



REGIONE PUGLIA  
PROVINCIA DI FOGGIA  
COMUNE DI FOGGIA



PROGETTO DELL'IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CON INTEGRAZIONE AGRICOLA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARE NEL COMUNE DI FOGGIA (FG) IN CONTRADA TORRE DI LAMA AL FG. N. 7 PP. N. 101, 239, 447, 449, 451 E FG. N. 9 PP. N. 79, 195, 196, 222, 224, 225, 226, 227, 690, 691, DI POTENZA PARI A 19.359,00 kWp DENOMINATO "TORRE DI LAMA"

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA DEL PROGETTO DEFINITIVO



livello prog.	Codice Istanza VIA/PAUR	Codice Istanza AU	N.Elaborato	DATA	SCALA
PD	c_d643-159763	4WZGYD6	A5	30.03.2021	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

RICHIEDENTE

TRINA SOLAR TETI s.r.l.  
Piazza Borromeo 14, 20123 Milano



ENTE

IL PROFESSIONISTA INCARICATO

Ing. Antonella Laura Giordano



IL TECNICO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>STUDIO IDROLOGICO/IDRAULICO</b> .....	<b>2</b>
2.1	Calcolo idrologico.....	2
2.2	Individuazione della sottozona omogenea di riferimento.....	4
2.2.1	Calcolo delle portate attese.....	7
2.3	Verifica idraulica.....	8
<b>3</b>	<b>Analisi delle interferenze</b> .....	<b>9</b>
3.1	VALUTAZIONE DELLE INTERFERENZE CON PAI.....	10
3.1.1	INTERFERENZA A: UBICAZIONE MODULI FV TORRE DI LAMA 1 .....	10
3.1.2	INTERFERENZA B: PERCORSO DEL CAVIDOTTO .....	12
3.1.3	INTERFERENZA C: PERCORSO DEL CAVIDOTTO E UBICAZIONE DEI TRALICCI DI SUPPORTO ALLA LINEA AEREA .....	12
3.2	VALUTAZIONE DELLE INTERFERENZE CON RETICOLO IDROGRAFICO .....	13
3.2.1	INTERFERENZA N.1: PORZIONE DEL PARCO FOTOVOLTAICO DENOMINATO TORRE DI LAMA .....	13
<b>4</b>	<b>Applicazione del metodo</b> .....	<b>14</b>
4.1	VERIFICA DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA IDRAULICA .....	14
4.1.1	INTERFERENZA A CON PAI – N.1 CON RETICOLO IDROGRAFICO.....	14
<b>5</b>	<b>Considerazioni finali</b> .....	<b>20</b>

## 1 PREMESSA

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

Il generatore denominato "TORRE DI LAMA" è suddiviso elettricamente in due impianti distinti denominati rispettivamente "TORRE DI LAMA 1" (il cui numero di rintracciabilità della TICA è 227816419) e "TORRE DI LAMA 2" (il cui numero di rintracciabilità della TICA è T0737329).

La potenza nominale totale del generatore fotovoltaico denominato "TORRE DI LAMA", data dalla somma delle potenze nominali dei singoli moduli fotovoltaici, è pari a 19.359,00 kWp (7.371,00 kWp per "TORRE DI LAMA 1" e 11.988,00 kWp per "TORRE DI LAMA 2").

La società proponente è la **Trina Solar TETI S.r.l.**, con sede legale in Piazza Borromeo 14, 20123, Milano.

L'area per l'installazione dell'impianto fotovoltaico si trova nel territorio comunale di Foggia (FG) in Contrada Torre di Lama, su lotti di terreno distinti al N.C.T. al foglio n° 7 p.lle n° 101, 239, 447 (parte), 449 (parte) e 451, e al foglio n° 9 p.lle n° 79 (parte), 195 (parte), 196 (parte), 222, 224 (parte), 225 (parte), 226 (parte), 227 (parte), 690 e 691.



**Figura 1: Layout proposta progettuale**

La valutazione del progetto, ha evidenziato l'interferenza di alcune opere previste con le aree disciplinate dalle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico e la necessità di redigere un adeguato "Studio di compatibilità idrologica e idraulica".

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.



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

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

ZONE OMOGENEE	CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA
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 omogenea 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.

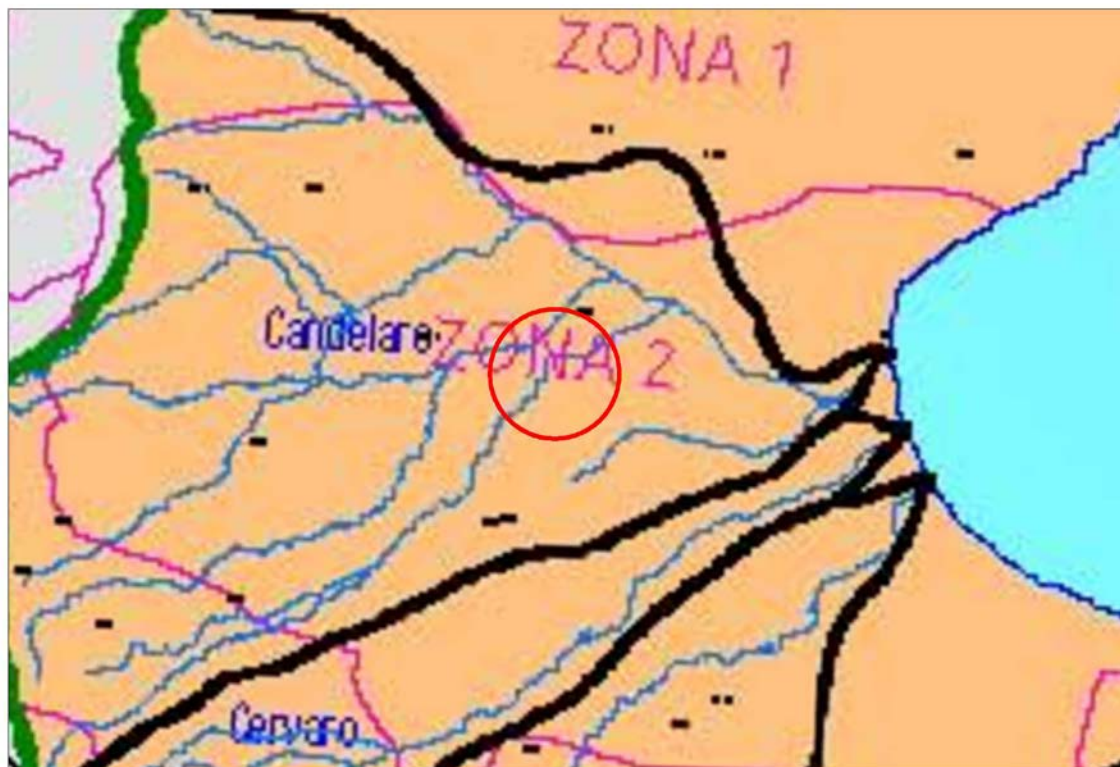


Figura 3: Individuazione Zona omogenea

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

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

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

t	h	t	h
ore	mm	ore	mm
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:

Tempo di ritorno	Fattore di Crescita
$T$	$Kt$
30	1.98
200	2.76
500	3.14

Applicando i valori ottenuti si ottiene:

t	h	h·Kt; T=30	h·Kt; T=200	h·Kt; T=500
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:

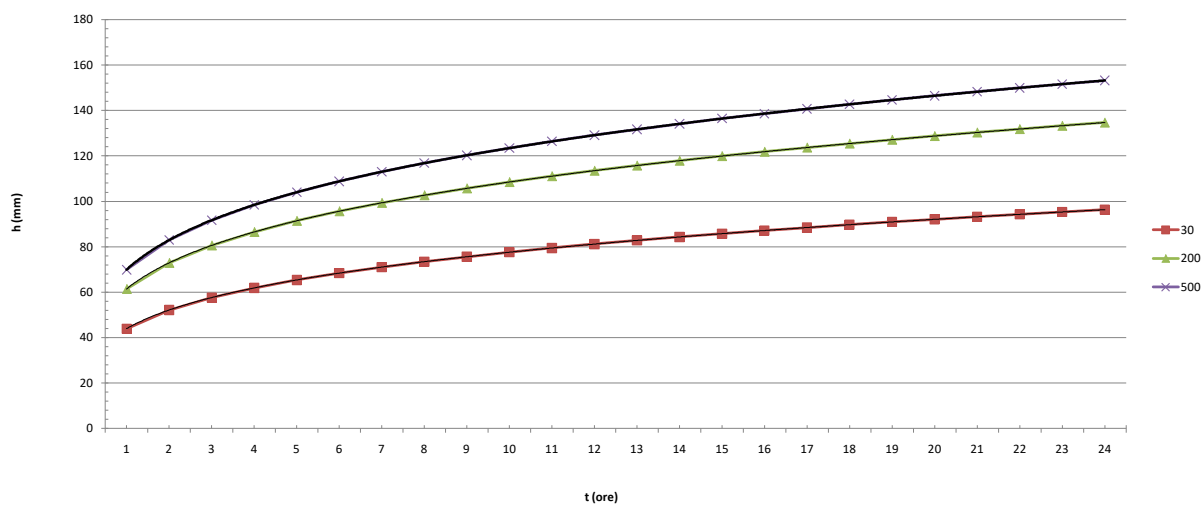


Figura 4: Curve di possibilità pluviometrica



## 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.

### 3 Analisi delle interferenze

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 riportano di seguito due immagini rappresentative del progetto con l'individuazione delle interferenze con il Piano di Assetto Idrogeologico e con reticolo idrografico.



Figura 5: Individuazione interferenze con PAI

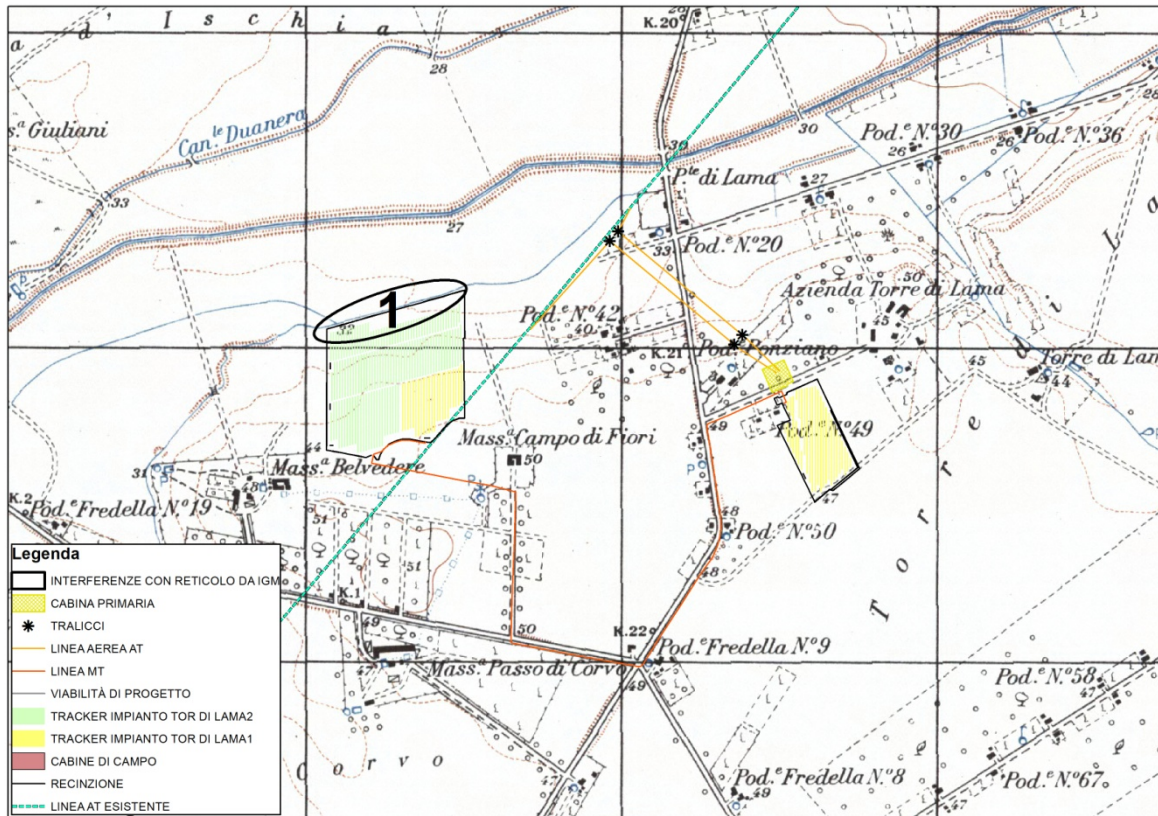


Figura 6: Individuazione interferenze con RETICOLO IDROGRAFICO

### 3.1 VALUTAZIONE DELLE INTERFERENZE CON PAI

#### 3.1.1 INTERFERENZA A: UBICAZIONE MODULI FV TORRE DI LAMA 2

Le interferenze riscontrate fanno riferimento all'ubicazione di porzione del parco fotovoltaico in corrispondenza ad aree classificate a pericolosità dalla perimetrazione PAI

Tali considerazioni fanno riferimento alla porzione del parco fotovoltaico posta ad OVEST e denominata TORRE DI LAMA 2.

Si propone un'immagine rappresentativa dell'interferenza:

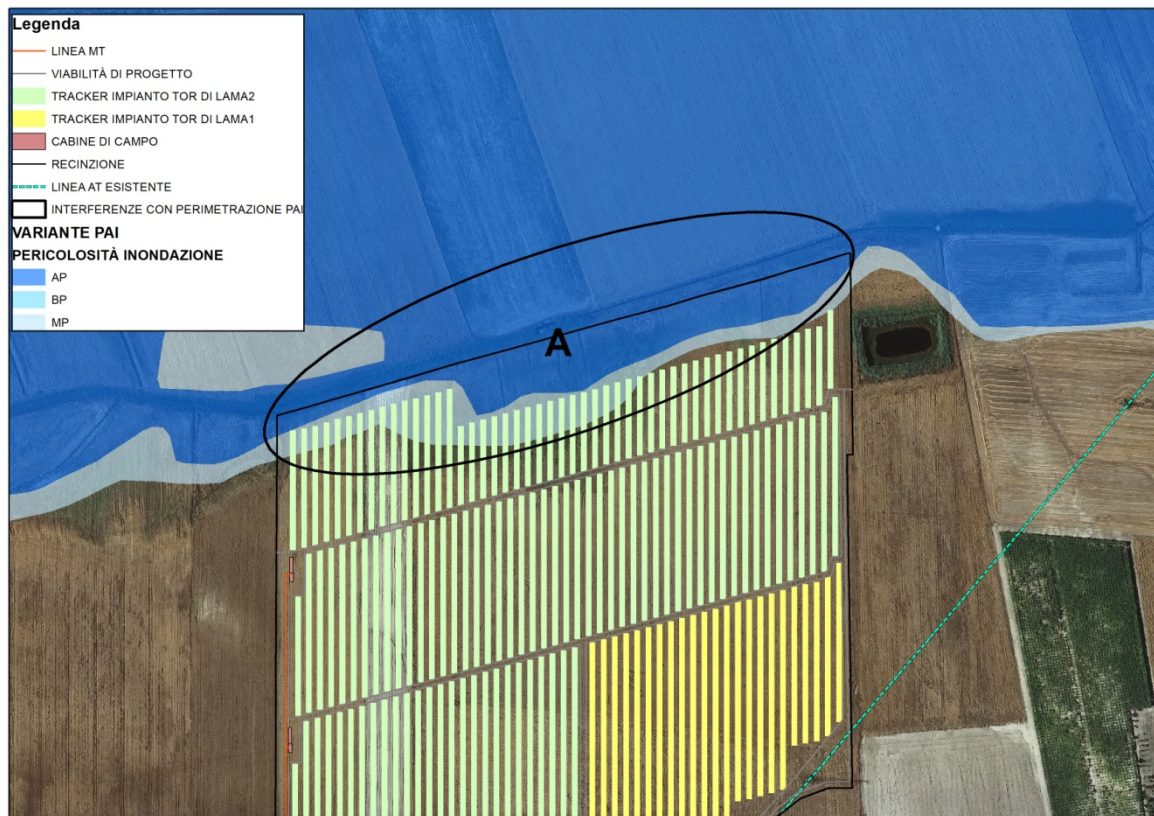


Figura 7: Interferenza A con perimetrazione PAI

L'analisi dell'interferenza verrà analizzata nel dettaglio nel paragrafo 4.1.1 INTERFERENZA A CON PAI – N.1 CON RETICOLO IDROGRAFICO.

### **3.1.2 INTERFERENZA B: PERCORSO DEL CAVIDOTTO**

Si riferisce al percorso del cavidotto interrato che interseca aree classificate a bassa pericolosità idraulica nella perimetrazione PAI.

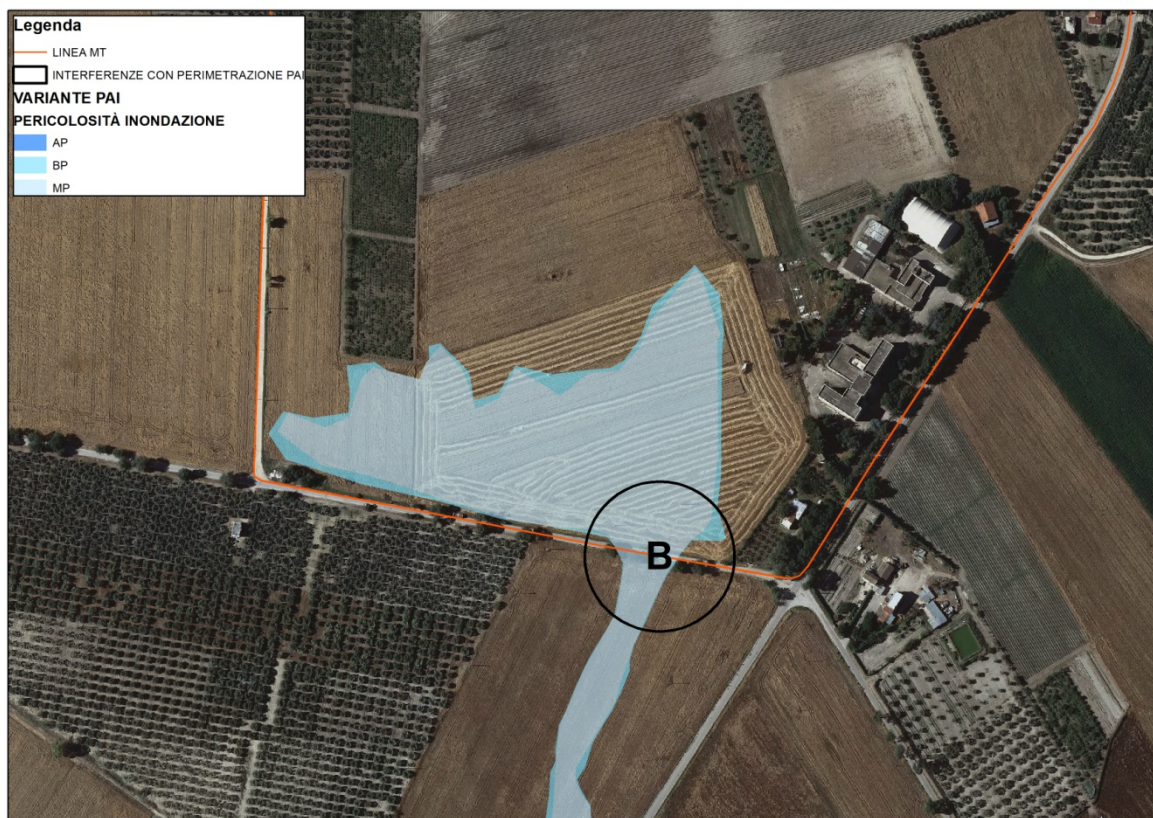


Figura 8: Interferenza B con perimetrazione PAI

Tuttavia, la presenza di infrastrutture viarie, consente di gestire la posa del cavidotto in modo tale da garantire la sicurezza dell'opera. Si analizza in dettaglio la gestione dell'interferenza.

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.

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.

### **3.1.3 INTERFERENZA C: PERCORSO DEL CAVIDOTTO E UBICAZIONE DEI TRALICCI DI SUPPORTO ALLA LINEA AEREA**

L'interferenza è correlata al percorso del cavidotto nei pressi del posizionamento dei tralicci.



Figura 9: Interferenza C con perimetrazione PAI

Per l'analisi delle interferenze, si fa riferimento a quanto riportato nel paragrafo 4.1.1 INTERFERENZA A CON PAI – N.1 CON RETICOLO IDROGRAFICO.

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

### **3.2.1 INTERFERENZA N.1: PORZIONE DEL PARCO FOTOVOLTAICO DENOMINATO TORRE DI LAMA**

L'unica interferenza che si riscontra con il reticolo idrografico fa riferimento alla porzione del parco fotovoltaico posta ad OVEST e denominata TORRE DI LAMA 2.

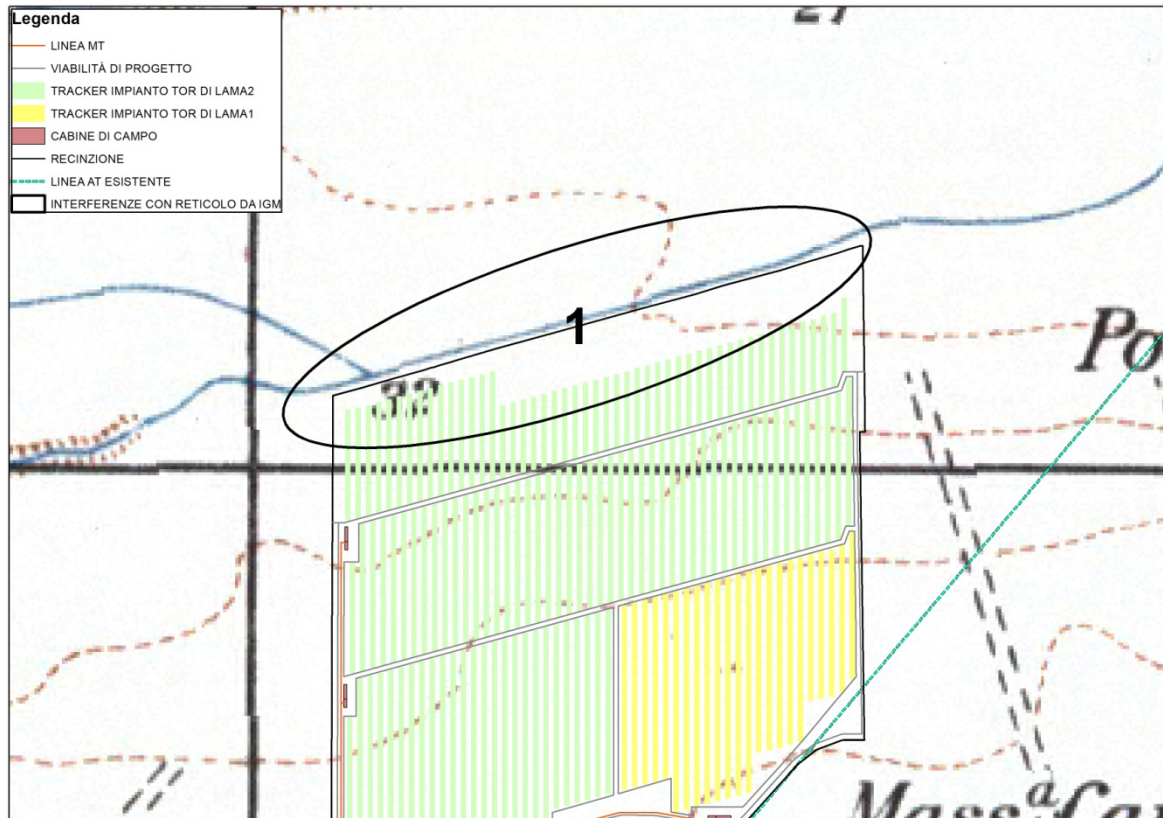


Figura 10: Interferenza 1 con RETICOLO IDROGRAFICO

Per l'analisi dell'interferenza, si fa riferimento a quanto riportato nel paragrafo 4.1.1 INTERFERENZA A CON PAI – N.1 CON RETICOLO IDROGRAFICO.

## 4 Applicazione del metodo

Le considerazioni riportate sono alla base dello studio idrologico idraulico relativo alla proposta progettuale, in dettaglio, le finalità dello studio si riconducono nella valutazione del comportamento idraulico dei corpi idrici superficiali rispetto all'area oggetto di intervento.

La seguente verifica si pone come obiettivo l'analisi delle interferenze correlate al posizionamento dei moduli fotovoltaici e alla relativa interferenza riscontrata sia con il reticolo idrografico sia con il PAI.

### 4.1 VERIFICA DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA IDRAULICA

#### 4.1.1 INTERFERENZA A CON PAI – N.1 CON RETICOLO IDROGRAFICO

La verifica si pone come obiettivo l'accertamento delle condizioni di sicurezza idraulica in merito alle interferenze con la nuova perimetrazione PAI e con il reticolo idrografico.

Per l'applicazione del metodo, occorre procedere con l'individuazione del bacino idrografico sotteso dal corpo idrico di riferimento e alla modellizzazione dello stesso.



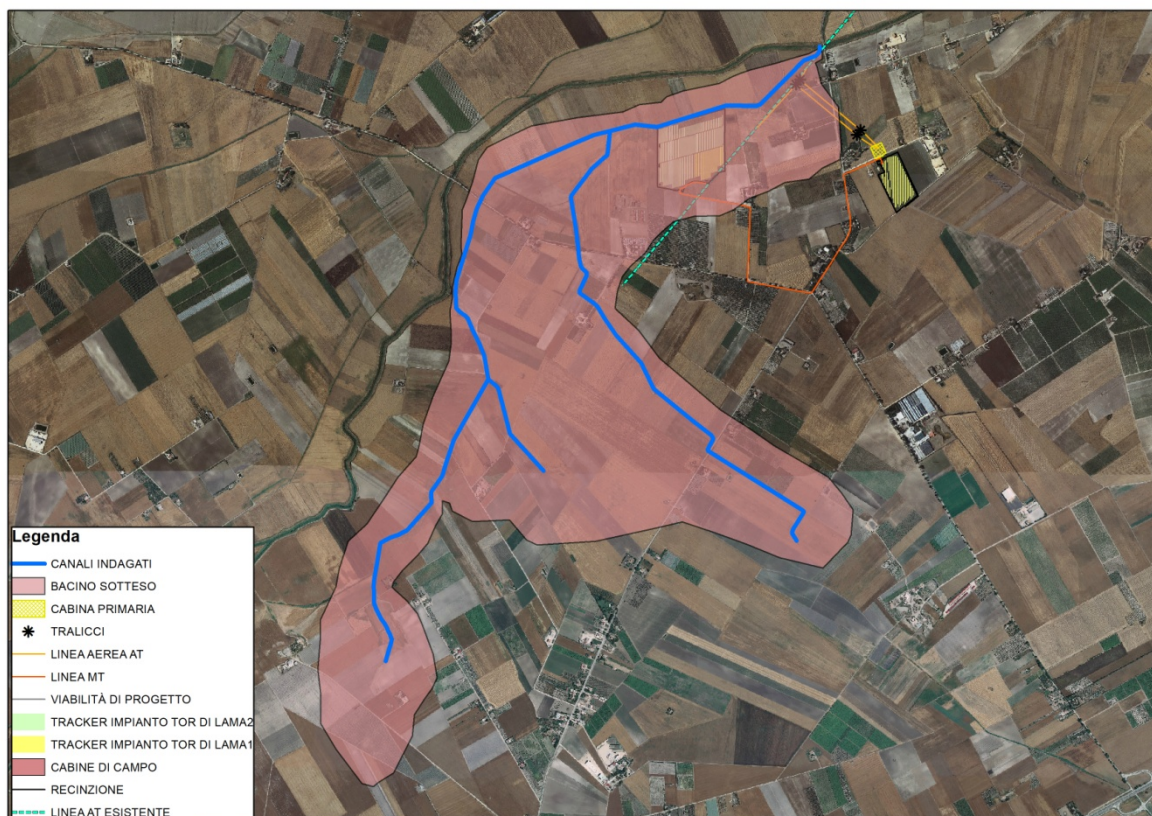


Figura 11: Individuazione del bacino sotteso dai corpi idrici di riferimento

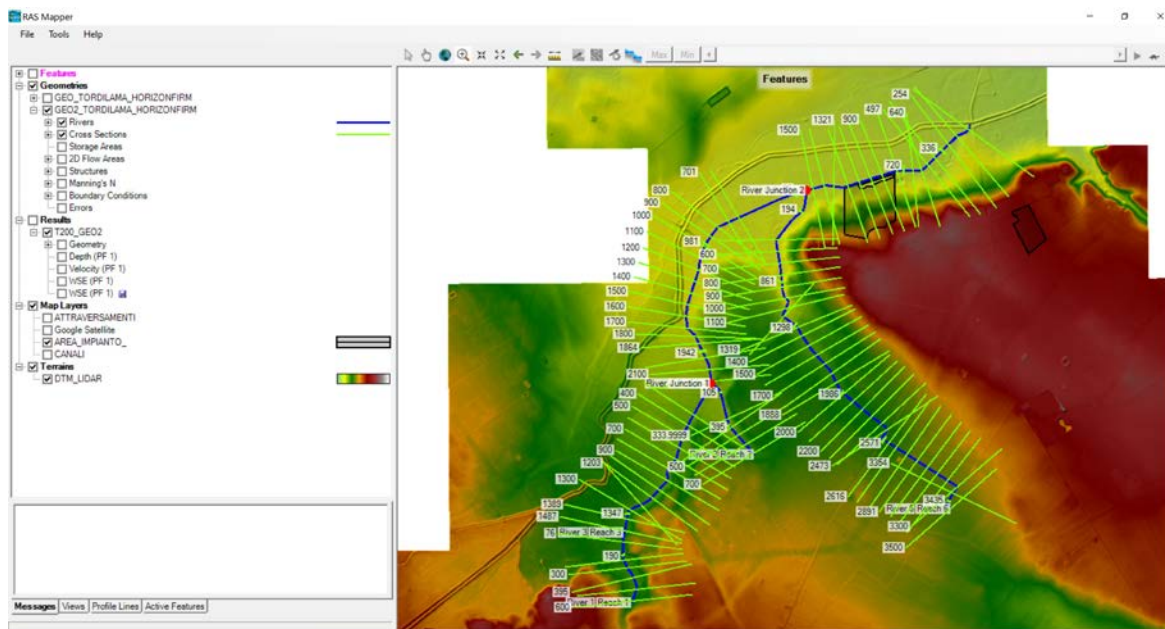


Figura 12: Sezioni individuate

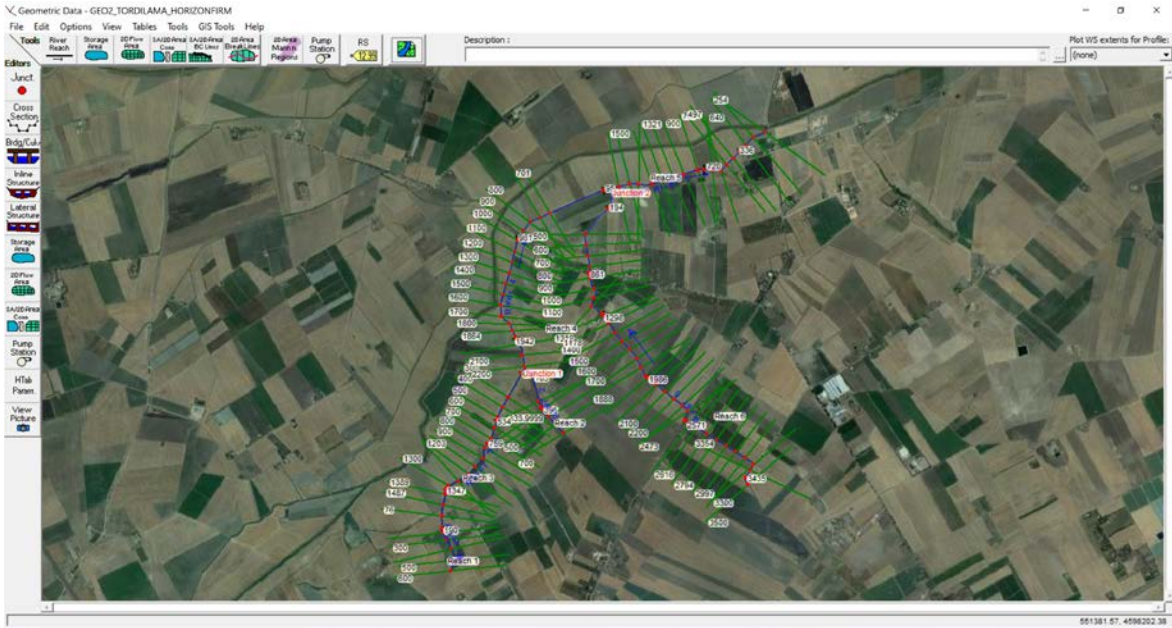


Figura 13: Sezioni in Hec-Ras

Calcolate le caratteristiche geometriche ed individuati i parametri necessari è stato possibile applicare la metodologia VAPI.

Nel caso specifico, si individuano diversi corpi idrici che confluiscono e contribuiscono alla formazione del corpo idrico principale. Sono stati denominati RIVER1, RIVER2, RIVER3, RIVER4, RIVER5, RIVER6.

Per la denominazione si è confermata la modalità di assegnazione del nome di Hec-Ras.

C*	KA(t)	h	A	tr	m (Q)	Corpo idrico
		mm	km2	ore	m3/s	
0.16	1	16.40	0.72	0.29	0.54	RIVER1
0.16	1	16.79	0.87	0.32	0.67	RIVER2
0.16	1	17.56	1.25	0.38	1.00	RIVER3
0.16	1	19.60	3.05	0.60	2.74	RIVER4
0.16	1	21.45	6.34	0.86	6.25	RIVER5
0.16	1	18.80	2.17	0.50	1.88	RIVER6

Nota la portata media annua, è possibile stimare la portata con un tempo di ritorno pari a

$T = 200$  anni applicando il fattore di crescita della portata  $K_{T=200}$  :

$$m(Q)_{200} = m(Q) \cdot K_{T=200}$$

I valori sono stati valutati utilizzando le leggi di probabilità pluviometriche che meglio si adattano alla zona omogenea 3.

$$m[h(d, Z)] = a \cdot d^{n(Z)}$$

Con:

$$X(t, z) = 22.23 t^{0.247}$$

Parametri utilizzati e risultati ottenuti:

$m(Q)$	$m(Q)_{200}$	Corpo idrico
m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	
0.54	2.38	RIVER1
0.67	2.96	RIVER2
1.00	4.43	RIVER3
2.74	12.05	RIVER4
6.25	27.44	RIVER5
1.88	8.25	RIVER6

Con la modellazione effettuata, è possibile individuare se la portata di piena per un evento con tempo di ritorno pari a **200 anni** risulterebbe contenuta o meno negli alvei dei corpi idrici.

Dall'analisi condotta emerge come la portata di piena risulta contenuta nell'alveo del ramo idrico, a meno che per alcune sezioni, in corrispondenza delle quali, la portata non risulta contenuta.

Per completezza, si è provveduto ad individuare, dunque, le aree che risulterebbero inondabili per un evento di piena con un tempo di ritorno pari a 200 anni.

Si riportano di seguito le elaborazioni grafiche relative alle aree inondabili:



Figura 14: Aree inondabili

Per meglio verificare l'ubicazione delle interferenze rispetto alle aree inondabili individuate, si riportano una serie di immagini di dettaglio.



Figura 15: INTERFERENZA A DEL PAI E N.1 DEL RETICOLO IDROGRAFICO – AREE INONDABILI



Figura 16: Figura 17: INTERFERENZA C DEL PAI – AREE INONDABILI

Dalle elaborazioni condotte, emerge che la scelta progettuale adottata in merito alla disposizione dei tracker all'interno dell'area di impianto Torre di Lama 2, non risulta in alcun modo coinvolta dalle aree inondabili relative all'evento di piena due centennale. Per ciò che concerne le infrastrutture di servizio al parco (strada di accesso), risulterà opportuno realizzarle utilizzando soluzioni provvisorie, senza la posa di materiale impermeabile come, ad esempio, accessi in terra battuta o misto stabilizzato.

Per quanto concerne l'interferenza B con la perimetrazione PAI, si evidenzia come le opere risultino estranee alle aree inondabili.

In tali condizioni l'opera può ritenersi in sicurezza idraulica.

## 5 Considerazioni finali

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

Il generatore denominato "TORRE DI LAMA" è suddiviso elettricamente in due impianti distinti denominati rispettivamente "TORRE DI LAMA 1" (il cui numero di rintracciabilità della TICA è 227816419) e "TORRE DI LAMA 2" (il cui numero di rintracciabilità della TICA è T0737329).

La potenza nominale totale del generatore fotovoltaico denominato "TORRE DI LAMA", data dalla somma delle potenze nominali dei singoli moduli fotovoltaici, è pari a 19.359,00 kWp (7.371,00 kWp per "TORRE DI LAMA 1" e 11.988,00 kWp per "TORRE DI LAMA 2").

La società proponente è la **Trina Solar TETI S.r.l.**, con sede legale in Piazza Borromeo 14, 20123, Milano.

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, e in riferimento ai risultati ottenuti dalla simulazione di eventi di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni, si evidenzia come **l'opera risulti in condizioni di sicurezza idraulica.**

Foggia, 03/08/2021

Il tecnico

Ing. Antonella Laura Giordano

