



MINISTERO DELLA  
TRANSIZIONE ECOLOGICA



REGIONE PUGLIA

COMUNE di MANFREDONIA

Progettazione e Coordinamento	Progettazione Elettromeccanica	<b>Ing. Giovanni Cis</b> Tel. 349 0737323 E-Mail: giovanni.cis@ingpec.eu					
Studio Ambientale	Progettazione Strutturale	<b>Ing. Leo Baldo Petitti</b> Tel. 329 1145542 E-Mail: leobaldo.petitti@ingpec.eu					
Studio Naturalistico	Dott. Forestale Lupo Corso Roma, 110 71121 Foggia E-Mail: luigilupo@libero.it	Studio Archeologico					
Studio Geologico	Dott. Pasquale G. Longo Via Pescasseroli 13 66100 Chieti	Studio Agronomico	Dott. N. D'Errico Via Goito 8 71017 Torremaggiore (FG)	Studio Idraulico	Ing. A.L. Giordano Tel. +39 346.6330966 - E-Mail: lauragiordano.ing@gmail.com	Studio Acustico	Arch. Marianna Denora Via Savona 3 70022 Altamura (BA)
Proponente	<b>TE GREEN DEV 1</b> Vicolo Gumer 9, 39100 - BOLZANO (BZ) C.F. e P.IVA: 03048630218		EPC	 <b>SENS</b> STEAG Solar Energy Solutions Via Monte Nero, 84 20135 Milano (MI) Tel. +39 0832 458918 - P.IVA 10813580965			
Opera	<b>PROGETTO PER UN IMPIANTO DI PRODUZIONE AGROVOLTAICO INTEGRATO DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI MANFREDONIA (FG) IN LOCALITA' "BORGO FONTE ROSA"</b>						
Oggetto	Folder MR4V6F8_Progetto definitivo.zip						
	Nome file MR4V6F8_PD_R06_Rev0_Relazione_Idraulica						
	Descrizione elaborato Relazione Idraulica				ELABORATO <b>R 06</b>		
00	Ottobre 2021	Emissione per progetto definitivo: presentazione V.I.A. statale		Ing. A.L. GIORDANO	Ing. A.L. GIORDANO	TE GREEN DEV 1	
Rev.	Data	Oggetto della revisione:		Elaborazione	Verifica	Approvazione	
Scala:							
Formato:	Codice Pratica		<b>MR4V6F8</b>				

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>STUDIO IDROLOGICO/IDRAULICO</b> .....	<b>3</b>
2.1	Calcolo idrologico.....	3
2.2	Individuazione della sottozona omogenea di riferimento.....	5
2.2.1	Calcolo delle portate attese.....	8
2.3	Verifica idraulica.....	9
<b>3</b>	<b>Applicazione del metodo</b> .....	<b>10</b>
3.1	VALUTAZIONE DELLE INTERFERENZE CON PAI.....	11
3.1.1	INTERFERENZE N.1 - N.2 - N.3: STRADA INTERNA AL PARCO FOTOVOLTAICO 11	
3.1.2	INTERFERENZA N.4 - N.5: PERCORSO DEL CAVIDOTTO .....	12
3.1.3	UBICAZIONE DEI MODULI FOTOVOLTAICI .....	13
3.2	VALUTAZIONE DELLE INTERFERENZE CON RETICOLO IDROGRAFICO .....	13
3.2.1	INTERFERENZE N.1, N.2, N.3, N.4 .....	13
<b>4</b>	<b>Considerazioni finali</b> .....	<b>15</b>

## 1 PREMESSA

Il presente studio di compatibilità idrologica-idraulica, fa riferimento all'aggiornamento del PROGETTO per la realizzazione di un impianto agro-energetico integrato fotovoltaico-olivicolo per la produzione di energia elettrica mediante l'impiego di pannelli fotovoltaici.

Tale aggiornamento si è reso necessario a seguito delle richieste di integrazioni avanzate dalla Regione Puglia in ambito della richiesta di AU.

L'aggiornamento ha riguardato un cambio della tecnologia fotovoltaica utilizzata e quindi un riposizionamento della stessa.

L'impianto avrà una potenza di picco pari a **23,302 MWp** e sarà integrato con un impianto olivicolo superintensivo. Il proponente è La società **TE GREEN DEV 1 Srl**, con sede a Bolzano in Vicolo Gumer 9.

L'area interessata ha una superficie complessiva di ca 28 ettari ed è ubicata in zona agricola del **Comune di Manfredonia in località Borgo Fonte Rosa** (Coord. 41,429124 N – 15,808885 E).

Il progetto prevede anche la realizzazione delle opere di connessione alla stazione TERNA Spa di Manfredonia.



Figura 1: Layout proposta progettuale

In riferimento alla nota espressa dal Dipartimento Sviluppo Economico, Innovazione, Istruzione, Formazione e Lavoro, si precisa che lo studio prodotto, per via delle peculiarità del sito e per le scelte tecniche adottate dai professionisti, oltre che per la presenza di infrastrutture viarie che consentono di realizzare l'opera senza determinare interferenze con il regime idraulico dell'area oggetto di interesse, non necessita di modellazione idraulica.

Come meglio specificato nel corso della trattazione, l'adozione di specifiche soluzioni tecnico progettuali, consentono di gestire opportunamente le interferenze sia con il reticolo idrografico superficiale, sia con le aree classificate a pericolosità idraulica nella perimetrazione PAI.

Il presente studio si pone come finalità la valutazione circa la sicurezza idraulica delle opere costituenti il progetto.

## **2 STUDIO IDROLOGICO/IDRAULICO**

Lo studio, con riferimento all'area in oggetto, è stato condotto individuando le interferenze delle opere in progetto con il reticolo idrografico.

### **2.1 Calcolo idrologico**

Ai fini dello studio idrologico, le stime effettuate su tali precipitazioni sono relative ad un periodo di ritorno duecentennale e fanno riferimento ai risultati ottenuti nell'ambito del Progetto VAPI (Valutazione delle Piene) Puglia, redatto a cura del GNDCI (Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche).

In pratica, la dipendenza dal periodo di ritorno è assegnata mediante la distribuzione del fattore di crescita  $KT$ , mentre i coefficienti della legge intensità-durata sono caratteristici della specifica zona in cui si trova il bacino.

La distribuzione del fattore di crescita è alla base della metodologia adottata nel progetto VAPI, che fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione dei massimi annuali delle piogge e delle portate al colmo.

Facendo riferimento all'informazione idrologica disponibile sul territorio, in termini di densità spaziale di stazioni di misura e di numerosità campionaria delle serie storiche, le altezze di precipitazione giornaliere, rilevate alle stazioni pluviometriche, il VAPI ha individuato 6 sottozone omogenee dal punto di vista pluviometrico.

*Studio di compatibilità idrologica-idraulica  
 Impianto agro-energetico integrato per la produzione di energia elettrica mediante l'impiego di pannelli fotovoltaici.  
 Potenza di picco 23,302 MWp da realizzarsi nel Comune di Manfredonia in località "Borgo Fonte Rosa"*



**Figura 2: Regione Puglia, zone omogenee dal punto di vista pluviometrico**

Per ogni zona omogenea le curve di possibilità pluviometrica rispondono alla equazioni di seguito riportate:

<b>ZONE OMOGENEE</b>	<b>CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA</b>
Zona 1	$x(t, z) = 28.66 \cdot t^{[(0.720+0.000503 \cdot z)/3.178]}$
Zona 2	$x(t) = 22.23 \cdot t^{0.247}$
Zona 3	$x(t, z) = 25.325 \cdot t^{[(0.696+0.000531 \cdot z)/3.178]}$
Zona 4	$x(t) = 24.70 \cdot t^{0.256}$
Zona 5	$x(t, z) = 28.2 \cdot t^{[(0.628+0.0002 \cdot z)/3.178]}$
Zona 6	$x(t, z) = 33.7 \cdot t^{[(0.488+0.0022 \cdot z)/3.178]}$

Per quanto concerne il fattore di crescita, per assegnato tempo di ritorno, per la sottozone omogenee n. 1-2-3-4 si applica la formula:

$$Kt = 0.5648 + 0.415 \cdot \ln T$$

mentre per le sottozone omogenea n. 5-6 si ha la seguente formula:

$$Kt = 0.1599 + 0.5166 \cdot \ln T$$

## 2.2 Individuazione della sottozona omogenea di riferimento

La proposta progettuale nella sua interezza, ricade nella sottozona omogenea "Zona 2", come riscontrabile dall'immagine seguente.



Figura 3: Individuazione Zona omogenea

Le equazioni che si applicano sono dunque:

- CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

$$\text{Zona 2} \quad x(t) = 22.23 \cdot t^{0.247}$$

- FATTORE DI CRESCITA

$$\text{Zona 2} \quad Kt = 0.5648 + 0.415 \cdot \ln T$$

*Studio di compatibilità idrologica-idraulica  
Impianto agro-energetico integrato per la produzione di energia elettrica mediante l'impiego di pannelli fotovoltaici.  
Potenza di picco 23,302 MWp da realizzarsi nel Comune di Manfredonia in località "Borgo Fonte Rosa"*

Applicando la relazione si procede con il calcolo delle piogge massime annuali  $x(t)$  di durata compresa tra 1 ora e 1 giorno:

<b>t</b>	<b>h</b>	<b>t</b>	<b>h</b>
<b>ore</b>	<b>mm</b>	<b>ore</b>	<b>mm</b>
1	22,23	13	41,89
2	26,38	14	42,66
3	29,16	15	43,39
4	31,31	16	44,09
5	33,08	17	44,76
6	34,61	18	45,39
7	35,95	19	46,00
8	37,15	20	46,59
9	38,25	21	47,15
10	39,26	22	47,70
11	40,19	23	48,23
12	41,07	24	48,74

Il fattore di crescita  $Kt$ , calcolato per tempi di ritorno  $T$  pari a 30, 200 e 500 anni assume i seguenti valori:

<b>Tempo di ritorno</b>	<b>Fattore di Crescita</b>
$T$	$Kt$
30	1.98
200	2.76
500	3.14

*Studio di compatibilità idrologica-idraulica*  
*Impianto agro-energetico integrato per la produzione di energia elettrica mediante l'impiego di pannelli fotovoltaici.*  
*Potenza di picco 23,302 MWp da realizzarsi nel Comune di Manfredonia in località "Borgo Fonte Rosa"*

Applicando i valori ottenuti si ottiene:

<b>t</b>	<b>h</b>	<b>h·Kt; T=30</b>	<b>h·Kt; T=200</b>	<b>h·Kt; T=500</b>
ore	mm	mm	mm	mm
1	22,23	43,93	61,43	69,89
2	26,38	52,14	72,91	82,94
3	29,16	57,63	80,59	91,68
4	31,31	61,87	86,52	98,43
5	33,08	65,38	91,42	104,00
6	34,61	68,39	95,64	108,79
7	35,95	71,04	99,35	113,02
8	37,15	73,43	102,68	116,81
9	38,25	75,59	105,71	120,25
10	39,26	77,59	108,50	123,42
11	40,19	79,44	111,08	126,37
12	41,07	81,16	113,49	129,11
13	41,89	82,78	115,76	131,69
14	42,66	84,31	117,90	134,12
15	43,39	85,76	119,92	136,43
16	44,09	87,14	121,85	138,62
17	44,76	88,45	123,69	140,71
18	45,39	89,71	125,45	142,71
19	46,00	90,92	127,14	144,63
20	46,59	92,08	128,76	146,47
21	47,15	93,19	130,32	148,25
22	47,70	94,27	131,82	149,96
23	48,23	95,31	133,28	151,62
24	48,74	96,32	134,69	153,22

Si ottengono le seguenti curve di possibilità pluviometrica:

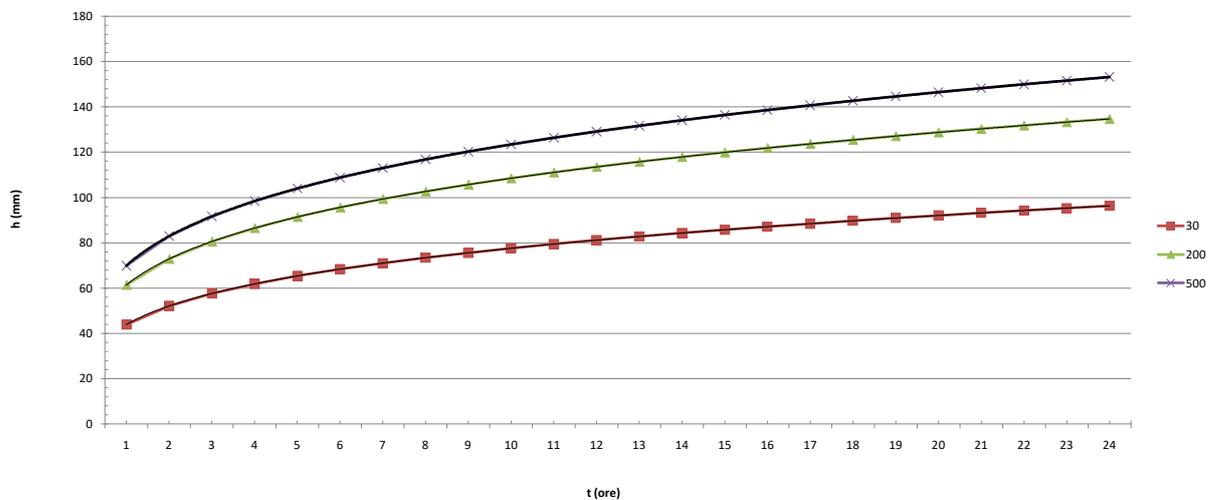


Figura 4: Curve di possibilità pluviometrica

## 2.2.1 Calcolo delle portate attese

### 2.2.1.1 Metodologia VAPI

La valutazione delle portate attese è stata condotta con riferimento al Progetto VAPI per la stima delle portate di assegnato tempo di ritorno, per qualsiasi sezione del reticolo idrografico dei corsi d'acqua della Puglia, con particolare riguardo ai bacini compresi tra il fiume Ofanto a sud e il torrente Candelaro a nord.

La sintesi fa riferimento ad indagini effettuate nella modellazione dei dati pluviometrici ed idrometrici della regione, contenute nel Rapporto Regionale pubblicato, Valutazione delle Piene in Puglia [Copertino e Fiorentino, 1994].

In base al predetto studio, il valore di portata media annua ( $m(Q)$ ) è funzione dell'altezza del pelo libero del corpo idrico superficiale, e del tempo di ritorno attraverso la seguente relazione:

$$m(Q) = \frac{C^* \cdot K_A(t_r) \cdot x(t_r) \cdot A}{3.6}$$

Dove:

- $C^* = 0.09 + 0.47 \cdot (1 - p.p.)$

Rappresenta il coefficiente di piena ed è funzione del p.p. = frazione ad elevata permeabilità del bacino, assunta, nel caso specifico a 0.54.

- $K_A(t_r) = 1 - (1 - \exp(-c_1 \cdot A)) \cdot \exp(-c_2 \cdot t_r^{c_3})$

Rappresenta il fattore di riduzione areale, funzione dell'area del bacino ( $A$ ), della durata della pioggia, posta pari al tempo di ritardo del bacino, a da tre coefficienti adimensionali:  $c_1 = 0.0021$ ;  $c_2 = 0.53$ ;  $c_3 = 0.25$

- $t_r = 0.344 \cdot \sqrt{A}$

Rappresenta il tempo di ritardo del bacino, funzione esclusivamente dell'area dello stesso

- $x(t, z) = 25.325 \cdot t_r^{[(0.696 + 0.000531 \cdot z)/3.178]}$

Rappresenta la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia valutato per una durata di pioggia pari al tempo di ritardo del bacino

- $A$

Area del bacino.

Noto il valore della portata media annua, è possibile quantificare il valore di portata per opportuni tempi di ritorno, moltiplicando la stessa per il coefficiente probabilistico di crescita  $K_T$  per le portate in Puglia.

Per un tempo di ritorno pari a  $T = 200$  anni, il valore del fattore di crescita è pari a:  $K_{t_{200}} = 4,39$

### **2.3 Verifica idraulica**

Determinato il valore di portata per un tempo di ritorno  $T$  pari a 200 anni, è possibile procedere con la verifica idraulica attraverso l'ausilio del software HEC-RAS della U.S. Army Corps of Engineers grazie al quale è possibile effettuare la simulazione idrodinamica in moto permanente.

HEC-RAS è il sistema d'analisi dei fiumi dell'Hydrologic Center (HEC), del Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America, analizza le reti di canali naturali ed artificiali, calcolando i profili del pelo libero basandosi su di un'analisi a moto permanente e/o motovario monodimensionale.

La simulazione viene condotta riportando, nel software suddetto, le sezioni rappresentative del bacino investigato. Tali sezioni vengono inserite partendo da valle e procedendo verso monte numerandole in senso crescente.

Inserendo nel software i valori di portata calcolato è possibile, impostando le condizioni di moto permanente monodimensionale, procedere alla verifica idraulica.

La stessa è stata condotta impostando le condizioni di "Normal Depth" sia a monte che a valle del tratto considerato; per quanto concerne il coefficiente di Manning, si è assunto il valore **0.035** sia per le aree golenali, sia per il canale principale.

Nel caso in esame, per via della presenza delle infrastrutture esistenti e per una serie di accorgimenti tecnici, non si è reso necessario procedere con la simulazione del comportamento del corpo idrico.

### 3 Applicazione del metodo

Nell'applicazione del metodo, si è provveduto ad effettuare una approfondita analisi del progetto individuando le interferenze dello stesso con il reticolo idrografico e la tipologia delle stesse e le interferenze con la nuova perimetrazione del PAI.

Per una più agevole lettura del caso studio, si riporta di seguito un'immagine rappresentativa del progetto con l'individuazione delle interferenze con il Piano di Assetto Idrogeologico.

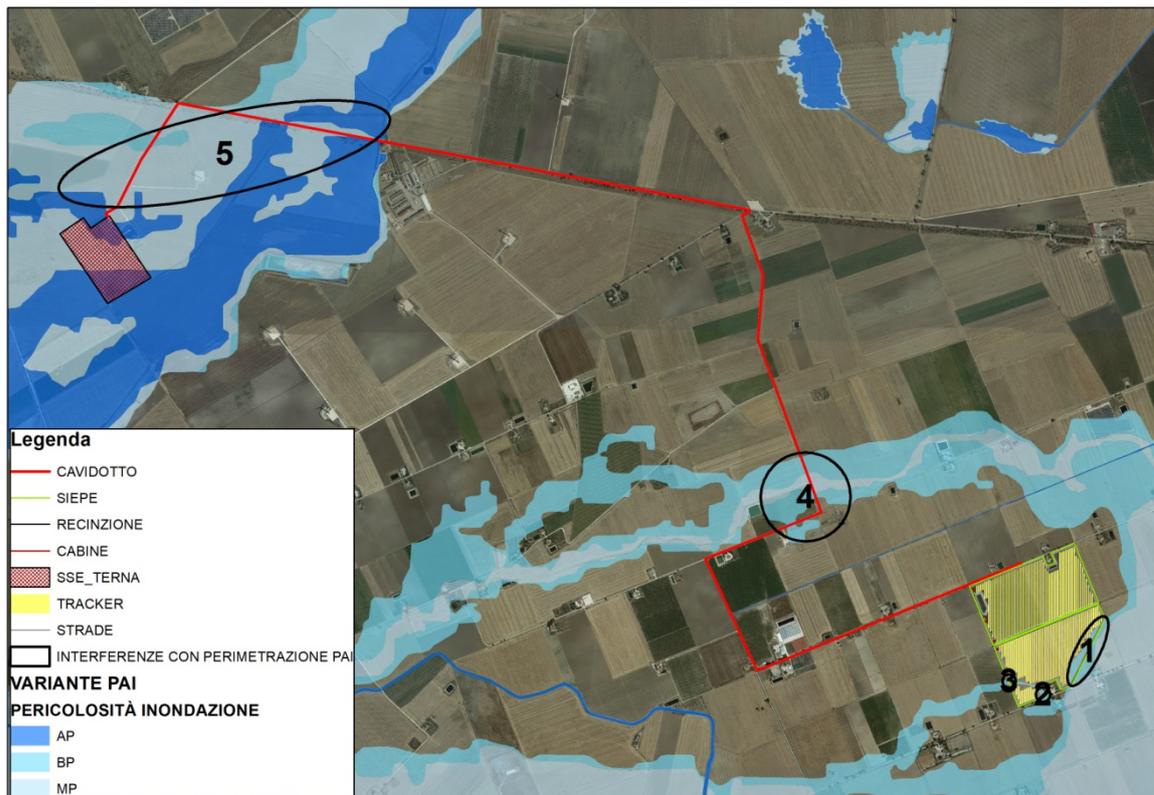


Figura 5: Individuazione interferenze con PAI

Studio di compatibilità idrologica-idraulica  
Impianto agro-energetico integrato per la produzione di energia elettrica mediante l'impiego di pannelli fotovoltaici.  
Potenza di picco 23,302 MWp da realizzarsi nel Comune di Manfredonia in località "Borgo Fonte Rosa"

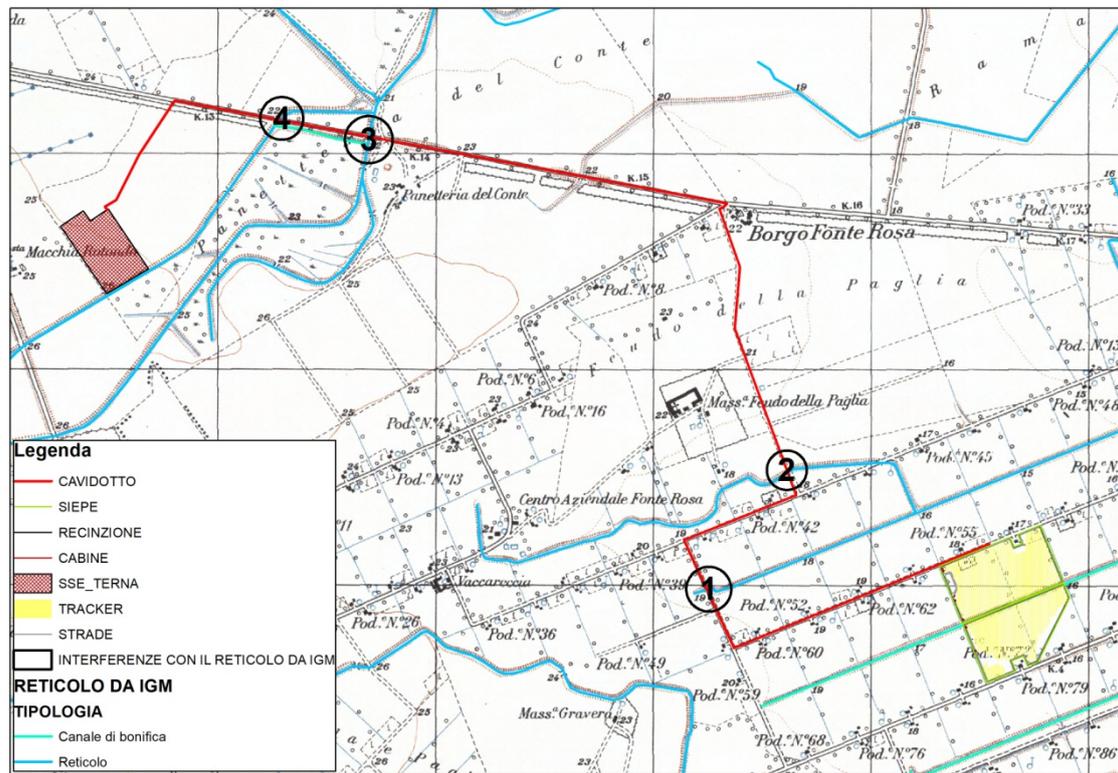


Figura 6: Individuazione interferenze con RETICOLO IDROGRAFICO

### 3.1 VALUTAZIONE DELLE INTERFERENZE CON PAI

#### 3.1.1 INTERFERENZE N.1 - N.2 - N.3: STRADA INTERNA AL PARCO FOTOVOLTAICO

Le interferenze riscontrate fanno riferimento all'ubicazione della viabilità di servizio all'interno del parco fotovoltaico.

Come evidenziato in *Figura 5: Individuazione interferenze con PAI* la viabilità ricade in aree classificate a Bassa e Media pericolosità dal PAI.

Di seguito si propone un'immagine di dettaglio dell'interferenza:



Figura 7: Interferenza n.1, dettaglio.

Come è facilmente riscontrabile dall'immagine di dettaglio riportata, l'ubicazione dei moduli fotovoltaici è stata sapientemente selezionata al di fuori delle aree classificate dal PAI.

Tale approccio, per necessità tecniche e logistiche, non ha trovato applicazione per quanto concerne la viabilità interna al parco fotovoltaico.

Tuttavia, il proponente, ha optato per l'adozione di soluzioni che possano garantire una ridotta alterazione delle condizioni naturali esistenti e che non determinerebbero conseguenze alla durabilità dell'opera nel caso di eventi di piena.

Nel dettaglio, tali strade di servizio che hanno il mero fine di garantire l'accesso ai moduli fotovoltaici, saranno realizzate alla stregua di opere provvisoriale, attraverso la semplice posa di materiale stabilizzato. Non sarà realizzata alcuno strado di fondazione e, tantomeno, la posa di conglomerato bituminoso e tappetino di usura. Si ritiene che, con tali accorgimenti, eventuali eventi di piena non comporterebbero alcuna conseguenza in riferimento alla durabilità dell'opera e garantire dunque la **sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica.**

### 3.1.2 INTERFERENZA N.4 - N.5: PERCORSO DEL CAVIDOTTO

L'interferenza si riconduce nel percorso del cavidotto che attraversa aree classificate a pericolosità Bassa e Media dal PAI.

Lo studio del progetto evidenzia come le soluzioni dei progettisti siano state tali da ubicare il percorso del cavidotto utilizzando le infrastrutture viarie esistenti.

Nel dettaglio, il cavidotto verrà posato in trincea alla profondità di circa 1.20 m, lungo il percorso di strade comunali, provinciali e/o statali ubicate esclusivamente nel territorio comunale di Manfredonia (FG)..

La posa in opera del cavidotto, non determinerà interferenze sia con le infrastrutture esistenti (verrà ubicato in fregio alla viabilità attraverso l'utilizzo di un escavatore con benna stretta,), sia con il comportamento naturale dei corsi d'acqua interessati e quindi con le aree definite a pericolosità idraulica.

Per il secondo punto, la posa del cavidotto interrato avrà luogo utilizzando specifici accorgimenti tecnici in grado di non determinare interferenze con il naturale deflusso delle acque e da garantire la durabilità dell'opera in presenza di acqua. **In corrispondenza delle aree classificate come a pericolosità idraulica (Alta Pericolosità, Media Pericolosità e Bassa Pericolosità), si provvederà a porre il cavidotto in trincea, ad una profondità maggiore, pari a 1.80 m.** Durante l'esecuzione dello scavo e prima del riempimento dello stesso, si provvederà alla puntellazione dello scavo, in modo da evitare eventuali fenomeni erosivi e di cedimento che potrebbero determinarsi in caso di eventi di piena.

Si ritiene che tale soluzione, da eseguire 5 metri a valle e 5 metri a monte del tratto interferente con le aree a pericolosità idraulica, possa sia scongiurare fenomeni di alterazione al naturale deflusso delle acque, sia evitare danneggiamenti alle opere da realizzare. **Con tali accorgimenti, si ritiene la posa del cavidotto in sicurezza idraulica.**

### **3.1.3 UBICAZIONE DEI MODULI FOTOVOLTAICI**

Le scelte progettuali sono tali da scongiurare ogni possibile interferenza dei moduli fotovoltaici con le aree classificate dal PAI come a pericolosità idraulica.

## **3.2 VALUTAZIONE DELLE INTERFERENZE CON RETICOLO IDROGRAFICO**

### **3.2.1 INTERFERENZE N.1, N.2, N.3, N.4**

Le interferenze con il reticolo idrografico sono analizzate congiuntamente per via della tipologia delle stesse.

Lungo il percorso del cavidotto, difatti, le interferenze sono relative all'attraversamento dei corpi idrici superficiali dell'area in esame. Nel dettaglio:

*Studio di compatibilità idrologica-idraulica  
Impianto agro-energetico integrato per la produzione di energia elettrica mediante l'impiego di pannelli fotovoltaici.  
Potenza di picco 23,302 MWp da realizzarsi nel Comune di Manfredonia in località "Borgo Fonte Rosa"*

- Interferenza n.1: Individuata in corrispondenza del Podere n. 39
- Interferenza n.2: Individuata in posizione S-E della Masseria Feudo della Puglia
- Interferenze n.3. 4: Relative, rispettivamente, al canale in corrispondenza di Panetteria del Conte e al Canale Macchia Rotonda.

Come già indicato nello studio delle interferenze n.2 e n.3 con il PAI, il percorso del cavidotto è stato individuato ripercorrendo la rete infrastrutturale esistente, ponendo lo stesso in fregio alla viabilità dell'area.

Tale accorgimento è tale da non determinare alcuna interferenza con la rete viaria e garantirà anche l'attraversamento dei corpi idrici interessati senza interferenze con gli stessi.

L'attraversamento dei corpi idrici da parte dell'infrastruttura viaria, è garantito dalla presenza di opere d'arte come ponti e tombini, nel caso in esame, si provvederà a sfruttare la presenza di tali opere per ubicare il cavidotto senza determinare alcuna modifica alla viabilità o alcun ridimensionamento della carreggiata stradale.

**Con tali soluzioni tecniche, la posa del cavidotto risulta in toto compatibile con il reticolo idrografico e con le infrastrutture esistenti, non determinando alcuna alterazione.**

## **4 Considerazioni finali**

Il presente studio di compatibilità idrologica-idraulica, fa riferimento al progetto per la realizzazione di un impianto agro-energetico integrato fotovoltaico-olivicolo per la produzione di energia elettrica mediante l'impiego di pannelli fotovoltaici.

L'impianto avrà una potenza di picco pari a **23,302 MWp** e sarà integrato con un impianto olivicolo superintensivo. Il proponente è La società **TE GREEN DEV 1 Srl**, con sede a Bolzano in Vicolo Gumer 9.

L'area interessata ha una superficie complessiva di ca 28 ettari ed è ubicata in zona agricola del **Comune di Manfredonia in località Borgo Fonte Rosa** (Coord. 41,429124 N – 15,808885 E).

L'opera determina una serie di interferenze sia con la aree a pericolosità idraulica individuate dal PAI, sia con il reticolo idrografico dell'area interessata dalla soluzione progettuale.

Lo studio ha provveduto ad analizzare ogni singola interferenza evidenziata e ad individuare le corrette modalità operative per realizzare l'opera.

**In base alle considerazioni esplicitate nella relazione, si ritiene il progetto in sicurezza idraulica.**

Foggia, 28/12/2020

Il tecnico

Ing. Antonella Laura Giordano