> )	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	60.33	2.9	60.50	0.17	104.07	0.25	11.80	3.06	0.23
A2	-2	125.00	60.11	2.9	60.40	0.29	118.47	0.13	22.72	0.69	0.09
A3	-3	213.00	60.12	2.9	60.35	0.23	110.21	0.18	15.77	1.59	0.16
A4	-4	297.00	60.07	2.9	60.27	0.20	147.65	0.16	18.31	1.08	0.14
A5	-5	354.75	60.06	2.9	60.19	0.13	176.08	0.20	15.05	1.78	0.20
A6	-6	420.92	59.96	2.9	60.12	0.16	200.18	0.14	20.88	0.92	0.13
Stato di fatto - T = 500 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m <sup>2</sup> )	Tensione di parete (N/m <sup>2</sup> )	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	60.33	3.4	60.52	0.19	109.42	0.25	13.74	3.00	0.22
A2	-2	125.00	60.11	3.4	60.42	0.31	121.58	0.14	25.06	0.76	0.10
A3	-3	213.00	60.12	3.4	60.37	0.25	113.49	0.19	17.64	1.69	0.16
A4	-4	297.00	60.07	3.4	60.28	0.21	152.63	0.17	20.39	1.16	0.14
A5	-5	354.75	60.06	3.4	60.21	0.15	182.79	0.21	17.13	1.83	0.20
A6	-6	420.92	59.96	3.4	60.13	0.17	203.00	0.15	23.11	1.00	0.14

Tabella 8

Nella figura successiva è mostrata la perimetrazione della pericolosità idraulica per i tre tempi di ritorno considerati. Tali tempi di ritorno, in linea con il PAI Puglia, corrispondono rispettivamente alle aree ad alta (AP: T = 30 anni), media (MP: T = 200 anni) e bassa (BP: T = 500 anni) pericolosità idraulica.



**Figura 6: Planimetria delle aree allagabili nella configurazione pre intervento**

Nella figura precedente si nota come il lotto di intervento sia interessato dalle aree a pericolosità idraulica e pertanto non può essere occupato dai pannelli fotovoltaici.

Per garantire la salvaguardia degli stessi, tuttavia, è possibile prevedere dei minimi interventi di sistemazione idraulica in grado di incidere sulla capacità di trasporto dell'impluvio in modo che tali opere non vengano interessate dal deflusso delle correnti in piena.



## 4 Interventi in progetto

Nel presente caso, si è osservato che il lotto di intervento risulta parzialmente lambito dalle aree a rischio idraulico generate dalla presenza dell'impluvio A, il quale non riesce a garantire un sufficiente contenimento delle portate.

Al fine di **ridurre il rischio idraulico** nella suddetta area e poter procedere alla messa in sicurezza del lotto in progetto, pertanto, risulta necessario ricalibrare la sezione del canale mediante una sezione trapezoidale in terra di opportune dimensioni in modo che risulti sufficiente a garantire un adeguato franco di sicurezza.

Ai fini di un corretto dimensionamento del canale in progetto si considera un valore di riferimento per il franco di sicurezza corrispondente a quello prescritto dalla "Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) del 2001 che prevede:

- il 50% dell'altezza utile se questa non supera i 40 cm;
- 20 cm se l'altezza utile è compresa tra i 40 e i 100 cm;
- il 20% dell'altezza utile se questa è superiore a 100 cm.

Per il **presente caso, essendo presenti dei valori di altezza utile uguale a 100 cm, si procede con la valutazione di un franco minimo di sicurezza di almeno 20 cm.**

A tal proposito si ricorda che, in caso di interventi progettuali maggiormente significativi, l'Autorità di Bacino Distrettuale ha previsto un franco di sicurezza pari a 100 cm (norma derivata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po) che, per il presente caso, si ritiene non necessario in quanto le portate in gioco risultano ben al di sotto della soglia stabilita dalla Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 7 del 21.01.2019 che suggerisce una sorta di "soglia di separazione" tra impluvi minori e maggiori perché recita:

*«Restano esclusi dal punto 5.1.2.3 della Norma i tombini, intendendosi per tombino un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m<sup>3</sup>/s.».*

È pacifico che tale indicazione riguardi gli attraversamenti stradali da realizzare al di sopra di corsi d'acqua naturali o artificiali, ma si ritiene opportuno, in assenza di un'indicazione analoga per la progettazione di canali a cielo aperto, considerarla anche per il presente caso.

Per gli scopi suddetti, pertanto, si prevede di dimensionare delle sezioni trapezoidali con una base minore di 4.00 m, un'altezza di 1.20 m e una pendenza delle sponde di 1/1.

Nella tabella successiva sono riportate le sezioni sulle quali effettuare gli interventi di risagomatura con le dimensioni di progetto verificate in condizioni di moto uniforme.

Tabella 9

Opera	Input				Altezza (m)	Fondo (m)	Progressiva (m)
	Pendenza (-)	Scabrezza (m <sup>1/2</sup> /s)	Base minore (m)	Base maggiore (m)			
Sezione A2	0.0017	33	4.00	6.40	1.20	60.11	125.00
Sezione A3	0.0005	33	4.00	6.40	1.20	60.07	213.00
Sezione A4	0.001	33	4.00	6.40	1.20	60.02	297.00
Sezione A5	0.0007	33	4.00	6.40	1.20	59.98	354.75

Tabella 10

Opera	Calcoli				Raggio idraulico (m)
	Franco di sicurezza (m)	Tirante idrico (m)	Pendenza di sponda (m/m)	Area (m <sup>2</sup> )	
Sezione A2	0.20	1.00	1.00	5.20	0.76
Sezione A3	0.20	1.00	1.00	5.20	0.76
Sezione A4	0.20	1.00	1.00	5.20	0.76
Sezione A5	0.20	1.00	1.00	5.20	0.76

Tabella 11

Output			
	Velocità media (m/s)	Portata defluita (m <sup>3</sup> /s)	Portata di progetto (m <sup>3</sup> /s)
Sezione A2	1.15	5.97	2.90
Sezione A3	0.59	3.04	2.90
Sezione A4	0.67	3.48	2.90
Sezione A5	0.75	3.90	2.90

Come è possibile vedere dalle tabelle sopra riportate, la risagomatura del canale con sezione trapezoidale di base minore 4.00 m, altezza di 1.20 m e pendenza delle sponde di 1/1, permette di contenere una portata maggiore di quella affluente dal bacino di riferimento. Si ottiene pertanto una riduzione dell'area a rischio idraulico e la possibilità di posizione i pannelli fotovoltaici anche nelle aree inizialmente escluse (cfr. Figura 7).

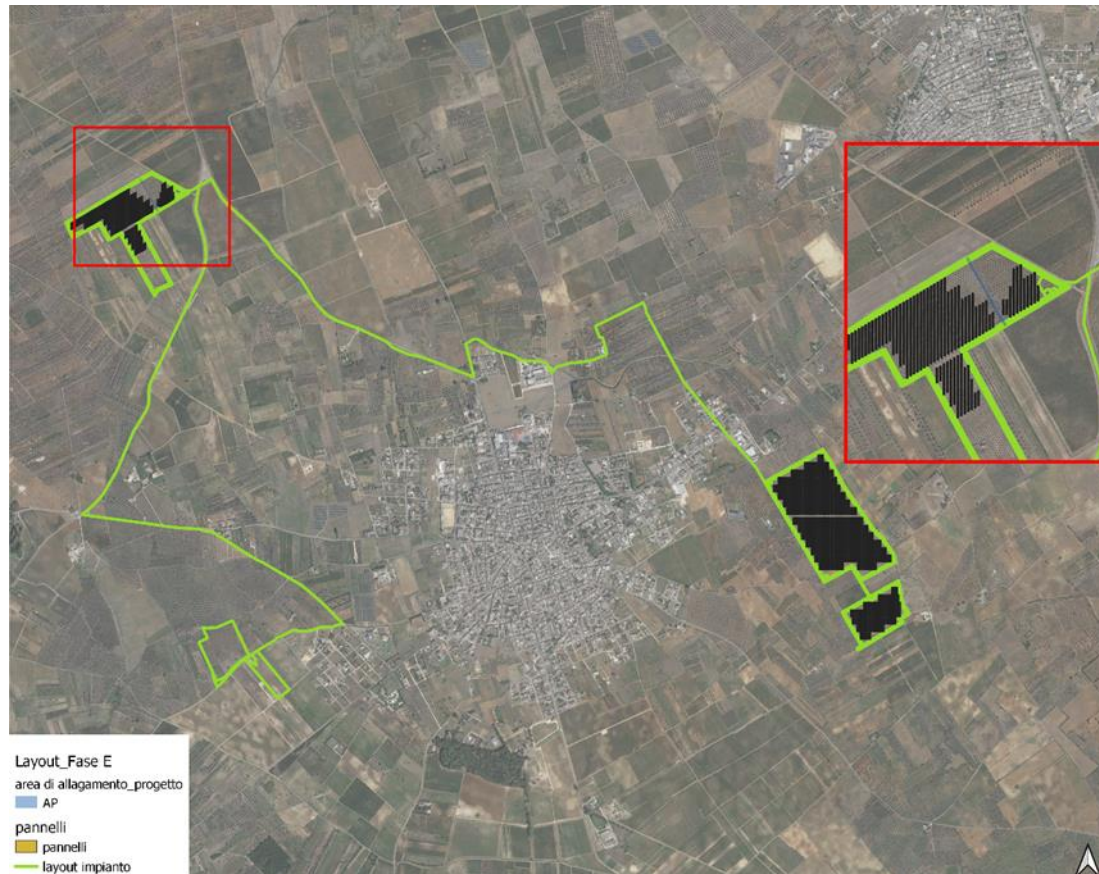


Figura 7: Planimetria delle aree allagabili nella configurazione post intervento

## 4.1 Canali perimetrali

La finalità della presente sezione è quella di valutare le condizioni di deflusso delle acque meteoriche superficiali che interferiscono con la realizzazione dell'opera. Di conseguenza, nella presente analisi idrologica sono state determinate le portate al colmo di piena mediante l'utilizzo, come si è già fatto precedentemente, del metodo VAPI Puglia in base alla presenza delle opere di drenaggio finalizzate alla migliore gestione delle acque di ruscellamento superficiale.

Di seguito si riporta una planimetria dei bacini e dei canali in progetto, i quali sono stati posizionati tenendo conto del buffer disponibile per le opere a servizio dell'impianto fotovoltaico e delle naturali pendenze del terreno, onde evitare deflussi in contropendenza. I bacini permettono di valutare le portate afferenti ai canali di monte, che allontanano le acque meteoriche dall'impianto sversandole direttamente in recettori finali o concavità naturali; mentre i canali di valle captano le acque che scorrono all'interno delle aree dell'impianto fotovoltaico.

Nella fattispecie per il lotto localizzato a sud-ovest i canali verranno convogliati verso un canale perimetrale esistente, risultato inadeguato, per dimensione e cattivo stato di manutenzione, a convogliare le portate.

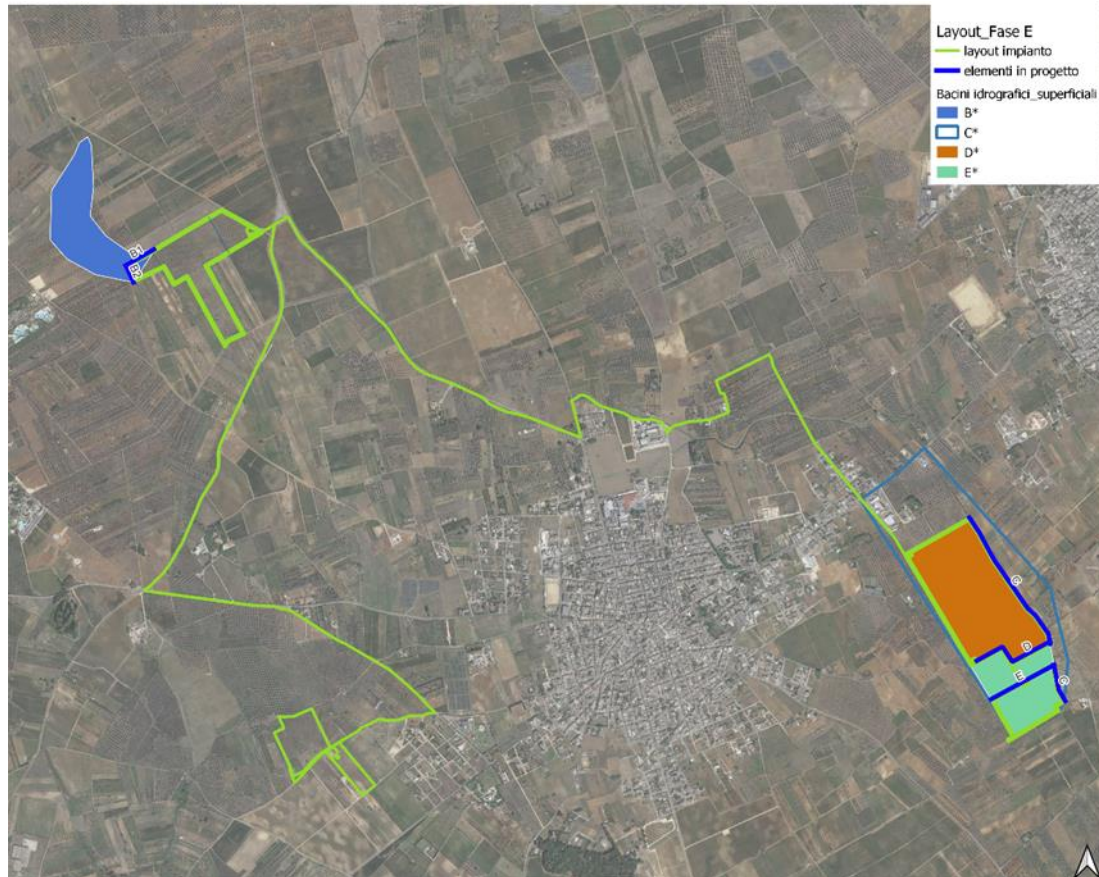


Figura 8: Canali in progetto

I valori di portata sono stati ricavati con le stesse modalità descritte nel capitolo 2, perciò di seguito si riportano i valori ottenuti.

Come anticipato in precedenza, le opere deputate alla gestione delle acque di ruscellamento superficiale sono costituite principalmente da canali di drenaggio necessari per attenuare le discontinuità presenti nell'area di impianto.

Tabella 12

Portate al colmo di piena (VAPI, zona 6)			
Bacino	Q30	Q200	Q500
idrografico	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
B*	1.3	1.9	2.2
C*	3.1	4.6	5.4
D*	2.7	4.2	4.8
E*	1.1	1.6	1.9

Per quanto riguarda il lotto situato a nord-ovest, sussiste la necessità di due piccoli canali situati nella parte ovest dell'impianto in quanto la parte più cospicua della portata viene a convogliarsi in corrisponde del canale A precedentemente dimensionato.

Mentre, per il secondo lotto più a sud, il canale C funge da recapito finale per il convogliamento delle acque superficiali.

Lo scopo della presente sessione consiste nel verificare le modalità di deflusso degli eventi di piena con i tempi di ritorno di riferimento e, di conseguenza, progettare delle canalette in terra di dimensioni opportune che risultino sufficienti a consentire il deflusso di tali eventi.

Per tali scopi, come fatto per il canale A, si è considerato un valore di riferimento per il franco di sicurezza corrispondente a quello prescritto dalla "Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane".

Nelle tabelle seguenti sono mostrate le verifiche idrauliche con il calcolo della capacità di drenaggio dei canali B1-B2-C-D-E con le dimensioni di progetto. Tali tabelle dimostrano che le portate di progetto, corrispondenti a quelle da smaltire e determinate precedentemente, risultano sempre inferiori a quelle defluibili in funzione delle dimensioni di progetto.

Ciò significa, pertanto, che la scelta delle dimensioni dei canali risulta correttamente verificata rispetto alle portate di progetto da smaltire, anche tenendo conto del suddetto franco di sicurezza stabilito dalla normativa di settore.

Opera	Input				
	Pendenza (-)	Scabrezza (m <sup>1/2</sup> /s)	Base minore (m)	Base maggiore (m)	Altezza (m)
Canaletta B1	0.013	30	1.00	3.0	1.00
Opera					
	Franco di sicurezza (m)	Tirante idrico (m)	Pendenza di sponda (m/m)	Area (m <sup>2</sup> )	Raggio idraulico (m)
Canaletta B1	0.20	0.80	1.00	1.44	0.44
Opera	Output				
	Velocità media (m/s)	Portata defluita (m <sup>3</sup> /s)	Portata di progetto (m <sup>3</sup> /s)	Numero di Froude (-)	Larghezza del pelo lib. (m)
Canaletta B1	2.00	2.89	1.90	0.53	2.60

Opera	Input				
	Pendenza (-)	Scabrezza (m <sup>1/2</sup> /s)	Base minore (m)	Base maggiore (m)	Altezza (m)
Canaletta B2	0.02	30	1.00	3.0	1.00
Opera					
	Franco di sicurezza (m)	Tirante idrico (m)	Pendenza di sponda (m/m)	Area (m <sup>2</sup> )	Raggio idraulico (m)
Canaletta B2	0.20	0.80	1.00	1.44	0.44
Opera	Output				
	Velocità media (m/s)	Portata defluita (m <sup>3</sup> /s)	Portata di progetto (m <sup>3</sup> /s)	Numero di Froude (-)	Larghezza del pelo lib. (m)
Canaletta B2	2.55	3.67	1.90	0.68	2.60

Opera	Input				Altezza (m)
	Pendenza (-)	Scabrezza (m <sup>1/2</sup> /s)	Base minore (m)	Base maggiore (m)	
Canaletta C	0.005	30	1.50	4.5	1.50
Opera	Input				Raggio idraulico (m)
	Franco di sicurezza (m)	Tirante idrico (m)	Pendenza di sponda (m/m)	Area (m <sup>2</sup> )	
Canaletta C	0.30	1.20	1.00	3.24	0.66
Opera	Output				Larghezza del pelo lib. (m)
	Velocità media (m/s)	Portata defluita (m <sup>3</sup> /s)	Portata di progetto (m <sup>3</sup> /s)	Numero di Froude (-)	
Canaletta C	1.59	5.14	4.60	0.34	3.90

Opera	Input				Altezza (m)
	Pendenza (-)	Scabrezza (m <sup>1/2</sup> /s)	Base minore (m)	Base maggiore (m)	
Canaletta D	0.004	40	1.00	4.0	1.50
Opera	Input				Raggio idraulico (m)
	Franco di sicurezza (m)	Tirante idrico (m)	Pendenza di sponda (m/m)	Area (m <sup>2</sup> )	
Canaletta D	0.30	1.20	1.00	2.64	0.60
Opera	Output				Larghezza del pelo lib. (m)
	Velocità media (m/s)	Portata defluita (m <sup>3</sup> /s)	Portata di progetto (m <sup>3</sup> /s)	Numero di Froude (-)	
Canaletta D	1.83	4.83	4.20	0.36	3.40

Opera	Input				Altezza (m)
	Pendenza (-)	Scabrezza (m <sup>1/2</sup> /s)	Base minore (m)	Base maggiore (m)	
Canaletta E	0.01	40	1.00	3.0	1.00
Opera	Input				Raggio idraulico (m)
	Franco di sicurezza (m)	Tirante idrico (m)	Pendenza di sponda (m/m)	Area (m <sup>2</sup> )	
Canaletta E	0.20	0.80	1.00	1.44	0.44
Opera	Output				Larghezza del pelo lib. (m)
	Velocità media (m/s)	Portata defluita (m <sup>3</sup> /s)	Portata di progetto (m <sup>3</sup> /s)	Numero di Froude (-)	
Canaletta E	1.76	2.54	1.60	0.47	2.60

## 5 Conclusioni

---

La presente relazione accompagna il progetto di realizzazione di un parco fotovoltaico da realizzarsi nel comune di Cellino San Marco (BR). I lotti di intervento sono situati a sud-est e a nord - ovest rispetto al centro abitato. Per la finalità della presente analisi si è tenuto conto della presenza di un impluvio che attraversa il lotto situato a nord-ovest; tale area risulta parzialmente ad alta pericolosità idraulica. Dunque, è stato realizzato il presente studio di compatibilità idrologica ed idraulica che, in seguito ad un opportuno rilievo topografico del ramo di interesse, ne ha analizzato compiutamente i regimi di deflusso nonché l'effettiva estensione delle aree allagabili in modo da verificare la compatibilità con l'intervento in progetto. Per garantire la salvaguardia dell'area, pertanto, è prevista la realizzazione di minimi interventi di sistemazione idraulica mediante la risagomatura della sezione del canale in modo che risulti sufficiente a garantire un adeguato franco di sicurezza.

Dopo aver analizzato le pendenze e le geometrie delle sezioni trasversali presenti nell'area di interesse, si è ritenuto opportuno analizzare l'apporto dell'aliquota di ruscellamento superficiale e pertanto progettare delle canalette in terra perimetrali capaci di convogliare le acque lontano dall'impianto verso recettori finali o concavità naturali. Nel caso di specie sono state dimensionate due canalette per la parte di impianto situato a nord-ovest (B1 e B2), entrambe con base minore 1 m e base maggiore 3 m, e tre canalette (C, D e E) per la parte di impianto situata a sud- est con dimensioni rispettivamente di 1.5m per 4.5m, 1m per 4m e 1m per 3m.

Le analisi idrologiche sono state condotte mediante l'utilizzo del metodo VAPI Puglia (come previsto all'interno del citato PAI) al fine di stabilire le portate al colmo di piena per eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, mentre le analisi idrauliche sono state effettuate grazie all'utilizzo del modello idrodinamico monodimensionale HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*.