



REGIONE BASILICATA
 PROVINCIA DI POTENZA
 COMUNE DI MELFI



AUTORIZZAZIONE UNICA

ex. d.lgs. 387/03

Progetto Definitivo per la realizzazione del parco eolico "SANTA IRENE" e relative opere connesse nel comune di MELFI (Pz)

Titolo elaborato

A.3 - Relazione idrogeologica e idraulica

Codice elaborato

COMMESSA	FASE	ELABORATO	REV.
F0389	A	R04	A

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Scala

—

DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Aprile 2021	Prima emissione	MNA	GDS	GMA

Proponente

Oceano Rinnovabili s.r.l.
 Largo Augusto 3
 20122 Milano

BayWa re.

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	13
4.5 Risultati del modello idrodinamico	13
5 Analisi idraulica semplificata	14
6 Conclusioni	16



1 Premessa

La presente relazione idrologica e idraulica accompagna il progetto di realizzazione ed esercizio di un **impianto eolico di potenza nominale di 39.2 MW**. L'area individuata per la realizzazione del suddetto impianto ricade nel territorio di Melfi, nella provincia di Potenza. Il Comune di Melfi ospiterà i 7 aerogeneratori in progetto, nonché 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, infatti, 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 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. In assenza di altre indicazioni, l'asta è stata definita con l'identificativo A.

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*.

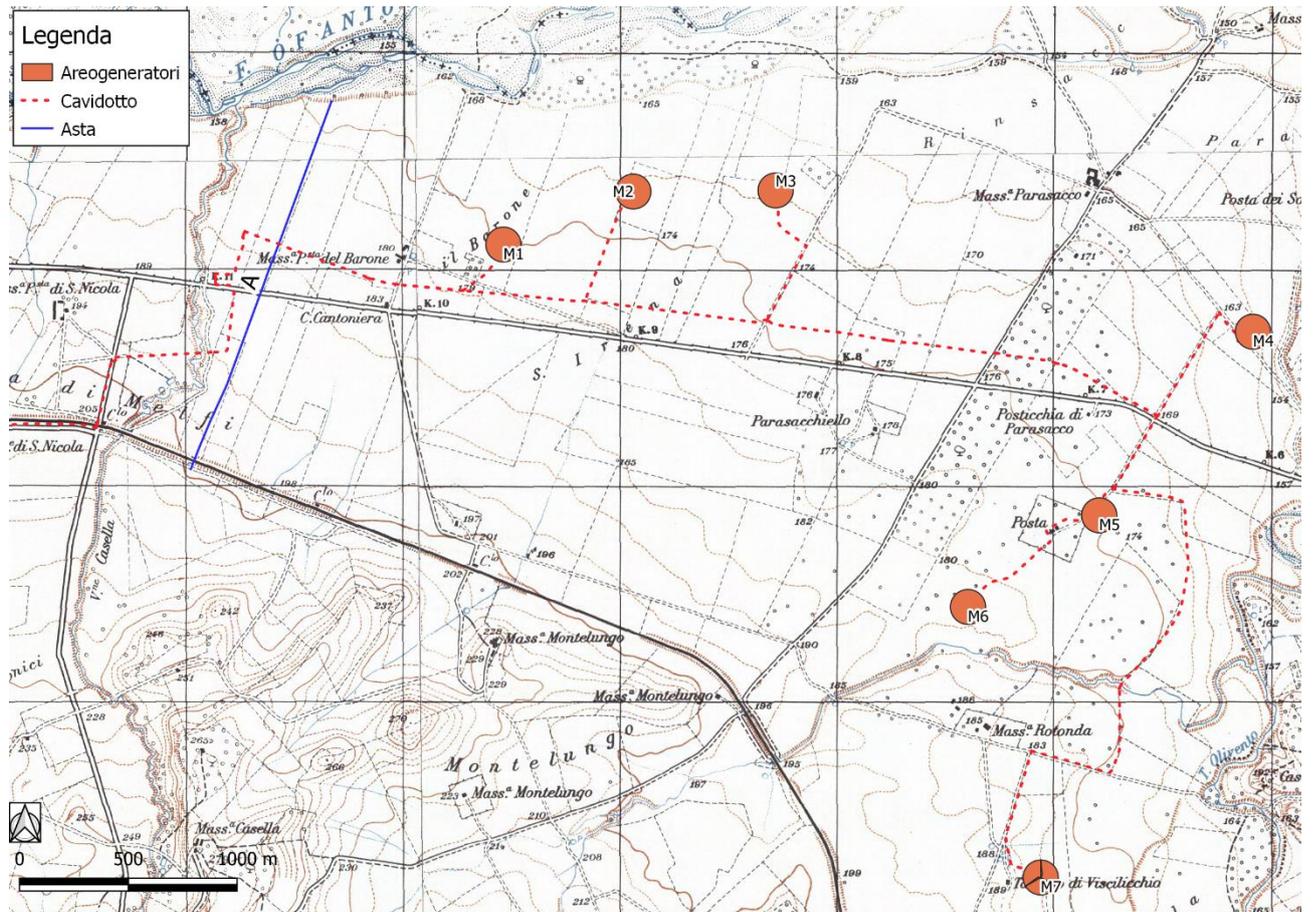


Figura 1: Planimetria di inquadramento dell'area di interesse



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 l'interferenza con il cavidotto, identificata nella figura precedente, 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.

Per le ulteriori interferenze con il reticolo idrografico in prossimità di attraversamenti fluviali, invece, verranno predisposte tecniche di ancoraggio agli attraversamenti stessi, pertanto non necessitano di analisi idrauliche. Si riporta di seguito una mappa con le ulteriori interferenze individuate.



Figura 2: Planimetria con l'indicazione dei tratti di intervento



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 cavodotto 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	0.538	207.34	192.28	180.92	1.98	1.33	10.82	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.

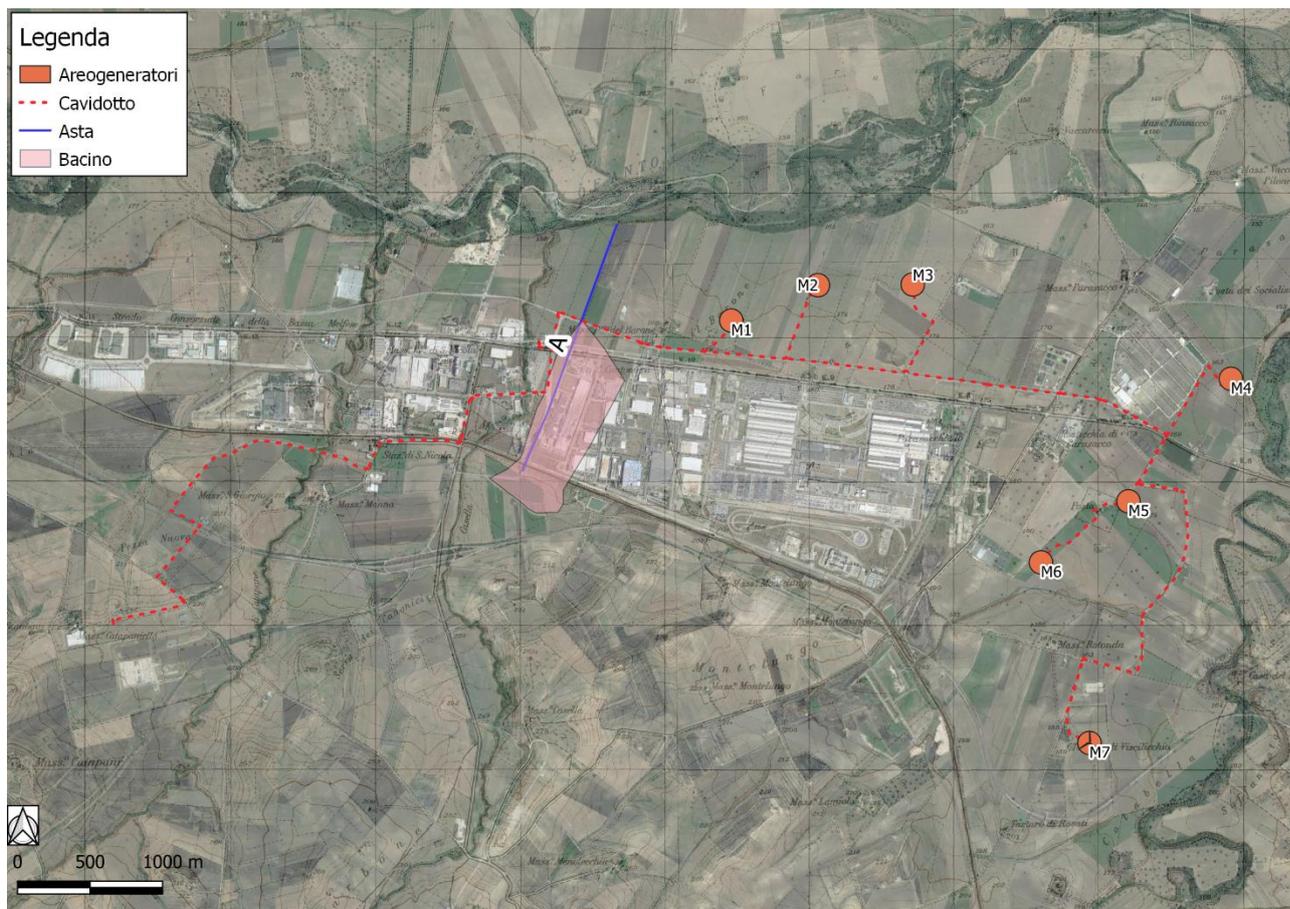


Figura 3: Corografia dell'area in esame con l'indicazione del bacino idrografico di interesse

Nella figura precedente è mostrato il ramo in esame con il bacino idrografico sotteso 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	2.2	1.4	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	0.8	0.8

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:

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

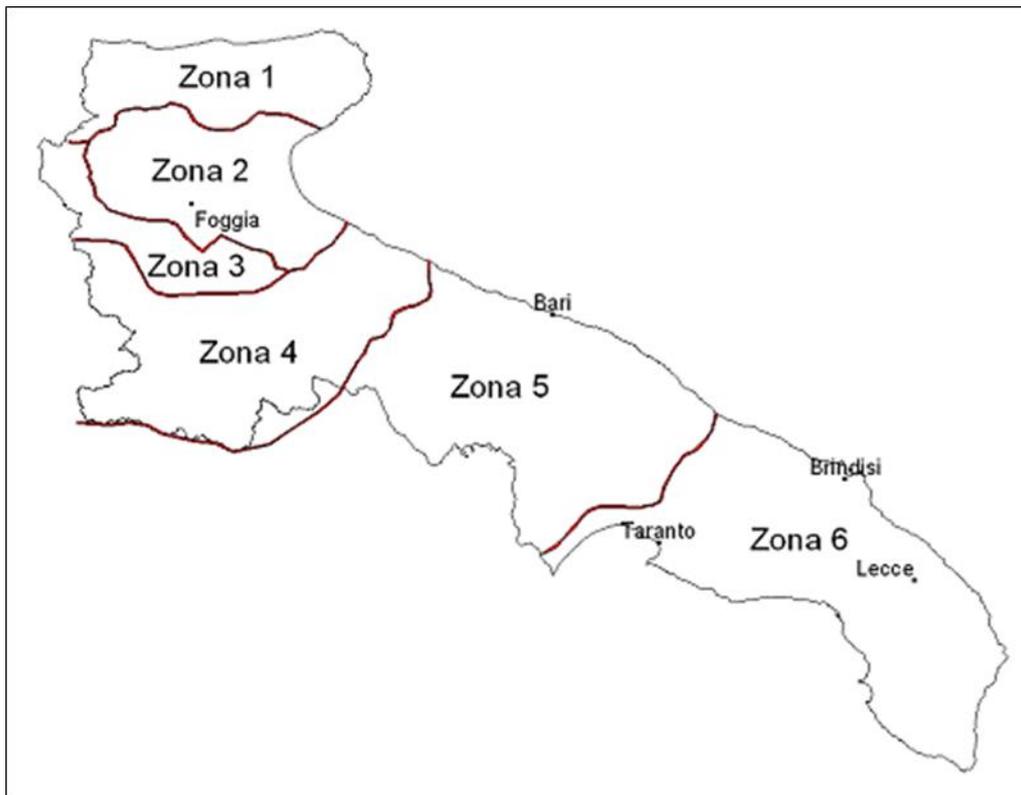


Figura 4: Corografia della Puglia con la delimitazione delle zone pluviometriche omogenee del VAPI

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 idrografico	K30 (-)	K200 (-)	K500 (-)	a' (mm)	n (-)	h30 (mm)	h200 (mm)	h500 (mm)
A	2.0	2.8	3.1	24.7	0.256	46.5	65.0	73.9

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":

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

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	2.5	3.5	4.0

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	7,498	10,485	11,928

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	4.7	6.6	7.5

Tabella 6



4 Analisi idraulica

Come descritto precedentemente, il tratto di cavidotto di interesse non si sviluppa su strada esistente o su un tracciato già asfaltato, pertanto 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.

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 figura seguente è presente la planimetria dell'area in esame con l'indicazione delle tracce delle sezioni trasversali utilizzate.

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.

Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
A1	-1.000	0.000	36.840	182.790	0.0095
A2	-2.000	36.840	41.272	182.440	0.0213
A3	-3.000	78.112	0.000	181.560	0.0157

Tabella 7



Figura 5: Sezioni trasversali all'asta in esame.

4.2 Portate di piena

Come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nella precedente analisi idrologica (cfr. la precedente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

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.

Pre intervento - T = 30 anni									
Sezione	Progr.	Fondo	Portata	Livello di pelo lib.	Altezza d'acqua	Largh. di pelo lib.	Velocità media	Area della sezione	Numero di Froude
	(m)	(mslm)	(m ³ /s)	(mslm)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(-)
A1	0.00	182.79	2.5	183.11	0.32	88.13	0.22	11.97	0.17
A2	36.84	182.44	2.5	182.96	0.52	10.43	1.34	1.87	1.01
A3	78.11	181.56	2.5	181.94	0.38	7.84	1.68	1.49	1.23
Pre intervento - T = 200 anni									
Sezione	Progr.	Fondo	Portata	Livello di pelo lib.	Altezza d'acqua	Largh. di pelo lib.	Velocità media	Area della sezione	Numero di Froude
	(m)	(mslm)	(m ³ /s)	(mslm)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(-)
A1	0.00	182.79	3.5	183.17	0.38	99.55	0.22	16.72	0.15
A2	36.84	182.44	3.5	183.01	0.57	12.45	1.42	2.47	1.01
A3	78.11	181.56	3.5	181.99	0.43	8.90	1.83	1.92	1.26
Pre intervento - T = 500 anni									
Sezione	Progr.	Fondo	Portata	Livello di pelo lib.	Altezza d'acqua	Largh. di pelo lib.	Velocità media	Area della sezione	Numero di Froude
	(m)	(mslm)	(m ³ /s)	(mslm)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(-)
A1	0.00	182.79	4.0	183.19	0.40	101.55	0.22	19.08	0.15
A2	36.84	182.44	4.0	183.03	0.59	13.31	1.45	2.76	1.02
A3	78.11	181.56	4.0	182.01	0.45	9.36	1.89	2.12	1.26

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 (N/m ³)	γ_s (N/m ³)	d (m)	j (-)	R (m)	θ (-)
A2	9810	25000	0.00002	0.019	0.200	122.1
Sezione	Ψ (-)	q_s (m ² /s)	b (m)	Q (m ³ /s)	C (-)	C (ppm)
A2	10792	0.0038	12.45	3.5	0.013	13383

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	0.07	49.95	0.00071

Tabella 10

Come è possibile osservare nella tabella precedente, i risultati dell'applicazione di tale metodologia indicano una profondità di scavo di 7 cm per le sezioni in esame.

Al fine di tenere conto del franco minimo di sicurezza pari a 1.00 m, previsto dalle norme dell'Autorità di Bacino della Puglia, si prevede di porre in opera il cavidotto in progetto ad una profondità di 1.10 m per il tratto di interesse relativo all'intersezione con l'impluvio ed il bacino A.

Tenuto conto che la profondità di posa del cavidotto è pari ad 1.20 m, non sarà necessario nessun approfondimento dello scavo.



6 Conclusioni

La presente relazione accompagna il progetto di realizzazione ed esercizio di un **impianto eolico di potenza nominale di 39.2 MW**. L'area individuata per la realizzazione della presente proposta progettuale interessa il territorio comunale di Melfi, nella provincia di Potenza. Nel suddetto comune sono previste anche tutte le 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, infatti, 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.