



REGIONE
PUGLIA



PROVINCIA
DI BARI



COMUNE
DI TORITTO



COMUNE
DI PALO DEL COLLE



COMUNE
DI GRUMO APPULA

REALIZZAZIONE DI IMPIANTO AGRIVOLTAICO DESTINATO AL PASCOLO DI OVINI E PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE FOTOVOLTAICA DA UBICARSI IN AGRO DI TORITTO (BA) DELLA POTENZA DI CIRCA 30 MW E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI TRASMISSIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA NAZIONALE (RTN) MEDIANTE CAVIDOTTO IN MEDIA TENSIONE COLLEGATO ALLA STAZIONE RTN PALO DEL COLLE (BA) ED IMPIANTO DI PRODUZIONE E DISTRIBUZIONE DI IDROGENO IN AGRO DI GRUMO APPULA (BA) ALIMENTATO DALLO STESSO IMPIANTO FV

Potenza nominale cc: 30,38 MWp - Potenza in immissione ca: 29,97 MVA

ELABORATO

RELAZIONE IDRAULICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello progetto	Codice pratica	Documento	Codice elaborato	n° foglio	n° tot. fogli	Nome file	Data	Scala
PD	--	R	2.19_04	-	-	R_2.19_04_RELIDRAUL.pdf	02/2022	n.a.

REVISIONI

Rev. n°	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	02/02/2022	1° Emissione	MNA	LZU	GZU

PROGETTAZIONE:

MATE System Unipersonale S.r.l.

Via Papa Pio XII, n.8 | 70020 - Cassano delle Murge (BA)

tel. +39 080 3072072

mail: info@matesystemsrl.it | pec: matesystem@pec.it



F4 INGEGNERIA

Via Di Giura - Centro Direzionale, 85100 Potenza

tel. +39 0971 1944797 - Fax +39 0971 55452

mail: info@f4ingegneria.it pec: f4ingegneria@pec.it



DIRITTI Questo elaborato è di proprietà della Banzi Solare 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:
BANZI SOLARE S.R.L.
S.P 238 Km 52.500
ALTAMURA

PARTNERSHIP:





Sommario

<u>1</u>	<u>Premessa</u>	<u>2</u>
<u>2</u>	<u>Analisi idraulica dello stato di fatto</u>	<u>4</u>
2.1	Geometria del modello idrodinamico	4
2.2	Portate di piena	6
2.3	Condizioni al contorno	6
2.4	Parametri di scabrezza	6
2.5	Risultati delle simulazioni nella configurazione pre intervento	6
<u>3</u>	<u>Interventi in progetto</u>	<u>16</u>
3.1	Tombini scatoari	18
<u>4</u>	<u>Analisi idraulica dello stato di progetto</u>	<u>21</u>
4.1	Geometria del modello idrodinamico	21
4.2	Portate al colmo di piena	22
4.3	Condizioni al contorno	22
4.4	Risultati della simulazione nella configurazione dello stato di progetto	22
<u>5</u>	<u>Conclusioni</u>	<u>27</u>



1 Premessa

La presente relazione idraulica è redatta a corredo del progetto finalizzato alla realizzazione di impianto agrifotovoltaico destinato a pascolo di ovini e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Toritto (BA) incluse le relative opere di connessione alla RTN nel Comune di Palo del Colle (BA) e di impianto di produzione e distribuzione di idrogeno verde in area industriale dismessa nel Comune di Grumo Appula (BA) alimentato dallo stesso impianto fotovoltaico.

A monte di tale studio è stata condotta una preliminare analisi idrologica volta a determinare, tramite l'utilizzo del metodo VAPI Puglia, le portate al colmo di piena per gli impluvi in prossimità delle opere in progetto.

Le portate al colmo di piena, riportate all'interno della "Relazione idrologica", 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.

Nella figura seguente si mostra una planimetria su base ortofoto dell'area oggetto di interesse.



REG. PUGLIA – PROV. DI BARI – COMUNI DI TORITTO, PALO DEL COLLE, GRUMO APPULA
Realizzazione di impianto agrifotovoltaico destinato a pascolo di ovini e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Toritto (BA) incluse le relative opere di connessione alla RTN nel Comune di Palo del Colle (BA) e di impianto di produzione e distribuzione di idrogeno verde in area industriale dismessa nel Comune di Grumo Appula (BA) alimentato dallo stesso impianto fotovoltaico

RELAZIONE IDRAULICA

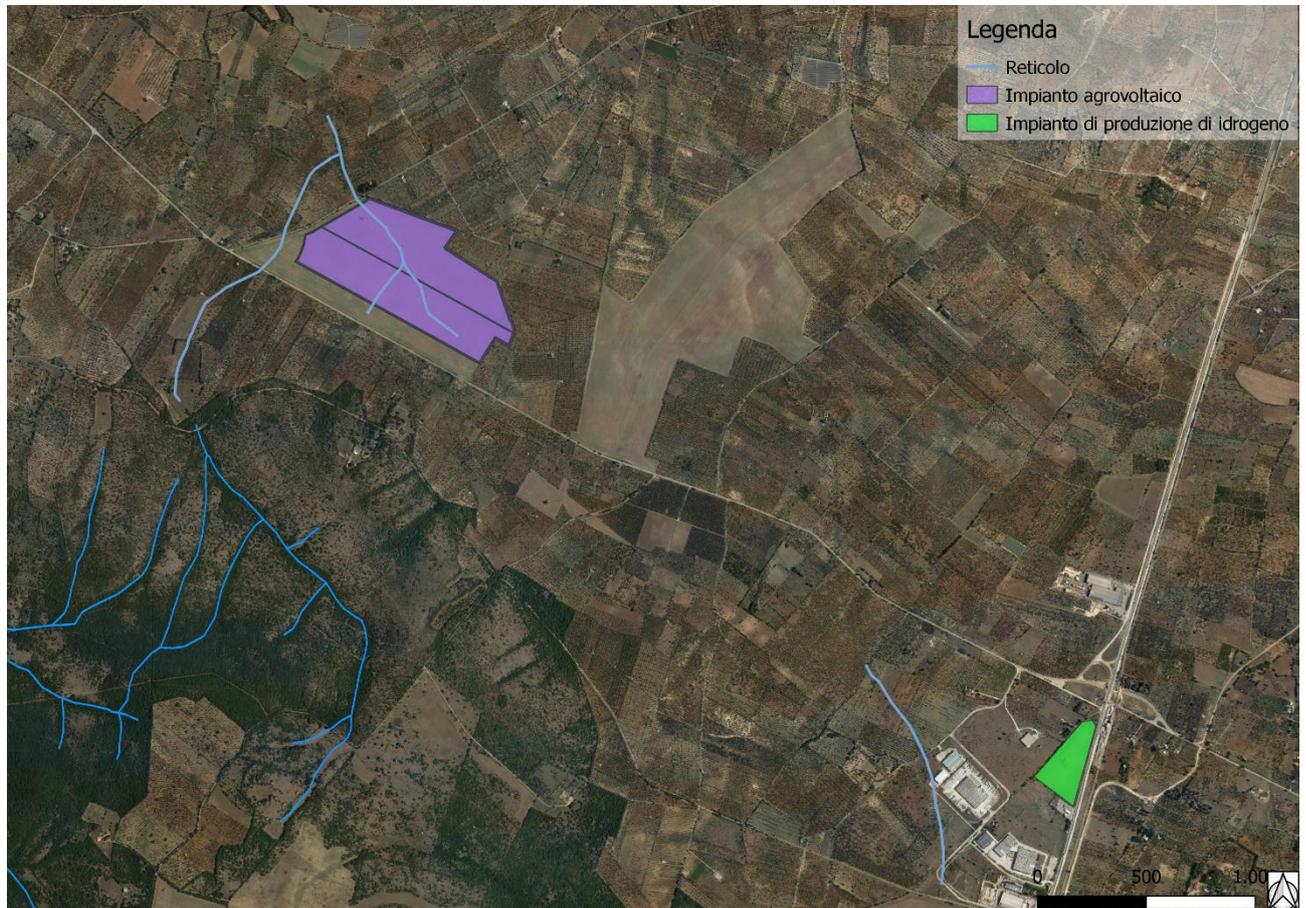


Figura 1: Planimetria su base ortofoto dell'area oggetto di interesse



2 Analisi idraulica dello stato di fatto

Nella presente analisi idraulica sono illustrate le condizioni di deflusso dei corsi d'acqua che attraversano l'area dell'impianto fotovoltaico e che risultano in prossimità dell'impianto ad idrogeno come riportato nella figura precedente.

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.

2.1 Geometria del modello idrodinamico

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

Stato di fatto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
A1	-1	0.00	447.53	354.66	0.0204
A2	-2	447.53	441.00	345.53	0.0165
A3	-3	888.53	478.85	338.27	0.0097
A4	-4	1,367.38	0.00	333.60	0.0154
B1	-1	0.00	251.05	343.38	0.0132
B2	-2	251.05	240.49	340.08	0.0079
B3	-3	491.53	207.61	338.18	0.0097
B4	-4	699.14	0.00	336.17	0.0103
C1	-1	0.00	377.78	362.25	0.0102
C2	-2	377.78	425.30	358.40	0.0088
C3	-3	803.08	0.00	354.65	0.0095

Tabella 1

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.

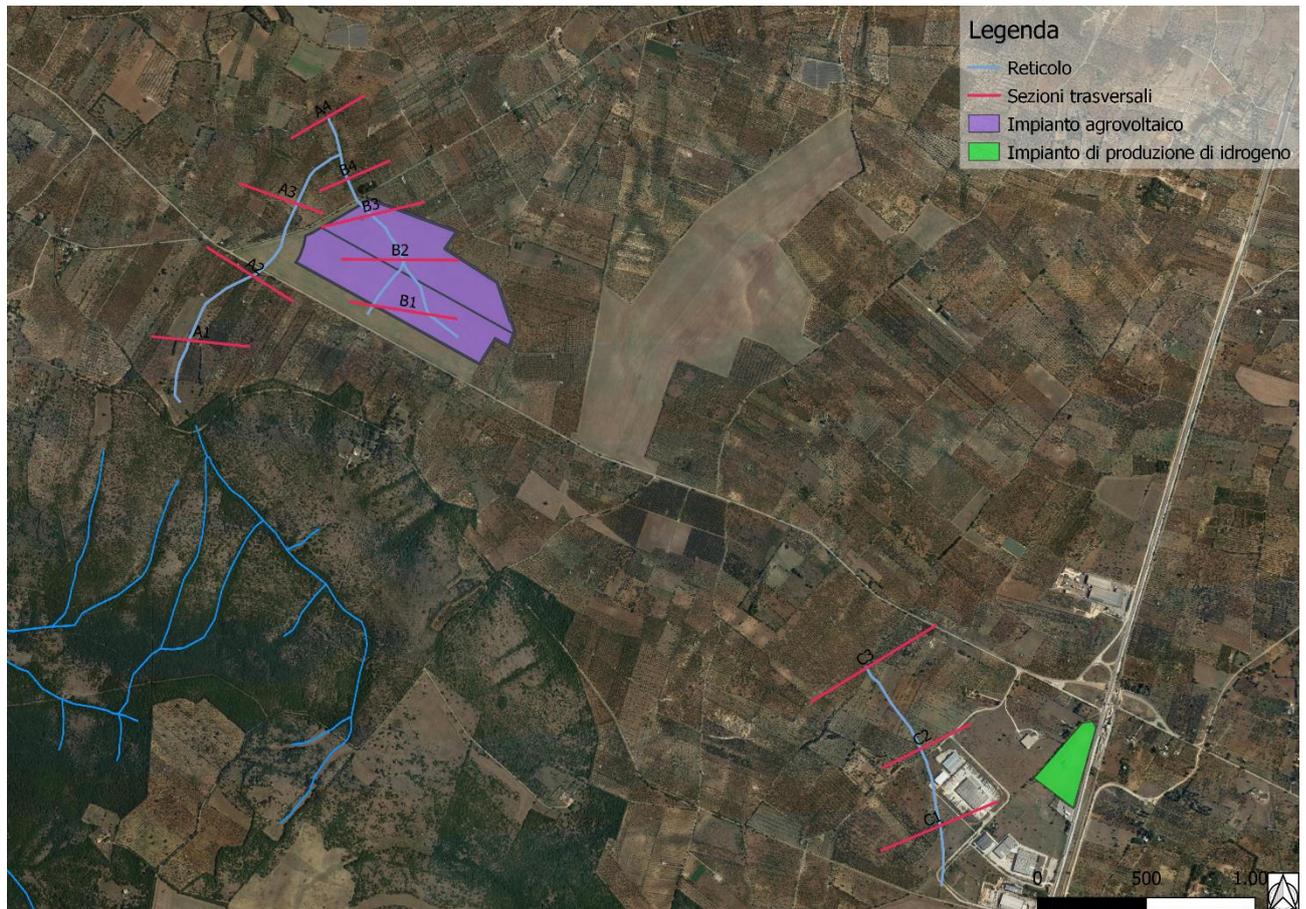


Figura 2: Planimetria con individuazione delle sezioni trasversali



2.2 Portate di piena

Come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nella precedente analisi idrologica (cfr. "Relazione idrologica").

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.

Portate al colmo di piena (VAPI, zona 5)			
Bacino idrografico	Q30 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Bacino A	15.3	23.1	26.8
Bacino B	5.7	8.7	10.1
Bacino C	9.8	14.8	17.2

Tabella 2

2.3 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.

2.4 Parametri di scabrezza

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

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

2.5 Risultati delle simulazioni nella 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 ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	354.66	15.3	355.14	0.48	89.22	0.59	19.05	23.79	0.50
A2	-2	447.53	345.53	15.3	345.78	0.25	102.49	1.15	13.36	63.41	1.01
A3	-3	888.53	338.27	15.3	338.86	0.59	44.92	0.88	17.33	26.24	0.45
A4	-4	1,367.38	333.60	15.3	334.07	0.47	48.98	1.08	14.12	43.56	0.64
B1	-1	0.00	343.38	5.7	343.62	0.24	46.41	0.93	6.15	41.25	0.81
B2	-2	251.05	340.08	5.7	340.43	0.35	43.66	0.60	9.51	14.64	0.41
B3	-3	491.53	338.18	5.7	338.49	0.31	36.86	0.71	8.03	20.53	0.49
B4	-4	699.14	336.17	5.7	336.50	0.33	33.67	0.73	7.77	21.50	0.49
C1	-1	0.00	362.25	9.8	362.57	0.32	87.09	0.69	14.12	21.65	0.55
C2	-2	377.78	358.40	9.8	358.91	0.51	45.65	0.74	13.19	20.46	0.44
C3	-3	803.08	354.65	9.8	355.05	0.40	81.72	0.65	14.97	18.51	0.49

Tabella 3



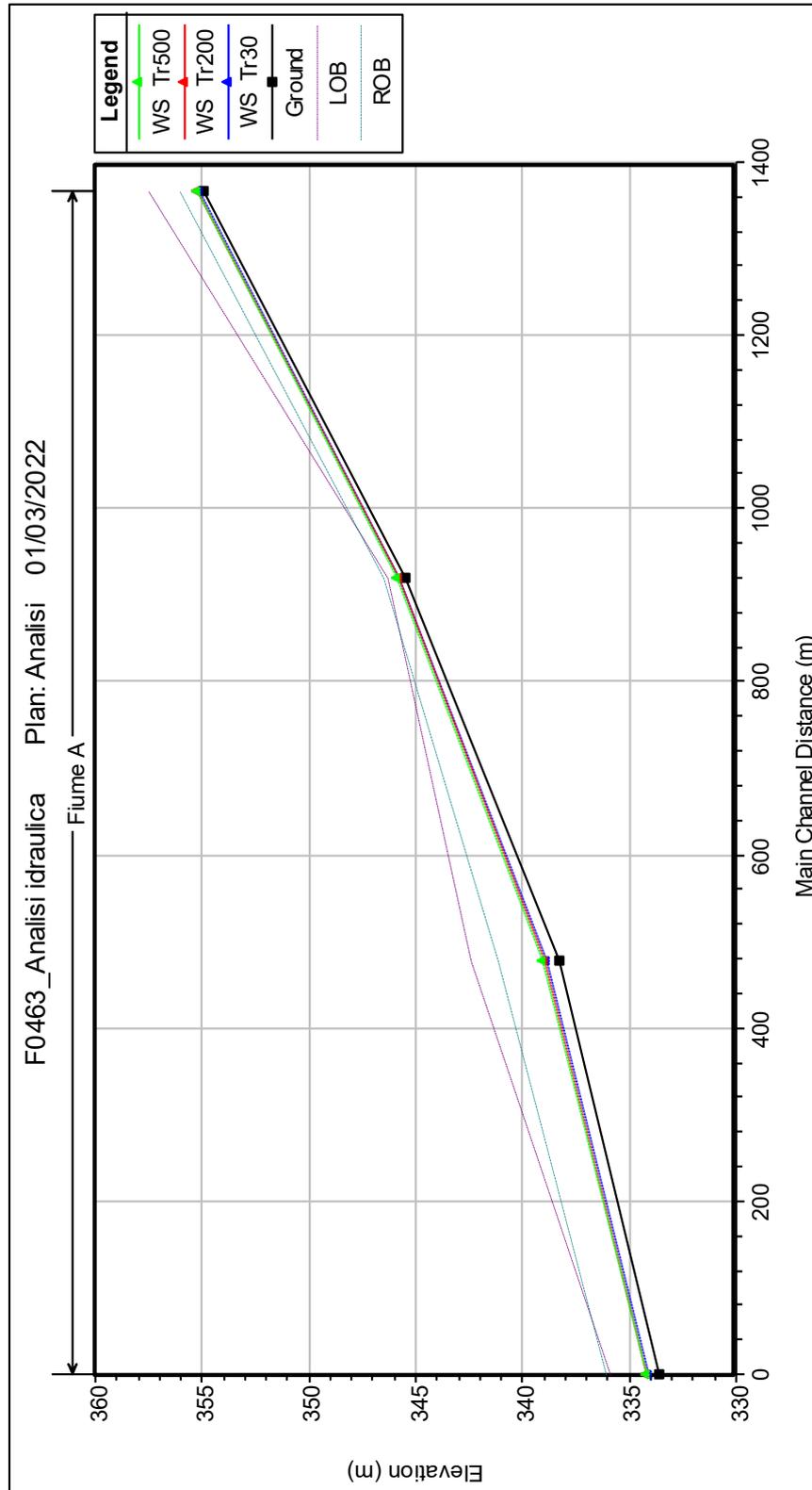
Stato di fatto - T = 200 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	354.66	23.1	355.21	0.55	98.81	0.71	25.33	29.57	0.53
A2	-2	447.53	345.53	23.1	345.82	0.29	112.84	1.27	18.14	73.16	1.01
A3	-3	888.53	338.27	23.1	338.98	0.71	49.40	1.00	22.99	31.93	0.47
A4	-4	1,367.38	333.60	23.1	334.17	0.57	55.12	1.22	18.96	51.93	0.66
B1	-1	0.00	343.38	8.7	343.66	0.28	51.11	1.05	8.31	49.20	0.83
B2	-2	251.05	340.08	8.7	340.50	0.42	48.10	0.68	12.73	17.85	0.42
B3	-3	491.53	338.18	8.7	338.56	0.38	41.13	0.80	10.84	24.65	0.50
B4	-4	699.14	336.17	8.7	336.58	0.41	38.06	0.83	10.52	25.74	0.50
C1	-1	0.00	362.25	14.8	362.62	0.37	93.30	0.79	18.85	25.76	0.56
C2	-2	377.78	358.40	14.8	359.00	0.60	50.53	0.85	17.51	24.93	0.46
C3	-3	803.08	354.65	14.8	355.10	0.45	89.77	0.74	19.90	22.40	0.50

Tabella 4

Stato di fatto - T = 500 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	354.66	26.8	355.24	0.58	102.67	0.76	28.04	32.01	0.54
A2	-2	447.53	345.53	26.8	345.84	0.31	118.94	1.31	20.43	75.86	1.01
A3	-3	888.53	338.27	26.8	339.02	0.75	51.25	1.05	25.49	34.22	0.48
A4	-4	1,367.38	333.60	26.8	334.20	0.60	57.63	1.27	21.10	55.30	0.67
B1	-1	0.00	343.38	10.1	343.68	0.30	52.92	1.09	9.25	52.31	0.83
B2	-2	251.05	340.08	10.1	340.53	0.45	49.93	0.71	14.14	19.06	0.43
B3	-3	491.53	338.18	10.1	338.59	0.41	43.18	0.84	12.08	26.19	0.50
B4	-4	699.14	336.17	10.1	336.61	0.44	39.48	0.87	11.67	27.55	0.51
C1	-1	0.00	362.25	17.2	362.64	0.39	96.33	0.82	21.00	27.32	0.56
C2	-2	377.78	358.40	17.2	359.04	0.64	52.54	0.89	19.43	26.77	0.46
C3	-3	803.08	354.65	17.2	355.13	0.48	92.07	0.78	22.00	24.14	0.51

Tabella 5

Nelle figure successive sono mostrati i profili longitudinali e le mappe dei tiranti idrici, ricavate secondo la metodologia suddetta 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.



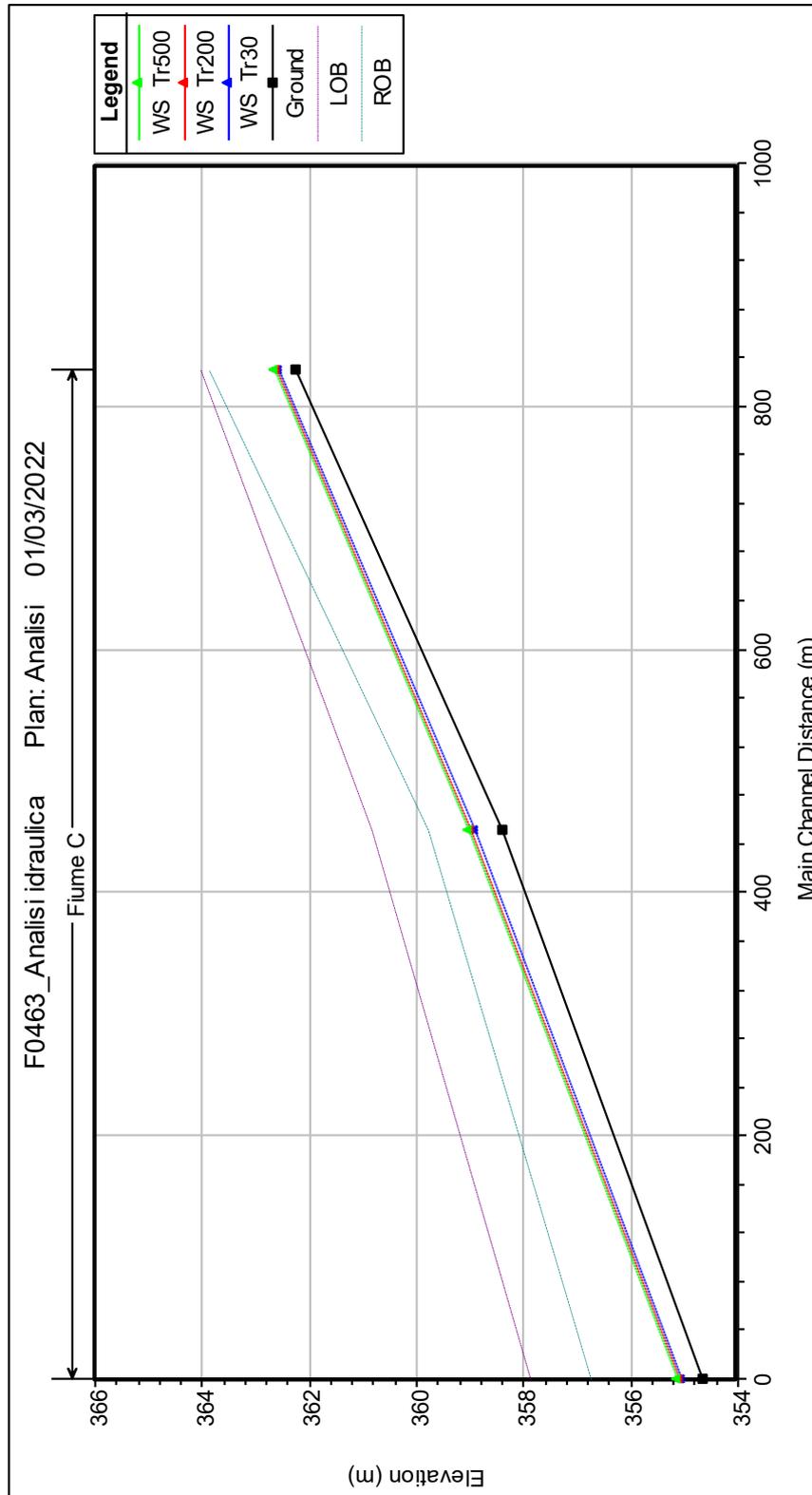


Figura 4: Profilo longitudinale impluvio C

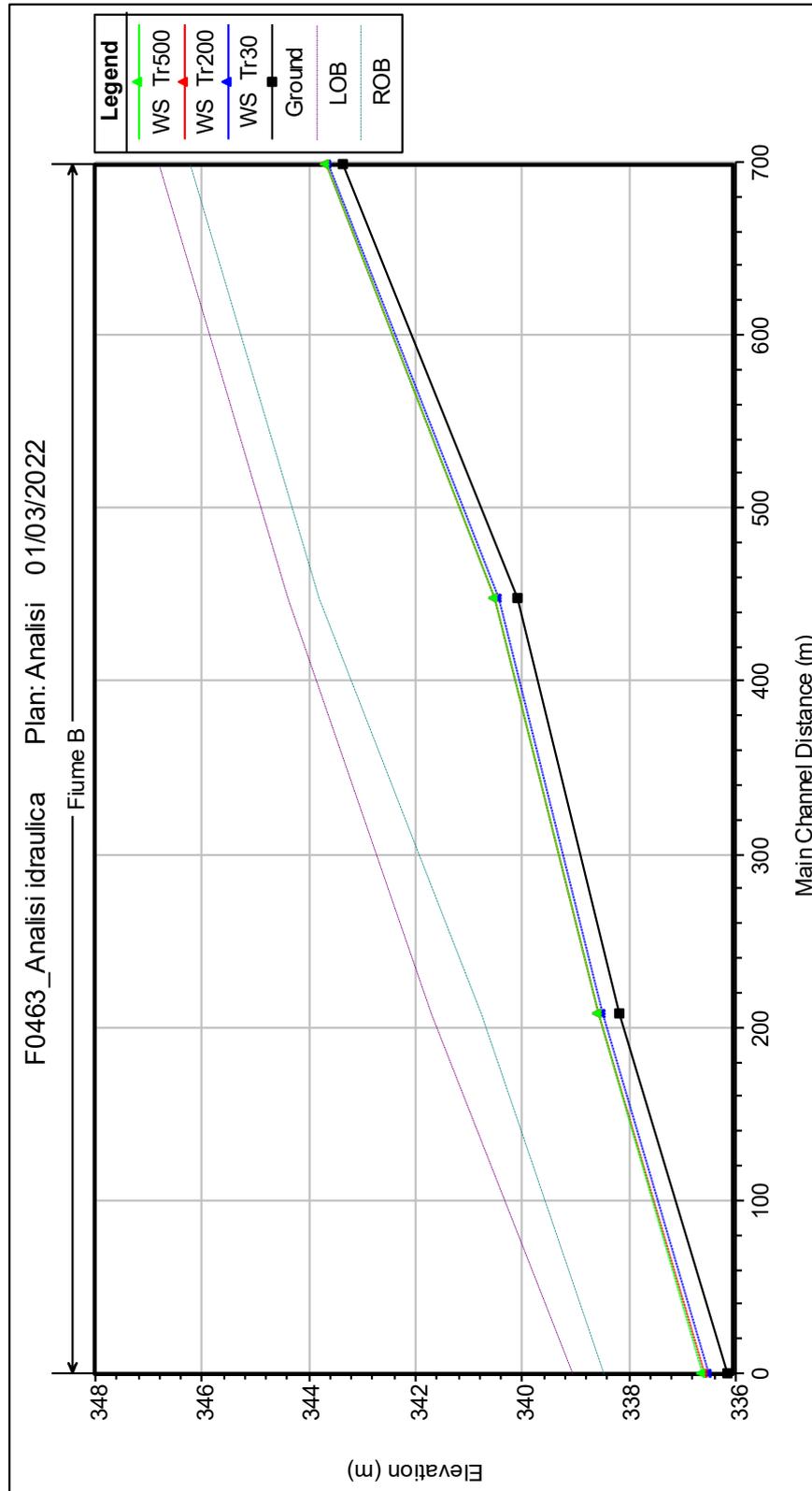


Figura 5: Profilo longitudinale impluvio B

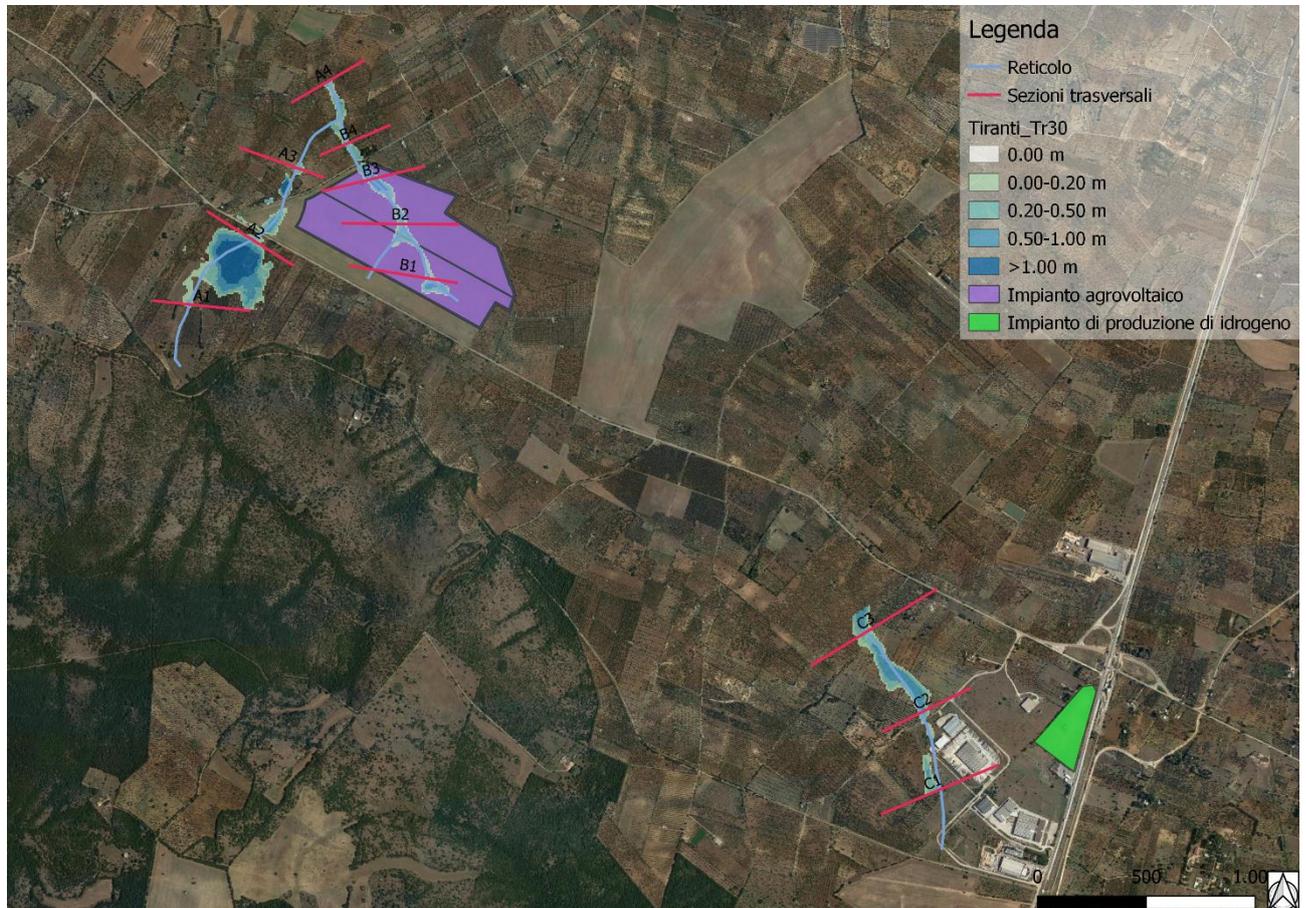


Figura 6: Planimetria con l'individuazione dei tiranti idrici per un tempo di ritorno di 30 anni

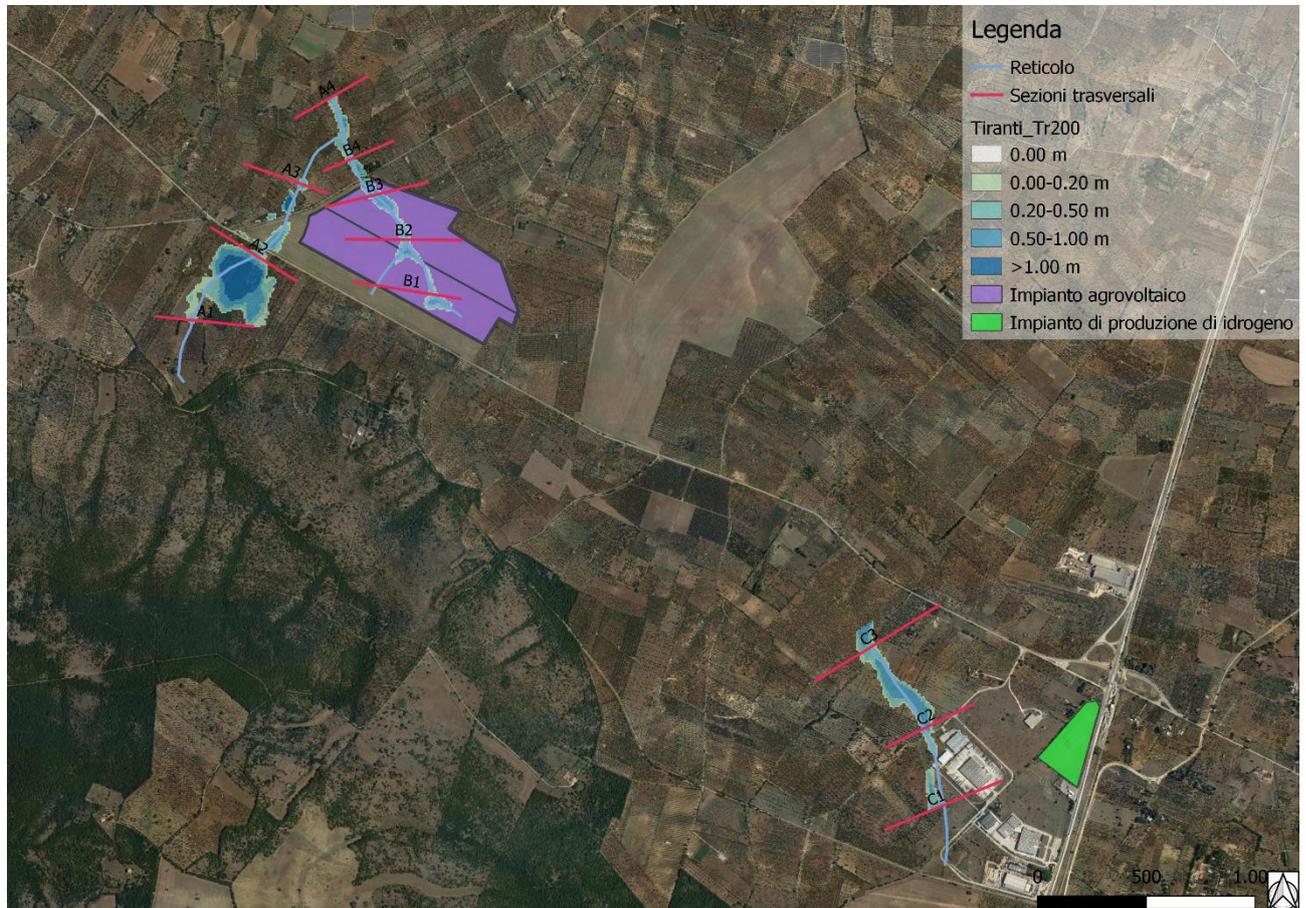


Figura 7: Planimetria con l'individuazione dei tiranti idrici per un tempo di ritorno di 200 anni

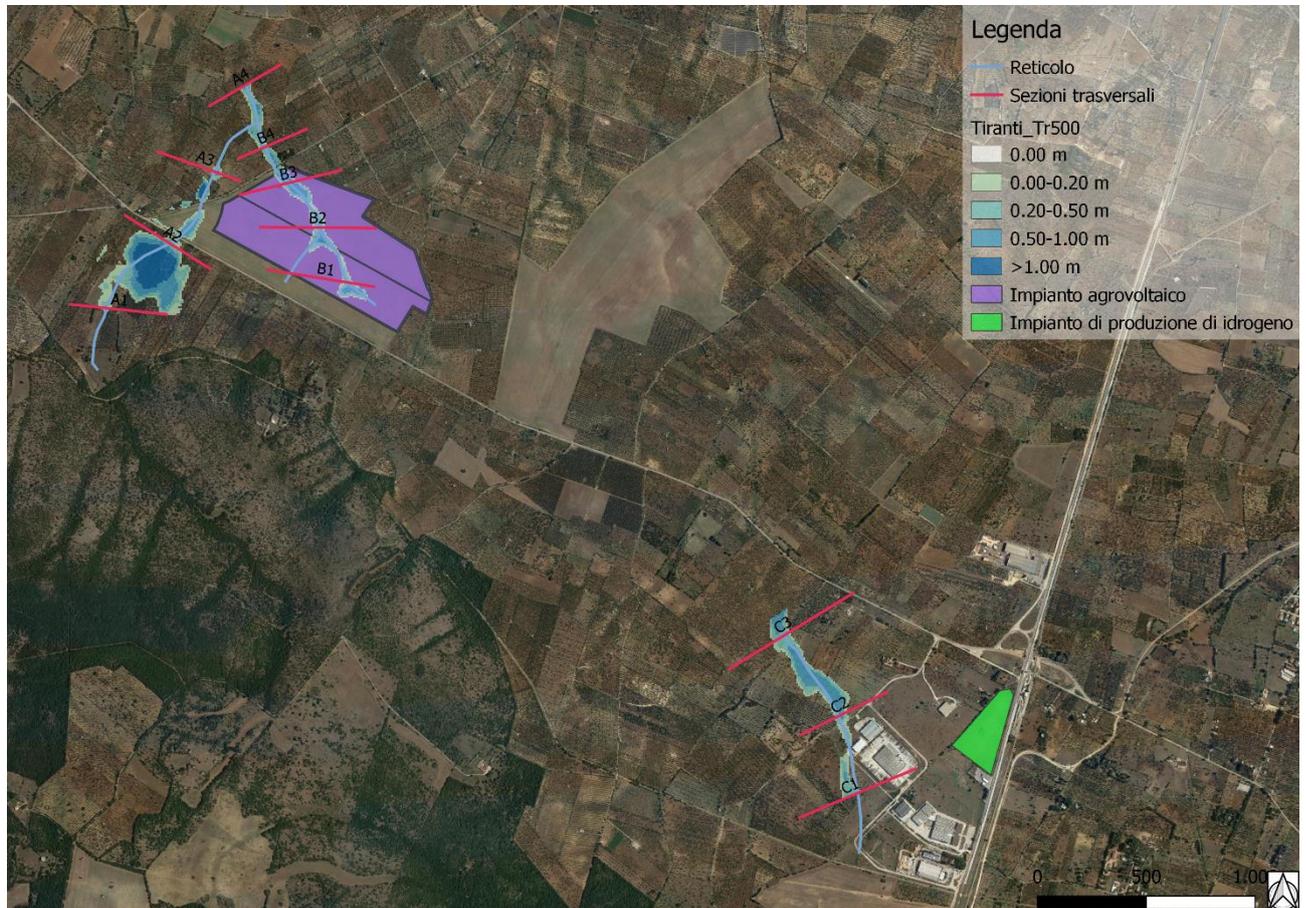


Figura 8: Planimetria con l'individuazione dei tiranti idrici per un tempo di ritorno di 500 anni

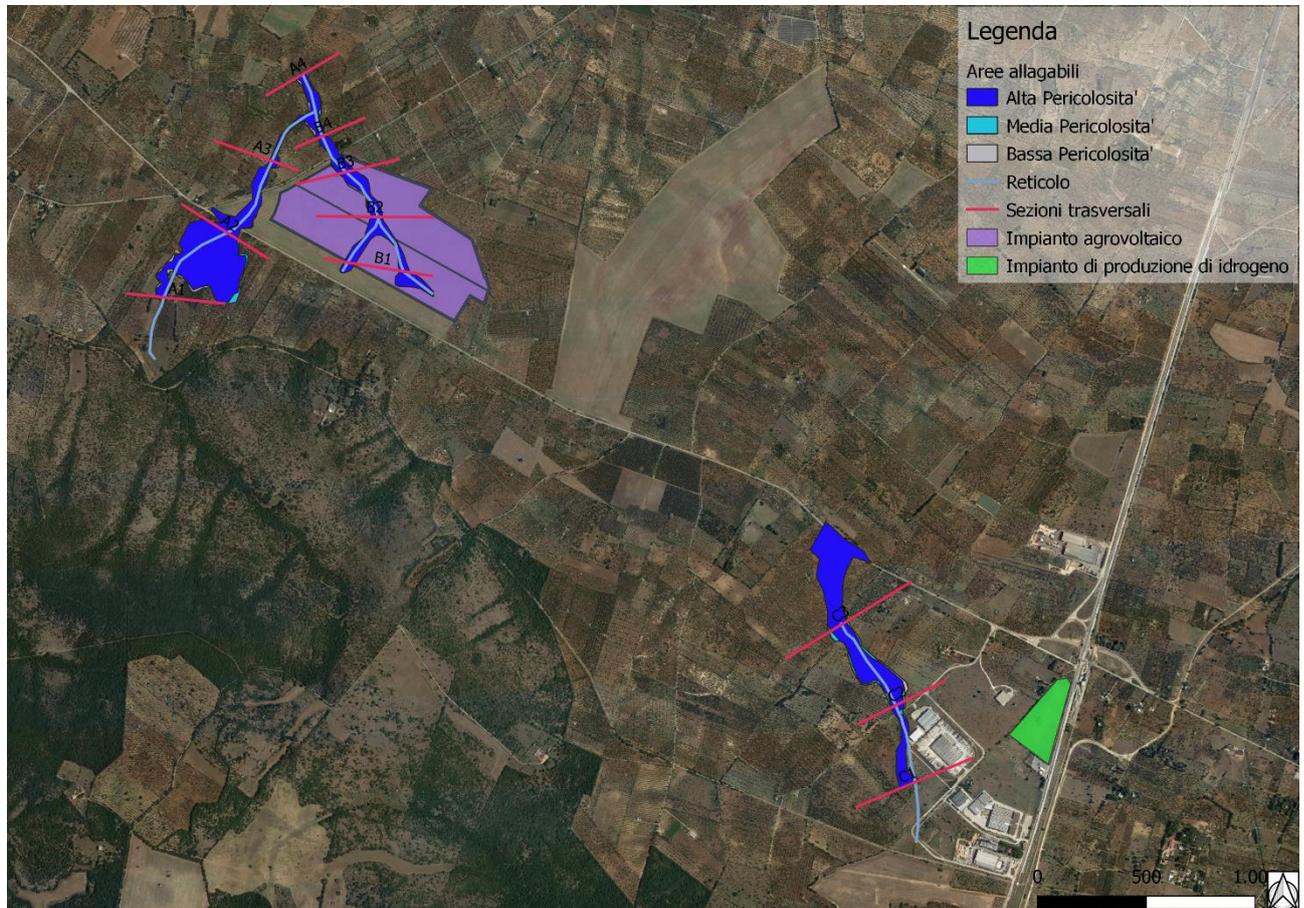


Figura 9: Planimetria delle aree allagabili

Nelle figure precedenti si nota come il lotto di interesse relativo all'impianto di idrogeno risulta essere esterno all'estensione delle aree allagabili e, ai sensi delle NTA del PAI, risulta in condizioni di sicurezza idraulica.

Per quanto riguarda, invece, l'impianto agrivoltaico, esso risulta essere attraversato dagli impluvi analizzati e soggetto all'estensione delle aree allagabili; pertanto sarà necessario predisporre degli interventi atti alla salvaguardia dell'impianto stesso.



3 Interventi in progetto

Come esplicitato nel paragrafo precedente, l'impianto agrovoltaico in progetto è attraversato da due rami del reticolo idrografico e, pertanto, risulta interessato dall'estensione delle aree allagabili per i tre tempi di ritorno di riferimento considerati.

Al fine di ridurre il rischio idraulico, risulta necessario ricalibrare le sezioni degli impluvi mediante una sezione trapezoidale in terra di opportune dimensioni in modo che risulti sufficiente a garantire un contenimento delle portate stesse.

Per tali scopi, quindi, 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" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (attualmente Ministero della Transizione Ecologica) 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.

In particolare, grazie all'analisi idrologica condotta nell'ambito della "Relazione idrologica" è stato possibile dimensionare una sezione tipo atta al contenimento delle portate di piena per un tempo di ritorno di almeno 200 anni con altezza pari a 1.20 m, base minore di 3.00 m e base maggiore di 5.40 m, di seguito una schematizzazione:

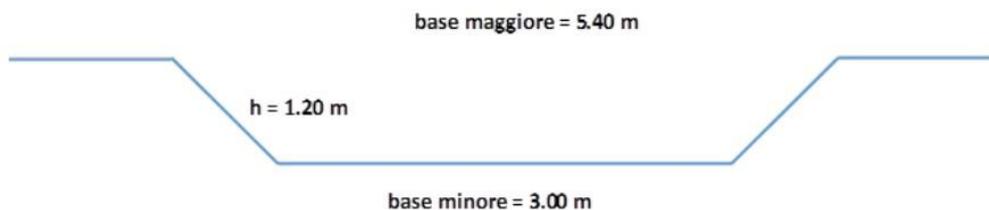


Figura 10: Sezione tipo di progetto

Tale soluzione si rende plausibile perché, visti i dislivelli dell'area, il tracciato del canale di progetto deve ricalcare quello dell'impluvio esistente, evitando così ingenti movimenti terra per deviarlo.

La risagomatura così fatta comporta di dover adeguare il percorso del canale ai sostegni dei tracker, che risultano avere tale interesse:

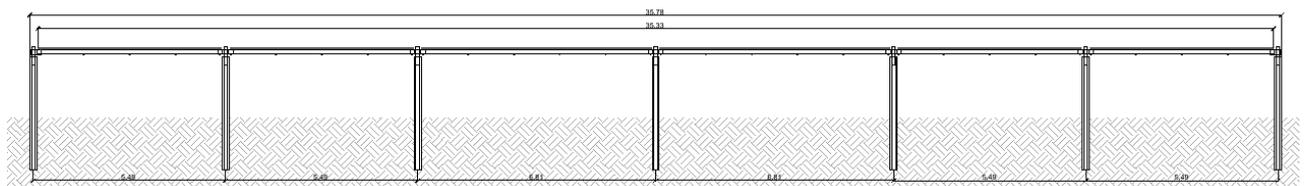


Figura 11: Sezione dei tracker di progetto



Nella tabella di seguito si riportano i valori utilizzati per un predimensionamento della suddetta sezione trapezoidale in moto uniforme.

Opera	Input				Altezza (m)
	Pendenza (-)	Scabrezza (m ^{1/2} /s)	Base minore (m)	Base maggiore (m)	
Impluvio interno	0.0103	30	3.00	5.40	1.20
Opera	Calcoli				Raggio idraulico (m)
	Franco di sicurezza (m)	Tirante idrico (m)	Pendenza di sponda (m/m)	Area (m ²)	
Impluvio interno	0.24	0.96	1.00	3.80	0.67
Opera	Output				Larghezza del pelo lib. (m)
	Velocità media (m/s)	Portata defluita (m ³ /s)	Portata di progetto (m ³ /s)	Numero di Froude (-)	
Impluvio interno	2.32	8.8	8.7	0.66	4.92

Tabella 6

Inoltre, si precisa che tali impluvi interferiscono con la viabilità di progetto dell'area e nei punti di intersezione, riportati nell'immagine di seguito, è necessario prevedere delle opere idrauliche di attraversamento quali tombini scatolari.

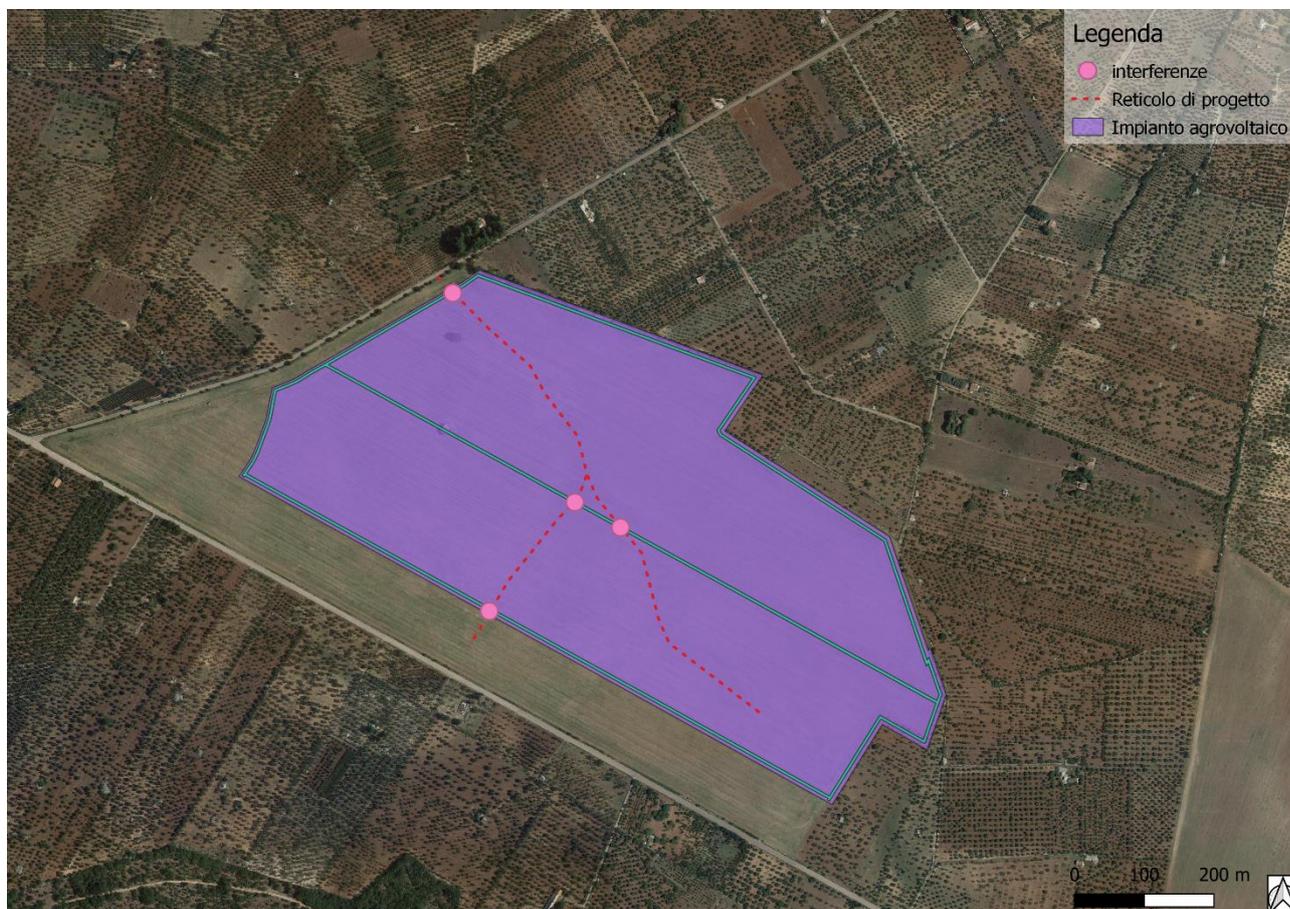


Figura 12: Planimetria delle interferenze tra il canale e la viabilità di progetto

3.1 Tombini scatoari

I tombini in progetto si rendono necessari al fine di risolvere le interferenze tra la viabilità di progetto e il reticolo idrografico.

A questo proposito si ricorda che il punto 5.1.2.3 del DM del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17.01.2018 (NTC 2018) prevede che:

«Il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, è da assumersi non inferiore a 1,50 m».

Si ricorda altresì che la Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 7 del 21.01.2019 precisa ulteriormente che:

«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 m³/s.».

In tali casi, pertanto, la medesima Circolare prevede, tra le altre, le seguenti indicazioni:



«- è da sconsigliare il frazionamento della portata fra più canne, tranne nei casi in cui questo sia fatto per facilitare le procedure di manutenzione, predisponendo allo scopo luci panconabili all'imbocco e allo sbocco e accessi per i mezzi d'opera;
- nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m;
- il calcolo idraulico è da sviluppare prendendo in considerazione le condizioni che si realizzano nel tratto del corso d'acqua a valle del tombino;
- il massimo rigurgito previsto a monte del tombino deve garantire il rispetto del franco idraulico nel tratto del corso d'acqua a monte;
- nel caso sia da temersi l'ostruzione anche parziale del manufatto da parte dei detriti galleggianti trasportati dalla corrente, è da disporre immediatamente a monte una varice presidiata da una griglia che consenta il passaggio di elementi caratterizzati da dimensioni non superiori alla metà della larghezza del tombino; in alternativa il tombino è da dimensionare assumendo che la sezione efficace ai fini del deflusso delle acque sia ridotta almeno alla metà di quella effettiva. È in ogni caso da garantire l'accesso in alveo ai mezzi necessari per le operazioni di manutenzione ordinaria o straordinaria da svolgere dopo gli eventi di piena;».

Per tali ragioni, pertanto, è stato condotto un dimensionamento semplificato dei tombini in progetto effettuate in condizioni di moto uniforme per ragioni cautelative.

Opera	Input			
	Pendenza (-)	Scabrezza (m ^{1/2} /s)	Base (m)	Altezza (m)
Impluvio interno	0.050	60	2.00	1.00
Opera	Calcoli			
	Franco di sicurezza (m)	Tirante idrico (m)	Area (m ²)	Raggio idraulico (m)
Impluvio interno	0.20	0.80	1.60	0.44
Opera	Output			
	Velocità media (m/s)	Portata defluita (m ³ /s)	Portata di progetto (m ³ /s)	Numero di Froude (-)
Impluvio interno	7.81	12.50	8.70	2.79

Tabella 7



REG. PUGLIA – PROV. DI BARI – COMUNI DI TORITTO, PALO DEL COLLE, GRUMO APPULA
Realizzazione di impianto agrifotovoltaico destinato a pascolo di ovini e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Toritto (BA) incluse le relative opere di connessione alla RTN nel Comune di Palo del Colle (BA) e di impianto di produzione e distribuzione di idrogeno verde in area industriale dismessa nel Comune di Grumo Appula (BA) alimentato dallo stesso impianto fotovoltaico

RELAZIONE IDRAULICA

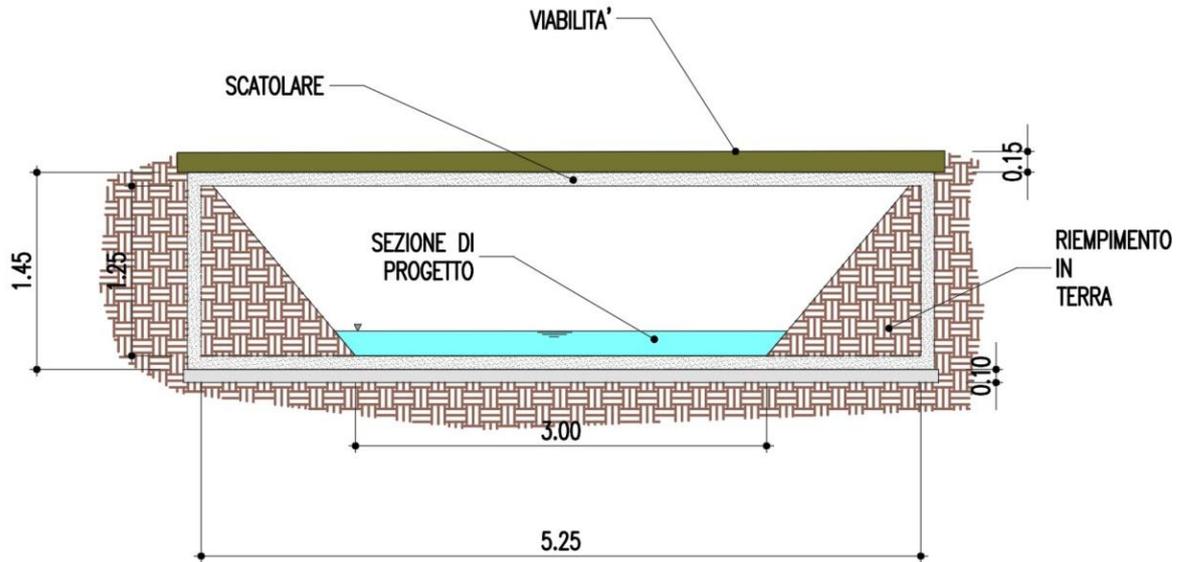


Figura 13: Sezione tipo con lo scatolare



4 Analisi idraulica dello stato di progetto

Nella presente analisi idraulica sono illustrate le condizioni di deflusso dei corsi d'acqua che considerano l'area di interesse in seguito agli interventi di progetto.

L'analisi idraulica, come per lo stato di fatto, 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 a pericolosità idraulica "alta pericolosità", "media pericolosità" e "bassa pericolosità" secondo il 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.

4.1 Geometria del modello idrodinamico

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

Stato di progetto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
A1	-1	0.00	447.53	354.66	0.0204
A2	-2	447.53	441.00	345.53	0.0165
A3	-3	888.53	478.85	338.27	0.0097
A4	-4	1,367.38	0.00	333.60	0.0154
B1	-1	0.00	251.05	342.18	0.0132
B2	-2	251.05	240.49	338.88	0.0079
B3	-3	491.53	207.61	336.98	0.0097
B4	-4	699.14	0.00	334.97	0.0103
C1	-1	0.00	377.78	362.25	0.0102
C2	-2	377.78	425.30	358.40	0.0088
C3	-3	803.08	0.00	354.65	0.0095

Tabella 8



4.2 Portate al colmo di piena

Come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nella citata analisi idrologica. 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.

4.3 Condizioni al contorno

Come parametro di scabrezza è stato utilizzato un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (corrispondente ad un coefficiente secondo Manning pari a $0.033 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$).

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

4.4 Risultati della simulazione nella configurazione dello stato di progetto

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 sono mostrati il profilo longitudinale e le planimetrie delle aree allagabili del tratto B, mentre per l'impluvio C e l'impluvio A non si prevede nessuna variazione allo stato di fatto. Nella tabella seguente sono presenti tutti i valori numerici ottenuti dal modello nella configurazione di stato di progetto.

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 e i valori in termini di tiranti massimi, velocità e aree allagabili elaborati dallo stesso modello di calcolo.



Stato di progetto - T = 30 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	354.66	15.3	355.14	0.48	89.22	0.59	19.05	23.79	0.50
A2	-2	447.53	345.53	15.3	345.78	0.25	102.49	1.15	13.36	63.41	1.01
A3	-3	888.53	338.27	15.3	338.86	0.59	44.92	0.88	17.33	26.24	0.45
A4	-4	1,367.38	333.60	15.3	334.07	0.47	48.98	1.08	14.12	43.56	0.64
B1	-1	0.00	342.18	5.7	342.85	0.67	4.11	2.40	2.38	77.12	1.01
B2	-2	251.05	338.88	5.7	339.74	0.86	4.43	1.79	3.19	40.23	0.67
B3	-3	491.53	336.98	5.7	337.75	0.77	4.28	2.04	2.80	53.75	0.80
B4	-4	699.14	334.97	5.7	335.75	0.78	4.29	2.02	2.83	52.51	0.79
C1	-1	0.00	362.25	9.8	362.57	0.32	87.09	0.69	14.12	21.65	0.55
C2	-2	377.78	358.40	9.8	358.91	0.51	45.65	0.74	13.19	20.46	0.44
C3	-3	803.08	354.65	9.8	355.05	0.40	81.72	0.65	14.97	18.51	0.49

Tabella 9

Stato di progetto - T = 200 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	354.66	23.1	355.21	0.55	98.81	0.71	25.33	29.57	0.53
A2	-2	447.53	345.53	23.1	345.82	0.29	112.84	1.27	18.14	73.16	1.01
A3	-3	888.53	338.27	23.1	338.98	0.71	49.40	1.00	22.99	31.93	0.47
A4	-4	1,367.38	333.60	23.1	334.17	0.57	55.12	1.22	18.96	51.93	0.66
B1	-1	0.00	342.18	8.7	343.05	0.87	4.45	2.69	3.24	90.63	1.01
B2	-2	251.05	338.88	8.7	339.97	1.09	4.83	2.03	4.29	48.63	0.69
B3	-3	491.53	336.98	8.7	337.96	0.98	4.64	2.31	3.77	64.91	0.82
B4	-4	699.14	334.97	8.7	335.97	1.00	4.66	2.29	3.80	63.54	0.81
C1	-1	0.00	362.25	14.8	362.62	0.37	93.30	0.79	18.85	25.76	0.56
C2	-2	377.78	358.40	14.8	359.00	0.60	50.53	0.85	17.51	24.93	0.46
C3	-3	803.08	354.65	14.8	355.10	0.45	89.77	0.74	19.90	22.40	0.50

Tabella 10





REG. PUGLIA – PROV. DI BARI – COMUNI DI TORITTO, PALO DEL COLLE, GRUMO APPULA
 Realizzazione di impianto agrifotovoltaico destinato a pascolo di ovini e
 produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in
 agro di Toritto (BA) incluse le relative opere di connessione alla RTN nel
 Comune di Palo del Colle (BA) e di impianto di produzione e distribuzione di
 idrogeno verde in area industriale dismessa nel Comune di Grumo Appula (BA)
 alimentato dallo stesso impianto fotovoltaico

RELAZIONE IDRAULICA

Stato di progetto - T = 500 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	354.66	26.8	355.24	0.58	102.67	0.76	28.04	32.01	0.54
A2	-2	447.53	345.53	26.8	345.84	0.31	118.94	1.31	20.43	75.86	1.01
A3	-3	888.53	338.27	26.8	339.02	0.75	51.25	1.05	25.49	34.22	0.48
A4	-4	1,367.38	333.60	26.8	334.20	0.60	57.63	1.27	21.10	55.30	0.67
B1	-1	0.00	342.18	10.1	343.14	0.96	4.59	2.80	3.61	95.87	1.01
B2	-2	251.05	338.88	10.1	340.07	1.19	4.99	2.12	4.77	52.08	0.69
B3	-3	491.53	336.98	10.1	338.05	1.07	4.79	2.41	4.19	69.25	0.82
B4	-4	699.14	334.97	10.1	336.06	1.09	4.81	2.39	4.23	67.75	0.81
C1	-1	0.00	362.25	17.2	362.64	0.39	96.33	0.82	21.00	27.32	0.56
C2	-2	377.78	358.40	17.2	359.04	0.64	52.54	0.89	19.43	26.77	0.46
C3	-3	803.08	354.65	17.2	355.13	0.48	92.07	0.78	22.00	24.14	0.51

Tabella 11



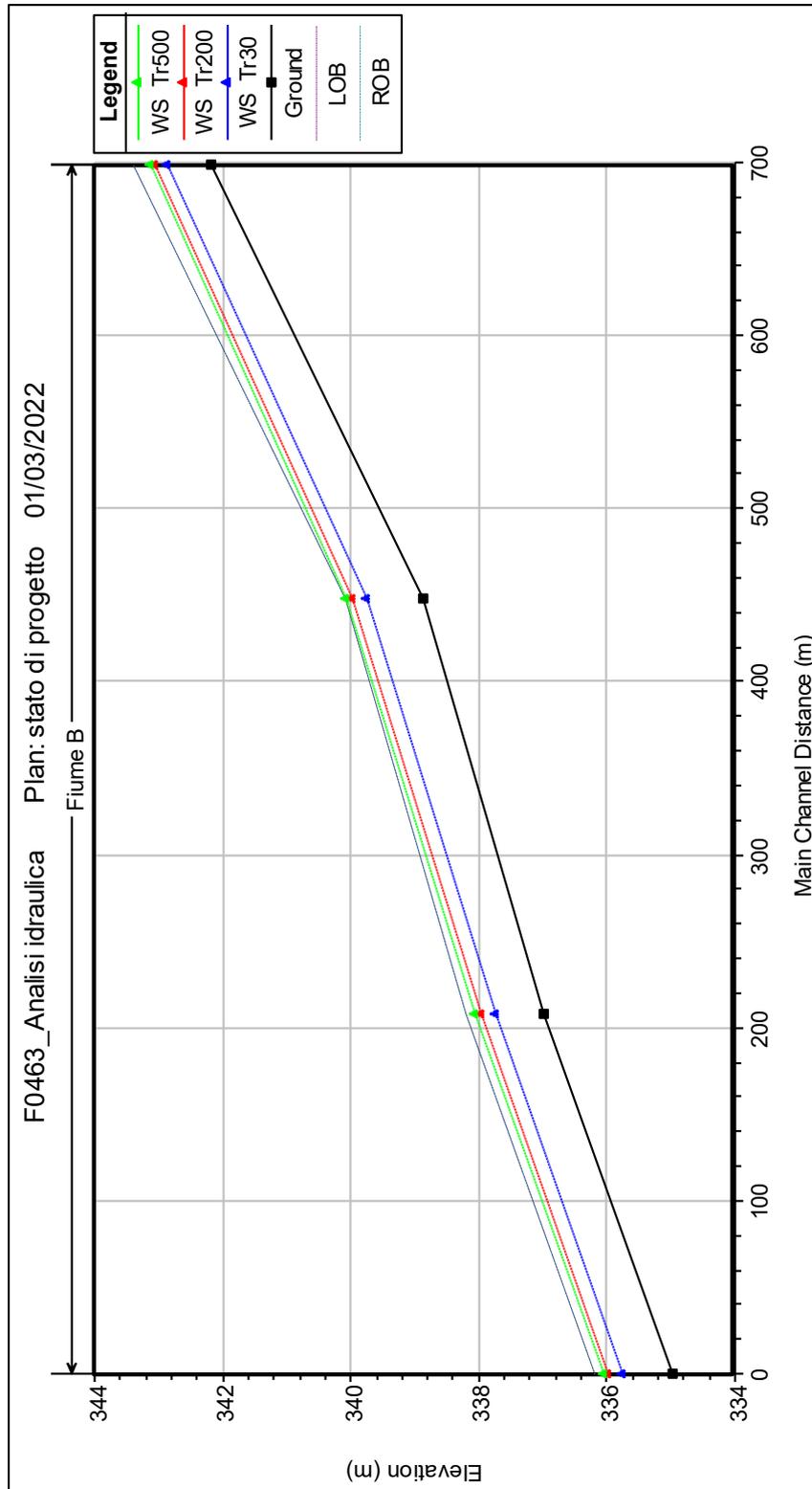


Figura 14: Profilo longitudinale impluvio B

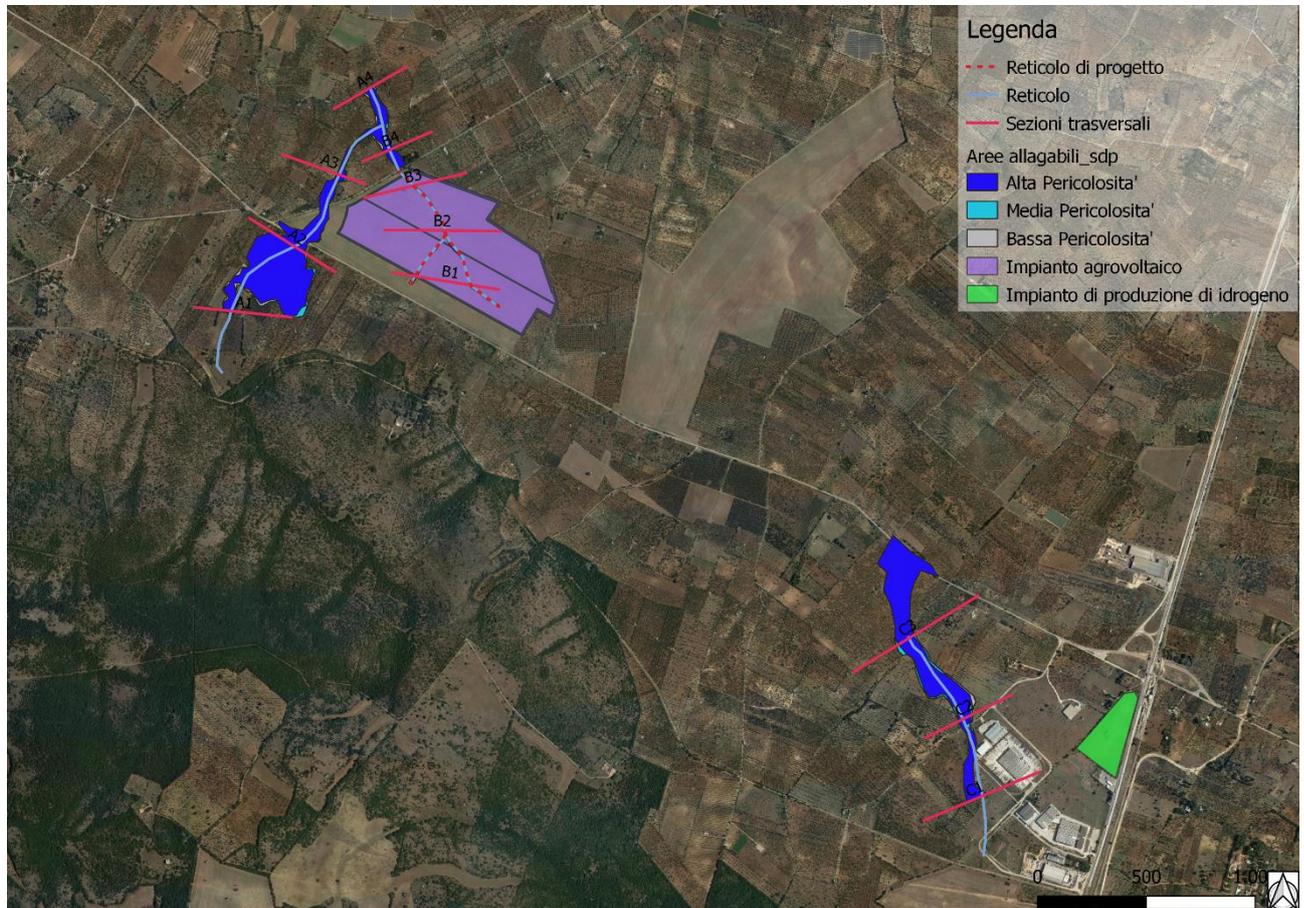


Figura 15: Planimetria delle aree allagabili nella condizione di stato di progetto

Come si evince dall'immagine sopra riportata, gli interventi in progetti riducono l'estensione delle aree allagabili e consentono una sicurezza idraulica nei confronti delle strutture a sostegno dei moduli fotovoltaici.



5 Conclusioni

La presente relazione idraulica è redatta a corredo del progetto finalizzato alla realizzazione di impianto agrifotovoltaico destinato a pascolo di ovini e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Toritto (BA) incluse le relative opere di connessione alla RTN nel Comune di Palo del Colle (BA) e di impianto di produzione e distribuzione di idrogeno verde in area industriale dismessa nel Comune di Grumo Appula (BA) alimentato dallo stesso impianto fotovoltaico.

A monte di tale studio è stata condotta una preliminare analisi idrologica volta a determinare, tramite l'utilizzo del metodo VAPI Puglia, le portate al colmo di piena per gli impluvi in prossimità delle opere in progetto.

Le portate al colmo di piena, riportate all'interno della "Relazione idrologica", sono state utilizzate nell'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.

Dal suddetto studio è emerso che l'estensione delle aree allagabili degli impluvi A e C non interferisce con le opere in progetto, mentre quella dell'impluvio B attraversa l'impianto agrovoltivo.

A tal fine è stata effettuata una ricalibrazione delle sezioni esistenti la definizione di una sezione trapezoidale in terra di opportune dimensioni in modo che risulti sufficiente a garantire un contenimento delle portate stesse.

Per tali scopi, quindi, 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" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (attualmente Ministero della Transizione Ecologica) 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.

Questa risagomatura ha permesso di porre in condizioni di sicurezza idraulica l'area di interesse ai sensi delle NTA del PAI.

Inoltre, verranno predisposti dei tombini scatolari nei punti di intersezione tra la viabilità di progetto e i rami del reticolo idrografico.