



REGIONE BASILICATA
 PROVINCIA DI POTENZA
 COMUNI DI VENOSA E MONTEMILONE



AUTORIZZAZIONE UNICA ex d.lgs. 387/2003

Progetto Definitivo per la realizzazione del
 parco eolico "CARPINIELLO" e relative opere
 connesse nei comuni di VENOSA e
 MONTEMILONE (Pz)

Titolo elaborato

A.3 - Relazione idrogeologica e idraulica

Codice elaborato

COMMESSA	FASE	ELABORATO	REV.
F0410	A	R04	A

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Scala

—

DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Maggio 2022	Prima emissione	GDS	GDS	GMA

Proponente

Renexia S.p.a.

Viale Abruzzo 410
 66010 Chieti



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)



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





Sommario

1 Premessa	2
2 Interventi in progetto	4
3 Analisi idrologica	6
3.1 Bacini idrografici	6
3.2 Tempi di corrivazione	7
3.3 Portate al colmo di piena	8
4 Analisi idraulica	11
4.1 Geometria del modello idrodinamico	11
4.2 Portate di piena	12
4.3 Condizioni al contorno	12
4.4 Parametri di scabrezza	12
4.5 Risultati del modello idrodinamico	12
5 Analisi idraulica semplificata	15
6 Conclusioni	18



1 Premessa

La presente relazione idrologica e idraulica accompagna il progetto di realizzazione ed esercizio di un Parco eolico per la produzione di energia elettrica costituito da n. 9 aerogeneratori dalla **potenza nominale di 6.2 MW, per un totale di 55.8 MW.**

L'area individuata per la realizzazione del suddetto impianto ricade nei territori comunali di Venosa e Montemilone, nella provincia di Potenza. I comuni di Venosa e Montemilone ospiteranno anche le relative opere civili e di connessione oltre alla stazione di trasformazione MT/AT per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) dell'energia prodotta dal parco.

Per le finalità di questa analisi appare opportuno ricordare che il sito di interesse è caratterizzato da alcuni rami del reticolo idrografico, come individuato da IGM in scala 1: 25'000, appartenenti al bacino idrografico del Fiume Ofanto.

Dal punto di vista amministrativo, pertanto, il presente intervento ricade all'interno dell'area di competenza dell'Autorità di Bacino della Regione Puglia.

Dato che, in questo caso, una porzione del cavodotto intercetta il reticolo idrografico, si è proceduto all'analisi dei regimi di deflusso dei corsi d'acqua, determinando la profondità di escavazione per la posa del suddetto.

Nella figura seguente è mostrata la planimetria della posizione dell'area di interesse con l'indicazione del reticolo idrografico desunto dalla cartografia IGM in scala 1:25'000.

Le analisi idrologiche, illustrate in dettaglio nel seguito, sono state condotte mediante l'utilizzo del metodo VAPI Puglia (come previsto all'interno del citato PAI) al fine di stabilire le portate al colmo di piena per eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

Nel caso di specie, inoltre, è stata effettuata una analisi idraulica semplificata basata su una verifica di erosione che ha determinato la profondità massima di escavazione della corrente in piena mediante l'utilizzo del modello HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*.

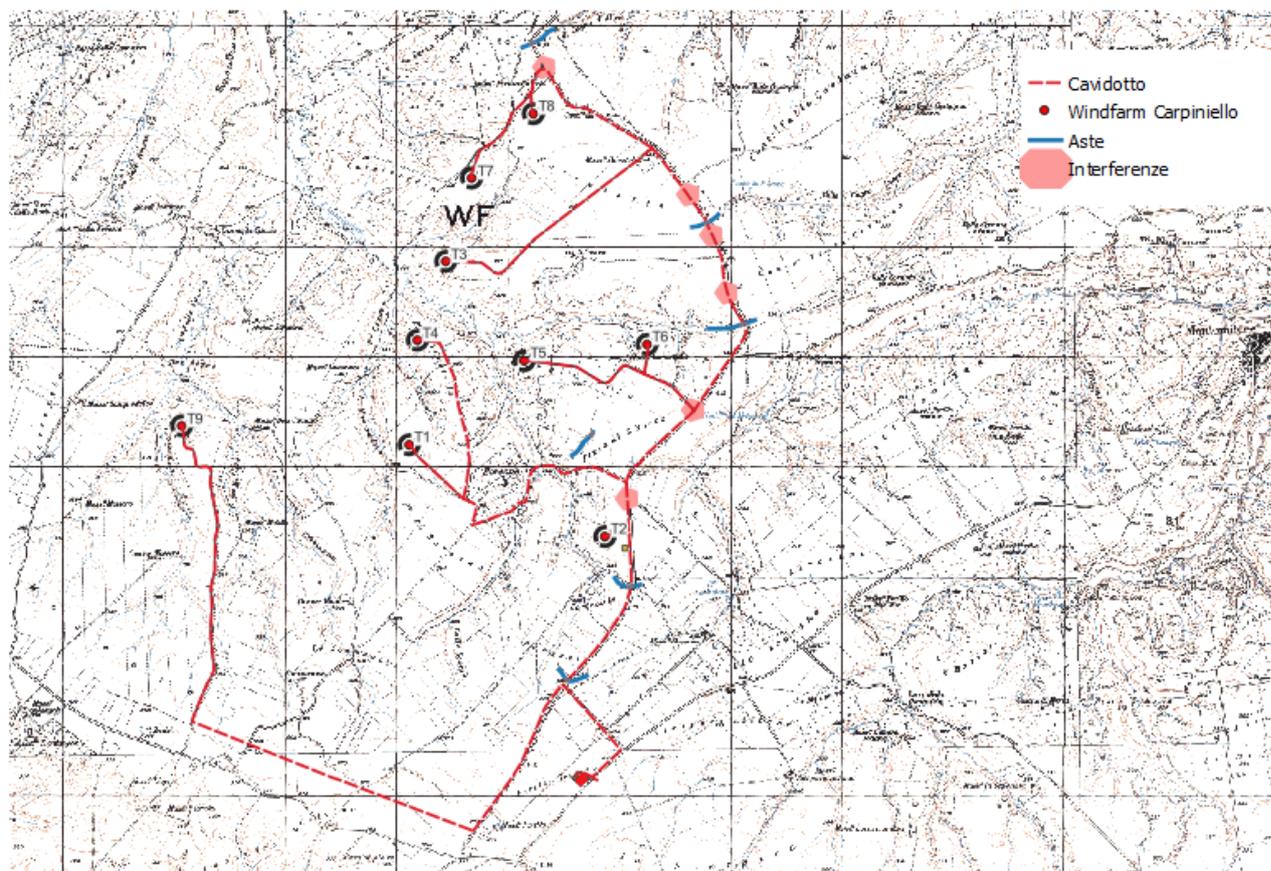


Figura 1. Planimetria di inquadramento dell'area di interesse



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 progetto, 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 attraversamento esistente o di un attraversamento non asfaltato ed è caratterizzata dalle seguenti fasi:

- AS1) analisi idrologica in base al metodo VAPI Puglia;
- AS2) **verifica di erosione dell'intersezione a guado** finalizzata alla determinazione della 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 1.00m.

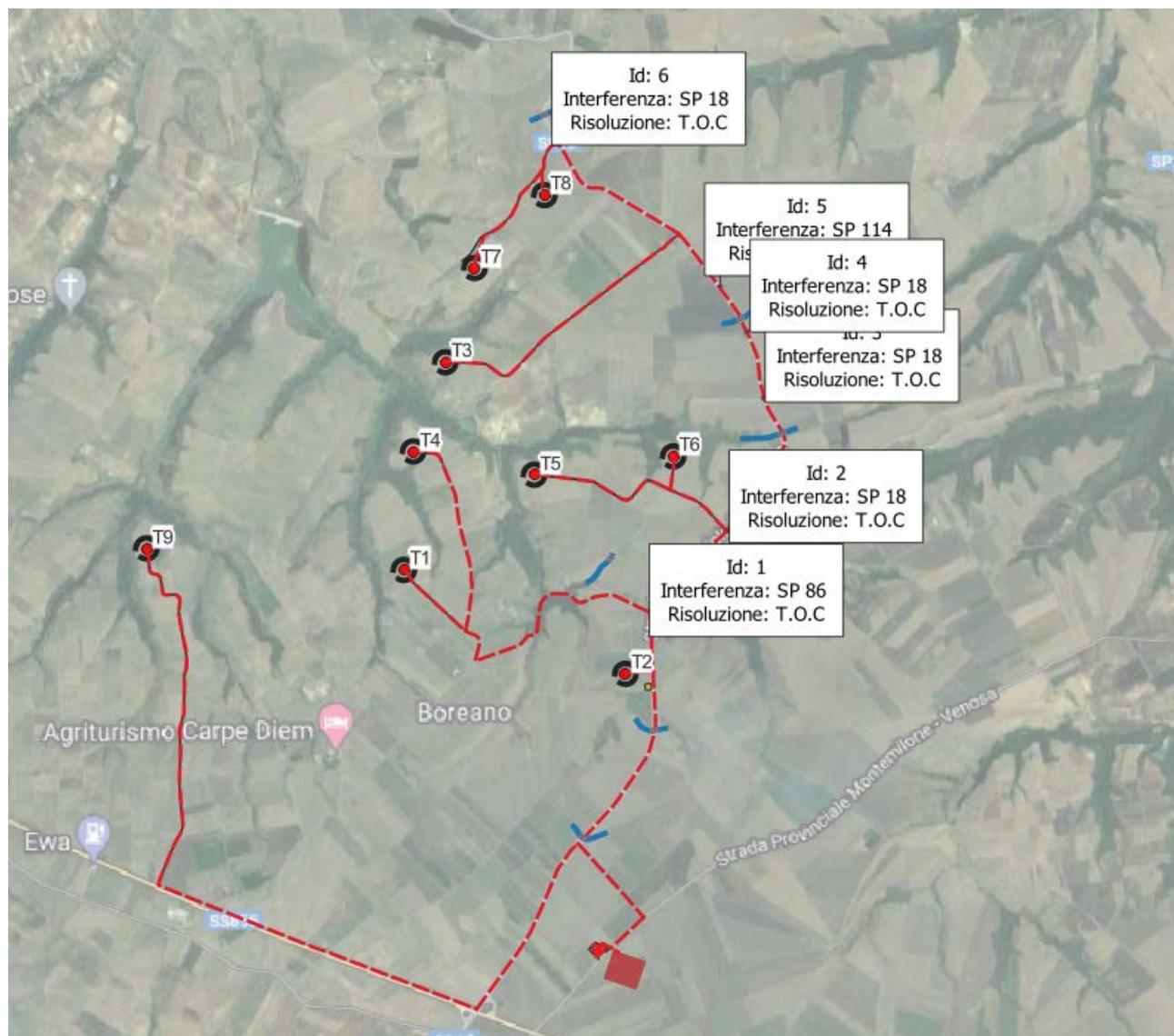


Figura 2. Planimetria con le interferenze del cavidotto

3 Analisi idrologica

Nella presente analisi idrologica sono state determinate le portate al colmo di piena mediante l'utilizzo del metodo VAPI Puglia come illustrato all'interno della Relazione di Piano del PAI, redatto dall'Autorità di Bacino della Puglia.

Per tali scopi, sono state individuate le caratteristiche dei bacini idrografici che, successivamente, sono state utilizzate per la definizione dei tempi di corrivazione. Grazie al metodo VAPI, infine, sono state calcolate le massime altezze della precipitazione critica per i bacini individuati e, mediante l'utilizzo del metodo razionale, sono state valutate le portate al colmo di piena.

3.1 Bacini idrografici

Nella figura seguente sono mostrati gli impluvi in esame con il bacino idrografico sotteso dalla sezione di chiusura individuata dall'area di interesse. La delimitazione è stata effettuata utilizzando sia la cartografia IGM in scala 1:25'000 che il Modello Digitale del Terreno (*Digital Terrain Model*, DTM) della Regione Basilicata.

Il bacino idrografico è stato individuato in corrispondenza dell'interferenza del cavidotto in progetto con il reticolo idrografico, in modo da determinare le portate defluenti esattamente in quel punto.

Nella tabella seguente sono indicate le caratteristiche fisiografiche dei bacini ricavate dal DTM della Regione Basilicata con dimensioni di cella di 5x5 m.

Caratteristiche fisiografiche									
Bacino idrografico	S (km ²)	Hmax (mslm)	Hmed (mslm)	Hmin (mslm)	L (km)	i (%)	y (%)	CN (-)	c (-)
A	0.145	320.48	315.60	307.79	0.33	3.85	1.70	55	0.30
B	0.150	340.18	337.92	334.13	0.39	1.57	1.31	55	0.30
C	0.084	341.55	338.74	335.08	0.13	4.93	2.45	55	0.30
D	0.032	339.44	338.27	334.63	0.19	2.48	1.85	55	0.30
E	0.213	345.05	341.96	337.71	0.50	1.48	1.26	55	0.30
F	0.034	356.25	354.05	352.50	0.15	2.50	2.36	55	0.30

Tabella 1

Nella precedente tabella sono state indicate le seguenti grandezze:

- "S" (km²): superficie del bacino;
- "Hmax" (mslm): quota massima;
- "Hmed" (mslm): quota media;
- "Hmin" (mslm): quota minima;
- "L" (km): lunghezza dell'asta principale;
- "i" (%): pendenza dell'asta principale;
- "y" (%): pendenza media di versante;
- "c" (-): coefficiente di deflusso.

Come valore per il coefficiente di deflusso, in particolare, è stato scelto 0.30 per via del tipo di uso del suolo del bacino idrografico considerato che risulta, secondo la Carta CORINE, essenzialmente agricolo.

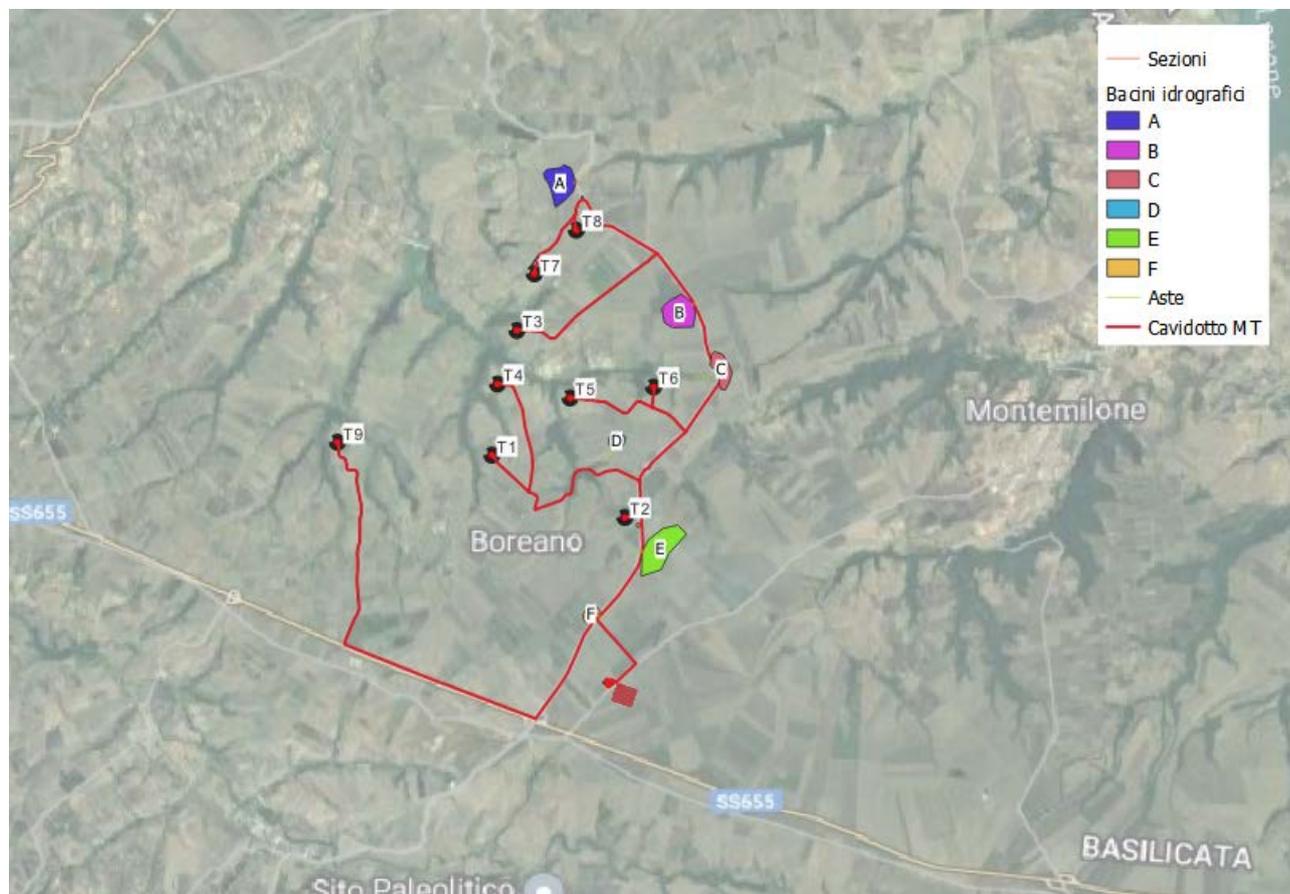


Figura 3. Corografia dell'area in esame con l'indicazione dei bacini idrografici di interesse

Nella figura precedente sono mostrati i rami in esame con i bacini idrografici sottesi dalla sezione di chiusura individuata più a valle dei tratti di intervento. La delimitazione è stata effettuata utilizzando sia la cartografia IGM in scala 1:25'000 che il DTM della Regione Basilicata.

3.2 Tempi di corrivazione

In funzione delle caratteristiche fisiografiche dei bacini individuati, sono stati riportati, nella tabella seguente, differenti valori per i tempi di corrivazione in base a diverse formulazioni.

Tempi di corrivazione									
Bacino idrografico	Giandotti (h)	SCS (h)	Kirpich (h)	Ventura (h)	Pezzoli (h)	Pasini (h)	media 1 (h)	media 2 (h)	tc (h)
A	0.9	0.9	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4	0.2	0.2
B	1.4	1.1	0.2	0.4	0.2	0.3	0.6	0.3	0.3
C	0.9	0.3	0.0	0.2	0.0	0.1	0.3	0.1	0.1
D	0.7	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1
E	1.6	1.4	0.2	0.5	0.2	0.4	0.7	0.3	0.3
F	1.0	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1

Tabella 2

Viste le caratteristiche dei bacini, tuttavia, come valore di riferimento per il tempo di corrivazione si è deciso di utilizzare la media delle sole espressioni di Kirpich, Ventura, Pezzoli e Pasini (escludendo la formula di Giandotti calibrata su bacini di estensione superiore).

3.3 Portate al colmo di piena

Ai fini del calcolo delle portate al colmo di piena è stato utilizzato il metodo VAPI Puglia così come consigliato dalla Relazione di Piano del PAI (redatto dall'Autorità di Bacino della Puglia).

Nella figura seguente è mostrata una corografia della Puglia con l'individuazione delle zone pluviometriche omogenee del metodo VAPI. Il sito di interesse, in particolare, è situato nella "zona pluviometrica omogenea 4".

Il metodo scelto prevede il calcolo delle altezze di precipitazione critica utilizzando le seguenti espressioni:

$$\text{zona 4: } x = 24.70 \cdot t^{0.256}$$

dove:

- "t" (h): tempo di corrivazione del bacino;
- "z" (mslm): quota caratteristica del bacino.

A seconda del tempo di ritorno considerato, poi, l'altezza di pioggia deve essere moltiplicata per un coefficiente di crescita dato dalla seguente espressione:

$$\text{zona 4: } K_T = 0.1599 + 0.5166 \cdot \ln(T)$$

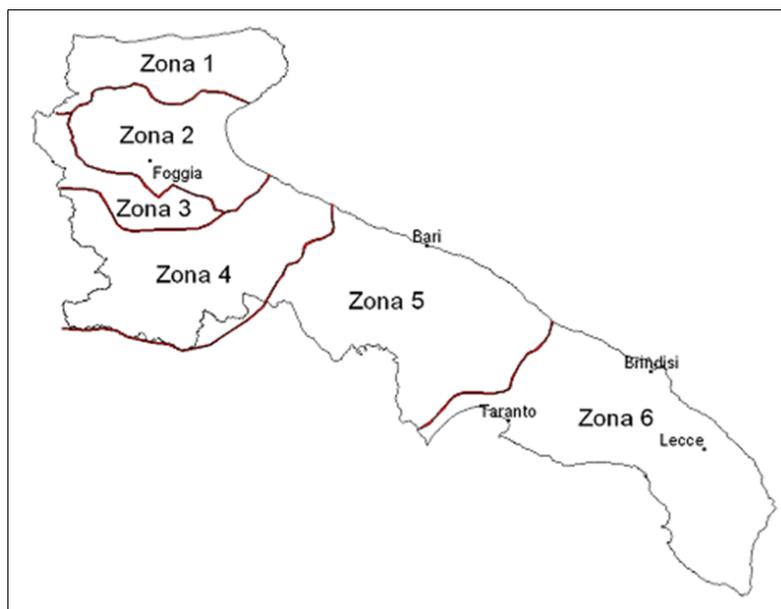


Figura 4. Corografia della Puglia con la delimitazione delle zone pluviometriche omogenee del VAPI

Nella seguente tabella, pertanto, sono stati calcolati sia i parametri delle curve di possibilità pluviometrica che le altezze di precipitazione critiche per i tempi di ritorno di riferimento di 30, 200 e 500 anni secondo la seguente espressione:

$$h_T = a_T \cdot t^n = K_T \cdot a' \cdot t^n$$

Curve di possibilità pluviometrica ed altezze di precipitazione (VAPI, zona 4)											
Bacino	K05	K10	K30	K200	K500	a'	n	h10	h30	h200	h500
idrografico	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(mm)	(-)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
A	1.2	1.5	2.0	2.8	3.1	24.70	0.256	23.5	30.5	42.7	48.5
B	1.2	1.5	2.0	2.8	3.1	24.70	0.256	26.7	34.7	48.5	55.2
C	1.2	1.5	2.0	2.8	3.1	24.70	0.256	20.1	26.2	36.6	41.7
D	1.2	1.5	2.0	2.8	3.1	24.70	0.256	21.0	27.3	38.2	43.5
E	1.2	1.5	2.0	2.8	3.1	24.70	0.256	28.3	36.8	51.4	58.5
F	1.2	1.5	2.0	2.8	3.1	24.70	0.256	20.6	26.8	37.4	42.6

Tabella 3

Utilizzando il metodo razionale, infine, è possibile valutare le portate di piena da utilizzare come riferimento per l'analisi idraulica. Tale metodo calcola la portata al colmo di piena mediante la formula di Turazza:

$$Q_T = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot i_T}{3.6} = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot h_T}{3.6 \cdot t} = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot a_T \cdot t^{n-1}}{3.6} = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot K_T \cdot a' \cdot t^{n-1}}{3.6}$$

dove:

- "K" (-): fattore di riduzione areale;
- "S" (km²): superficie del bacino;
- "i" (mm/h): intensità di precipitazione;
- "c" (-): coefficiente di deflusso.

Per il calcolo del fattore di riduzione areale, come consigliato dalla Relazione di Piano del PAI, è stata utilizzata la formula dello *US Weather Bureau* che esprime tale fattore in funzione della superficie "S" e del tempo di corrivazione del bacino "t":

$$K = 1 - \left(1 - e^{-0.0021 \cdot S}\right) \cdot e^{-0.53 \cdot t^{0.25}}$$

Nel presente caso, tuttavia, si è preferito trascurare tale fattore per ragioni cautelative (quindi è stato considerato $K = 1$).

Nella tabella seguente sono presenti i valori delle portate al colmo di piena.

Portate al colmo di piena (VAPI, zona 4)			
Bacino idrografico	Q30 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
A	2.3	3.2	3.7
B	1.6	2.3	2.6
C	2.1	2.9	3.3
D	0.7	1.0	1.1
E	2.0	2.8	3.1
F	0.8	1.1	1.3

Tabella 4

Le portate di riferimento per la successiva analisi idraulica sono quelle riportate nella tabella precedente. Nella tabella seguente sono riportati i volumi corrispondenti a tali eventi di piena e nella successiva i relativi coefficienti udometrici.

Volumi di piena (VAPI, zona 4)			
Bacino idrografico	V30 (m ³)	V200 (m ³)	V500 (m ³)
A	1'327	1'856	2'112
B	1'561	2'184	2'484
C	660	923	1'050
D	263	367	418
E	2'350	3'286	3'738
F	273	382	434

Tabella 5

Coefficienti udometrici (VAPI, zona 4)			
Bacino idrografico	u30 (m ³ /s·km ²)	u200 (m ³ /s·km ²)	u500 (m ³ /s·km ²)
A	15.9	22.3	25.3
B	11.0	15.3	17.4
C	24.9	34.8	39.6
D	21.9	30.6	34.9
E	9.3	13.0	14.7
F	23.3	32.6	37.1

Tabella 6

4 Analisi idraulica

Al fine di ottenere i parametri idrodinamici necessari 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.

I tempi di ritorno utilizzati, pari a 30, 200 e 500 anni, corrispondono ai tempi di ritorno di riferimento per la delimitazione delle aree ad "alta" (AP), "media" (MP) e "bassa" (BP) pericolosità idraulica del PAI.

4.1 Geometria del modello idrodinamico

Nella tabella seguente sono state riportate le sezioni trasversali 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.

Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
A1	-1	0.00	27.08	308.77	0.0362
A2	-2	27.08	26.13	307.79	0.0306
A3	-3	53.21	0.00	306.99	0.033
B1	-1	0.00	22.18	334.23	0.0023
B2	-2	22.18	31.63	334.18	0.0528
B3	-3	53.81	0.00	332.51	0.032
C1	-1	0.00	25.83	335.60	0.0186
C2	-2	25.83	24.50	335.12	0.0196
C3	-3	50.33	0.00	334.64	0.019
D1	-1	0.00	26.02	335.37	0.0400
D2	-2	26.02	20.94	334.33	0.0626
D3	-3	46.96	0.00	333.02	0.050
E1	-1	0.00	41.51	342.01	0.0289
E2	-2	41.51	25.21	340.81	0.0468
E3	-3	66.72	0.00	339.63	0.036
F1	-1	0.00	31.08	352.93	0.0084
F2	-2	31.08	28.39	352.67	0.0092
F3	-3	59.47	0.00	352.41	0.009

Tabella 7

4.2 Portate di piena

Come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nella precedente analisi idrologica (cfr. la precedente Tabella 4).

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.

4.3 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.

4.4 Parametri di scabrezza

Come parametro di scabrezza è stato utilizzato un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a 30 $m^{1/3}/s$ (corrispondente ad un coefficiente secondo Manning pari a 0.033 $s/m^{1/3}$).

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

4.5 Risultati del modello idrodinamico

Come già anticipato in precedenza, le simulazioni sono state effettuate utilizzando il modello di calcolo HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*. Tali simulazioni sono state condotte, per ragioni cautelative, in regime di moto permanente della corrente.

Si è anche verificato come tali condizioni risultino molto cautelative dato che, in caso di simulazioni non stazionarie, i livelli di pelo libero riscontrabili siano nettamente inferiori a causa del fenomeno della laminazione dei colmi di piena.

Nella tabella seguente sono presenti tutti i valori numerici ottenuti dalla configurazione appena definita.



Tr 30											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	308.77	2.3	309.16	0.39	31.37	0.58	3.94	16.68	0.53
A2	-2	27.08	307.79	2.3	308.42	0.63	4.13	1.78	1.29	115.83	1.01
A3	-3	53.21	306.99	2.3	307.17	0.18	43.45	0.67	3.44	25.60	0.76
B1	-1	0.00	334.23	1.6	334.60	0.37	54.51	0.14	11.44	0.81	0.10
B2	-2	22.18	334.18	1.6	334.48	0.30	8.54	1.24	1.29	70.35	1.01
B3	-3	53.81	332.51	1.6	332.74	0.23	14.77	0.88	1.81	38.48	0.81
C1	-1	0.00	335.60	2.1	335.93	0.33	34.99	0.32	6.58	4.36	0.24
C2	-2	25.83	335.12	2.1	335.63	0.51	5.09	1.61	1.31	100.34	1.01
C3	-3	50.33	334.64	2.1	334.87	0.23	29.45	0.64	3.29	20.79	0.61
D1	-1	0.00	335.37	0.7	335.57	0.20	9.22	0.75	0.93	29.50	0.75
D2	-2	26.02	334.33	0.7	334.52	0.19	7.34	0.99	0.71	52.08	1.01
D3	-3	46.96	333.02	0.7	333.24	0.22	5.40	1.18	0.59	71.02	1.13
E1	-1	0.00	342.01	2.0	342.16	0.15	25.71	0.69	2.92	23.79	0.65
E2	-2	41.51	340.81	2.0	340.94	0.13	24.64	0.85	2.34	39.07	0.88
E3	-3	66.72	339.63	2.0	339.94	0.31	12.12	1.08	1.85	53.78	0.89
F1	-1	0.00	352.93	0.8	353.11	0.18	39.15	0.22	3.67	2.57	0.23
F2	-2	31.08	352.67	0.8	352.95	0.28	9.24	0.57	1.41	14.86	0.47
F3	-3	59.47	352.41	0.8	352.62	0.21	22.53	0.44	1.81	11.05	0.50

Tr 200											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	308.77	3.2	309.20	0.43	37.54	0.59	5.44	16.16	0.49
A2	-2	27.08	307.79	3.2	308.51	0.72	4.71	1.90	1.68	126.63	1.01
A3	-3	53.21	306.99	3.2	307.19	0.20	46.87	0.74	4.32	29.84	0.78
B1	-1	0.00	334.23	2.3	334.65	0.42	58.38	0.16	14.55	0.97	0.10
B2	-2	22.18	334.18	2.3	334.55	0.37	16.35	1.13	2.04	62.25	1.02
B3	-3	53.81	332.51	2.3	332.78	0.27	16.34	0.98	2.35	45.03	0.83
C1	-1	0.00	335.60	2.9	336.00	0.40	49.84	0.30	9.70	3.78	0.22
C2	-2	25.83	335.12	2.9	335.70	0.58	5.79	1.72	1.69	109.56	1.01
C3	-3	50.33	334.64	2.9	334.90	0.26	35.14	0.68	4.28	22.70	0.62
D1	-1	0.00	335.37	1.0	335.60	0.23	10.65	0.82	1.22	34.13	0.78
D2	-2	26.02	334.33	1.0	334.55	0.22	8.47	1.06	0.94	57.25	1.01
D3	-3	46.96	333.02	1.0	333.27	0.25	6.13	1.31	0.77	83.69	1.18
E1	-1	0.00	342.01	2.8	342.19	0.18	26.64	0.78	3.59	29.11	0.68
E2	-2	41.51	340.81	2.8	340.97	0.16	25.77	0.95	2.96	45.23	0.89
E3	-3	66.72	339.63	2.8	339.98	0.35	13.81	1.17	2.38	60.83	0.90
F1	-1	0.00	352.93	1.1	353.15	0.22	49.70	0.22	5.03	2.51	0.22
F2	-2	31.08	352.67	1.1	352.98	0.31	10.23	0.64	1.72	18.15	0.50
F3	-3	59.47	352.41	1.1	352.64	0.23	24.23	0.49	2.26	12.80	0.51



Tr 500											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	308.77	3.7	309.22	0.45	39.12	0.60	6.20	16.15	0.48
A2	-2	27.08	307.79	3.7	308.55	0.76	4.99	1.96	1.89	131.60	1.01
A3	-3	53.21	306.99	3.7	307.17	0.18	42.93	1.12	3.31	72.20	1.29
B1	-1	0.00	334.23	2.6	334.67	0.44	59.05	0.17	15.46	1.08	0.10
B2	-2	22.18	334.18	2.6	334.57	0.39	18.78	1.11	2.33	60.94	1.01
B3	-3	53.81	332.51	2.6	332.79	0.28	16.94	1.02	2.56	47.44	0.83
C1	-1	0.00	335.60	3.3	336.03	0.43	52.46	0.30	11.09	3.64	0.21
C2	-2	25.83	335.12	3.3	335.74	0.62	6.11	1.75	1.88	112.57	1.01
C3	-3	50.33	334.64	3.3	334.91	0.27	36.59	0.70	4.70	23.95	0.63
D1	-1	0.00	335.37	1.1	335.61	0.24	11.11	0.84	1.31	35.56	0.79
D2	-2	26.02	334.33	1.1	334.56	0.23	8.79	1.08	1.02	58.80	1.01
D3	-3	46.96	333.02	1.1	333.28	0.26	6.35	1.34	0.82	87.34	1.19
E1	-1	0.00	342.01	3.1	342.20	0.19	26.96	0.81	3.82	30.92	0.69
E2	-2	41.51	340.81	3.1	340.97	0.16	26.07	0.98	3.18	47.15	0.89
E3	-3	66.72	339.63	3.1	340.00	0.37	15.22	1.18	2.63	61.07	0.90
F1	-1	0.00	352.93	1.3	353.16	0.23	52.36	0.22	5.83	2.54	0.21
F2	-2	31.08	352.67	1.3	353.00	0.33	10.81	0.68	1.92	19.92	0.51
F3	-3	59.47	352.41	1.3	352.65	0.24	24.71	0.52	2.52	13.99	0.52

Tabella 8

5 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'impiuvio in esame.

Analisi del trasporto solido - Tr200						
Sezione	γ	γ_s	d	j	R	θ
	(N/m ³)	(N/m ³)	(m)	(-)	(m)	(-)
A2	9810	25000	0.00002	0.038	0.340	416.1
B2	9810	25000	0.00002	0.051	0.120	197.2
C2	9810	25000	0.00002	0.039	0.290	365.7
D2	9810	25000	0.00002	0.052	0.110	186.3
E2	9810	25000	0.00002	0.040	0.110	142.8
F2	9810	25000	0.00002	0.025	0.170	137.2
Sezione	Ψ	q_s	b	Q	C	C
	(-)	(m ² /s)	(m)	(m ³ /s)	(-)	(ppm)
A2	67889	0.02367	1.01	3.20	0.007470	7470
B2	22152	0.00772	1.02	2.30	0.003425	3425
C2	55947	0.01950	1.01	2.90	0.006792	6792
D2	20342	0.00709	1.01	1.00	0.007162	7162
E2	13640	0.00476	0.89	2.80	0.001511	1511
F2	12855	0.00448	0.50	1.10	0.002037	2037

Tabella 9

Come mostrato nella tabella precedente, pertanto, 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".

Massima profondità di erosione - Tr200			
Sezione	Regime depth (m)	Regime width (m)	Regime slope (-)
A2	0.10	35.77	0.000710
B2	0.15	20.67	0.000674
C2	0.11	32.49	0.000716
D2	0.07	19.58	0.000859
E2	0.28	15.37	0.000506
F2	0.17	11.11	0.000660

Tabella 8

Come è possibile osservare nella tabella precedente, i risultati dell'applicazione di tale metodologia indicano una profondità di scavo di 10 cm per le sezioni A, 15 cm per le sezioni B, 11 cm per le sezioni C, 7 cm per le sezioni D, 28 cm per le sezioni E ed, infine, 17 cm per le sezioni F.



Tenuto conto che la profondità di posa del cavidotto è pari ad 1.20 m, non sarà necessario nessun approfondimento dello scavo per i tratti di interesse relativi all'intersezione con i bacini A, B, C, D ed F. Tuttavia, è necessario intervenire mediante T.O.C. (Trivellazione Orizzontale Controllata) e porre in opera il cavidotto in progetto ad una profondità di 1.28 m per il tratto di interesse relativo all'intersezione con l'impluvio ed il bacino E.



6 Conclusioni

La presente relazione accompagna il progetto di realizzazione ed esercizio di un **impianto eolico per la produzione di energia elettrica costituito da n. 9 aerogeneratori dalla potenza nominale di 6.2 MW, per un totale di 55.8 MW per l'intero impianto**, denominato "Carpiniello". I comuni di Venosa e Montemilone ospiteranno anche le relative opere civili e di connessione oltre alla stazione di trasformazione MT/AT per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) dell'energia prodotta dal parco.

Per le finalità di questa analisi appare opportuno ricordare che il sito di interesse è caratterizzato da alcuni rami del reticolo idrografico, come individuato da IGM in scala 1:25'000, appartenenti al bacino idrografico del Fiume Ofanto.

Dal punto di vista amministrativo, pertanto, il presente intervento ricade all'interno dell'area di competenza dell'Autorità di Bacino della Regione Puglia.

Dato che, in questo caso, una porzione del cavidotto intercetta il reticolo idrografico, si è proceduto alla presente analisi che ha analizzato compiutamente i regimi di deflusso dei corsi d'acqua ed ha determinato la profondità di escavazione per la posa del suddetto.

Le analisi idrologiche sono state condotte mediante l'utilizzo del metodo VAPI Puglia al fine di stabilire le portate al colmo di piena per eventi con tempi di ritorno di 30, 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 esistente o di attraversamento non asfaltato, 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 dimostrato che, la profondità di posa dei cavidotti in progetto è pari a quella massima di escavazione più un franco di sicurezza di 1.00 m.

In conclusione è possibile affermare che il cavidotto in progetto risulta in sicurezza idraulica in funzione del franco di sicurezza scelto che lo tutela dal fenomeno di escavazione massima per i bacini B, C, D ed F mentre, è necessario porre in opera il cavidotto in progetto ad una profondità di 1.28 m (T.O.C) per il tratto di interesse relativo all'intersezione con l'impluvio ed il bacino E.