



REGIONE
PUGLIA



PROVINCIA DI
LECCE



COMUNE DI
SALICE SALENTINO



COMUNE DI
NARDO'



COMUNE DI
VEGLIE

PROGETTO DEFINITIVO

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Monteruga" di
potenza nominale pari a 33 MW e relative opere connesse

Titolo elaborato

Relazione idraulica

Codice elaborato

F0478AR05A

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro
specifica autorizzazione.

Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni Di Santo)



Gruppo di lavoro

Dott. For. Luigi ZUCCARO
Ing. Giorgio ZUCCARO
Ing. Giuseppe MANZI
Ing. Mariagrazia PIETRAFESA
Ing. Gerardo SCAVONE
Ing. Flavio Gerardo TRIANI
Arch. Gaia TELESCA
Dott.ssa Floriana GRUOSSO
Dott. Francesco NIGRO
Vito PIERRI



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

Committente



wpd Salentina S.r.l.

Corso d'Italia 83, 00198 Roma
Tel.: +39 06 960 353 01
<https://www.wpd-italia.it/>
wpdsalentin@srl@legalmail.it

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Marzo 2023	Prima emissione	SLO	CGU	MNA

Sommario

1	Introduzione	4
2	Interventi in progetto	5
3	Analisi idraulica	6
3.1	Geometria del modello idrodinamico	6
3.2	Portate di piena	6
3.3	Condizioni al contorno	6
3.4	Parametri di scabrezza	7
4	Analisi idraulica semplificata	8
5	Conclusioni	10

Relazione idraulica

1 Introduzione

La presente relazione idraulica presentata, in qualità di proponente, dalla società wpd Salentina s.r.l., con sede legale in Corso d'Italia n. 83 00198 Roma, è stata redatta in riferimento alla realizzazione di un parco eolico denominato "Monteruga", sito nei territori comunali di Salice Salentino, Veglie e Nardò, in provincia di Lecce, e costituisce parte integrante del progetto definitivo.

Il parco in oggetto è costituito da n. 5 aerogeneratori con potenza unitaria massima pari a 6.6 MW, per una potenza complessiva dell'impianto pari a 33 MW.

L'area oggetto di studio ricade nell'ambito di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale - Sede della Puglia e, benché non interessata da pericolosità idraulica, risulta caratterizzata dalla presenza, nelle immediate vicinanze, di rami del reticolo idrografico della Regione Puglia.

In ragione di questo, nel presente studio è stato effettuato un primo studio idrologico-idraulico finalizzato a valutare la profondità di posa del cavidotto nei tratti di interferenza con le linee d'impluvio naturali in funzione della profondità massima di escavazione della corrente in piena.

Le analisi idrologiche, meglio descritte nell'elaborato 'Relazione idrologica', sono state condotte mediante l'utilizzo del metodo VAPI Puglia (come previsto all'interno del PAI) al fine di stabilire le portate al colmo di piena per eventi con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

In funzione dei risultati ottenuti, è stata effettuata un'analisi idraulica semplificata basata su una verifica di erosione che ha determinato la profondità massima di escavazione della corrente in piena.

Nella figura seguente è mostrata la planimetria dell'impianto di produzione di energia da fonte rinnovabile con la sua posizione in relazione alle perimetrazioni delle aree allagabili definite dal PAI.

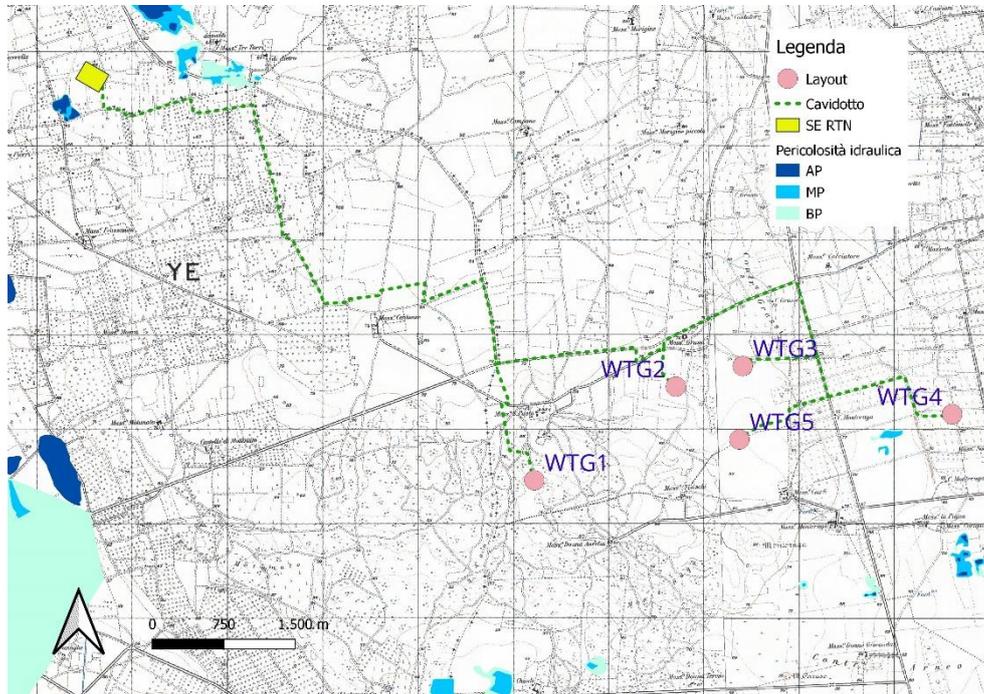


Figura 1: Inquadramento dell'area di interesse su base IGM

2 Interventi in progetto

Come anticipato in premessa, il parco eolico in progetto è costituito da una serie di interventi descritti negli elaborati tecnici del presente progetto.

Il cavidotto in oggetto, tuttavia, presenta alcune interferenze con il reticolo idrografico. Per le interferenze con il cavidotto, identificate nella figura seguente, è stata predisposta un'analisi idraulica "semplificata", preceduta da una idraulica in moto permanente, mediante l'utilizzo del modello monodimensionale HEC-RAS dello US Army Corps of Engineers, con lo scopo di determinare le caratteristiche idrodinamiche necessarie per la valutazione della massima profondità di erosione.

L'analisi idraulica semplificata è rivolta infatti principalmente ai punti di intersezione degli impluvi esistenti con i cavidotti in caso di assenza di un idoneo attraversamento ed è caratterizzata dalle seguenti fasi:

1. analisi idrologica in base al metodo VAPI Puglia, meglio descritta nell'elaborato 'Relazione idrologica';
2. verifica di erosione dell'intersezione a guado finalizzata alla profondità di posa in opera del cavidotto in progetto.

Il cavidotto in progetto verrà quindi posizionato ad una profondità pari a quella massima di escavazione più un franco di sicurezza di almeno 1,00 m, dato che verrà dettagliato in fase esecutiva in funzione delle caratteristiche della sezione in oggetto.

Si riporta di seguito una mappa con le interferenze individuate.

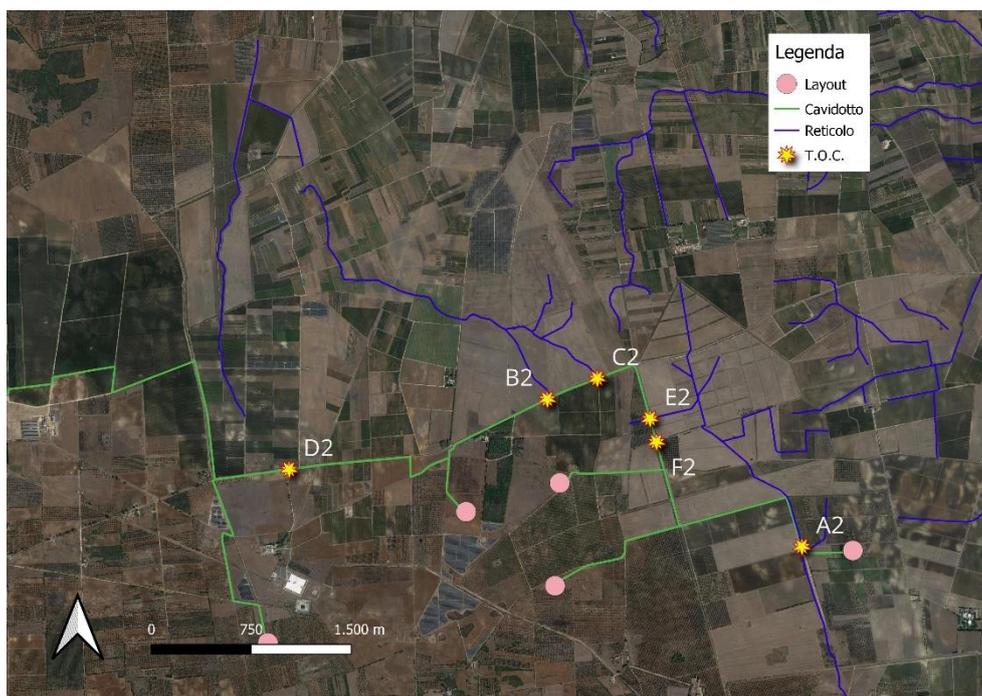


Figura 2: Planimetria con individuazione delle interferenze

3 Analisi idraulica

Come descritto precedentemente, il tratto di cavidotto di interesse, vista l'assenza di idonei attraversamenti, è oggetto di analisi semplificata.

Al fine di ottenere i parametri idrodinamici necessari per tale analisi, è stata effettuata un'analisi idraulica in moto permanente 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.

3.1 Geometria del modello idrodinamico

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

Tabella 1

Stato di fatto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
A1	-1	0,00	240,75	62,99	0,0008
A2	-2	240,75	131,59	62,47	0,0104
A3	-3	372,34	0,00	61,54	0,0039
B1	-1	0,00	190,96	70,36	0,0127
B2	-2	190,96	154,97	68,71	0,0059
B3	-3	345,93	0,00	67,66	0,0078
C1	-1	0,00	118,58	69,13	0,0198
C2	-2	118,58	199,04	67,70	0,0068
C3	-3	317,62	0,00	66,14	0,0094
D1	-1	0,00	70,27	72,07	0,0235
D2	-2	70,27	79,27	71,28	0,0062
D3	-3	149,55	0,00	70,69	0,0092
E1	-1	0,00	77,13	66,96	0,0001
E2	-2	77,13	103,79	67,74	0,0556
E3	-3	180,93	0,00	66,23	0,0040
F1	-1	0,00	114,09	67,83	0,0514
F2	-2	114,09	123,02	66,68	0,0001
F3	-3	237,11	0,00	66,99	0,0035

3.2 Portate di piena

Considerato un tempo di ritorno pari a 200 anni, come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nella analisi idrologica meglio descritta nell'elaborato '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.

3.3 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.

3.4 Parametri di scabrezza

Come parametro di scabrezza è stato utilizzato un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (corrispondente ad un coefficiente secondo Manning pari a $0,05 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$).

Tale coefficiente è stato determinato in base a quanto stabilito nelle tabelle parametriche riportate all'interno del "Manuale dell'Ingegnere" (83a edizione, Nuovo Colombo, Hoepli, 2001) in corrispondenza di "piccoli corsi di pianura, puliti, sinuosi con stagni e secche".

4 Analisi idraulica semplificata

Per dimensionare adeguatamente la quota di posa del cavidotto, pertanto, è stata calcolata la profondità massima di escavazione da parte della corrente e, per tali scopi, sono stati utilizzati i risultati dell'analisi idraulica per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni sopra descritti.

Il calcolo della massima profondità di erosione viene effettuato mediante l'utilizzo della seguente formula di Meyer-Peter e Müller espressa nell'ipotesi di "alveo largo" ed esplicitata da Chien (Montuori, "Complementi di Idraulica", Liguori, 1997):

$$\Psi = 8 \cdot (\Theta - 0,047)^{\frac{3}{2}}$$

dove:

- " Ψ " (-): parametro di trasporto;
- " Θ " (-): parametro di stabilità.

Tali parametri sono definiti dalle espressioni seguenti:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Psi = \frac{q_s}{\sqrt{g \cdot d^3 \cdot \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}}} \\ \Theta = \frac{\gamma \cdot R \cdot j}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} \end{array} \right.$$

dove:

- " q_s " (m^2/s): portata solida (volumetrica) per unità di larghezza;
- " g " (m/s^2): accelerazione di gravità;
- " d " (m): diametro caratteristico del sedimento;
- " γ_s " (N/m^3): peso specifico del sedimento;
- " γ " (N/m^3): peso specifico dell'acqua;
- " R " (m): raggio idraulico;
- " j " (-): cadente piezometrica.

Grazie a tale formula è possibile calcolare la portata solida trasportabile dalla corrente una volta noti:

- alcuni parametri caratteristici del deflusso come la portata liquida, il raggio idraulico, la larghezza del pelo libero e la cadente piezometrica che sono stati calcolati nella precedente analisi idraulica;
- alcuni parametri caratteristici del sedimento come il diametro e il peso specifico.

Dopo aver determinato il valore della portata solida, infine, è possibile calcolare la concentrazione volumetrica del sedimento dividendo la portata solida per quella liquida.

Per i parametri caratteristici del sedimento si è scelto di considerare il diametro di separazione tra "limo a grana grossa" e "limo a grana media", pari a 0,02 mm, ed un peso specifico di 25'000 N/m^3 , date le caratteristiche del terreno.

Nella tabella seguente sono presenti i calcoli effettuati per il calcolo della concentrazione del sedimento utilizzando la formula di Meyer-Peter e Müller per i tratti dell'impianto in esame.

Tabella 2

Analisi del trasporto solido - T = 200 anni						
Sezione	γ	γ_s	d	j	R	θ
	(N/m ³)	(N/m ³)	(m)	(-)	(m)	(-)
A2	9810	25000	0.00002	0.010	0.230	76.9
B2	9810	25000	0.00002	0.006	0.130	24.9
C2	9810	25000	0.00002	0.007	0.150	32.9
D2	9810	25000	0.00002	0.006	0.260	52.1
E2	9810	25000	0.00002	0.056	0.090	161.7
F2	9810	25000	0.00002	0.018	0.430	254.7
Sezione	Ψ	q _s	b	Q	C	C
	(-)	(m ² /s)	(m)	(m ³ /s)	(-)	(ppm)
A2	5393	0.0019	59	10.7	0.010	10329
B2	993	0.0003	114	6.0	0.007	6554
C2	1507	0.0005	41	2.9	0.007	7470
D2	3007	0.0010	55	9.1	0.006	6392
E2	16446	0.0057	61	5.5	0.064	64033
F2	32506	0.0113	89	4.4	0.230	229927

Come mostrato nella tabella precedente, la concentrazione volumetrica "C" è strettamente legata al tempo di ritorno considerato. Tali valori sono stati utilizzati come parametri di ingresso per il modulo "Hydraulic design - Stable Channel Design" del modello HEC-RAS dello US Army Corps of Engineers (modello già utilizzato all'interno per il calcolo delle caratteristiche idrodinamiche).

Nella tabella seguente sono presenti i risultati del calcolo della massima profondità di erosione effettuato con tale modulo e, in particolare, utilizzando il metodo "Regime".

Tabella 3

Massima profondità di erosione - T200			
Sezione	Regime	Regime	Regime
	depth	width	slope
	(m)	(m)	(-)
A2	0.12	76.80	0.0006
B2	0.14	45.91	0.0006
C2	0.10	34.05	0.0007
D2	0.16	55.85	0.0006
E2	0.03	136.63	0.0006
F2	0.01	231.46	0.0005

Come è possibile osservare nella tabella precedente, i risultati dell'applicazione di tale metodologia indicano una profondità di scavo massima di 16 cm per le sezioni in esame.

5 Conclusioni

La presente relazione idraulica presentata, in qualità di proponente, dalla società wpd Salentina s.r.l., con sede legale in Corso d'Italia n. 83 00198 Roma, è stata redatta in riferimento alla realizzazione di un parco eolico denominato "Monteruga", sito nei territori comunali di Salice Salentino, Veglie e Nardò, in provincia di Lecce, e costituisce parte integrante del progetto definitivo.

Il parco in oggetto è costituito da n. 5 aerogeneratori con potenza unitaria massima pari a 6.6 MW, per una potenza complessiva dell'impianto pari a 33 MW.

L'area oggetto di studio ricade nell'ambito di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale - Sede della Puglia e, benché non interessata da pericolosità idraulica, risulta caratterizzata dalla presenza, nelle immediate vicinanze, di rami del reticolo idrografico della Regione Puglia.

In ragione di questo, nel presente studio è stato effettuato un primo studio idrologico-idraulico finalizzato a valutare la profondità di posa del cavidotto nei tratti di interferenza con le linee d'impluvio naturali in funzione della profondità massima di escavazione della corrente in piena.

Le analisi idrologiche, meglio descritte nell'elaborato 'Relazione idrologica', sono state condotte mediante l'utilizzo del metodo VAPI Puglia (come previsto all'interno del PAI) al fine di stabilire le portate al colmo di piena per eventi con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

Al fine di ottenere i parametri idrodinamici necessari per tale analisi, è stata effettuata un'analisi idraulica in moto permanente 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.

Nel caso di specie, trattandosi di intersezioni a guado, in assenza di attraversamento idoneo, è stata effettuata un'analisi idraulica semplificata basata su una verifica di erosione che ha determinato la profondità massima di escavazione della corrente in piena.

L'analisi idraulica semplificata ha permesso di dimostrare i valori della profondità massima di escavazione della corrente nei tratti di interferenza individuati. Affinché il cavidotto risulti in condizioni di sicurezza idraulica è necessario avere almeno 1,00 m di profondità rispetto al valore calcolato dall'analisi suddetta.

Ad ogni modo, note le sezioni di progetto per la posa in opera dei cavidotti, in fase esecutiva sarà necessario porre il cavidotto ad una profondità non inferiore a 2,00 m al fine di tutelarlo dal fenomeno di escavazione massima, pari comunque ad un massimo di 16 cm secondo i calcoli effettuati.