



REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI BARI
COMUNE DI GRAVINA IN PUGLIA



AUTORIZZAZIONE UNICA EX D.LGS. 387/2003

Progetto Definitivo
Parco eolico "Monte Marano" e opere connesse

TITOLO ELABORATO

Relazione idraulica

CODICE ELABORATO

COMMESSA	FASE	ELABORATO	REV.
F0433	A	R06	A

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione

SCALA

—


DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
luglio 2021	prima emissione	CGU	GDS	GMA

PROPONENTE


FRI-EL


FRI-EL S.p.A.
Piazza della Rotonda 2
00186 Roma (RM)
fri-elspa@legalmail.it
P. Iva 01652230218
Cod. Fisc. 07321020153


PROGETTAZIONE

 **F4 ingegneria srl**
via Di Giura - Centro Direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1 944 797 - Fax: +39 0971 5 54 52
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giuseppe Manzi)



 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 Inquadramento territoriale	4
3 Interventi in progetto	7
4 Analisi idraulica	8
4.1 Geometria del modello idrodinamico	8
4.2 Portate di piena	9
4.3 Condizioni al contorno	10
4.4 Parametri di scabrezza	10
4.5 Risultati delle simulazioni	10
5 Analisi idraulica semplificata	15
5.1 Tombini idraulici	17
5.2 Risoluzioni interferenze	18
6 Conclusioni	20





1 Premessa

Il presente progetto, presentato dalla società FRI-EL SpA, con sede legale in Piazza della Rotonda 2 00186 Roma, in qualità di proponente, è stato redatto in riferimento al progetto di un nuovo parco eolico denominato "Monte Marano", localizzato nel territorio comunale di Gravina in Puglia, in provincia di Bari. Il parco in oggetto sarà costituito da 12 aerogeneratori di potenza unitaria massima pari a 6.2 MW, per una potenza complessiva di 74.4 MW.

Il comune di Gravina in Puglia sarà inoltre interessato dalla realizzazione della Sottostazione Elettrica di Trasformazione (SET) per la connessione del nuovo impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

Il gruppo FRI-EL, attivo nel settore sin dal 2002, si colloca tra i principali produttori italiani di energia da fonte eolica grazie anche alla collaborazione con partner internazionali. Il gruppo dispone attualmente di 34 parchi eolici nel territorio italiano, un parco eolico in Bulgaria ed uno in Spagna, per una capacità complessiva installata di 950 MW. Inoltre, il gruppo FRI-EL opera in diversi settori; infatti, oltre ad essere azienda leader nel settore eolico, si colloca tra i primi produttori in Italia di energia prodotta dalla combustione di biogas di origine agricola. Il gruppo gestisce 21 impianti idroelettrici, un impianto a biomassa solida e una delle centrali termoelettriche a biomassa liquida più grandi d'Europa. Le attività e le principali competenze del gruppo comprendono tutte le fasi di progettazione, costruzione, produzione e vendita di energia elettrica da fonti rinnovabili, includendo l'analisi e la valutazione del paesaggio e il processo di approvazione.

Dal punto di vista amministrativo il presente intervento ricade nel bacino idrografico del torrente Pentecchia, affluente del fiume Bradano, e pertanto nell'area di competenza del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale e, precisamente, dell'area della ex Autorità di Bacino (AdB) della Regione Basilicata, pertanto, nel seguito si terrà conto delle Norme di Attuazione (NA) del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dalla ex AdB della Basilicata.

Il sito di progetto, situato nella Valle Pentecchia, è caratterizzato da diverse fasce inondabili a pericolosità idraulica molto elevata (cfr. Figura 1). Ad ogni modo, il cavidotto a servizio degli aerogeneratori è collocato sulla strada esistente, pertanto non richiede ulteriori studi di dettaglio se non quelli a corredo della presente relazione. Tra le opere in progetto per la risoluzione delle interferenze con il reticolo idrografico si annoverano: **la realizzazione di nuovi tombini idraulici sui tratti di viabilità in progetto; trivellazioni orizzontali controllate (TOC) anche in presenza di tombini esistenti e staffaggi alle spalle dei ponti esistenti. Nel caso di attraversamenti con TOC, è stata eseguita un'analisi di escavazione semplificata come descritto in seguito.**

L'analisi idraulica semplificata è rivolta principalmente ai punti di intersezione degli impluvi esistenti con i cavidotti ed è caratterizzata dalle seguenti fasi:

- AS1) analisi idrologica in base al metodo VAPI Basilicata;
- 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.

Nella Figura 1 è mostrata la planimetria dell'impianto di produzione di energia da fonte rinnovabile con la sua posizione in relazione al reticolo idrografico desunto dalla cartografia IGM in scala 1:25'000. Nella stessa sono riportate anche le fasce inondabili per i diversi livelli di pericolosità.



Al fine di estendere l'analisi all'intera area di intervento, nella Figura 1, viene evidenziata la Sottostazione Elettrica di Trasformazione (SET) ricavando, in maniera semplificata, le distanze di quest'ultima rispetto alle aste fluviali limitrofe le quali risultano superiori a 270 m; pertanto in corrispondenza della stessa non si evidenziano interferenze con il reticolo idrografico.

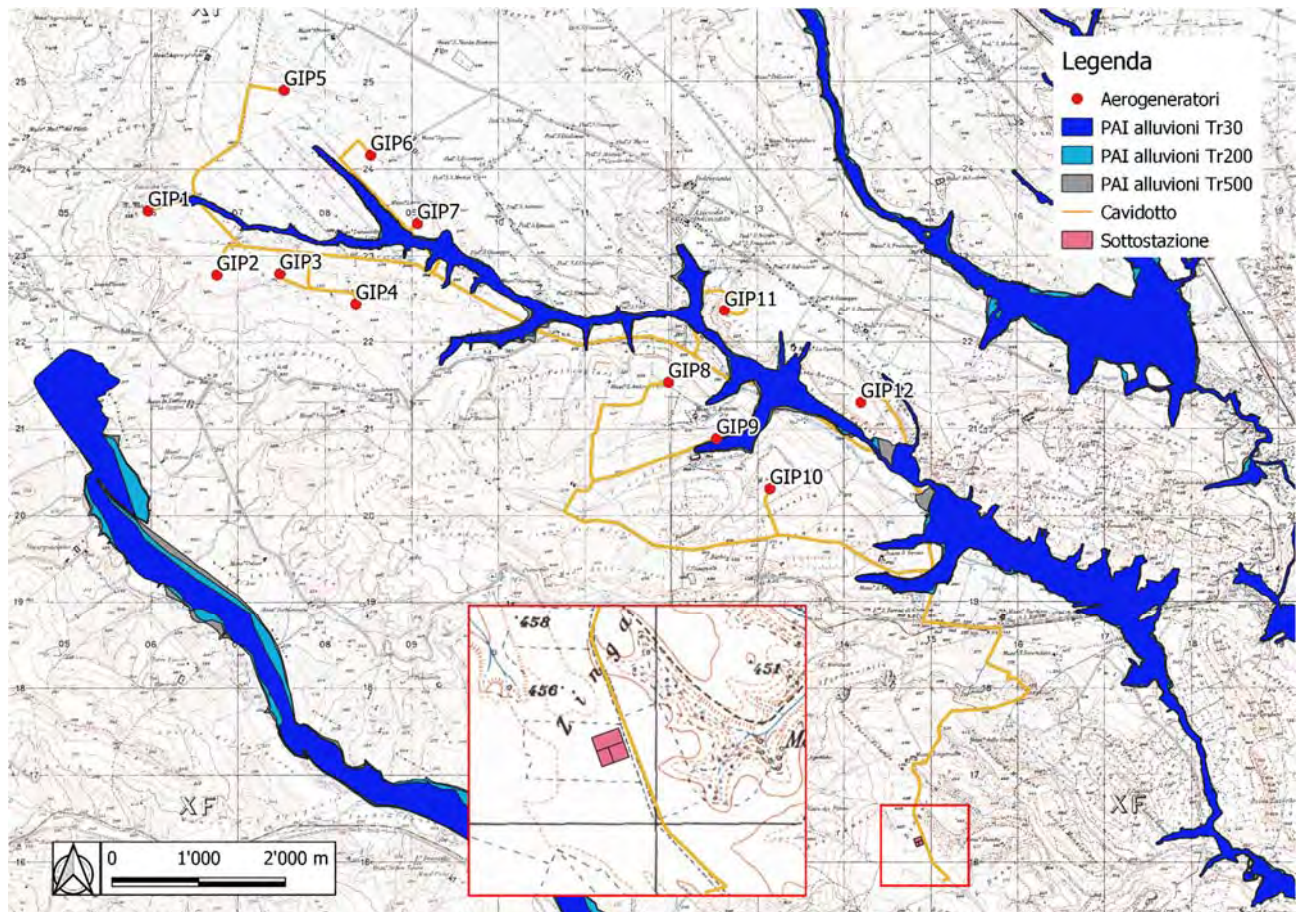


Figura 1. Planimetria dell'area di interesse su base IGM con individuazione delle aree PAI

2 Inquadramento territoriale

L'area individuata per la realizzazione della presente proposta progettuale interessa il territorio comunale di Gravina in Puglia, in provincia di Bari.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori verrà convogliata, tramite cavi del tipo ARE4H5E - 18/30 kV, alla Sottostazione elettrica (SSE) 30/150 kV, collegata in antenna a 150 kV ad una nuova Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN da inserire in entra – esce alla linea 150 kV "Genzano 380 – Matera 380".

Il nuovo parco eolico, costituito da 12 aerogeneratori, situati nel comune di Gravina in Puglia, di potenza unitaria massima pari a 6.2 MW, per una potenza complessiva di 74.4 MW, interesserà una fascia altimetrica compresa tra i 325 ed i 490 m s.l.m. nel settore nord occidentale del territorio comunale di Gravina in Puglia, destinata principalmente a colture foraggere e cerealicole stagionali che conferiscono al paesaggio caratteristiche di antropizzazione tali da non favorire processi di completa rinaturalizzazione. La zona è servita da una buona rete viaria sia di interesse locale che sovralocale.

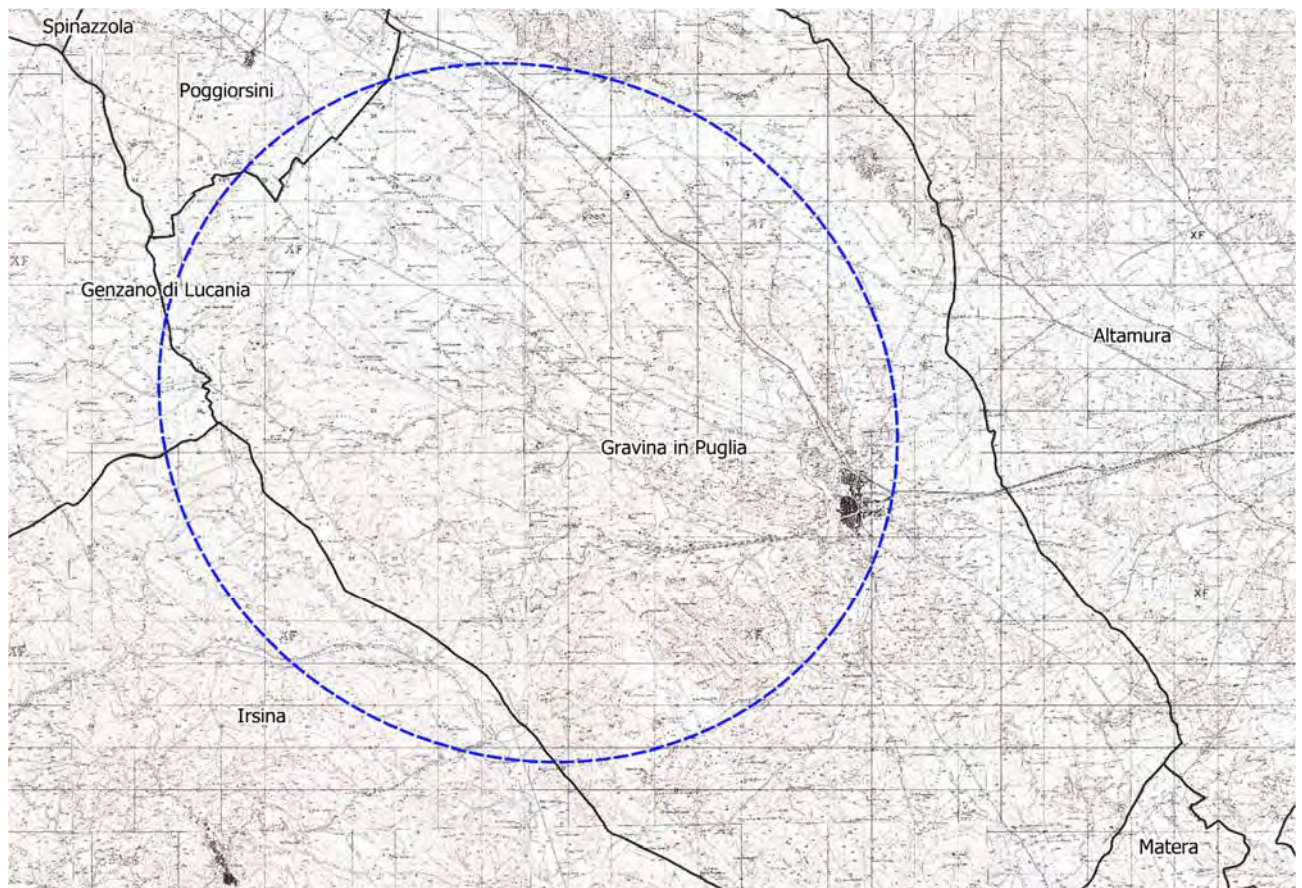


Figura 2. Inquadramento territoriale su base IGM 1:100000 con indicazione dell'area di intervento

La scelta dell'ubicazione delle macchine eoliche ha tenuto conto, principalmente, delle condizioni di ventosità dell'area (direzione, intensità e durata), della natura geologica del terreno oltre che del suo andamento piano - altimetrico. Naturalmente tale scelta è stata subordinata anche

alla valutazione del contesto paesaggistico ambientale interessato, oltre che al rispetto dei vincoli di tutela del territorio ed alla disponibilità dei suoli.

Il layout di impianto è attraversato da una rete di strade locali (Contrada Sant'Angelo, Contrada S. Felice e Contrada Santa Teresa) ed interpoderali, non sempre mappata, ma ben visibile da ortofoto e facilmente percorribile (salvo opportuni adeguamenti) dai mezzi di cantiere.

La rete stradale risulta idonea a soddisfare le esigenze connesse all'esercizio dell'intervento da realizzare.



Figura 3. Layout di impianto su base ortofoto

Nell'area di intervento sono presenti le seguenti reti infrastrutturali:

- di tipo viario: la SP 52 da nord-ovest verso l'abitato di Gravina in Puglia, la SC 8 (Contrada Sant'Antonio), la SP 26 e la SP 190 sul tracciato del cavidotto da nord-ovest verso sud-est, la SP 193 e strade locali sul tracciato del cavidotto da sud-est verso sud, la SS 96 Barese e la SS 655 a sud;
- elettrodotti: le linee che transitano nell'area sono sia in BT che in MT ed AT;
- rete idrica interrata;
- rete telefonica su palo.

Per quanto riguarda le peculiarità ambientali, si premette che l'installazione delle opere previste non insiste in aree protette o soggette a tutela, e relative aree buffer, ai sensi della normativa e della pianificazione vigente.



Per ciò che riguarda i terreni interessati dalla messa in opera del tracciato del cavidotto interrato destinato al trasporto dell'energia elettrica prodotta dal parco eolico, questo è stato individuato con l'obiettivo di minimizzare il percorso per il collegamento dell'impianto alla RTN e di interessare, per quanto possibile, territori privi di peculiarità naturalistico-ambientali.

In particolare, al fine di limitare e, ove possibile, eliminare potenziali impatti per l'ambiente la previsione progettuale del percorso della rete interrata di cavidotti ha tenuto conto dei seguenti aspetti:

- utilizzare, se possibile, viabilità esistente, al fine di minimizzare l'alterazione dello stato attuale dei luoghi e limitare l'occupazione territoriale, nonché l'inserimento di nuove infrastrutture sul territorio;
- impiegare viabilità esistente il cui percorso non interferisca con aree urbanizzate ed abitate, al fine di ridurre i disagi connessi alla messa in opera dei cavidotti;
- minimizzare la lunghezza dei cavi al fine di ottimizzare il layout elettrico d'impianto, garantirne la massima efficienza, contenere gli impatti indotti dalla messa in opera dei cavidotti e limitare i costi sia in termini ambientali che economici legati alla realizzazione dell'opera;
- garantire la fattibilità della messa in opera limitando i disagi legati alla fase di cantiere.

Infine, si ricorda che la scelta localizzativa dell'impianto eolico in oggetto ha avuto anche lo scopo di minimizzare la distanza dal punto di connessione alla rete di conferimento dell'energia in modo tale da ridurre la lunghezza complessiva degli elettrodotti di collegamento, oltre che impiegare infrastrutture elettriche sostanzialmente già realizzate e presenti da molti anni sul territorio interessato.



3 Interventi in progetto

Come anticipato in premessa, il parco eolico in progetto è costituito da una serie di interventi:

- installazione di **12 aerogeneratori**;
- realizzazione di **12 piazzole provvisorie** per il montaggio degli aerogeneratori;
- realizzazione di **12 piazzole definitive**;
- realizzazione di **12 tratti di viabilità di servizio** per consentire l'accesso agli aerogeneratori a partire dalla viabilità esistente;
- realizzazione di **1 nuovo stallo produttore all'interno di una Sottostazione Elettrica di Trasformazione (SET o stazione utente) da realizzare ex novo**;
- posa in opera di **cavidotti interrati** di interconnessione tra le macchine e di connessione dei diversi circuiti al punto di consegna;

Le opere in progetto presentano delle interferenze, nel dettaglio trattasi di **n. 31 punti di intersezione di cui n. 30 tra il reticolo idrografico esistente ed i cavidotti e n. 1 tra Ferrovia e SP (cfr. Planimetria con individuazione di tutte interferenze). Le interferenze idrauliche necessitano della realizzazione di:**

- n. 6 attraversamenti idraulici (Tombini), con la posa in opera di una tubazione tipo ARMCO (Tabella 7);
- n. 19 interventi di Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC);
- n. 6 interventi di staffaggio su attraversamenti fluviali esistenti.

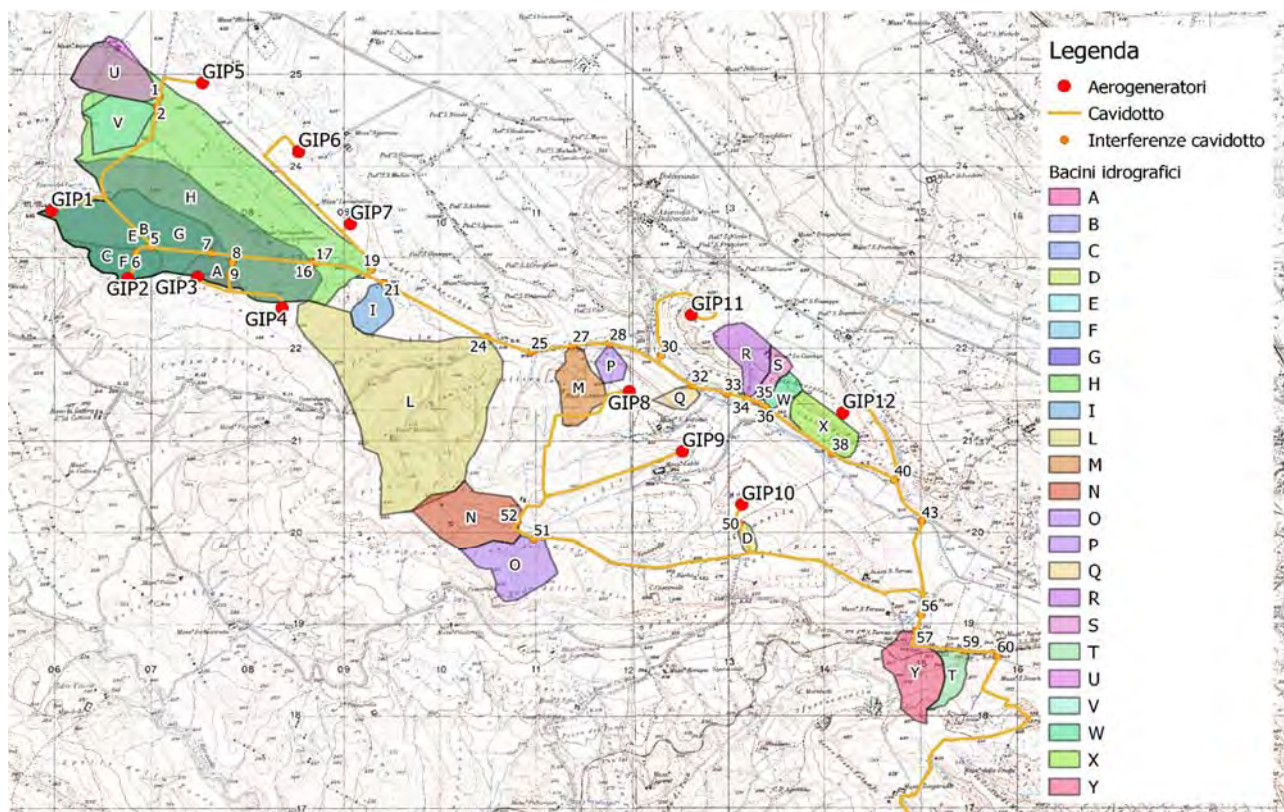


Figura 4. Interferenze tra il reticolo idrografico e le opere in progetto



4 Analisi idraulica

Nella presente analisi idraulica sono illustrate le condizioni di deflusso dei corsi d'acqua che lambiscono l'area di interesse.

L'analisi è stata effettuata 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 a Pericolosità Molto elevata, Elevata e Moderata del PAI.

All'interno del modello di calcolo sono state inserite le seguenti informazioni:

- geometria dei corsi d'acqua;
- portate di piena;
- condizioni al contorno;
- coefficienti di scabrezza.

4.1 Geometria del modello idrodinamico

Nella tabella seguente sono 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 per le interferenze risolte mediate TOC.

Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
G1	-1.000	0.000	45.965	403.947	0.0166
G2	-2.000	45.965	24.071	403.183	0.0017
G3	-3.000	70.036	0.000	403.143	0.0115
H1	-1.000	0.000	14.700	392.994	0.0127
H2	-2.000	14.700	14.138	392.808	0.0599
H3	-3.000	28.838	0.000	391.962	0.0358
I1	-1.000	0.000	19.093	401.168	0.3055
I2	-2.000	19.093	19.156	395.334	0.1321
I3	-3.000	38.249	0.000	392.804	0.2187
L1	-1.000	0.000	22.845	378.197	0.0355
L2	-2.000	22.845	18.163	377.387	0.0360
L3	-3.000	41.008	0.000	376.734	0.0357
M1	-1.000	0.000	44.227	374.640	0.0853
M2	-2.000	44.227	26.942	370.865	0.0839
M3	-3.000	71.169	0.000	368.605	0.0848
N1	-1.000	0.000	28.596	463.540	0.1039
N2	-2.000	28.596	18.107	460.568	0.1007
N3	-3.000	46.703	0.000	458.745	0.1027
O1	-1.000	0.000	32.745	464.339	0.0386
O2	-2.000	32.745	40.448	463.075	0.1247



Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
O3	-3.000	73.193	0.000	458.030	0.0862
P1	-1.000	0.000	24.115	373.915	0.1330
P2	-2.000	24.115	27.730	370.708	0.1333
P3	-3.000	51.845	0.000	367.011	0.1332
Q1	-1.000	0.000	39.865	353.794	0.0589
Q2	-2.000	39.865	30.264	351.447	0.0589
Q3	-3.000	70.129	0.000	349.665	0.0589
R1	-1.000	0.000	40.090	348.137	0.0733
R2	-2.000	40.090	21.175	345.200	0.0741
R3	-3.000	61.265	0.000	343.630	0.0736
S1	-1.000	0.000	26.245	346.627	0.0919
S2	-2.000	26.245	19.877	344.214	0.0910
S3	-3.000	46.122	0.000	342.405	0.0915
T1	-1.000	0.000	63.842	351.468	0.0803
T2	-2.000	63.842	53.147	346.343	0.0568
T3	-3.000	116.989	0.000	343.324	0.0696
U1	-1.000	0.000	79.776	458.206	0.0002
U2	-2.000	79.776	73.520	458.186	0.0138
U3	-3.000	153.296	0.000	457.170	0.0068
V1	-1.000	0.000	32.443	459.159	0.0245
V2	-2.000	32.443	43.657	458.363	0.0342
V3	-3.000	76.100	0.000	456.869	0.0301
W1	-1.000	0.000	29.081	346.830	0.1107
W2	-2.000	29.081	17.973	343.610	0.1107
W3	-3.000	47.054	0.000	341.620	0.1107
X1	-1.000	0.000	22.077	342.637	0.0885
X2	-2.000	22.077	22.285	340.684	0.0753
X3	-3.000	44.362	0.000	339.006	0.0819
Y1	-1.000	0.000	19.775	339.457	0.0341
Y2	-2.000	19.775	24.741	338.781	0.0077
Y3	-3.000	44.516	0.000	338.590	0.0195

Tabella 1

4.2 Portate di piena

Come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nell'analisi idrologica (cfr. "Relazione idrologica" Tabella 3).

Come riportato nella relazione citata, 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 $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (corrispondente ad un coefficiente secondo Manning pari a $0.050 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$).

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

4.5 Risultati delle simulazioni

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 effettuate, 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 dal modello nella configurazione pre intervento.

Per la delimitazione delle aree allagabili per gli eventi con i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, in particolare, è stato utilizzato il DTM della Regione Basilicata e i valori in termini di tiranti massimi, velocità e aree allagabili elaborati dallo stesso modello di calcolo.

Pre intervento - T = 30 anni									
Sezione	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)	Numero di Froude (-)
G1	0.00	403.95	12.0	404.48	0.53	44.38	0.72	16.63	0.38
G2	45.97	403.18	12.0	404.20	1.02	83.68	0.65	18.34	0.45
G3	70.04	403.14	12.0	403.96	0.82	83.85	0.73	16.52	0.52
H1	0.00	392.99	20.3	394.02	1.03	23.30	1.76	11.50	0.80
H2	14.70	392.81	20.3	393.58	0.77	39.16	1.72	11.82	1.00
H3	28.84	391.96	20.3	392.82	0.86	21.50	2.25	9.01	1.11
I1	0.00	401.17	1.5	401.45	0.28	7.73	1.39	1.08	1.19
I2	19.09	395.33	1.5	395.48	0.15	20.27	0.96	1.56	1.11
I3	38.25	392.80	1.5	392.92	0.12	15.75	1.16	1.30	1.29
L1	0.00	378.20	12.5	378.99	0.79	16.48	1.96	6.38	1.01



Pre intervento - T = 30 anni									
Sezione	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)	Numero di Froude (-)
L2	22.85	377.39	12.5	377.87	0.48	35.50	0.99	12.69	0.48
L3	41.01	376.73	12.5	377.37	0.64	46.77	1.09	11.48	0.70
M1	0.00	374.64	2.3	374.81	0.17	27.47	1.07	2.15	1.22
M2	44.23	370.87	2.3	370.98	0.11	32.26	1.01	2.27	1.22
M3	71.17	368.60	2.3	368.96	0.36	11.10	1.33	1.73	1.07
N1	0.00	463.54	3.7	463.82	0.28	19.49	1.30	2.85	1.09
N2	28.60	460.57	3.7	460.91	0.34	14.57	1.43	2.58	1.09
N3	46.70	458.75	3.7	459.22	0.47	9.96	1.55	2.38	1.02
O1	0.00	464.34	3.1	464.62	0.28	23.80	0.94	3.28	0.81
O2	32.75	463.07	3.1	463.34	0.27	16.83	1.23	2.53	1.01
O3	73.19	458.03	3.1	458.25	0.22	8.65	3.33	0.93	3.24
P1	0.00	373.92	0.9	374.16	0.24	4.09	1.79	0.50	1.64
P2	24.12	370.71	0.9	370.95	0.24	4.09	1.79	0.50	1.63
P3	51.85	367.01	0.9	367.22	0.21	5.33	1.63	0.55	1.62
Q1	0.00	353.79	0.8	353.88	0.09	15.67	0.80	0.99	1.02
Q2	39.87	351.45	0.8	351.54	0.09	15.95	0.76	1.05	0.94
Q3	70.13	349.66	0.8	349.83	0.17	10.27	0.92	0.87	1.02
R1	0.00	348.14	2.2	348.35	0.21	15.69	1.26	1.75	1.20
R2	40.09	345.20	2.2	345.34	0.14	14.54	1.31	1.68	1.23
R3	61.27	343.63	2.2	343.78	0.15	14.62	1.29	1.71	1.20
S1	0.00	346.63	1.0	346.86	0.23	6.00	1.44	0.69	1.35
S2	26.25	344.21	1.0	344.42	0.21	7.30	1.34	0.75	1.34
S3	46.12	342.40	1.0	342.66	0.26	5.55	1.43	0.70	1.29
T1	0.00	351.47	1.3	351.73	0.26	9.06	1.30	1.00	1.25
T2	63.84	346.34	1.3	346.50	0.16	13.66	1.12	1.16	1.23
T3	116.99	343.32	1.3	343.51	0.19	14.60	0.96	1.35	1.01
U1	0.00	458.21	2.9	458.64	0.43	50.26	0.22	13.38	0.13
U2	79.78	458.19	2.9	458.42	0.23	25.73	0.97	2.99	0.91
U3	153.30	457.17	2.9	457.43	0.26	36.67	0.49	5.93	0.39
V1	0.00	459.16	2.4	459.34	0.18	39.34	0.58	4.15	0.57
V2	32.44	458.36	2.4	458.55	0.19	22.62	0.90	2.68	0.83
V3	76.10	456.87	2.4	457.13	0.26	13.64	1.05	2.28	0.82
W1	0.00	346.83	0.9	346.94	0.11	16.89	0.97	0.93	1.31
W2	29.08	343.61	0.9	343.73	0.12	15.25	1.00	0.90	1.32
W3	47.05	341.62	0.9	341.74	0.12	15.23	1.01	0.89	1.33
X1	0.00	342.64	2.2	342.85	0.21	15.66	1.33	1.65	1.31
X2	22.08	340.68	2.2	340.84	0.16	23.97	1.15	1.92	1.29
X3	44.36	339.01	2.2	339.22	0.21	26.88	0.99	2.23	1.09
Y1	0.00	339.46	3.0	339.64	0.18	27.77	1.03	2.92	1.01
Y2	19.78	338.78	3.0	339.10	0.32	26.72	0.51	5.91	0.34
Y3	44.52	338.59	3.0	338.87	0.28	27.23	0.77	3.91	0.65

Tabella 2



Pre intervento - T = 200 anni									
Sezione	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)	Numero di Froude (-)
G1	0.00	403.95	20.1	404.60	0.65	47.15	0.91	22.11	0.42
G2	45.97	403.18	20.1	404.29	1.11	108.35	0.74	27.16	0.47
G3	70.04	403.14	20.1	404.04	0.90	97.84	0.84	23.96	0.54
H1	0.00	392.99	33.8	394.18	1.19	28.52	2.16	15.61	0.93
H2	14.70	392.81	33.8	393.71	0.90	44.20	1.96	17.26	1.00
H3	28.84	391.96	33.8	393.02	1.06	27.47	2.41	14.04	1.08
I1	0.00	401.17	2.5	401.51	0.34	9.36	1.58	1.58	1.23
I2	19.09	395.33	2.5	395.51	0.18	23.65	1.12	2.24	1.16
I3	38.25	392.80	2.5	392.95	0.15	17.66	1.35	1.86	1.33
L1	0.00	378.20	20.8	379.17	0.97	21.28	2.16	9.65	1.02
L2	22.85	377.39	20.8	378.01	0.62	51.28	1.20	18.76	0.53
L3	41.01	376.73	20.8	377.47	0.74	53.41	1.27	16.43	0.73
M1	0.00	374.64	3.8	374.84	0.20	29.71	1.27	2.99	1.28
M2	44.23	370.87	3.8	371.00	0.13	34.96	1.20	3.16	1.28
M3	71.17	368.60	3.8	369.02	0.42	13.51	1.48	2.57	1.08
N1	0.00	463.54	6.2	463.88	0.34	22.98	1.50	4.14	1.13
N2	28.60	460.57	6.2	460.99	0.42	17.37	1.64	3.79	1.12
N3	46.70	458.75	6.2	459.33	0.58	12.25	1.72	3.60	1.01
O1	0.00	464.34	5.1	464.68	0.34	29.67	1.06	4.79	0.85
O2	32.75	463.07	5.1	463.41	0.34	19.76	1.37	3.71	1.01
O3	73.19	458.03	5.1	458.29	0.26	10.26	3.90	1.31	3.49
P1	0.00	373.92	1.6	374.22	0.30	5.07	2.07	0.77	1.70
P2	24.12	370.71	1.6	371.01	0.30	5.07	2.07	0.77	1.69
P3	51.85	367.01	1.6	367.27	0.26	6.60	1.89	0.85	1.69
Q1	0.00	353.79	1.4	353.91	0.12	17.67	0.96	1.46	1.07
Q2	39.87	351.45	1.4	351.57	0.12	17.95	0.92	1.53	1.00
Q3	70.13	349.66	1.4	349.88	0.22	12.80	1.04	1.34	1.03
R1	0.00	348.14	3.6	348.39	0.25	17.98	1.45	2.49	1.24
R2	40.09	345.20	3.6	345.39	0.19	16.25	1.52	2.36	1.28
R3	61.27	343.63	3.6	343.82	0.19	16.33	1.50	2.40	1.25
S1	0.00	346.63	1.6	346.90	0.27	7.15	1.62	0.99	1.39
S2	26.25	344.21	1.6	344.46	0.25	8.70	1.51	1.06	1.39
S3	46.12	342.40	1.6	342.71	0.31	6.65	1.60	1.00	1.32
T1	0.00	351.47	2.1	351.77	0.30	10.84	1.47	1.43	1.29
T2	63.84	346.34	2.1	346.53	0.19	15.47	1.29	1.62	1.27
T3	116.99	343.32	2.1	343.55	0.23	17.63	1.05	2.00	0.99
U1	0.00	458.21	4.9	458.73	0.52	53.53	0.27	18.06	0.15
U2	79.78	458.19	4.9	458.47	0.28	28.93	1.13	4.32	0.94
U3	153.30	457.17	4.9	457.50	0.33	39.97	0.58	8.40	0.41
V1	0.00	459.16	4.1	459.38	0.22	44.79	0.68	6.05	0.59
V2	32.44	458.36	4.1	458.61	0.25	26.06	1.04	3.95	0.85
V3	76.10	456.87	4.1	457.20	0.33	15.51	1.24	3.31	0.86
W1	0.00	346.83	1.4	346.96	0.13	19.72	1.08	1.29	1.35
W2	29.08	343.61	1.4	343.75	0.14	18.00	1.12	1.25	1.36
W3	47.05	341.62	1.4	341.76	0.14	17.96	1.13	1.24	1.37



Pre intervento - T = 200 anni									
Sezione	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)	Numero di Froude (-)
X1	0.00	342.64	3.7	342.89	0.25	18.85	1.52	2.43	1.35
X2	22.08	340.68	3.7	340.87	0.19	29.39	1.32	2.80	1.35
X3	44.36	339.01	3.7	339.26	0.25	35.94	1.03	3.58	1.04
Y1	0.00	339.46	5.1	339.69	0.23	30.98	1.18	4.32	1.01
Y2	19.78	338.78	5.1	339.18	0.40	29.74	0.62	8.24	0.38
Y3	44.52	338.59	5.1	338.93	0.34	30.33	0.91	5.62	0.67

Tabella 3

Pre intervento - T = 500 anni									
Sezione	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)	Numero di Froude (-)
G1	0.00	403.95	24.0	404.64	0.69	48.13	0.99	24.13	0.45
G2	45.97	403.18	24.0	404.32	1.14	111.94	0.78	30.62	0.48
G3	70.04	403.14	24.0	404.07	0.93	100.45	0.89	26.92	0.55
H1	0.00	392.99	40.4	394.24	1.25	30.43	2.33	17.32	0.99
H2	14.70	392.81	40.4	393.77	0.96	46.31	2.04	19.79	1.00
H3	28.84	391.96	40.4	393.10	1.14	29.83	2.47	16.36	1.06
I1	0.00	401.17	3.0	401.53	0.36	10.02	1.66	1.81	1.24
I2	19.09	395.33	3.0	395.52	0.19	25.74	1.16	2.58	1.17
I3	38.25	392.80	3.0	392.97	0.17	18.48	1.42	2.12	1.34
L1	0.00	378.20	24.8	379.33	1.13	59.57	1.60	15.49	1.00
L2	22.85	377.39	24.8	378.06	0.67	54.12	1.28	21.35	0.54
L3	41.01	376.73	24.8	377.51	0.78	56.09	1.33	18.62	0.74
M1	0.00	374.64	4.6	374.85	0.21	30.57	1.35	3.40	1.30
M2	44.23	370.87	4.6	371.02	0.15	36.08	1.28	3.59	1.30
M3	71.17	368.60	4.6	369.05	0.45	14.56	1.54	2.98	1.09
N1	0.00	463.54	7.4	463.90	0.36	24.44	1.57	4.72	1.14
N2	28.60	460.57	7.4	461.02	0.45	18.47	1.71	4.32	1.13
N3	46.70	458.75	7.4	459.38	0.63	13.14	1.79	4.15	1.01
O1	0.00	464.34	6.1	464.70	0.36	30.92	1.13	5.39	0.86
O2	32.75	463.07	6.1	463.44	0.37	21.01	1.43	4.27	1.01
O3	73.19	458.03	6.1	458.30	0.27	10.80	4.10	1.49	3.53
P1	0.00	373.92	1.9	374.24	0.32	5.41	2.16	0.88	1.71
P2	24.12	370.71	1.9	371.03	0.32	5.41	2.16	0.88	1.71
P3	51.85	367.01	1.9	367.28	0.27	7.04	1.98	0.96	1.71
Q1	0.00	353.79	1.7	353.92	0.13	18.51	1.02	1.67	1.08
Q2	39.87	351.45	1.7	351.57	0.12	18.17	1.07	1.58	1.16
Q3	70.13	349.66	1.7	349.89	0.23	13.91	1.07	1.59	1.01
R1	0.00	348.14	4.4	348.41	0.27	19.07	1.53	2.87	1.26
R2	40.09	345.20	4.4	345.41	0.21	17.07	1.62	2.72	1.29
R3	61.27	343.63	4.4	343.84	0.21	17.16	1.59	2.76	1.27
S1	0.00	346.63	1.9	346.92	0.29	7.63	1.69	1.12	1.41
S2	26.25	344.21	1.9	344.47	0.26	9.28	1.58	1.20	1.40
S3	46.12	342.40	1.9	342.73	0.33	7.10	1.66	1.14	1.33



Pre intervento - T = 500 anni									
Sezione	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)	Numero di Froude (-)
T1	0.00	351.47	2.5	351.79	0.32	11.58	1.53	1.63	1.30
T2	63.84	346.34	2.5	346.55	0.21	16.23	1.36	1.84	1.29
T3	116.99	343.32	2.5	343.57	0.25	18.72	1.09	2.29	0.99
U1	0.00	458.21	5.8	458.76	0.55	54.71	0.29	19.82	0.16
U2	79.78	458.19	5.8	458.49	0.30	30.18	1.19	4.88	0.94
U3	153.30	457.17	5.8	457.52	0.35	41.24	0.62	9.41	0.41
V1	0.00	459.16	4.9	459.40	0.24	46.67	0.71	6.85	0.60
V2	32.44	458.36	4.9	458.63	0.27	27.44	1.09	4.51	0.85
V3	76.10	456.87	4.9	457.23	0.36	16.25	1.31	3.75	0.87
W1	0.00	346.83	1.7	346.97	0.14	21.04	1.14	1.49	1.37
W2	29.08	343.61	1.7	343.76	0.15	19.37	1.17	1.45	1.37
W3	47.05	341.62	1.7	341.77	0.15	19.32	1.18	1.44	1.38
X1	0.00	342.64	4.4	342.91	0.27	20.06	1.59	2.77	1.37
X2	22.08	340.68	4.4	340.88	0.20	33.14	1.38	3.20	1.37
X3	44.36	339.01	4.4	339.28	0.27	39.89	1.06	4.15	1.05
Y1	0.00	339.46	6.0	339.71	0.25	32.13	1.24	4.86	1.01
Y2	19.78	338.78	6.0	339.21	0.43	30.80	0.66	9.11	0.39
Y3	44.52	338.59	6.0	338.95	0.36	31.38	0.96	6.28	0.68

Tabella 4



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 " (m²/s): portata solida (volumetrica) per unità di larghezza;
- " g " (m/s²): accelerazione di gravità;
- " d " (m): diametro caratteristico del sedimento;
- " γ_s " (N/m³): peso specifico del sedimento;
- " γ " (N/m³): 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/m³ in quanto i primi strati di terreno, sono costituiti da "Depositi alluvionali attuali e recenti composti da limi sabbiosi e sabbioso-argillosi".



Nella tabella seguente sono presenti i calcoli effettuati per la determinazione della concentrazione del sedimento utilizzando la formula di Meyer-Peter e Müller per i tratti degli impluvi in esame.

Analisi del trasporto solido - Tr200						
Sezione	γ (N/m ³)	γ_s (N/m ³)	d (m)	j (-)	R (m)	θ (-)
G2	9810	25000	0.00002	0.009	0.250	70.0
H2	9810	25000	0.00002	0.034	0.390	423.6
I2	9810	25000	0.00002	0.072	0.090	209.6
L2	9810	25000	0.00002	0.008	0.370	100.3
M2	9810	25000	0.00002	0.089	0.090	258.7
N2	9810	25000	0.00002	0.051	0.220	363.5
O2	9810	25000	0.00002	0.044	0.190	270.0
P2	9810	25000	0.00002	0.133	0.150	642.8
Q2	9810	25000	0.00002	0.056	0.080	145.5
R2	9810	25000	0.00002	0.076	0.150	368.0
S2	9810	25000	0.00002	0.095	0.120	369.6
T2	9810	25000	0.00002	0.084	0.100	272.3
U2	9810	25000	0.00002	0.040	0.150	196.1
V2	9810	25000	0.00002	0.033	0.150	161.4
W2	9810	25000	0.00002	0.110	0.070	248.0
X2	9810	25000	0.00002	0.097	0.100	312.0
Y2	9810	25000	0.00002	0.005	0.280	48.1
Sezione	Y (-)	q _s (m ² /s)	b (m)	Q (m ³ /s)	C (-)	C (ppm)
G2	4685	0.0016	108.35	20.1	0.009	8803
H2	69734	0.0243	44.20	33.8	0.032	31789
I2	24262	0.0085	23.65	2.5	0.080	80009
L2	8032	0.0028	51.28	20.8	0.007	6903
M2	33279	0.0116	34.96	3.8	0.107	106730
N2	55424	0.0193	17.37	6.2	0.054	54129
O2	35491	0.0124	19.76	5.1	0.048	47935
P2	130378	0.0454	5.07	1.6	0.144	144018
Q2	14027	0.0049	17.95	1.4	0.063	62694
R2	56474	0.0197	16.25	3.6	0.089	88864
S2	56824	0.0198	8.70	1.6	0.108	107710
T2	35945	0.0125	15.47	2.1	0.092	92307
U2	21963	0.0077	28.93	4.9	0.045	45204
V2	16404	0.0057	26.06	4.1	0.036	36347
W2	31235	0.0109	18.00	1.4	0.140	139996
X2	44085	0.0154	29.39	3.7	0.122	122072
Y2	2661	0.0009	29.74	5.1	0.005	5410

Tabella 5



Come mostrato nella tabella precedente, pertanto, la concentrazione volumetrica "C" assume una discreta variabilità da sezione a sezione in virtù delle differenti modalità di deflusso dell'onda di piena duecentennale. 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 (-)
G2	0.17	97.24	0.00053
H2	0.09	238.8	0.000457
I2	0.02	102.95	0.00063
L2	0.20	87.71	0.000517
M2	0.02	146.58	0.000563
N2	0.03	133.39	0.00057
O2	0.03	113.86	0.000598
P2	0.01	110.48	0.000622
Q2	0.02	68.21	0.000717
R2	0.02	130.19	0.000584
S2	0.01	95.55	0.00065
T2	0.02	101.34	0.000635
U2	0.04	108.38	0.000606
V2	0.04	88.92	0.00064
W2	0.01	101.89	0.000639
X2	0.02	154.68	0.000555
Y2	0.15	38.51	0.000638

Tabella 6

La realizzazione del cavidotto lungo viabilità esistente prevede la realizzazione di uno scavo a sezione ristretta, di larghezza adeguata e profondità pari a 1.20 m, in prossimità del ciglio laterale della strada così da minimizzare il taglio dell'asfalto.

Come è possibile osservare nella tabella precedente, i risultati dell'applicazione di tale metodologia indicano una profondità di scavo compresa tra 0.01 e 0.20 m per le sezioni esaminate.

Al fine di tenere conto del franco minimo di sicurezza pari a 1.00 m, previsto dalle norme dell'Autorità di Bacino della Basilicata, si prevede di porre in opera il cavidotto in progetto ad una profondità di 1.20 m, in accordo con quanto stabilito dai criteri progettuali.

5.1 Tombini idraulici

In base ai tracciati della viabilità di accesso al parco in progetto sono state analizzate le interferenze con il reticolo idrografico, tramite un'analisi idraulica in moto uniforme, così come riportato di seguito.



Opera	Input				Diametro effettivo (m)
	Bacini	Pendenza (-)	Scabrezza (m ^{1/3} /s)	Riempimento (-)	
A	0.108	60	1.000	0.80	0.600
B	0.031	60	1.700	0.80	1.700
C	0.034	60	1.000	0.80	0.900
D	0.081	60	1.000	0.80	0.600
E	0.030	60	1.700	0.80	1.600
F	0.038	60	1.000	0.80	1.000

Tabella 7

A valle dell'analisi idraulica si decide di adottare a scopo cautelativo un diametro di progetto pari a 1.00 m per i Bacini A, C, D, ed F e pari a 1.70 m per i Bacini B ed E. I tombini saranno di tipo ARMCO.

5.2 Risoluzioni interferenze

L'infrastruttura di trasporto dell'energia è costituita da cavidotti interrati a profondità dell'ordine di 1.20 m che si estende lungo la viabilità di progetto e/o quella esistente.

Non tutte le interferenze con il reticolo idrografico presente nell'area verranno risolte con un passaggio in Trivellazione Orizzontale Controllata, in altri casi, infatti, in presenza di ponticelli esistenti verrà staffata la canalina portacavi alle spalle dello stesso.

Nella tabella seguente è riportata una sintesi delle risoluzioni per ogni interferenza individuata.

Interferenza	Bacino	Risoluzione
1	U	TOC
2	V	TOC
5	F	Tombino
6	C	Tombino
7	E	Tombino
8	B	Tombino
9	A	Tombino
16	-	TOC
17	G	TOC
19	H	TOC
21	I	TOC
24	L	TOC
25	-	Staffaggio
27	M	TOC
28	P	TOC
30	-	Staffaggio
32	Q	TOC
33	-	Staffaggio
34	R	TOC
35	S	TOC



Interferenza	Bacino	Risoluzione
36	W	TOC
38	X	TOC
40	-	Staffaggio
43	-	Staffaggio
50	D	Tombino
51	O	TOC
52	N	TOC
56	-	Staffaggio
57	Y	TOC
59	T	TOC
60	-	TOC

Tabella 8



6 Conclusioni

Il presente progetto, presentato dalla società FRI-EL SpA, con sede legale in Piazza della Rotonda 2 00186 Roma, in qualità di proponente, è stato redatto in riferimento al progetto di un nuovo parco eolico denominato "Monte Marano", localizzato nel territorio comunale di Gravina in Puglia, in provincia di Bari. Il parco in oggetto sarà costituito da 12 aerogeneratori di potenza unitaria massima pari a 6.2 MW, per una potenza complessiva di 74.4 MW.

Il comune di Gravina in Puglia sarà inoltre interessato dalla realizzazione della Sottostazione Elettrica di Trasformazione (SET) per la connessione del nuovo impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

Dal punto di vista amministrativo il presente intervento ricade nel bacino idrografico del torrente Pentecchia, affluente del fiume Bradano, e pertanto nell'area di competenza del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale e, precisamente, dell'area della ex Autorità di Bacino (AdB) della Regione Basilicata, pertanto, nel seguito si terrà conto delle Norme di Attuazione (NA) del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dalla ex AdB della Basilicata.

Il sito di progetto, situato nella Valle Pentecchia, è caratterizzato da diverse fasce inondabili a pericolosità idraulica molto elevata (cfr. Figura 1). Ad ogni modo, il cavidotto a servizio degli aerogeneratori è collocato sulla strada esistente, pertanto non richiede ulteriori studi di dettaglio se non quelli a corredo della presente relazione. Tra le opere in progetto per la risoluzione delle interferenze con il reticolo idrografico si annoverano: **la realizzazione di nuovi tombini idraulici sui tratti di viabilità in progetto; trivellazioni orizzontali controllate (TOC) anche in presenza di tombini esistenti e staffaggi alle spalle dei ponti esistenti. Nel caso di attraversamenti con TOC, è stata eseguita un'analisi di escavazione semplificata come descritto nella presente.**

A valle dell'analisi idraulica è stato possibile riscontrare profondità di scavo comprese tra 0.01 e 0.20 m; al fine di tenere conto del franco minimo di sicurezza pari a 1.00 m, previsto dalle norme dell'Autorità di Bacino della Basilicata, si prevede di porre in opera il cavidotto in progetto ad una profondità di 1.20 m, in accordo con quanto stabilito dai criteri progettuali.

In merito alla realizzazione dei 6 tombini in corrispondenza delle intersezioni tra il reticolo idrografico e la viabilità di progetto, invece, è stata condotta un'analisi idraulica in moto uniforme per cui si decide di adottare a scopo cautelativo **un diametro di progetto pari a 1.00 m per i Bacini A, C, D, ed F e pari a 1.70 m per i Bacini B ed E. I tombini saranno di tipo ARMCO.**



DICHIARAZIONE DI ESENZIONE DELLE OPERE PROGETTATE DAL RISCHIO IDRAULICO

In maniera conforme all'art. 4 comma 4 delle Norme di Attuazione del Piano di Bacino Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino della Basilicata; il sottoscritto ing. Giuseppe MANZI, nato a Potenza (Pz) il 30.06.1972 domiciliato presso il proprio studio in via Di Giura – Centro Direzionale in qualità di responsabile delle verifiche idrologiche e idrauliche del presente progetto,

DICHIARA

che le opere progettate non sono soggette a rischio idraulico in quanto, come descritto all'interno dell'elaborato "Relazione idraulica" (rispetto alla quale la presente dichiarazione costituisce l'allegato B), le principali opere in progetto non intersecano le aree a rischio idraulico dei rami del reticolo idrografico desunti dall'RSDI della Regione Basilicata.

Potenza, 21.07.2021

Ing. Giuseppe MANZI
direttore tecnico di F4 ingegneria Srl