



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di SAN SEVERO

Proponente

ENERWING S.R.L.

Via Milazzo n°17 - 40121 Bologna (Bo)



Partnered by:



Progettazione

Ing. Fabio Domenico Amico

Via Milazzo, 17 - 40121 Bologna
E-Mail: f.amico@green-go.net

Studio Ambientali
e Paesaggistico

Arch. Antonio Demaio

Via N. delli Carri, 48 - 71121 Foggia (FG)
Tel. 0881.756251 | Fax 1784412324
E-Mail: sit.vega@gmail.com



Studio Incidenza Ambientale
Flora fauna ed ecosistema

Dott. Forestale Luigi Lupo

Corso Roma, 110 - 71121 Foggia
E-Mail: luigilupo@libero.it

Studio
Acustico

Arch. Marianna Denora

Via Savona, 3 - 70022 Altamura (BA)
Tel. Fax 080 3147468
E-Mail: info@studioprogettazioneacustica.it

Studio
Archeologico



Dott. Vincenzo Ficco

Tel. 0881.750334
E-Mail: info@archeologicasrl.com

Studio
Geologico e Idraulico

**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@tiscali.it

Studio
Idraulico

Ing. Antonella Laura Giordano

Viale degli Aviatori, 73/F14 - 71122 Foggia (FG)
Tel. Fax 0881 331935
E-Mail: lauragiordano.ing@gmail.com



Opera

Impianto Eolico composto da n.10 aerogeneratori da 6 MW per una potenza complessiva di 60 MW nel Comune di San Severo (FG) alla Località "La Camera"

Oggetto

Folder:
PROGETTO - Parte C

Nome Elaborato:
L6IRSH2_ARCH_DOC_C07

Descrizione Elaborato:
Relazione idraulica

00

Ottobre 2019

Emissione per progetto definitivo

Ing. L. Giordano

Arch. A. Demaio

Enerwing Srl

Rev.

Data

Oggetto della revisione

Elaborazione

Verifica

Approvazione

Scala: Fs

Formato:

Codice Pratica

L6IRSH2

1	PREMESSA	1
2	STUDIO IDROLOGICO/IDRAULICO	1
2.1	Calcolo idrologico.....	1
2.2	Individuazione della sottozona omogenea di riferimento.....	2
2.2.1	Calcolo delle portate attese.....	7
2.3	Verifica idraulica.....	8
3	Applicazione del metodo	9
3.1	Analisi delle interferenze	12
3.1.1	Interferenza n.1: CAVIDOTTO INTERRATO NEI PRESSI DELLA SSE	12
3.1.2	Interferenza n.2: ATTRAVERSAMENTO DEL CANALE TRIOLO.....	13
3.1.3	Interferenza n.3: PERCORSO DEL CAVIDOTTO.....	13
3.1.4	Interferenza n.4: PERCORSO DEL CAVIDOTTO.....	13
3.1.5	Interferenza n.5: ATTRAVERSAMENTO CANALE DI BONIFICA NEI PRESSI STRADA STATALE N.16	14
3.1.6	Interferenza n.6: PERCORSO DEL CAVIDOTTO.....	14
3.1.7	Interferenza n.7: PERCORSO DEL CAVIDOTTO.....	14
3.1.8	Interferenza n.8: PIAZZOLA A SERVIZIO DELLA WTG N.8	14
3.1.9	Interferenza n.9: ATTRAVERSAMENTO RAMO IDRICO	15
3.1.10	Interferenza n.10: PIAZZOLA A SERVIZIO DELLA WTG N.09	15
3.1.11	Interferenza n.11: PERCORSO CAVIDOTTO.....	15
3.1.12	Interferenza n.12: STRADA PROVVISORIA DI ACCESSO	16
4	Considerazioni finali	16

1 PREMESSA

La presente Relazione Tecnica fa riferimento alla proposta di progetto della **Enerwing Srl** per la realizzazione di un impianto eolico nel Comune di San Severo in localita "La Camera". Il progetto è composto da n°10 aerogeneratori aventi una potenza unitaria di 6 MW, per una potenza complessiva di 60 MW, e delle relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed al funzionamento dell'impianto.

L'impianto eolico è previsto nella valle del Torrente Vulgano, in un'area pianeggiante posta ad una altitudine di 55 m.s.l.m. circa e si trova a nord rispetto al centro abitato ai confini con i comuni di San Severo e Lucera.

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa, in cui sono elencati gli aerogeneratori con le relative coordinate (espresse nei due sistemi di riferimento UTM-WGS84 F33N) e particelle su cui ricadono.

WTG	EST	NORD
1	540010.98	4607389.04
2	540445.70	4607750.31
3	540909.51	4608138.14
4	541701.77	4607032.27
5	542128.15	4607348.88
6	542554.29	4607660.92
7	541136.65	4606076.83
8	541730.64	4606182.04
9	542290.48	4606377.31
10	542758.54	4606704.71

Tabella 1. Coordinate nel sistema UTM-WGS84 33N

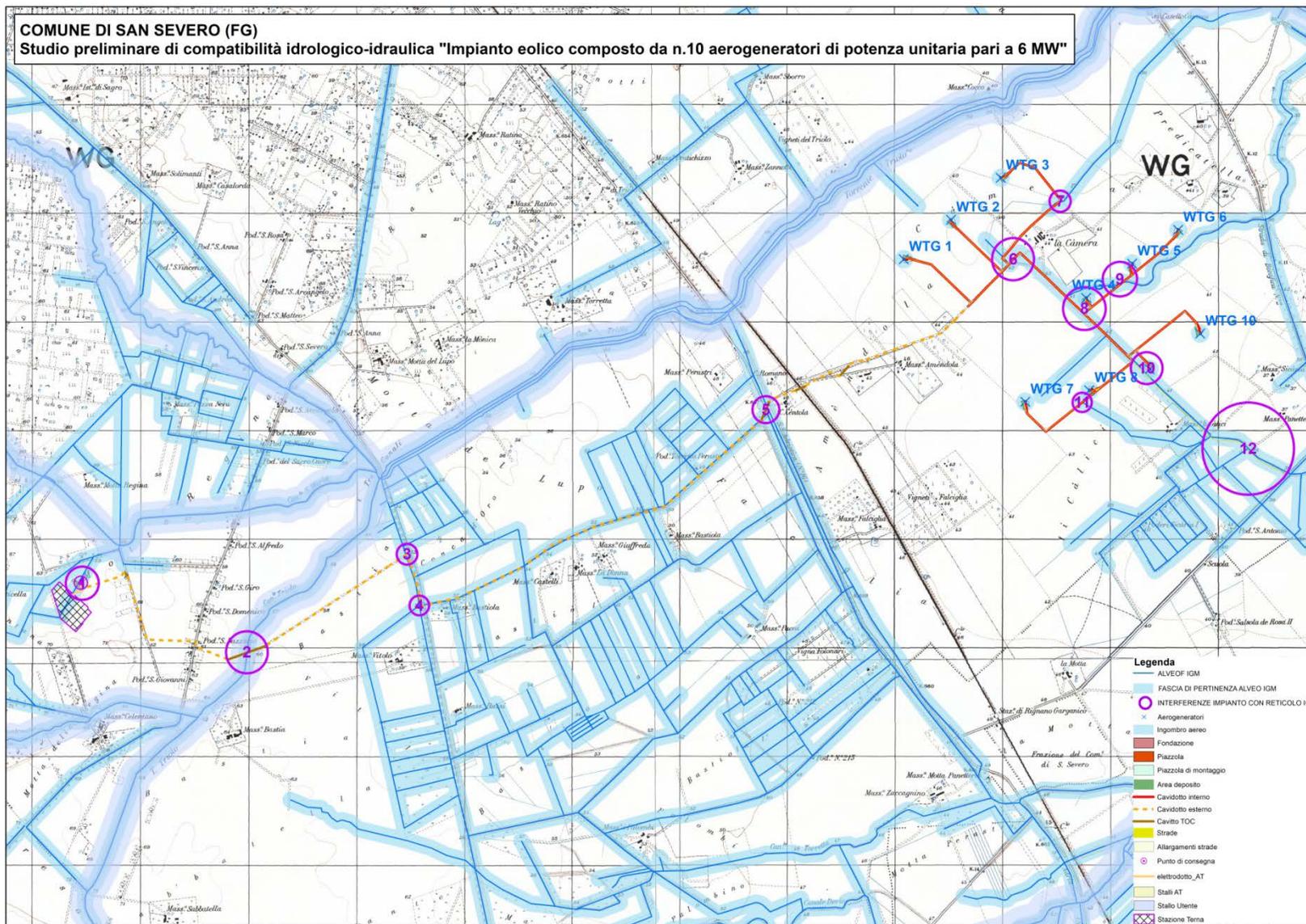


Figura 1: LAYOUT PROGETTUALE E RETICOLO IDROGRAFICO

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	$x(t, z) = 28.8 \cdot t^{[(0.720+0.00503 \cdot z)/3.178]}$
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 $Kt = 0.5648 + 0.415 \cdot \ln T$

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:

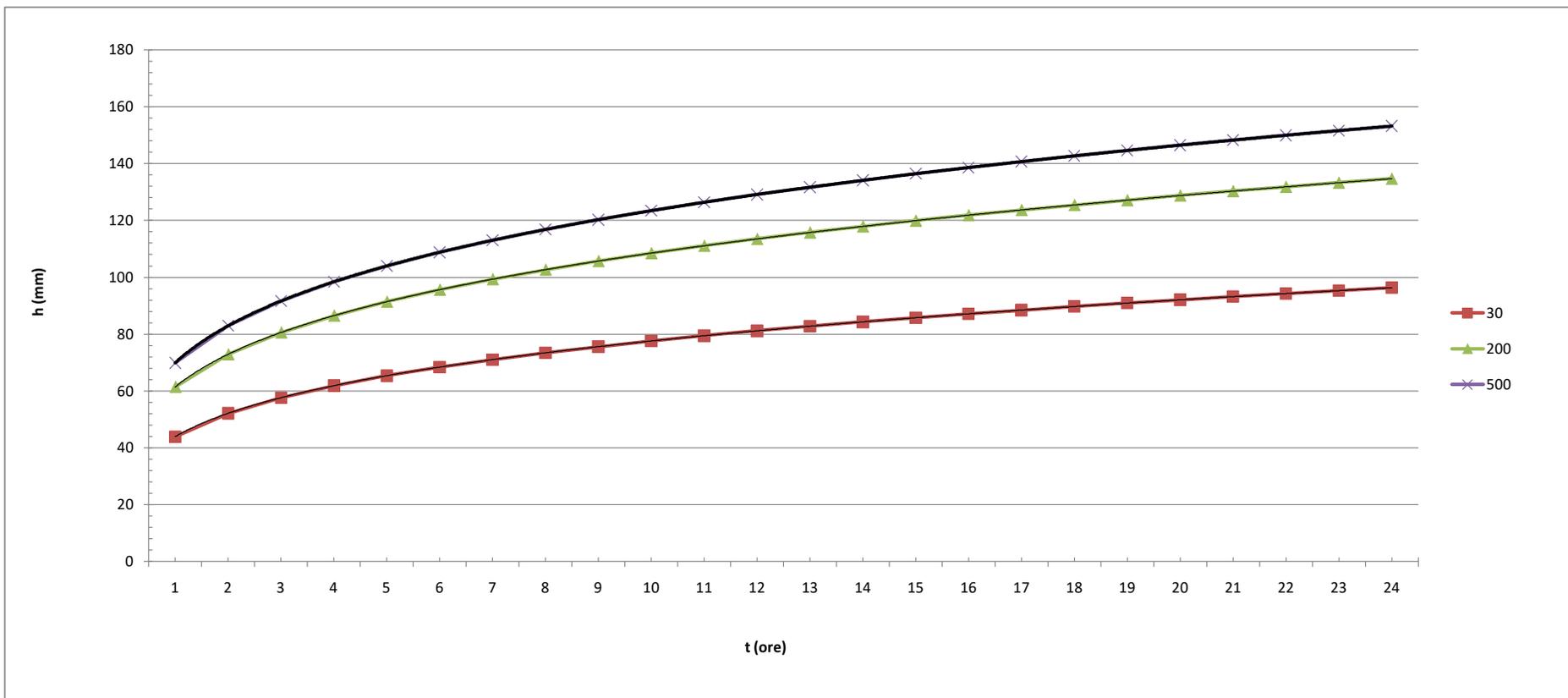


Figura 4: Curve di possibilità pluviometrica

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 0.143.

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

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

- $x(t_r) = 22.23 \cdot t_r^{0.247}$

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.

Nota 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.

È stata condotta una singola simulazione ($T=200$), considerando la portata per un tempo di ritorno pari a 200 anni.

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.

Nel dettaglio, è possibile individuare n. 12 interferenze, così identificate:

1. CAVIDOTTO INTERRATO NEI PRESSI DELLA SSE
2. ATTRAVERSAMENTO DEL CANALE TRIOLO
3. PERCORSO DEL CAVIDOTTO
4. PERCORSO DEL CAVIDOTTO
5. ATTRAVERSAMENTO CANALE DI BONIFICA NEI PRESSI STRADA STATALE N.16
6. PERCORSO DEL CAVIDOTTO
7. PERCORSO DEL CAVIDOTTO
8. PIAZZOLA A SERVIZIO DELLA WTG N.8
9. ATTRAVERSAMENTO RAMO IDRICO
10. PIAZZOLA A SERVIZIO DELLA WTG N.10
11. PERCORSO CAVIDOTTO
12. STRADA PROVVISORIA DI ACCESSO

Si riportano di seguito una serie di immagini rappresentative delle interferenze individuate:

Studio preliminare di compatibilità idrologica-idraulica "Impianto Eolico composto da n.10 aerogeneratori nel Comune di San Severo (FG) alla Località "La Camera"

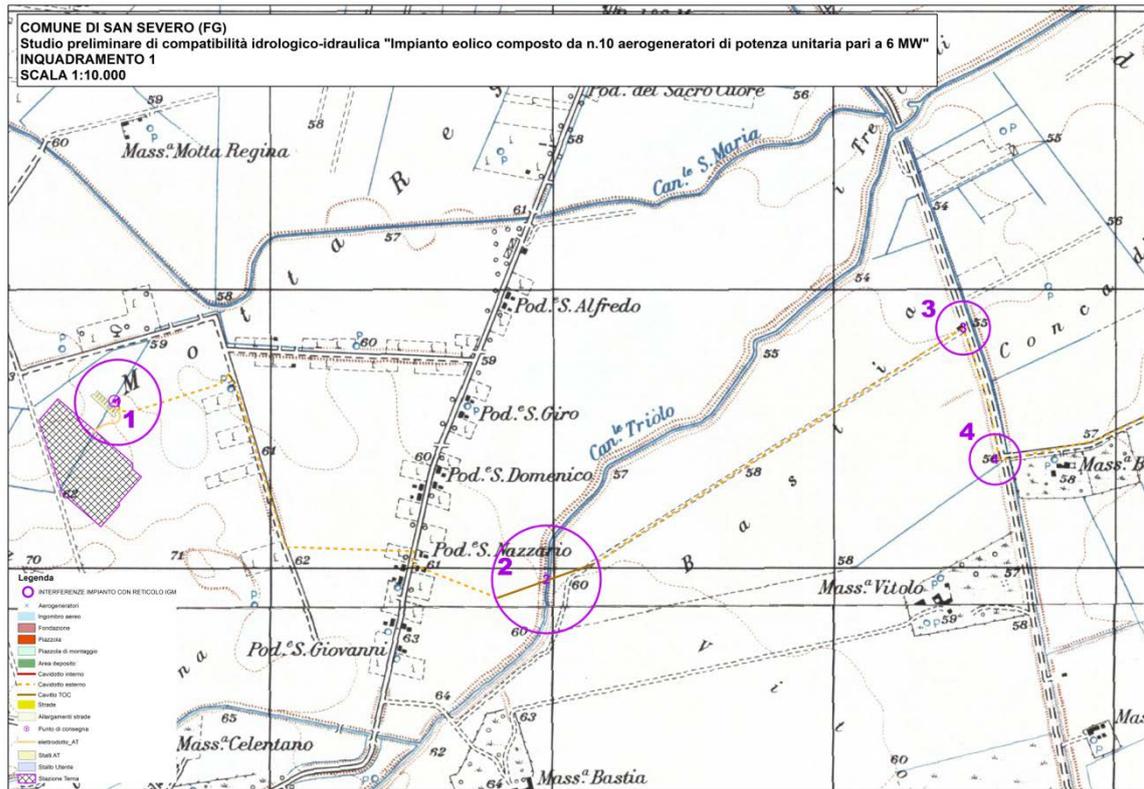


Figura 5: Inquadramento di dettaglio delle interferenze – INQUADRAMENTO 1

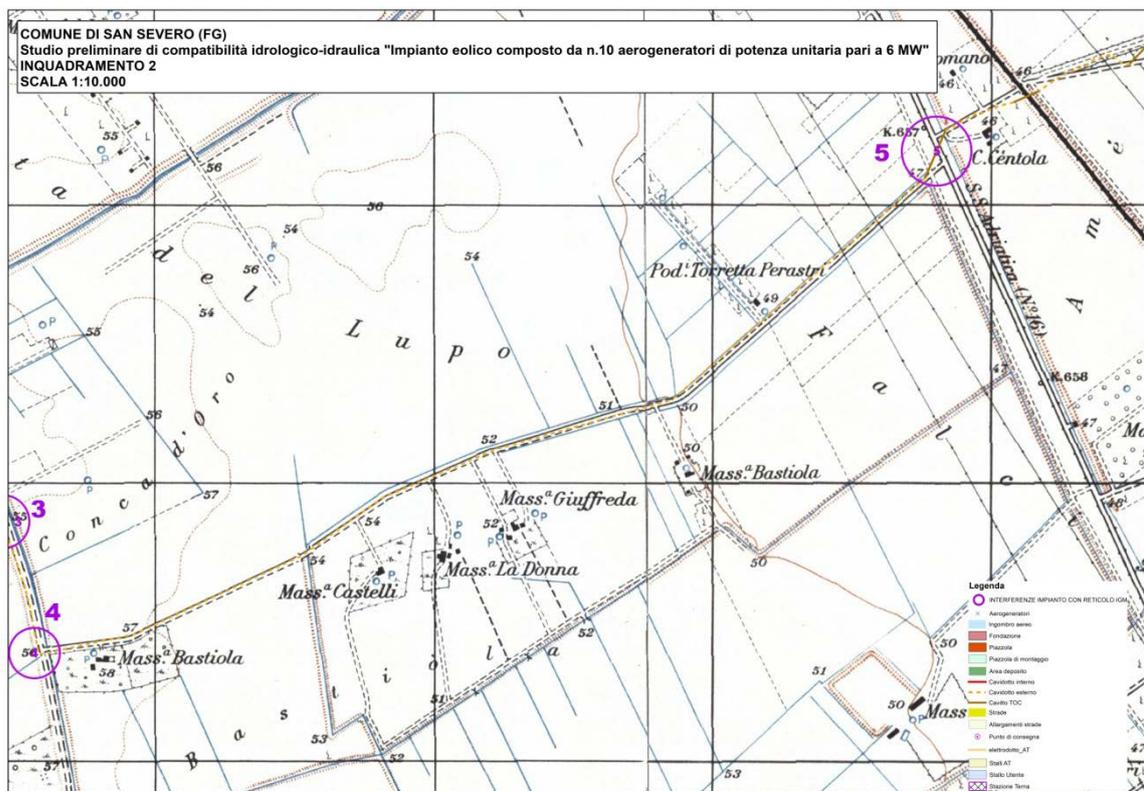


Figura 6: Inquadramento di dettaglio delle interferenze – INQUADRAMENTO 2

Studio preliminare di compatibilità idrologica-idraulica "Impianto Eolico composto da n.10 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6 MW"
 San Severo (FG) alla Località "La Camera"

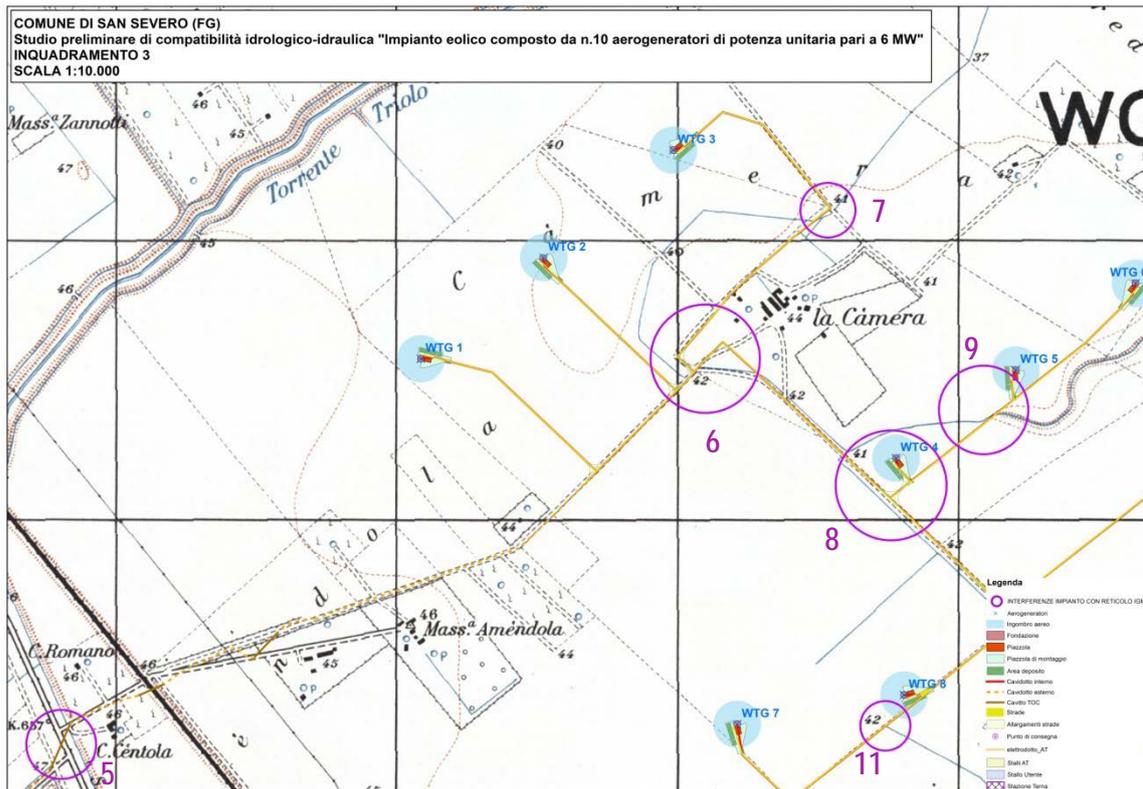


Figura 7: Inquadrimento di dettaglio delle interferenze – INQUADRAMENTO 3

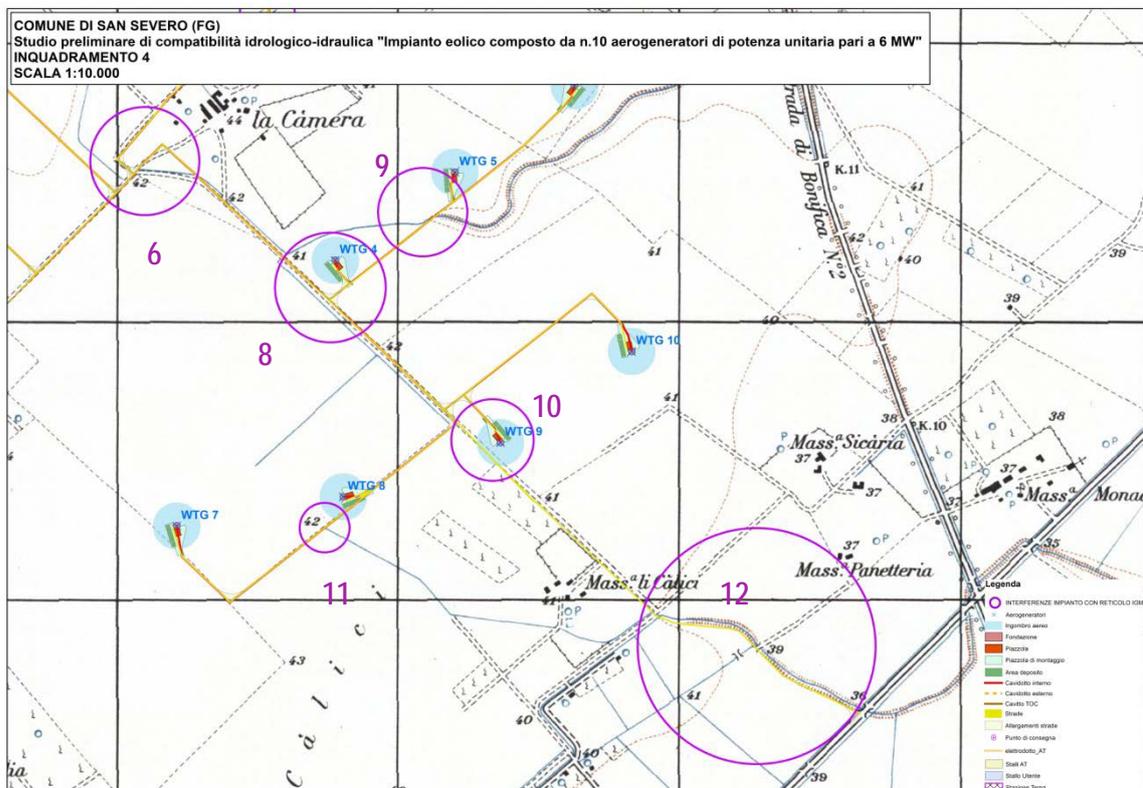


Figura 8: Inquadrimento di dettaglio delle interferenze – INQUADRAMENTO 4

3.1 Analisi delle interferenze

Lo studio dei luoghi ha evidenziato come il reticolo idrografico riportato nella Carta IGM 1:25.000, non risulta adeguato alle condizioni attualmente riscontrabili sul sito.

A titolo di esempio, la SSE risulta posta in corrispondenza del reticolo idrografico, mentre lo studio dei luoghi evidenzia l'assenza di nessun ramo idrico nella zona di riferimento.

Ad ogni modo, le considerazioni di seguito riportate, sono state condotte in riferimento alla Carta IGM 1:25000.

3.1.1 Interferenza n.1: CAVIDOTTO INTERRATO NEI PRESSI DELLA SSE

Come anticipato, lo stato dei luoghi non risulta corrispondente alla cartografia utilizzata come base di riferimento per la valutazione delle interferenze con il reticolo idrografico.

L'interferenza n.1, che rappresenta il tratto iniziale del cavidotto interrato, immediatamente a monte dello stallo di riferimento, risulta interferente con un ramo idrico. In realtà tale condizione non sussiste e la presenza della SSE nelle immediate vicinanze avvalorava tale considerazione.



Figura 9: STATO DI FATTO - Sovrapposizione alveo IGM su ortofoto

Alle condizioni attuali, dunque, l'interferenza n.1, seppur risultante dall'analisi cartografica, non determina alcuna conseguenza con il reticolo idrografico attuale.

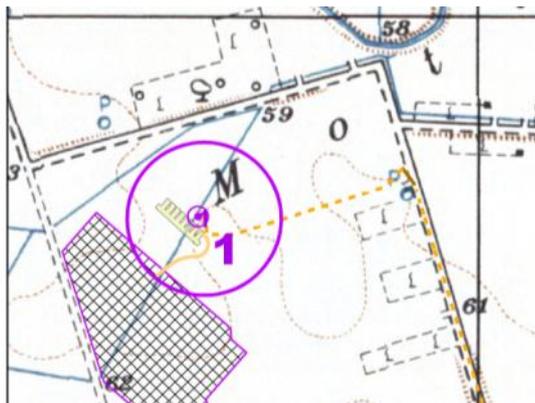


Figura 10: Interferenza n.1

3.1.2 Interferenza n.2: ATTRAVERSAMENTO DEL CANALE TRIOLO

Il percorso del cavidotto interrato determina interferenze con il reticolo idrografico, nel dettaglio, per ciò che concerne l'interferenza n.2, tale condizione si verifica per via dell'attraversamento del Canale Triolo. Le scelte progettuali, tuttavia, hanno optato per una soluzione che consente di attraversare il canale senza determinare interferenze con lo stesso, attraverso l'adozione della T.O.C. (Trivellazione Orizzontale Controllata).

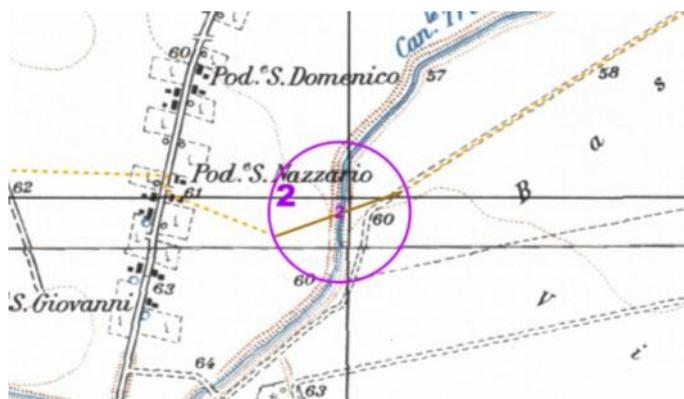


Figura 11: Interferenza n.2

3.1.3 Interferenza n.3: PERCORSO DEL CAVIDOTTO

Il cavidotto è posto all'interno della fascia di rispetto di più rami del reticolo idrografico, tuttavia il suo sviluppo avviene costeggiando le infrastrutture viarie presenti sul sito, non determinando, dunque, alcuna interferenza con i corpi idrici interessati.

3.1.4 Interferenza n.4: PERCORSO DEL CAVIDOTTO

Valgono le medesime considerazioni enunciate per l'interferenza n.3. Tale condizione si verifica a partire dal punto indicato come Interferenza n.4 al punto relativo all' Interferenza n.5.

3.1.5 Interferenza n.5: ATTRAVERSAMENTO CANALE DI BONIFICA NEI PRESSI STRADA STATALE N.16

In modo simile a quanto detto per l'attraversamento n.2, il superamento del canale di bonifica posto nei pressi della Strada Statale n.16, avrà luogo a mezzo T.O.C. non determinando alcuna interferenza con il canale suddetto.



Figura 12: Interferenza n.5

3.1.6 Interferenza n.6: PERCORSO DEL CAVIDOTTO

Anche per tale interferenza, si ritengono valide le considerazioni relative all'interferenza n.3. Il cavidotto sfrutta la presenza dell'infrastruttura viaria per il suo sviluppo nei pressi del canale di bonifica.

3.1.7 Interferenza n.7: PERCORSO DEL CAVIDOTTO

Restano valide le considerazioni riportate per l'attraversamento n.3.

3.1.8 Interferenza n.8: PIAZZOLA A SERVIZIO DELLA WTG N.8

Per l'interferenza specifica, si ravvisa una parziale interferenza della piazzola definitiva a servizio dell'aerogeneratore WTG04 con la fascia di rispetto del reticolo idrografico.

Considerando che l'interferenza della piazzola è di minima entità, la stessa verrà risolta attraverso una leggera modifica della posizione della stessa, tale da non determinare alcuna modifica né all'ubicazione dell'aerogeneratore né, tantomeno, al percorso del cavidotto interrato.

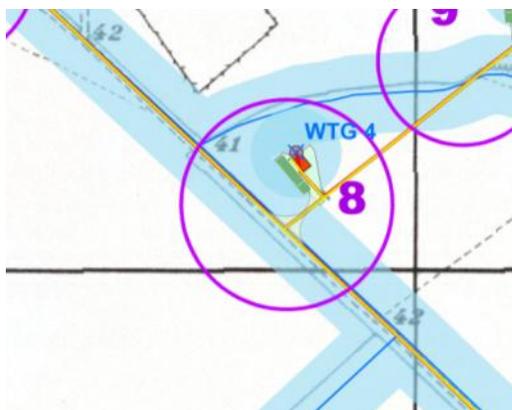


Figura 13: Interferenza n.8

3.1.9 Interferenza n.9: ATTRAVERSAMENTO RAMO IDRICO

L'interferenza è relativa al percorso del cavidotto dalla WTG04 alla WTG05.

La Carta IGM 1:25.000, segnala la presenza di un ramo idrico che il percorso del cavidotto andrebbe ad intersecare. Tuttavia, la condizione attuale dei luoghi, differisce da tale condizione e non si registra la presenza di alcun corpo idrico e tantomeno di un canale di bonifica lungo il percorso del cavidotto.

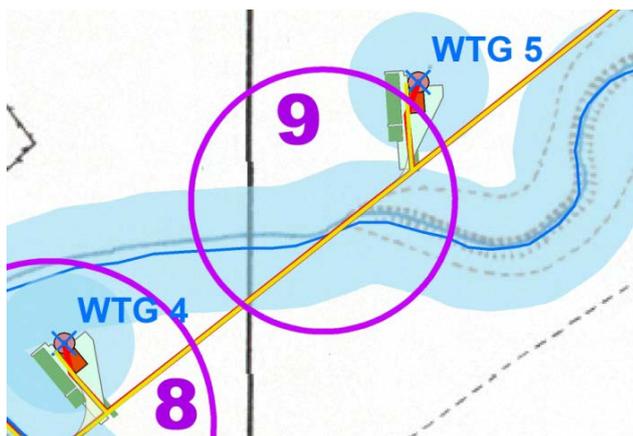


Figura 14: Interferenza n.9

3.1.10 Interferenza n.10: PIAZZOLA A SERVIZIO DELLA WTG N.09

La piazzola considerata ricade nella fascia di rispetto del canale di bonifica. La posizione della piazzola, tuttavia, è ubicata nei limiti della fascia di rispetto. Si ritiene che tale condizione non sia tale da interferire con il naturale comportamento del corpo idrico.

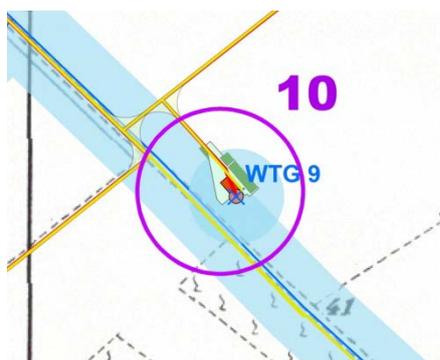


Figura 15: Interferenza n.10

3.1.11 Interferenza n.11: PERCORSO CAVIDOTTO

In modo simile a quanto detto in precedenza, in tale punto l'interferenza è correlata ad una leggera sovrapposizione di una piccolo tratto di cavidotto interrato, a servizio della WTG08. Considerando, inoltre, che l'ubicazione è prossima al punto più a valle del canale di bonifica, l'opera da realizzarsi la si ritiene compatibile con il reticolo idrografico.

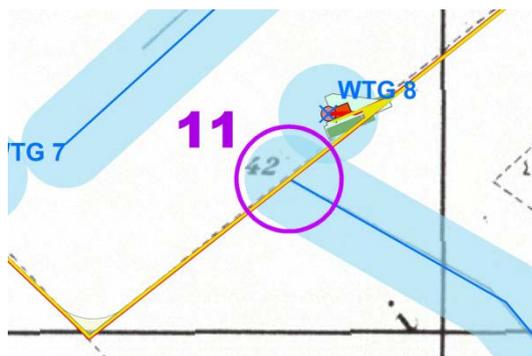


Figura 16: Interferenza n.11

3.1.12 Interferenza n.12: STRADA PROVVISORIA DI ACCESSO

L'interferenza risiede nel tratto di strada da realizzarsi per raggiungere gli aerogeneratori posti ad est dell'impianto, a partire da SP22 fino all'intersezione del canale.

La strada da realizzarsi è tuttavia provvisoria e verrà utilizzata solo per il trasporto in quanto per il cantiere verrà utilizzato l'ingresso diretto dalla SS16. Pertanto la strada avrà un utilizzo limitato alla sola fase di cantiere e ai soli trasporti eccezionali, al termine dei quali, verrà smantellata, ripristinando le condizioni originale dei luoghi.

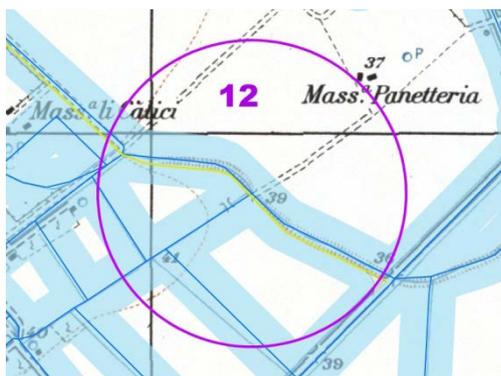


Figura 17: Interferenza n.12

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 una wind farm costituita da n.10 aerogeneratori da 6 MW della potenza complessiva pari a 60 MW, e delle relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed al funzionamento dell'impianto.

Le interferenze con il reticolo idrografico sono correlate all'attraversamento dell'elettrodotto interrato, e alla realizzazione delle piazzole di servizio e alla realizzazione delle strade di accesso di cantiere.

Dall'analisi del progetto, nella redazione dello studio, non sono state reputate degne di note le tipologie di interferenze con il reticolo idrografico, perché:

- la conformazione attuale del reticolo stesso differisce da quello rappresentato dalla Carta IGM 1:25.000,
- le scelte progettuali, come quella di utilizzare la TOC per taluni attraversamenti, consentono di realizzare l'opera senza alterare il regime idraulico dell'area
- alcune interferenze (vedi n,12) sono limitate e circoscritte nel tempo e presenti solo in fase di realizzazione dell'impianto
- le interferenze connesse con le piazzole di servizio, occupano porzioni poco significative delle fasce di rispetto dei corpi idrici.

Per tali considerazioni, non sono state condotte valutazioni analitiche da un punto di vista idraulico e l'opera la si intende compatibile con il reticolo idrografico dell'area studio.

Foggia, 30 ottobre 2019

Il tecnico

Ing. Antonella Laura Giordano



Il tecnico

Ing. Michea Napoli

