



REGIONE PUGLIA

PROVINCIA DI FOGGIA



Comune di FOGGIA

<p>Proponente</p>	<p>ARTEMIS SRL Via Milazzo 17 - Bologna P.IVA 03986191207 artemis_pec@pec.it</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <div style="text-align: right;"> <p>Partnered by:</p>  </div> </div>				
<p>Progettazione</p>	<p>Ing. Fabio Domenico Amico Via Milazzo, 17 40121 Bologna E-Mail: f.amico@green-go.net</p> 	<p>Studio Ambientale e Paesaggistico</p>	<p>Arch. Antonio Demaio Via N. delli Carri, 48 - 71121 Foggia (FG) Tel. 0881.756251 Fax 1784412324 E-Mail: sit.vega@gmail.com</p> 		
<p>Studio Incidenza Ambientale Flora fauna ed ecosistema</p>	<p>Dott. Forestale Luigi Lupo Corso Roma, 110 - 71121 Foggia E-Mail: luigilupo@libero.it</p> 	<p>Studio Idraulico</p>	<p>Ing. Antonella Laura Giordano Viale degli Aviatori, 73/F14 - 71122 Foggia (FG) Tel. 0881.331935 E-Mail: lauragioradano.ing@libero.it</p> 		
<p>Studio Agronomico</p>	<p>Dott. agr. Giuseppe Caputo Via Mazzini, 350 - 71010 Carpino (FG) E-Mail: giuseppecpt92@gmail.com</p> 	<p>Studio Geologico</p>	<p>Studio di Geologia Tecnica & Ambientale Dott.sa Geol. Giovanna Amedei Via Pietro Nenni, 4 - 71012 Rodi Garganico (FG) Tel./Fax 0884.965793 Cell. 347.6262259 E-Mail: giovannaamedei@fiscali.it</p> 		
<p>Studio Archeologico</p>	<p>Dott. Antonio Bruscella Piazza Alcide De Gasperi, 27 - 85100 Potenza (Pz) Tel. 340.5809582 E-Mail: antoniobruscella@hotmail.it</p>  <p style="text-align: right;">Odos s.n.c. di Bruscella Antonio e Russo Carla Via Vincenzo Capozzi, n. 8 71121 Foggia C.F. e P.I. : 04124960719 e-mail: info@odosarcheologia.it</p> <p style="text-align: center;"><i>Antonio Bruscella</i></p>				
<p>Opera</p>	<p>Progetto di realizzazione di un impianto agro-voltaico provvisto di inseguitori mono-assiali e relative opere connesse nel Comune di Foggia (FG), denominato Duanera.</p>				
<p>Oggetto</p>	<p>Folder: G1F8PR6_RelazioneIdraulica.zip</p> <p>Nome Elaborato: G1F8PR6_RelazioneIdraulica</p> <p>Descrizione Elaborato: DNRSS0R07-00 - Relazione idraulica</p>				
<p>00</p>	<p>Luglio 2022</p>	<p>Emissione per progetto definitivo</p>	<p>Vega</p>	<p>Arch. A. Demaio</p>	<p>Artemis srl</p>
<p>Rev.</p>	<p>Data</p>	<p>Oggetto della revisione</p>	<p>Elaborazione</p>	<p>Verifica</p>	<p>Approvazione</p>
<p>Scala:</p>	<p>G1F8PR6</p>				
<p>Formato:</p>	<p>Codice Pratica G1F8PR6</p>				

1	PREMESSA	1
2	STUDIO IDROLOGICO/IDRAULICO	2
2.1	Calcolo idrologico.....	2
2.2	Individuazione della sottozona omogenea di riferimento.....	3
2.2.1	Calcolo delle portate attese.....	8
2.3	Verifica idraulica.....	10
3	APPLICAZIONE DEL METODO	11
3.1	Interferenze con reticolo idrografico.....	11
3.1.1	Gestione delle interferenze con il reticolo idrografico.....	14
3.2	Interferenze con perimetrazione PAI.....	16
3.2.1	Gestione delle interferenze con perimetrazione PAI	16
4	CONSIDERAZIONI FINALI	18

1 PREMESSA

La presente relazione fa riferimento alla proposta di un impianto agrovoltaico, denominato Duanera, provvisto di inseguitori mono-assiali e relative opere connesse, di potenza di immissione in rete pari a 25,025 MW (potenza di picco pari a 30,02 MWp), da ubicarsi nel Comune di Foggia, in provincia di Foggia.

L'impianto fotovoltaico sarà connesso alla rete elettrica nazionale in virtù dell'STMG proposta da Terna (Codice Pratica 201901040), nella titolarità della società proponente, con potenza in immissione pari a 25 MW. Lo schema di allacciamento prevede il collegamento alla rete di Trasmissione tramite la realizzazione di una sottostazione di trasformazione 30/150 kV collegata in antenna a 150 kV con l'allargamento della sottostazione elettrica (SE) di Foggia a 380/150 kV della RTN benestariata da Terna.

Si riporta di seguito il layout dell'impianto.

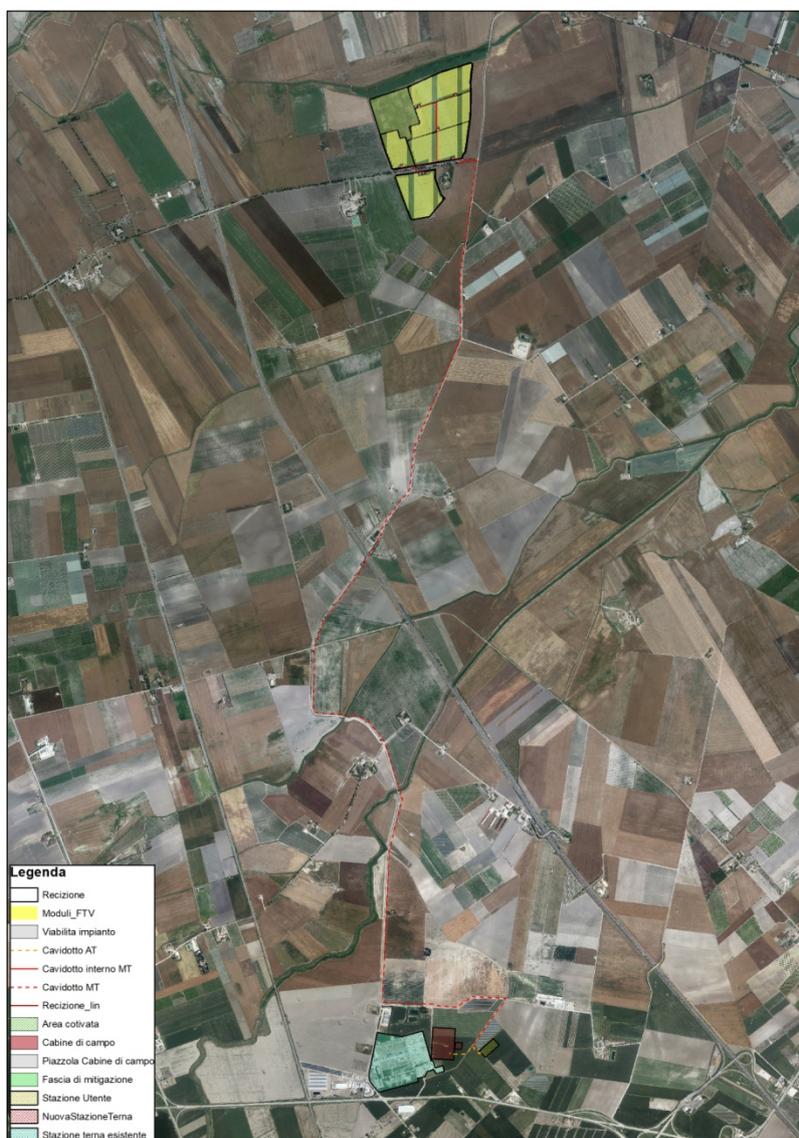


Figura 1: LAYOUT PROPOSTA PROGETTUALE

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 GNDCl (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 alla equazioni di seguito riportate:

ZONE OMOGENEE	CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA
Zona 1	$x(t, z) = 28.8 \cdot t^{[(0.720+0.00503 \cdot z)/3.178]}$
Zona 2	$x(t) = 22.23 \cdot t^{0.247}$
Zona 3	$x(t, z) = 25.325 \cdot t^{[(0.0696+0.00531 \cdot z)/3.178]}$
Zona 4	$x(t) = 24.70 \cdot t^{0.256}$
Zona 5	$x(t, z) = 28.2 \cdot t^{[(0.0628+0.0002 \cdot z)/3.178]}$
Zona 6	$x(t, z) = 33.7 \cdot t^{[(0.488+0.002 \cdot z)/3.178]}$

Per quanto concerne il fattore di crescita, per assegnato tempo di ritorno, per la sottozona 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

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

- FATTORE DI CRESCITA

Zona 2 $Kt = 0.5648 + 0.415 \cdot \ln T$

Studio di compatibilità idrologica-idraulica

Impianto agrovoltaiico nel Comune di Foggia in località "Duanera", con potenza di immissione in rete pari a 25,025 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

PROPONENTE: ARTEMIS SRL

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
<i>ore</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
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:

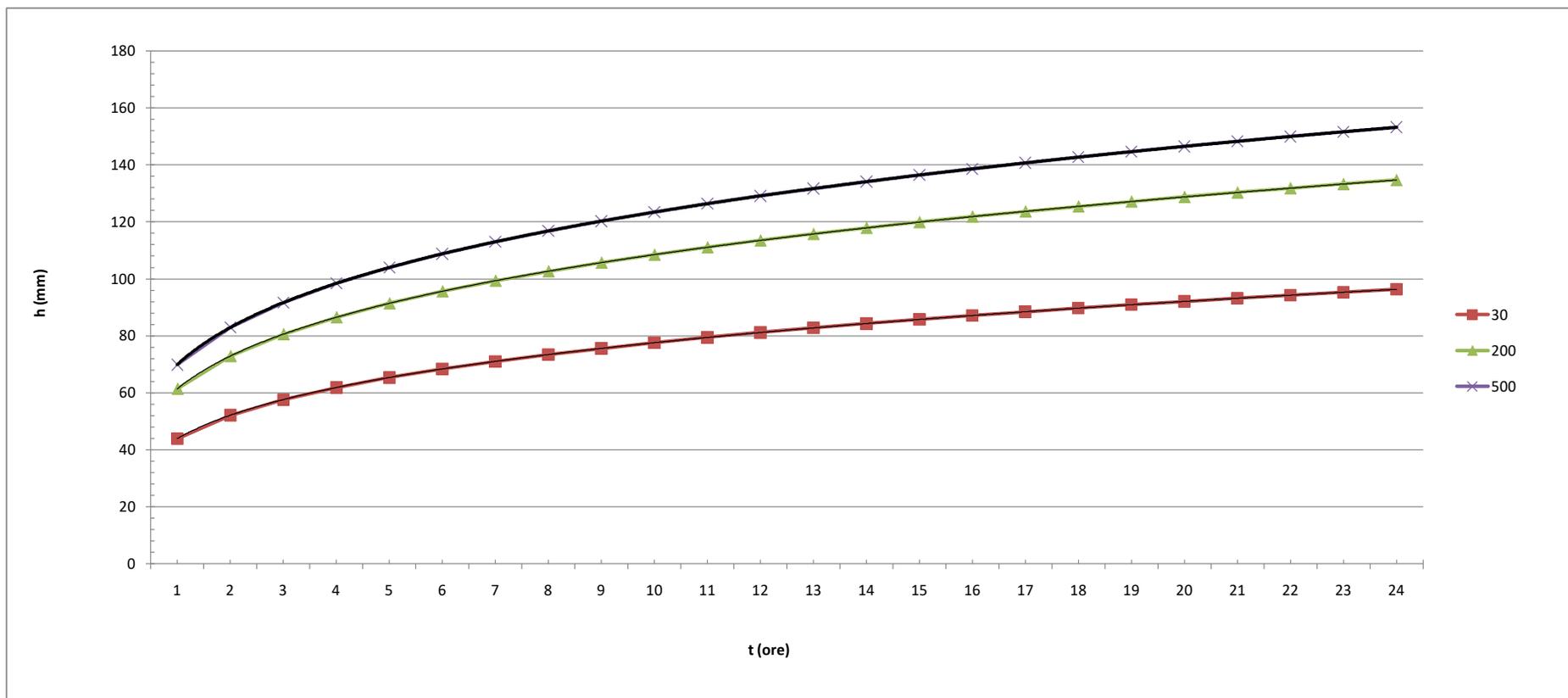


Figura 4: Curve di possibilità pluviometrica

2.2.1 Calcolo delle portate attese

Il calcolo delle portate di piena è stato effettuato utilizzando il modello di trasformazione afflussi-deflussi del metodo del Curve Number (CN), introdotto dal Soil Conservation Service (SCS). Si tratta di una procedura che consente la ricostruzione delle piene in bacini idrografici di superficie non superiore a 20 km². Il metodo si fonda sull'ipotesi che sia valida la seguente relazione:

$$\frac{V}{P_n} = \frac{W}{S}$$

In cui V è il volume di deflusso, P_n è la precipitazione netta, W è il volume immagazzinato dal suolo e S è il valore massimo del suddetto invaso.

La precipitazione netta si ottiene sottraendo alla precipitazione totale P le perdite iniziali I_a, che sono correlate all'invaso massimo del suolo dalla seguente relazione:

$$I_a = 0.2S$$

In definitiva, il volume d'invaso V può essere ottenuto come:

$$V = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Con S così ricavato

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Il parametro CN è denominato Curve Number, indica l'attitudine del bacino a produrre deflusso e si stima sulla base delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale. La stima del CN si effettua determinando il gruppo idrologico di appartenenza e, all'interno di ciascun gruppo, valutando la copertura d'uso del suolo; alle sottoclassi così determinate viene associato un valore di CN.

Il parametro CN, che assume valori tra 100 e 0, rappresenta l'attitudine del bacino considerato a produrre deflusso e si stima sulla base di valori tabellati.

Tale parametro è funzione della natura del suolo, del tipo di copertura vegetale e delle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione.

I valori del CN, quindi, rappresentano la capacità di risposta, in termini di infiltrazione e ruscellamento, a fronte di un evento di pioggia, del bacino analizzato. Le caratteristiche geolitologiche sono state determinate facendo riferimento alla carta dei suoli redatta dall'IRSA CNR in scala 1:100.000, ed è stato possibile caratterizzare i suoli dal punto di vista della permeabilità secondo la classificazione SCS.

GRUPPO A	Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
GRUPPO B	Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
GRUPPO C	Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidii. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
GRUPPO D	Potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione.

Nell'ambito delle differenti classi di permeabilità così individuate, attraverso un calcolo ponderale basato sui dati acquisiti dalla carta dell'uso del suolo, si distinguono e si individuano le classi di CN per ogni sottobacino analizzato.

Per il calcolo della portata al colmo di piena si considera un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una durata pari $2.67t_a$.

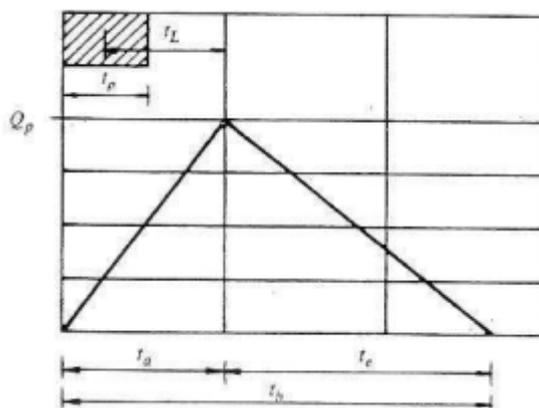


Figura 5: Idrogramma triangolare utilizzato per il calcolo delle portate al colmo con il metodo SCS

Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37,5 % del volume totale V di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena e quindi:

$$t_b = 2,67 \cdot t_a$$

Con tali relazioni, ed esprimendo il volume di deflusso V in mm, il tempo t_a in ore, l'area del bacino A in km^2 , si calcola la portata al colmo di piena:

$$Q_P = 0.208 \frac{VA}{t_a}$$

Dove:

$$t_a = 0.5t_p + t_r$$

Dove t_r rappresenta il tempo di ritardo e viene valutato in funzione della lunghezza dell'asta, della pendenza media e del coefficiente di assorbimento.

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 moto vario 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 specifico in esame, per via delle caratteristiche del sito e della soluzione progettuale, non si rende necessario procedere con la modalità descritta.

3 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.

Lo studio è stato condotto analizzando le interferenze dell'opera di progetto con il reticolo idrografico e con la nuova perimetrazione PAI.

3.1 Interferenze con reticolo idrografico

Nel dettaglio, è possibile individuare interferenze identificate tra il cavidotto interrato e il reticolo idrografico.

Studio di compatibilità idrologica-idraulica
 Impianto agrovoltaico nel Comune di Foggia in località "Duanera", con potenza di immissione in rete pari a 25,025 MW comprese le
 relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.
 PROPONENTE: ARTEMIS SRL

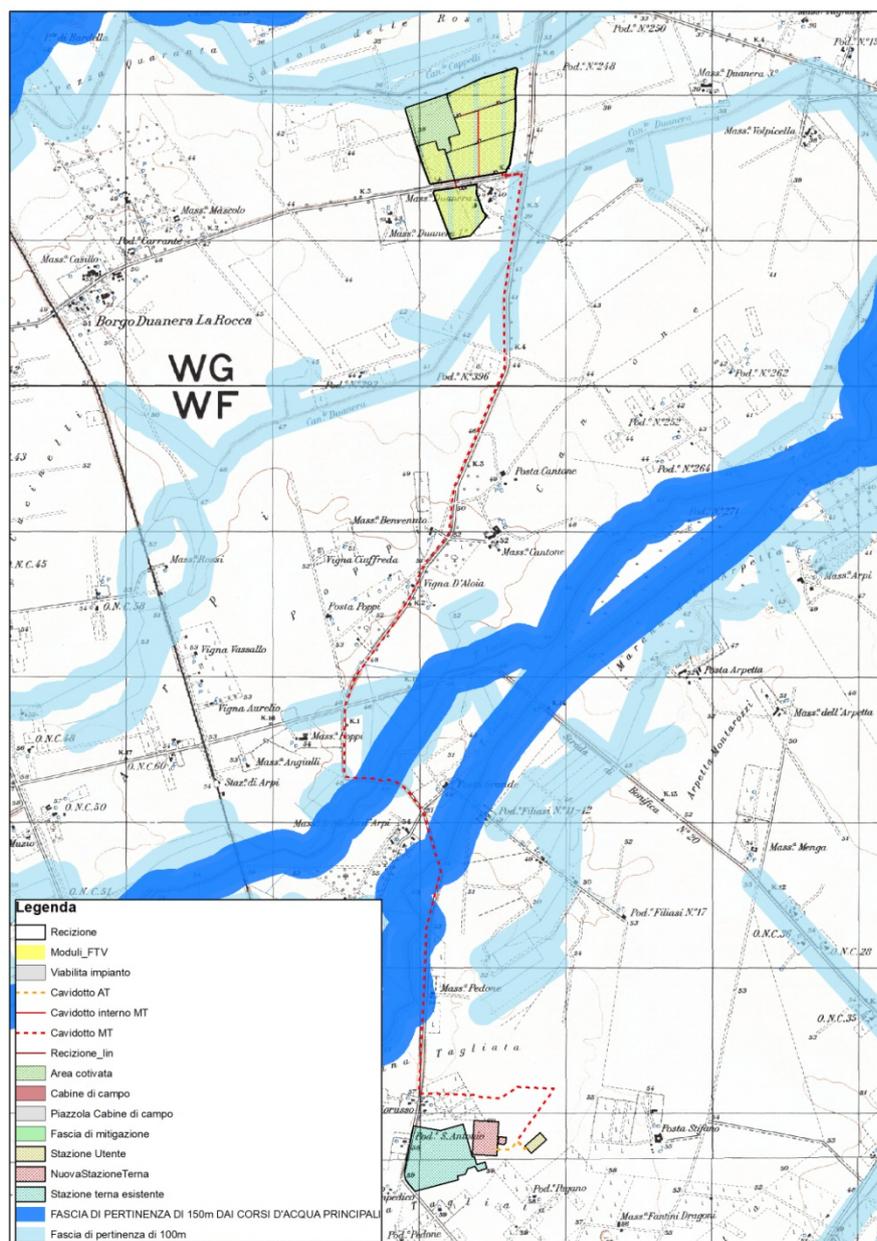


Figura 6: INTERFERENZE CON RETICOLO IDROGRAFICO E FASCIA DI RISPETTO

*Studio di compatibilità idrologica-idraulica
Impianto agrovoltaiico nel Comune di Foggia in località "Duanera", con potenza di immissione in rete pari a 25,025 MW comprese le
relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.
PROPONENTE: ARTEMIS SRL*

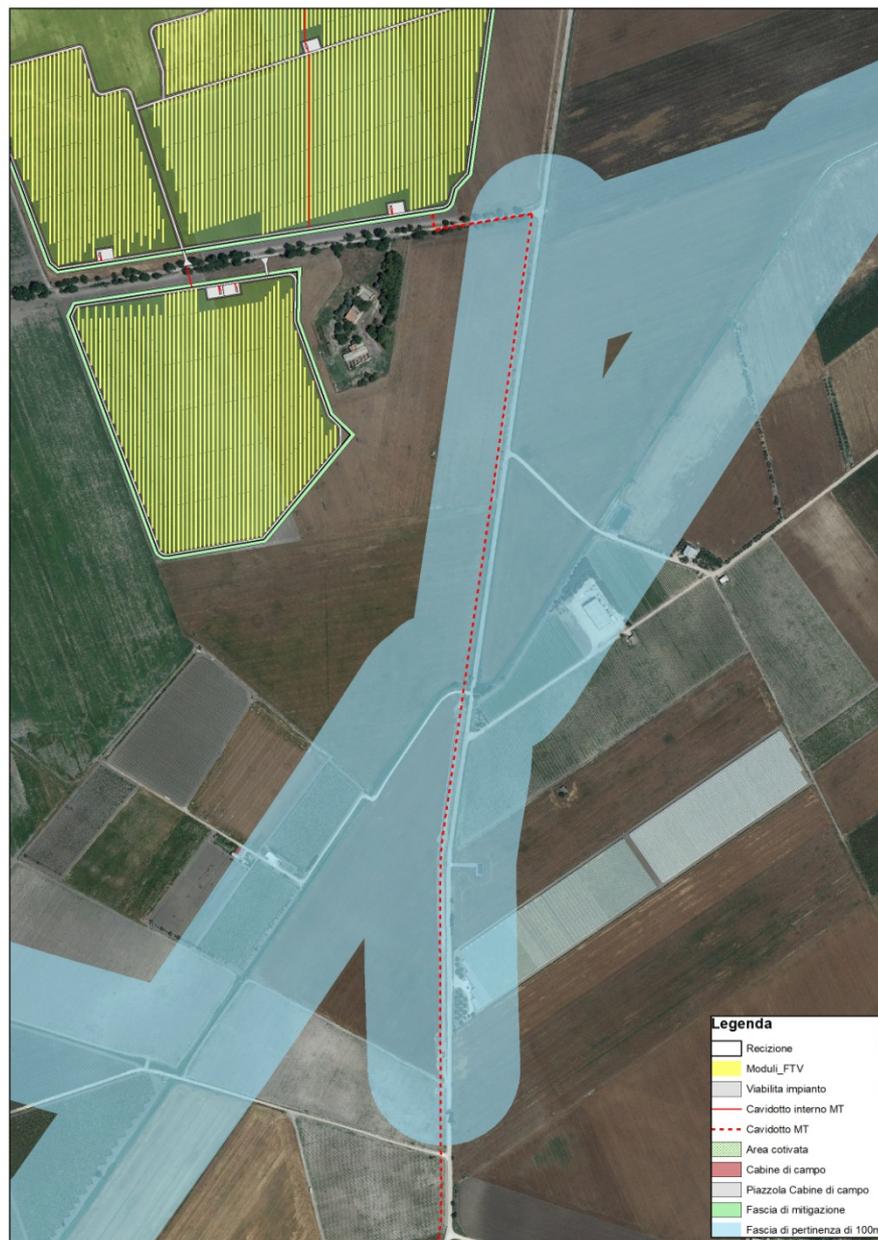


Figura 7: DETTAGLIO INTERFERENZE CON RETICOLO IDROGRAFICO E FASCIA DI RISPETTO



Figura 8: DETTAGLIO INTERFERENZE CON RETICOLO IDROGRAFICO E FASCIA DI RISPETTO

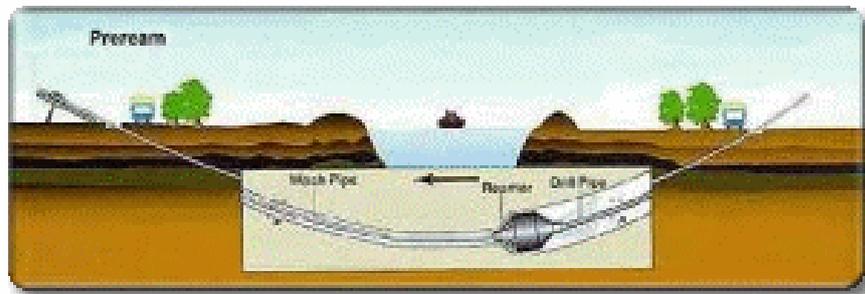
3.1.1 Gestione delle interferenze con il reticolo idrografico

La metodologia di gestione dell'interferenza con il reticolo idrografico verrà scelta in funzione della tipologia dell'interferenza stessa che verrà riscontrata.

Per ciò che concerne il percorso del cavidotto, esso corre parallelamente l'andamento della strada esistente e la sua posa, in corrispondenza del ciglio della strada, non determinerà alcuna alterazione all'attuale configurazione del sito.

Nello specifico verranno adottate le seguenti modalità:

- **Attraversamento corsi d'acqua episodici:** data la natura degli stessi, la risoluzione delle interferenze relative all'attraversamento, da parte del cavidotto interrato, di corsi d'acqua episodici avrà luogo attraverso la posa del cavidotto interrato in trincea, ponendo la stessa ad una profondità di 2 metri. Inoltre, al fine di preservare l'opera e di evitarne dunque il danneggiamento, si provvederà alla posa del cavidotto realizzando un bauletto protettivo in calcestruzzo, da realizzarsi in corrispondenza dei corsi d'acqua episodici che determinano l'interferenza. Al termine della posa verrà ripristinato lo stato dei luoghi ante opera.
- **Attraversamento corsi d'acqua non episodici:** per le intersezioni che si determinano tra il cavidotto interrato e i corsi d'acqua non episodici, la gestione delle interferenze avrà luogo adottando la tecnica della Trivellazione Orizzontale Controllata come approccio cautelativo.



La soluzione consente di non determinare alcuna interferenza con il corpo idrico, in particolar modo se il punto di ingresso e di uscita della trivellazione orizzontale, risulti adeguatamente valutato.

Per le sezioni di attraversamento si è fissata una profondità di posa in opera del cavidotto interrato pari a 2,00 m, misurata rispetto alla quota del fondo dell'alveo del corso d'acqua; tale profondità di posa in opera risulta ampiamente cautelativa per il tipo di corso d'acqua intercettato. I punti di ingresso e di uscita della TOC, sono stati individuati all'esterno della fascia di rispetto del corpo idrico, ad una distanza di 5 metri a monte e 5 metri a valle. Si ritiene, previo soddisfacimento dei requisiti atti a garantire la sicurezza idraulica, compatibile l'ingresso della TOC anche in aree classificate a pericolosità idraulica.

Laddove possibile, il superamento dell'interferenza avverrà attraverso l'ancoraggio ad infrastrutture esistenti (tombini e ponti).

3.2 Interferenze con perimetrazione PAI

Le interferenze con le aree classificate dal PAI si riconducono al percorso del cavidotto interno ed esterno interrato, alla realizzazione della strada e della Sotto Stazione Utente.

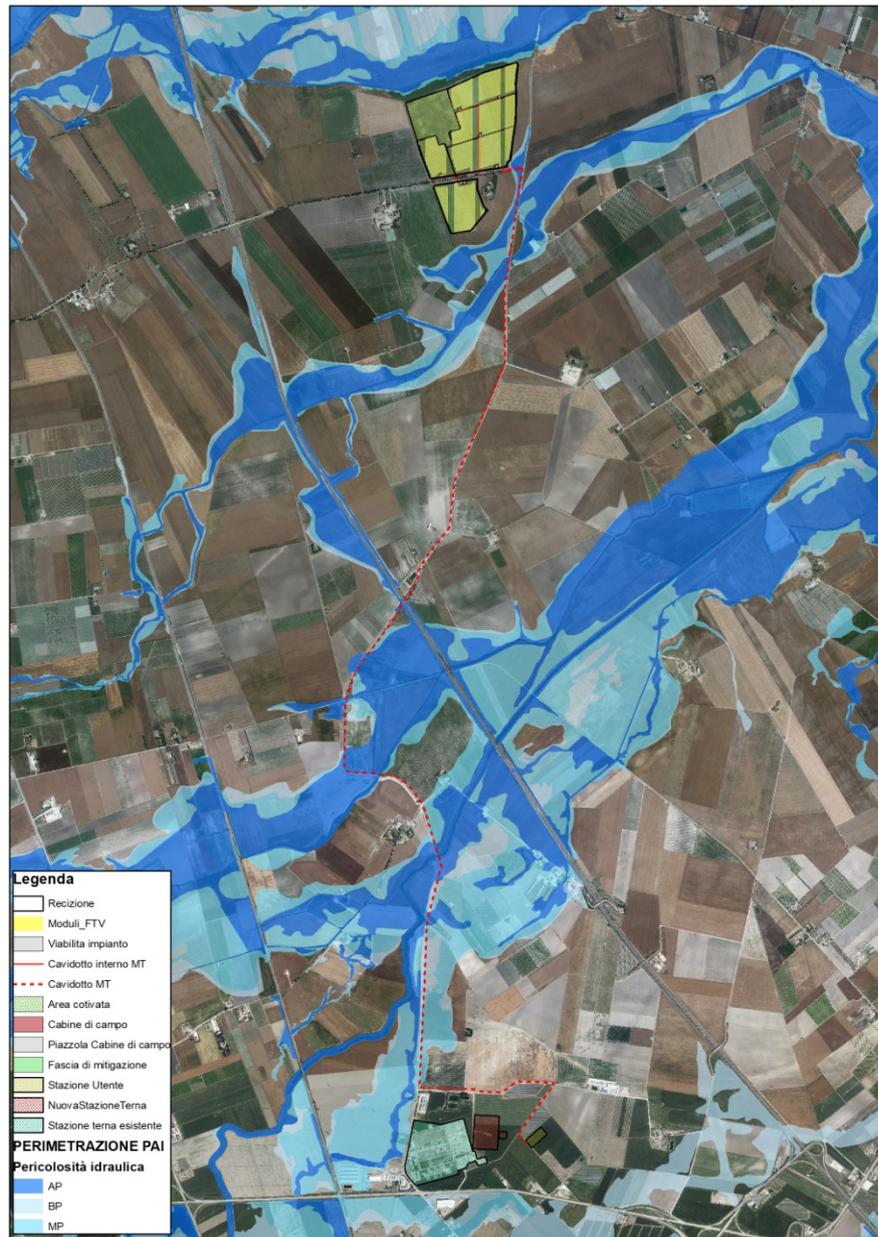


Figura 9: INTERFERENZE PERIMETRAZIONE PAI

3.2.1 Gestione delle interferenze con perimetrazione PAI

3.2.1.1 PERCORSO DEL CAVIDOTTO

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

Nel dettaglio, il cavidotto verrà posato in trincea alla profondità di circa 1.20 m.

Studio di compatibilità idrologica-idraulica

Impianto agrovoltico nel Comune di Foggia in località "Duanera", con potenza di immissione in rete pari a 25,025 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

PROPONENTE: ARTEMIS SRL

La posa del cavidotto interrato, in corrispondenza delle aree a pericolosità idraulica, 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 2 m. I materiali da utilizzare per la realizzazione dell'opera, saranno di prima qualità.

Durante l'esecuzione della trincea 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 ad evitare danneggiamenti alle opere da realizzare.

4 CONSIDERAZIONI FINALI

Lo studio si rende necessario per verificare gli effetti sul regime idraulico indotti dalla proposta progettuale suddetta che si riconduce nella realizzazione di un impianto agrovoltaiico da realizzarsi nel Comune di Foggia, denominato Duanera, di potenza di immissione in rete pari a 25,025 MW (potenza di picco pari a 30,02 MWp)

Le interferenze riscontrate sono state suddivise e classificate in riferimento sia a quelle riscontrate con il reticolo idrografico, sia a quelle correlate con la perimetrazione PAI:

Dall'analisi delle interferenze e dalle scelte dei progettisti, si è evidenziata la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica.

L'opera nel suo complesso si ritiene in sicurezza idraulica.

Foggia, luglio 2022

Il tecnico

Ing. Antonella Laura Giordano

