

REGIONE PUGLIA
CITTA' METROPOLITANA DI BARI
COMUNI DI GRAVINA IN PUGLIA E ALTAMURA



AUTORIZZAZIONE UNICA EX D.LGS. 387/2003

Progetto Definitivo Parco eolico "Silvium" e opere connesse

TITOLO ELABORATO

**Relazione sugli interventi di ripristino,
recupero e compensazione ambientale**

CODICE ELABORATO

COMMESSA	FASE	ELABORATO	REV.
F0477	B	R08	A

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione

SCALA

—

DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
febbraio 2022	prima emissione	FTR	GMA	GDS

PROPONENTE



wpd Silvium s.r.l.

Corso d'Italia 83
00198 Roma (RM)
Tel: +39 06 960 353 01
wpdsilviumsrl@legalmail.it
P.IVA. 16496431004

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. 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	Introduzione	3
2	Descrizione generale del progetto	4
2.1	Ubicazione del progetto	4
2.2	Descrizione delle opere	6
2.3	Viabilità di progetto	7
2.4	Piazzola di montaggio	7
3	Inquadramento territoriale	10
3.1	Clima	10
3.2	Suolo: uso del suolo e patrimonio agroalimentare	14
3.2.1	Elaborazioni a supporto delle valutazioni di impatto	15
3.2.1.1	<i>Occupazione del suolo agrario e/o naturale</i>	15
3.2.1.2	<i>Consumo di suolo</i>	17
3.2.1.3	<i>Frammentazione del territorio</i>	17
4	Interventi di ripristino ambientale	19
4.1	Ripristino dei seminativi	19
5	Interventi di miglioramento e compensazione	21
5.1	Descrizione degli interventi	21
5.1.1	Rinaturalizzazione e collegamento aree verdi	21
5.1.1.1	<i>Specie arboree</i>	22
5.1.2	Passaggi per la fauna	23
5.2	Quadro normativo di riferimento	24
6	Interventi ingegneria naturalistica	26



7 Opere di presidio previste	28
7.1 Rivestimento in geostuoia	28
7.2 Gabbionate rinverdite	30
7.3 Terre rinforzate	30
8 Modalità di realizzazione di opere in scavo e in trincea	33
8.1 Sezioni in trincea	33
8.2 Sezioni in rilevato	33
9 Opere di drenaggio	35
10 Opere di completamento	36
11 Manutenzione	37
12 Analisi dei tratti ex novo e piazzole	38
12.1 Tratti GR01- GR02, GR06 e GR04-GR05	38
12.2 GR01: viabilità ex novo e piazzola	39
12.3 GR02: viabilità ex novo e piazzola	40
12.4 GR03: viabilità ex novo e piazzola	42
12.5 GR04-GR05: viabilità ex novo e piazzola	44
12.6 GR06: viabilità ex novo e piazzola	44
13 Conclusioni	46



1 Introduzione

F4 ingegneria Srl, in qualità di Consulente, è stata incaricata dalla società proponente WPD Silvium Srl di redigere il progetto definitivo per la costruzione di un nuovo parco eolico denominato "Silvium" e relative opere di connessione alla RTN, localizzato nei comuni di Gravina in Puglia (BA) e Altamura (BA).

Il progetto proposto prevede l'installazione di 6 nuovi generatori eolici ciascuno di potenza nominale fino a 6.6 MW, in linea con i più elevati standard tecnici presenti sul mercato, per una potenza installata complessiva pari a 39.6 MW. Nell'ambito delle valutazioni ambientali si è ritenuto opportuno prevedere interventi di ripristino, restauro e compensazione ambientale, oltre a valutarne gli effetti in termini di riduzione dei pur minimi impatti ambientali esercitati dal progetto. Tali interventi, descritti nel presente documento, sono coerenti con i principi della Restoration Ecology (Rossi V. et al., 2002; Clewell A. et al., 2005; Pollanti M., 2010; Howell E.A. et al., 2013; IRP, 2019; Meloni F. et al., 2019; Gann G.D. et al., 2019).



2 Descrizione generale del progetto

2.1 Ubicazione del progetto

L'area individuata per la realizzazione della presente proposta progettuale interessa i territori comunali di Gravina in Puglia e di Altamura, in provincia di Bari.

Nello specifico caso in esame è stata fatta richiesta di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) per un impianto di generazione da fonte eolica da 39.6 MW. Il futuro impianto eolico sarà collegato in antenna a 36 kV sulla sezione 150/36 kV di una nuova Stazione Elettrica di smistamento a 150 kV della RTN da inserire in entra - esce alla linea 150 kV "Matera Nord - Altamura".

Il futuro parco eolico, costituito da 6 aerogeneratori di potenza unitaria massima pari a 6.6 MW, per una potenza complessiva di 39.6 MW, interesserà una fascia altimetrica compresa tra i 364 (in corrispondenza della connessione alla SE RTN) ed i 443 m s.l.m. (nella sezione sud-ovest dell'impianto), destinata principalmente a colture foraggere e cerealicole stagionali che conferiscono al paesaggio caratteristiche di antropizzazione tali da non favorire processi di completa rinaturalizzazione.

L'area del parco eolico ricade in aree extraurbane classificate come zona omogenea agricola E1 dal Piano Regolatore Generale (PRG) di Gravina in Puglia e dal PRG di Altamura.

Il territorio interessato dall'intervento non presenta nuclei abitativi estesi, ma è caratterizzato da piccoli insediamenti formati da masserie (case coloniche con i relativi fabbricati rustici di servizio necessari alla coltivazione di prodotti agricoli locali ed all'allevamento zootecnico), poste comunque ad una distanza superiore a 500 m dagli aerogeneratori previsti in progetto, come può evincersi dalla cartografia tematica allegata, per cui, presumibilmente, non subiranno turbamenti dovuti alla presenza delle apparecchiature eoliche.

La vegetazione dell'area direttamente interessata dal progetto è costituita prevalentemente da terreni seminativi adibiti alla coltivazione di cereali e foraggere, mentre l'area estesa presenta anche seminativi arborei (in particolare oliveti specializzati o misti a seminativi semplici), pascoli naturali, cespuglieti ed arbusteti lungo i corsi d'acqua e boschi di latifoglie, che saranno comunque tutelati e non coinvolti dall'intervento.

La scelta dell'ubicazione delle macchine eoliche ha tenuto conto, principalmente, delle condizioni di ventosità dell'area (direzione, intensità e durata), dell'andamento piano - altimetrico del territorio e della natura geologica del terreno. Tale scelta è stata subordinata anche alla valutazione del contesto paesaggistico ed ambientale interessato, al rispetto dei vincoli di tutela del territorio ed alla disponibilità dei suoli.

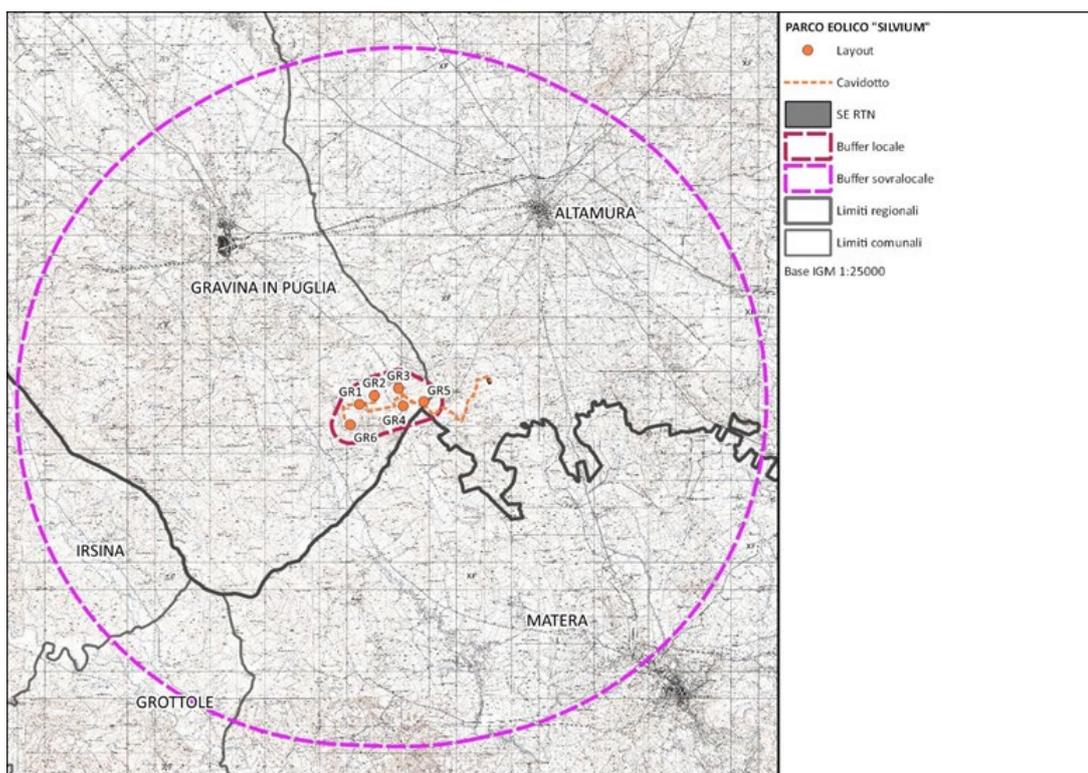


Figura 1: Inquadramento su I.G.M.

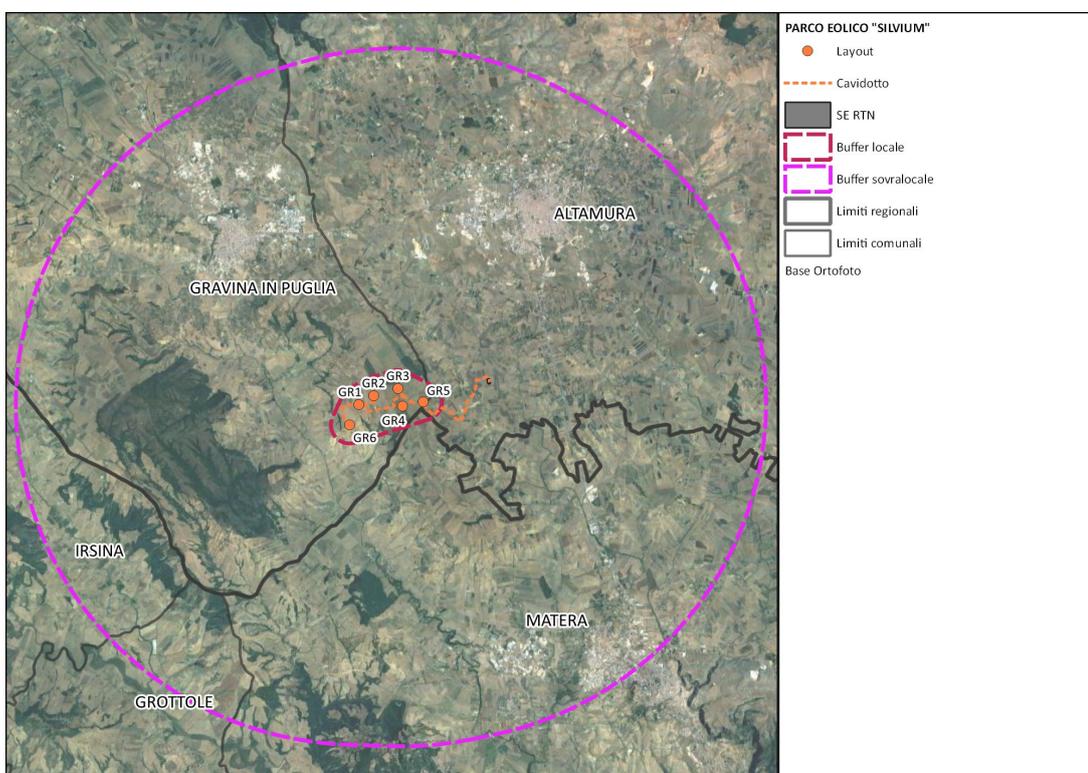


Figura 2: Inquadramento su ortofoto.



2.2 Descrizione delle opere

Il modello di aerogeneratore attualmente previsto dalla proposta progettuale in esame è caratterizzato da un diametro massimo del rotore pari a 170 m, da un'altezza al mozzo di 165 m e da un'altezza complessiva al tip (punta) della pala di 250 m, quindi si tratterà di macchine di grande taglia. In particolare, il modello commerciale che attualmente soddisfa questi requisiti tecnico-dimensionali è quello identificato come SG 6.6-170 HH 165 m.

Tutte le opere civili necessarie alla realizzazione dell'impianto eolico sono state descritte all'interno dell'elaborato 'Relazione Tecnica'. In sintesi i lavori consistono in:

- Lavori civili per la realizzazione delle piazzole di montaggio;
- Lavori civili per la realizzazione della viabilità di nuova realizzazione a servizio dell'impianto;
- Lavori civili per l'adeguamento delle strade e sentieri esistenti per il trasporto delle turbine;
- Lavori civili per lo scavo delle canalizzazioni per il posizionamento dei cavi;

Proponente	wpd Silvium s.r.l.
Potenza complessiva	39.6 MW
Potenza singola WTG	6.6 MW
Numero aerogeneratori	6
Altezza hub max	165 m
Diametro rotore max	170 m
Altezza complessiva max	250 m
Area poligono impianto	155 ha
Lunghezza cavidotto esterno (scavo)	4.3 km
Lunghezza cavidotti interni (scavo)	6.2 km
RTN esistente (si/no)	no
Tipo di connessione alla RTN (cavo/aereo)	connessione mediante elettrodotto in cavo interrato AT a 36 kV secondo la nuova modalità di connessione prevista dal Codice di rete
Piazzola di montaggio (max)	9284 m ²
Piazzola definitiva (max)	2146 m ²
Coordinate WTG	cfr. Tabella 1 SIA – Descrizione del progetto

Tabella 1: Tabella di sintesi dell'impianto.



2.3 Viabilità di progetto

Come in precedenza anticipato, gli interventi di mitigazione riguarderanno per lo più le aree relative alla piazzola di montaggio e quelle, seppur in maniera ridotta, relative alla viabilità ex-novo e adeguamenti.

Tratto	Adeguamento (m)	Ex novo (m)	Lunghezze tratti da Cementare (pendenza longitudinale >14%) (m)
Road GR01-GR02 tratto I	0	1267	0
Road GR01	242	0	0
Road GR06	700	824	0
Piazzola GR03	0	216	0
Road GR02	350	300	0
Road GR03	0	340	0
Piazzola GR06	0	216	0
Road GR04	0	373	0
Road GR05	0	358	0
Road GR04-GR05	1340	0	0
Adeguamenti	30	0	0

Tabella 2: Viabilità di progetto

2.4 Piazzola di montaggio

L'incidenza maggiore sul territorio, in particolare sulla componente suolo e sottosuolo, è da imputare ai lavori per la realizzazione della piazzola di montaggio degli aerogeneratori.

Queste ultime sono caratterizzate da una conformazione geometrica trapezoidale, di dimensione 174 m x 74 m, frazionate in una porzione temporanea ed una permanente. La piazzola di montaggio è stata illustrata in modo più specifico all'interno dell'elaborato grafico 'Planimetria di dettaglio piazzola di montaggio'.



LEGENDA	
	Piazzolo definitivo e pinto fondazione
	Viabilità
	Opere temporanee

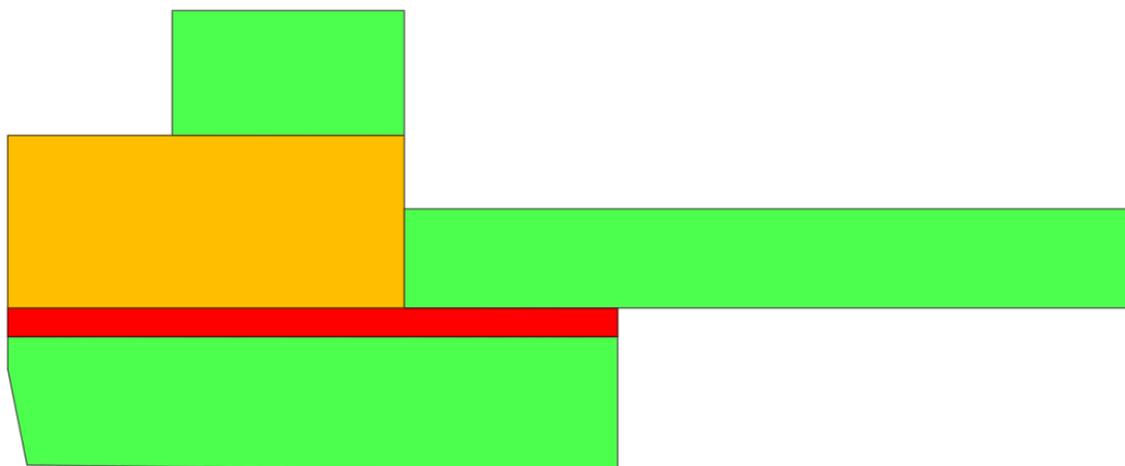


Figura 4: Frazionamento piazzola di montaggio

Pertanto, pur essendo il contesto prevalentemente pianeggiante, le piazzole di montaggio si estendono per lunghezze elevate e, quindi, si rende necessario il livellamento del terreno, progettato, per quanto possibile, a compenso.

Tabella 3: Riepilogo volumi di scavo.

Tratto	Scavo (m ³)	Riporto (m ³)	Misto piazzole e viabilità (m ³)	Scavo Fondazione (m ³)	Rinterro Fondazione (m ³)
Road GR01-GR02 tratto I	38427	78826	2027	7293	4293
Road GR01			1707		
Road GR06			610		
Piazzola GR03			1400		
Road GR02			2360		
Road GR03			544		
Piazzola GR06			1400		
Road GR04			1915		
Road GR05			1893		
Road GR04-GR05			2144		
Adeguamenti			640		

3 Inquadramento territoriale

3.1 Clima

Su scala macroterritoriale, l'area di intervento ricade in una zona climatica omogena costituita dall'ampio anfiteatro di Bari che, dalla costa, si apre a ventaglio nell'entroterra salendo dolcemente di quota sino ad oltre 2000 m (Macchia F. et al., 2000). Il diagramma bioclimatico di tale area, sempre secondo gli stessi autori, mostra come le temperature di gennaio e febbraio siano comprese tra 7,8 e 8,5°C con incrementi termici di marzo ed aprile inferiori a quelli registrati nell'entroterra come a Grumo.

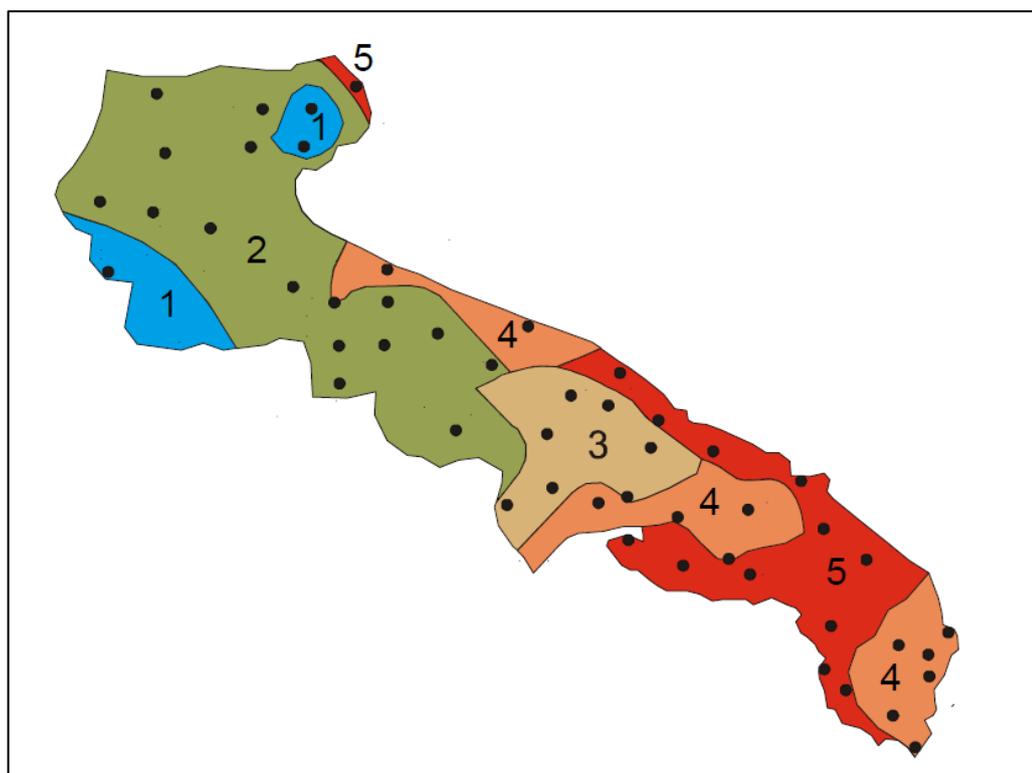


Figura 5: Aree climatiche omogenee della Puglia (Macchia F. et al., 2000).

L'ambito di intervento, a scala macroterritoriale, ricade nella seconda area climatica omogenea: influenzata dal settore geografico nord-orientale e dalla vicina catena appenninica, presenta una spiccata continentalità.

Il clima dell'area di intervento a scala microterritoriale è stato analizzato tramite i dati del Centro Funzionale Decentrato (CFD) incardinato nella Sezione Protezione Civile della Regione Puglia (<https://protezionecivile.puglia.it/centro-funzionale-decentrato/rete-di-monitoraggio/annali-e-dati-idrologici-elaborati/annali-idrologici-parte-i-dati-storici/>).

Il CFD svolge la propria attività di valutazione idrogeologica ed idraulica a seguito delle valutazioni meteo elaborate dal Centro Funzionale Centrale dai dati rilevati sul territorio regionale attraverso la rete meteo-idrometrica di monitoraggio di proprietà.



Tabella 4: Gravina in Puglia: Precipitazioni medie e giorni piovosi medi mensili anni 2013-2019 (Fonte: CFD Puglia, 2020).

Mese	Precipitazioni medie [mm]	Giorni piovosi medi [n]
Gennaio	44.5	7.2
Febbraio	52.2	6.8
Marzo	49.3	7.7
Aprile	44.2	7.0
Maggio	64.8	8.5
Giugno	48.3	5.3
Luglio	35.3	4.0
Agosto	18.2	3.1
Settembre	45.5	5.4
Ottobre	51.5	6.3
Novembre	68.4	8.9
Dicembre	35.9	4.3
Totale annuale	558.1	74.5

Tabella 5: Altamura: Precipitazioni medie e giorni piovosi medi mensili anni 1921-2019 (Fonte: CFD Puglia, 2020).

Mese	Precipitazioni medie [mm]	Giorni piovosi medi [n]
Gennaio	50.6	7
Febbraio	48.5	7
Marzo	54.3	7
Aprile	41.9	6
Maggio	42.7	6
Giugno	38.4	4
Luglio	25.4	3
Agosto	27.3	3
Settembre	51.0	5
Ottobre	57.1	6
Novembre	71.0	7
Dicembre	60.1	7
Totale annuale	568.3	68

Tabella 6: Gravina in Puglia: Temperature medie mensili anni 2013-2020 (Fonte: CFD Puglia, 2020).

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
5.8°C	7.6°C	9.6°C	12.7°C	16.2°C	21.9°C	24.5°C	24.6°C	20.2°C	16.1°C	11.7°C	7.0°C

Tabella 7: Gravina in Puglia: Temperature medie annue anni 2013-2019 (Fonte: CFD Puglia, 2020).

TEMPERATURA MEDIA ANNUA	TEMPERATURA MEDIA MINIMI ANNUI	TEMPERATURA MEDIA MASSIMI ANNUI
14.8°C	9.3°C	20.4°C



Tabella 8: Temperature medie mensili anni 1926-2020 (Fonte: CFD Puglia, 2020).

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
6.0°C	6.6°C	9.0°C	12.5°C	17.1°C	21.9°C	24.7°C	24.7°C	20.8°C	15.7°C	11.1°C	7.2°C

Tabella 9: Altamura: Temperature medie annue anni 1926-2019 (Fonte: CFD Puglia, 2020).

TEMPERATURA MEDIA ANNUA	TEMPERATURA MEDIA MINIMI ANNUI	TEMPERATURA MEDIA MASSIMI ANNUI
14.8°C	10.5°C	19.1°C

I dati pluviometrici e termometrici sono stati inseriti nel Diagramma di Walter e Lieth, riportando in ascissa i mesi dell'anno e in ordinata le precipitazioni e le temperature (queste ultime su una scala quadrupla rispetto a quella usata per le precipitazioni: 1°C = 4mm).

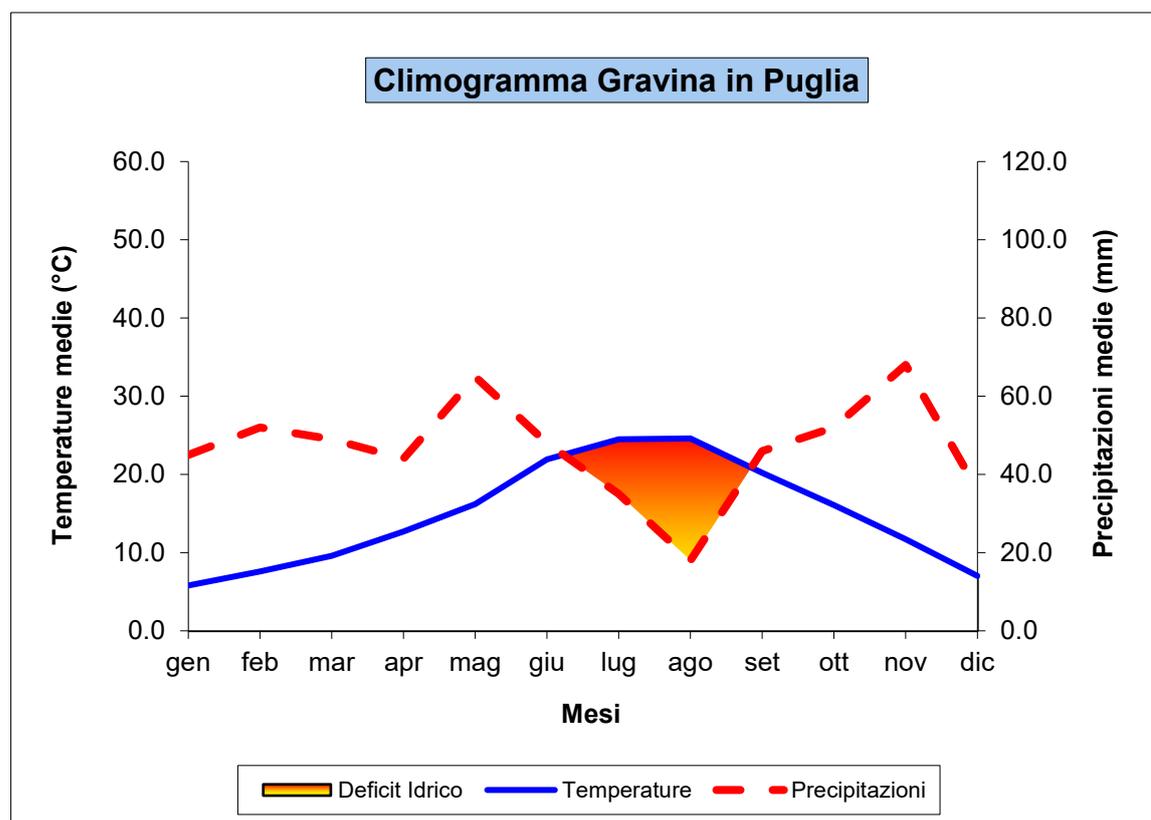


Figura 6: Climogramma stazione di Gravina in Puglia.

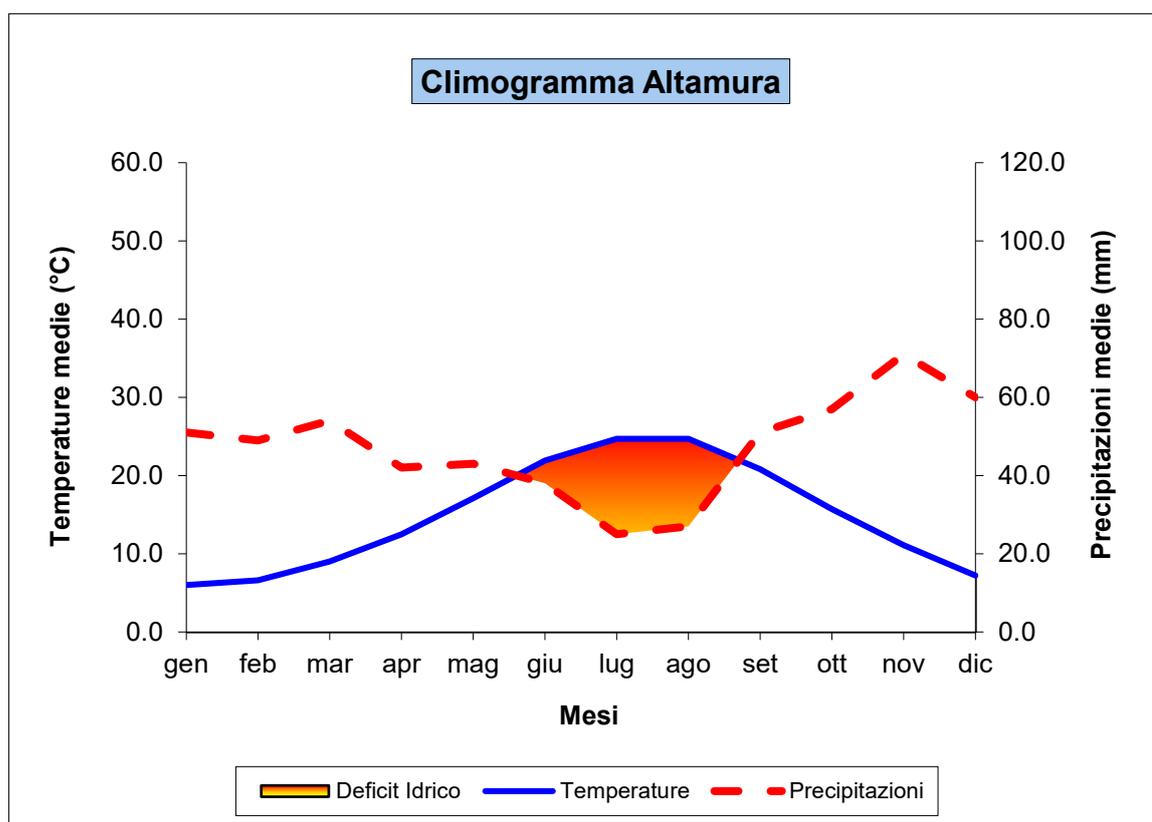


Figura 7: Climogramma stazione di Altamura.

Il grafico pone in risalto non soltanto le fluttuazioni stagionali di temperatura e precipitazioni, ma anche la presenza di un periodo caratterizzato da deficit idrico che si estende da metà giugno a fine settembre per gravina in Puglia e da metà maggio a fine settembre per Altamura. La durata del periodo arido è pari al numero di giorni in cui la curva delle precipitazioni si trova al di sotto della curva delle temperature, mentre l'intensità è data dalla differenza di altezza delle due curve nel periodo considerato.

I dati pluviometrici e termometrici hanno consentito il calcolo degli indici climatici pertinenti alle stazioni di riferimento (il pluviometro di Lang, il quoziente di Emberger e l'indice di aridità di De Martonne).

Tabella 10: Gravina in Puglia: Indici climatici.

PLUVIOFATTORE DI LANG	QUOZIENTE DI EMBERGER	INDICE DI ARIDITÀ DI DE MARTONNE
$P/T = 36.1$ (STEPPICO)	$100 P / (M^2 - M^2) = 53.9$ (SUBUMIDO - QUASI SEMIARIDO)	$P/(T+10^{\circ}\text{C}) = 21.5$ (TEMPERATO CALDO)

Tabella 11 Altamura: Indici climatici

PLUVIOFATTORE DI LANG	QUOZIENTE DI EMBERGER	INDICE DI ARIDITÀ DI DE MARTONNE
$P/T = 38.4$ (STEPPICO)	$100 P / (M^2 - M^2) = 62.5$ (SUBUMIDO - QUASI SEMIARIDO)	$P/(T+10^{\circ}\text{C}) = 22.9$ (TEMPERATO CALDO)



P = precipitazione media annua (mm) M = temperatura media massima del mese più caldo (°C)
T = temperatura media annua (°C) m = temperatura media minima del mese più freddo (°C)

Gli indicatori evidenziano che le stazioni sono caratterizzate da un clima con significativa aridità estiva e inverni piuttosto rigidi con una buona piovosità (che presenta un picco a maggio per Gravina in Puglia ed un leggero picco a marzo per Altamura).

3.2 Suolo: uso del suolo e patrimonio agroalimentare

I fattori di perturbazione indagati, con un livello di impatto sulla componente suolo non nullo, sono di seguito riportati:

Tabella 12. Componente suolo: fattori di perturbazione e potenziali impatti considerati

Progr.	Fattori di perturbazione	Impatti potenziali	Fase
1	Sversamenti e trafilemanti accidentali dai mezzi e dai materiali temporaneamente stoccati in cantiere	Alterazione della qualità dei suoli	Cantiere
2	Occupazione di suolo con i nuovi manufatti	Limitazione/perdita d'uso del suolo	Cantiere/Esercizio

In fase di esercizio si ritiene poco probabile e di intensità trascurabile l'inquinamento derivante da sversamenti e trafilemanti accidentali dai mezzi utilizzati dei manutentori per raggiungere i singoli aerogeneratori; inoltre, non si considera neppure il rischio di instabilità dei profili dei rilevati poiché non sono previsti movimenti terra.

La fase di dismissione – che prevede lo smantellamento delle strutture alla fine del loro ciclo di vita e, quindi, operazioni di movimento terra e transito di mezzi con conseguente sollevamento di polveri – non è stata considerata poiché presenta sostanzialmente gli stessi impatti legati alla fase di cantiere e, in ogni caso, è finalizzata al ripristino dello stato dei luoghi nelle condizioni ante operam.

Di seguito sono elencati i fattori di perturbazione che non sono stati analizzati poiché non esercitano alcuna azione alterante nei confronti della componente suolo, motivando sinteticamente la scelta.

Tabella 13. Componente suolo: fattori di perturbazione e potenziali impatti non valutati

Progr.	Fattori di perturbazione	Impatti potenziali	Note
A	Movimenti terra	Inquinamento del suolo da particolato solido in sospensione	Le acque meteoriche che potrebbero accumularsi temporaneamente nell'area di cantiere sono gestite attraverso opportune opere di sistemazione e hanno caratteristiche simili a quelle incidenti su terreni non interessati dai lavori.
B	Produzione di rifiuti	Alterazione della qualità del suolo	Nell'area di cantiere sono predisposte zone destinate alla raccolta differenziata delle diverse tipologie di rifiuti prodotti, comunque gestiti in conformità alla normativa vigente, favorendo le attività di recupero, ove possibile, in luogo dello smaltimento.



Progr.	Fattori di perturbazione	Impatti potenziali	Note
			Non si prevedono effetti negativi rilevanti sulla componente in esame in considerazione della tipologia dei rifiuti prodotti, delle modalità controllate di gestione degli stessi e della temporaneità delle attività di cantiere.
C	Produzione di reflui da scarichi sanitari	Alterazione della qualità dei suoli	I reflui prodotti in fase di cantiere per servizi igienici sono trattati con l'ausilio di autospurgo in conformità alle vigenti norme, rendendo pressoché nulla la possibilità che si verifichino sversamenti nell'ambiente circostante

3.2.1 Elaborazioni a supporto delle valutazioni di impatto

3.2.1.1 Occupazione del suolo agrario e/o naturale

Nel presente studio di impatto ambientale, sia in fase di cantiere che di esercizio, le aree occupate dalle attività in progetto sono state contabilizzate valutando l'ordinamento colturale delle attività direttamente interferenti, individuate da ortofoto con la codifica di 3° livello della CTR regionale.

La **fase di cantiere** comporta l'occupazione temporanea di suolo relativa ai seguenti ingombri:

- adeguamenti della viabilità esistente (allargamenti);
- viabilità di accesso agli aerogeneratori;
- area logistica;
- piazzole di montaggio e stoccaggio materiali e piazzole ausiliarie;
- scarpate delle viabilità di accesso e delle piazzole;
- tratti di cavidotto esterno alle piste di progetto ed alle piazzole (già computati);
- porzioni residuali di terreno non più utilizzabili per la coltivazione o altri scopi a seguito della realizzazione dell'intervento, in quanto divenute difficilmente accessibili o di estensione ridotta e, quindi, tali da rendere non conveniente una futura coltivazione: si considerano non utilizzabili porzioni di territori non superiori a 0.1 ettari.

Tabella 14. Classificazione di uso del suolo degli ingombri delle opere di progetto – fase di cantiere

Uso del suolo secondo la codifica della CTR	Allargamenti (ha)	Area logistica (ha)	Cavidotto (ha)	Piazzole (ha)	Residui terreno (ha)	Scarpate (ha)	Viabilità progetto (ha)	TOTALE (ha)	Rip. % uso suolo
1 - Superfici artificiali	0,001		0,332		0,009			0,341	3,53%
12 - Aree industriali, commerciali ed infrastrutturali	0,001		0,332		0,009			0,341	3,53%
121 - Reti stradali, commerciali e dei servizi pubblici e privati			0,001		0,002			0,003	0,03%
122 - Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche	0,001		0,331		0,007			0,339	3,50%



2 - Superfici agricole utilizzate	0,109	0.15	0,410	5,286	0,398	1,378	1,606	9,338	96,47%
21 - Seminativi	0,109	0.15	0,370	5,286	0,398	1,378	1,606	9,297	96,05%
211 - Seminativi in aree non irrigue	0,109	0.15	0,370	5,286	0,398	1,378	1,606	9,297	96,05%
21 – Colture permanenti			0,041					0,041	0,42%
221 - Vigneti			0,008					0,008	0,09%
223 - Oliveti			0,032					0,032	0,33%
TOTALE	0,110	0.15	0,742	5,286	0,407	1,378	1,606	9,679	100,00%
Rip. % opere civili	1,13%	1,55%	7,67%	54,61%	4,21%	14,24%	16,59%	100,00%	

Le opere in progetto occupano circa 9,7 ha in fase di cantiere e ricadono prevalentemente su seminativi e strade esistenti; in riferimento alle colture arboree, si evidenzia che la CTR non riporta alcune strade esistenti sterrate che corrono lungo i confini di terreni investiti ad oliveti e vigneti, pertanto l'intervento non comporta l'espianto di olivi o viti.

L'occupazione effettiva di suolo in **fase di esercizio** è legata agli ingombri di seguito riportati:

- piazzole di esercizio;
- area di sorvolo, ossia l'area sottostante gli aerogeneratori per un raggio pari alla lunghezza della pala (85 m) dal centro torre: tale zona deve essere mantenuta sgombra da vegetazione durante tutta la vita utile dell'impianto per consentire l'attività di ricerca delle carcasse di uccelli e chiroterteri eventualmente impattati sugli aerogeneratori;
- viabilità di accesso alle piazzole definitive non incidente su viabilità esistente;
- tratti di cavidotto esterno alla viabilità di servizio ed alle piazzole (già computati) ed alla viabilità esistente (valutati solo in fase di cantiere in quanto, a lavori ultimati, sono ripristinati);
- porzioni residuali di terreno non più utilizzabili per la coltivazione o altri scopi a seguito della realizzazione dell'intervento, in quanto divenute difficilmente accessibili o di estensione ridotta e, quindi, tali da rendere non conveniente una futura coltivazione: si considerano non utilizzabili porzioni di territori non superiori a 0.1 ettari.

Tabella 15. Classificazione di uso del suolo degli ingombri delle opere di progetto – fase di esercizio

Usa del suolo secondo la codifica della CTR	Aree di sorvolo (ha)	Cavidotto (ha)	Piazzole (ha)	Residui terreno (ha)	Scarpate (ha)	Viabilità progetto (ha)	TOTALE (ha)	Rip. % uso suolo
1 - Superfici artificiali				0,002			0,002	0,01%
12 - Aree industriali, commerciali ed infrastrutturali				0,002			0,002	0,01%
121 - Reti stradali, commerciali e dei servizi pubblici e privati				0,002			0,002	0,01%
2 - Superfici agricole utilizzate	12,003	0,049	1,237	0,534	0,883	1,848	16,553	99,99%
21 - Seminativi	12,003	0,049	1,237	0,534	0,883	1,848	16,553	99,99%
211 - Seminativi in aree non irrigue	12,003	0,049	1,237	0,534	0,883	1,848	16,553	99,99%
21 – Colture permanenti					0,0001		0,0001	0,00%
221 - Vigneti					0,0001		0,0001	0,00%
TOTALE	12,003	0,049	1,237	0,536	0,883	1,848	16,555	100,00%
Rip. % opere civili	72,50%	0,30%	7,47%	3,24%	5,33%	11,16%	100,00%	



Le opere in progetto occupano circa 16,6 ha in fase di esercizio e ricadono su seminativi.

3.2.1.2 Consumo di suolo

L'occupazione di suolo in fase di esercizio precedentemente valutata non corrisponde al consumo di suolo effettivamente indotto dall'impianto in progetto in quanto le seguenti aree non contribuiscono al consumo di suolo:

- le superfici temporaneamente occupate in fase di cantiere (attraversamenti del cavidotto), soggette a completo ripristino;
- le scarpate a margine delle infrastrutture funzionali alla fase di esercizio, sistemate a verde;
- le aree di sorvolo, in quanto ricadono esclusivamente su terreni originariamente coltivati a seminativi estensivi non irrigui (cereali autunno-vernini da granella, con semina in autunno e raccolta all'inizio dell'estate, o erbai autunno-vernini, seminati in autunno e raccolti in primavera) in cui la ripresa dell'attività agricola preesistente non risulta incompatibile con la ricerca di eventuali carcasse di avifauna e chiroterteri.

Tabella 16. Consumo di suolo in fase di esercizio

Usa del suolo secondo la codifica della CTR	Piazzole (ha)	Residui terreno (ha)	Scarpate (ha)	Viabilità progetto (ha)	TOTALE (ha)
1 - Superfici artificiali		0,002			0,002
12 - Aree industriali, commerciali ed infrastrutturali		0,002			0,002
121 - Reti stradali, commerciali e dei servizi pubblici e privati		0,002			0,002
2 - Superfici agricole utilizzate	1,237	0,534	0,883	1,848	3,619
21 - Seminativi	1,237	0,534	0,883	1,848	3,619
211 - Seminativi in aree non irrigue	1,237	0,534	0,883	1,848	3,619
21 - Colture permanenti			0,000		
221 - Vigneti			0,000		
Opere civili	1,237	0,536	0,883	1,848	3,621
Rinverdimenti (ha)					

L'ingombro effettivo di suolo agrario o naturale direttamente imputabili all'impianto, quindi, si riduce a 3.6 ettari.

3.2.1.3 Frammentazione del territorio

Il consumo di suolo indotto dall'impianto eolico in progetto, oltre agli ingombri delle opere connesse, deve contabilizzare anche la frammentazione delle superfici coltivate o adibite ad altro uso causata dalla localizzazione degli interventi così da adottare misure di mitigazione e



compensazione volte a ridurre gli effetti di isolamento degli habitat derivanti dai cambiamenti di uso del suolo (dalle classi naturali a quelle rurali o dalle classi naturali e rurali a quelle artificiali).

La frammentazione indotta dalle opere in progetto è stata valutata nel "Progetto di compensazione" calcolando, sia in fase ante operam che in fase post operam, due indici:

- Effective Mesh Size – **MSIZ** (Jaeger, 2000), che rappresenta la superficie di territorio accessibile dalla fauna selvatica senza limitazioni o barriere fisiche;
- Splitting Density – **SDEN**, ossia il numero di tessere di uso del suolo (mesh) per 1000 km².

In particolare, sono state condotte le seguenti valutazioni:

1. Frammentazione indotta sulle superfici occupate da suolo naturale e non costipato (incluse le aree agricole) – **Analisi 1**;
2. Frammentazione sulle sole superfici occupate da vegetazione naturale – **Analisi 2**.

L'analisi ha evidenziato una **frammentazione molto bassa del territorio nello stato di fatto** (classificazione adottata da ISPRA – 2018, 2020), infatti le superfici artificiali coprono soltanto circa il 7% dell'area sovralocale di analisi (dati di uso del suolo Regione Puglia, 2011 – Regione Basilicata, 2015).

Le opere in progetto inducono una frammentazione del tutto trascurabile, infatti si registrano variazioni marginali di MSIZ e di SDEN.

Il progetto prevede anche la realizzazione delle seguenti misure di compensazione:

- rinaturalizzazione di canali mediante il riutilizzo del terreno vegetale e del suolo in esubero prodotti dalle operazioni di scotico e dagli scavi in corso d'opera (in alternativa recupero a prato di parte di una cava dismessa o recupero di eventuali aree degradate scelte dai comuni interessati dall'intervento);
- collegamento di Bosco Lago Campanaro lungo Vallone Saggioccia e di un'area boschiva lungo il reticolo idrografico di Vallone la Stella (situati rispettivamente a nord ed a sud del sito di intervento) attraverso la trasformazione a prato naturale di una fascia a seminativi di larghezza pari a 10 m lungo il bordo del Tratturello Gravina-Matera;
- collegamento delle aree boschive lungo il reticolo idrografico di Vallone la Stella tramite la trasformazione a prato naturale di alcune strette superfici a seminativi situate lungo il bordo del Tratturello Gravina-Matera.

Le superfici naturali e semi-naturali risultano frammentate e di limitata estensione già nello stato di fatto (coprendo circa il 16% dell'area sovralocale di analisi secondo i dati di uso del suolo di Regione Puglia - 2011 e Regione Basilicata - 2015), pertanto la perdita di suolo agrario imputabile alle opere di progetto non comporta alcuna variazione degli indici.

Gli interventi di compensazione portano ad un effetto complessivo indotto dall'impianto eolico positivo, riducendo la frammentazione delle superfici naturali e semi-naturali, registrato da un incremento di MSIZ ed una riduzione di SDEN rispetto allo stato di fatto.

Si rimanda al "Progetto di compensazione" per ulteriori dettagli.



4 Interventi di ripristino ambientale

Gli interventi di ripristino fanno fundamentalmente riferimento alle aree occupate temporaneamente durante la fase di cantiere.

A tal fine sono stati effettuati appositi sopralluoghi, tesi all'analisi della consistenza e tipologia delle formazioni da ripristinare al termine delle operazioni di cantiere, con le modalità di seguito specificate.

4.1 Ripristino dei seminativi

Le aree da ripristinare, tutte attualmente occupate dai seminativi, fanno riferimento principalmente:

- alle aree corrispondenti all'occupazione temporanea in fase di cantiere;
- agli adeguamenti della viabilità esistente;
- alla porzione del cavidotto non a ridosso della viabilità esistente.

Circa il 90% dei seminativi occupati temporaneamente verranno ripristinati, riportandoli all'originaria destinazione di aree agricole o procedendo con una loro conversione in aree naturali.

Il ripristino dei seminativi necessita innanzitutto che si eviti, durante la fase di cantiere, la compattazione del suolo a seguito delle operazioni di cantiere, per via dell'impiego dei medesimi mezzi di cantiere.

Tale aspetto potrà avvenire mediante l'impiego di mezzi di cantiere di dimensioni adeguate e non sovradimensionate, preferibilmente dotate di cingoli ampi. In alternativa si potrà optare per la riduzione della pressione dell'aria negli pneumatici delle macchine: così facendo, le tracce create diventano più larghe ma meno profonde e si riduce la gravità del compattamento. Ancora, utile potrebbe essere l'impiego di macchinari dotati di ruote gemellate. Ulteriore opzione potrebbe essere quella di garantire opere di deflusso delle acque e di evitare interventi in caso di suoli eccessivamente bagnati. Inoltre si avrà l'accortezza di non impiegare sempre lo stesso percorso da parte dei mezzi di maggiore stazza, proprio per ridurre il costipamento a seguito dell'impiego dello stesso percorso.

Nei tratti ove si rende necessaria la posa in opera del suolo accantonato va posta, chiaramente, massima attenzione nelle operazioni legate al reimpiego del suolo, così come riportato in precedenza. In particolare si dovrà procedere ad una attenta conservazione del *topsoil* asportato che, inoltre, va seminato mediante impiego di colture c.d. da "sovescio", ovvero leguminose erbacee capaci di aumentare, mediante fissazione dell'azoto, la fertilità del terreno. Queste colture verranno inglobate nel suolo in quanto il loro interrimento ne garantisce un obiettivo miglioramento qualitativo.

Il terreno, opportunamente pareggiato, sarà ulteriormente ammendato mediante impiego di concimazione (preferibilmente concime organico – letame maturo) e quindi oggetto di coltivazione o impiego per pascolo.

Il pascolo verrà realizzato mediante trasemina di una miscela di semi di specie erbacee di



origine locale intenzionalmente raccolte da una prateria permanente naturale o seminaturale, mediante l'impiego di appositi macchinari (mietitrebbiatrici, spazzolatrici o aspiratori)¹. Per una miscela ottimale, vanno ad ogni modo considerati i seguenti fattori:

- Impiego di un miscuglio polifita (5-10 specie), che rappresenta il miglior compromesso tra costi e benefici;
- ripartizione percentuale tra graminacee e leguminose pari a 70-60% di graminacee e 30-40% di leguminose;
- impiego di specie annuali in maniera preponderante rispetto alle perennanti, in quanto le condizioni climatiche analizzate sono ad esse più congeniali. Tuttavia l'impiego di una porzione di perennanti è utile poiché queste ultime permettono di garantire una copertura vegetale del suolo stabile e duratura;

Il miscuglio deve contenere una modesta proporzione (circa 10%) di una 'specie di copertura', ovvero una specie a rapido insediamento, in grado di coprire immediatamente il suolo per proteggerlo dalla pioggia e dal ruscellamento superficiale.

¹ L'utilizzo delle miscele per la preservazione è normato dalla direttiva 2010/60/UE, recepita in Italia dal D.Lgs. n. 148 del 14/08/2012. In particolare la normativa prevede che la raccolta di seme avvenga in siti con caratteristiche ben definite, detti 'siti donatori', i quali devono essere geograficamente inclusi all'interno della cosiddetta 'zona fonte', che per l'Italia coincide con i confini della Rete Natura 2000 (SIC, ZSC e ZPS). Inoltre il seme raccolto nei siti donatori può essere utilizzato e commercializzato solo all'interno delle cosiddette 'regioni di origine', ovvero aree omogenee dal punto di vista biogeografico entro le quali le miscele possono essere commercializzate. Ciò permette di evitare il trasferimento di specie o ecotipi tra due settori biogeografici completamente differenti. Più specificatamente, le miscele possono quindi essere raccolte entro la Rete Natura 2000 nei siti donatori certificati e possono poi essere utilizzate anche al di fuori della Rete Natura 2000, rispettando però i confini delle regioni di origine (Meloni et al., 2019).



5 Interventi di miglioramento e compensazione

Allo scopo di compensare l'occupazione di suolo legata alla fase di esercizio, derivata dalla realizzazione dell'impianto, dalla frammentazione indotta e dalle emissioni di CO₂ in atmosfera, si provvederà a realizzare interventi di miglioramento e inserimento paesaggistico. Il progetto prevede la realizzazione delle seguenti misure di **compensazione**:

- rinaturalizzazione di canali mediante il riutilizzo del terreno vegetale e del suolo in esubero prodotti dalle operazioni di scotico e dagli scavi in corso d'opera (in alternativa recupero a prato di parte di una cava dismessa o recupero di eventuali aree degradate scelte dai comuni interessati dall'intervento);
- collegamento di Bosco Lago Campanaro lungo Vallone Sagliocchia e di un'area boschiva lungo il reticolo idrografico di Vallone la Stella (situati rispettivamente a nord ed a sud del sito di intervento) attraverso la trasformazione a prato naturale di una fascia a seminativi di larghezza pari a 10 m lungo il bordo del Tratturello Gravina-Matera;
- collegamento delle aree boschive lungo il reticolo idrografico di Vallone la Stella tramite la trasformazione a prato naturale di alcune strette superfici a seminativi situate lungo il bordo del Tratturello Gravina-Matera.

Si rimanda al "Progetto di compensazione" per ulteriori dettagli.

5.1 Descrizione degli interventi

5.1.1 Rinaturalizzazione e collegamento aree verdi

Gli interventi precedentemente elencati sono caratterizzati dal susseguirsi di due fasi distinte:

- ricollocazione del terreno in esubero proveniente dalla fase di esercizio, all'interno delle zone individuate;
- piantumazione di specie arboree nettarifere.

Per quanto riguarda la rinaturalizzazione del canale, si deve tener conto della presenza di argini in cemento da naturalizzare. Ne consegue che le operazioni precedentemente elencate saranno precedute dalla demolizione degli argini ed il conferimento a discarica.

Al termine dei lavori saranno disponibile circa 29167 m³ di terreno in esubero, così distinti:

- 20359 m³ di terreno provenienti dalla rimozione dello strato superficiale di terreno vegetale, con uno spessore di 50 cm;
- 8808 m³ di terreno corrispondente all'esubero della fase di cantiere.

Al fine di compensare l'occupazione di suolo e la frammentazione indotta, si sono individuate diverse aree idonee ad accogliere il terreno in esubero, in modo da poter riqualificare le aree in oggetto.

5.1.1.1 Specie arboree

Per migliorare l'inserimento nel contesto paesaggistico ed incrementare il valore aggiunto prodotto dalle misure di compensazione, di particolare importanza diviene la scelta delle specie arboree da innestare negli interventi precedenti.

Nello studio condotto si è scelto di utilizzare delle piante **melifere o nettarifere**. Con il termine nettarifere si intende tutte le piante che forniscono nettare alle api. Quest'ultime, volando da una pianta all'altra, sono fondamentali per l'impollinazione della maggior parte delle piante, mentre le piante forniscono agli insetti le sostanze di nutrienti.



Figura 8: Phacelia tanacetifolia.



Figura 9: *Coriandrum sativum*.

5.1.2 Passaggi per la fauna

Un altro aspetto di cui si è tenuto conto nella stesura delle misure di compensazione è la minimizzazione degli impatti delle infrastrutture sulla fauna. Gli effetti negativi delle infrastrutture sulla fauna locale si presentano ove quest'ultime interrompono la continuità ambientale. Gli interventi possibili sono due:

- mitigazione attiva, costruire passaggi per la fauna;
- mitigazione passiva, impedire gli accessi agli animali alla fauna.

Per entrambi gli aspetti di fondamentale importanza è la localizzazione dell'intervento. Al fine di ridurre l'impatto si è ipotizzato di introdurre delle misure di mitigazione attiva, tramite la costruzione di passaggi per la fauna (tombini). I passaggi per la fauna sono manufatti artificiali di varia natura, trasversali alla sezione stradale, che consentono l'attraversamento dell'infrastruttura da parte delle specie animali in sicurezza. I principali obiettivi dei passaggi faunistici sono:

- la diminuzione della frammentazione del territorio e dell'isolamento della popolazione animale;
- la diminuzione degli incidenti della circolazione.

Le caratteristiche essenziali per l'ideale progettazione di un passaggio sono l'ubicazione, le dimensioni, il materiale di costruzione della struttura, il materiale utilizzato per la superficie di calpestio alla base della struttura di attraversamento, le misure complementari d'adeguamento degli accessi che implicano la messa a dimora di vegetazione e la collocazione di recinzioni e strutture perimetrali di "invito" per convogliare gli animali verso le imboccature dei passaggi.

È importante tener presente che per una corretta funzionalità degli elementi di passaggio è

essenziale implementare fasi di manutenzione dell'opera. È fondamentale quanto segue:

- cura della vegetazione;
- controllo che non vi siano fonti di disturbo;
- controllo regolare della funzionalità;
- attuazione di misure correttive.

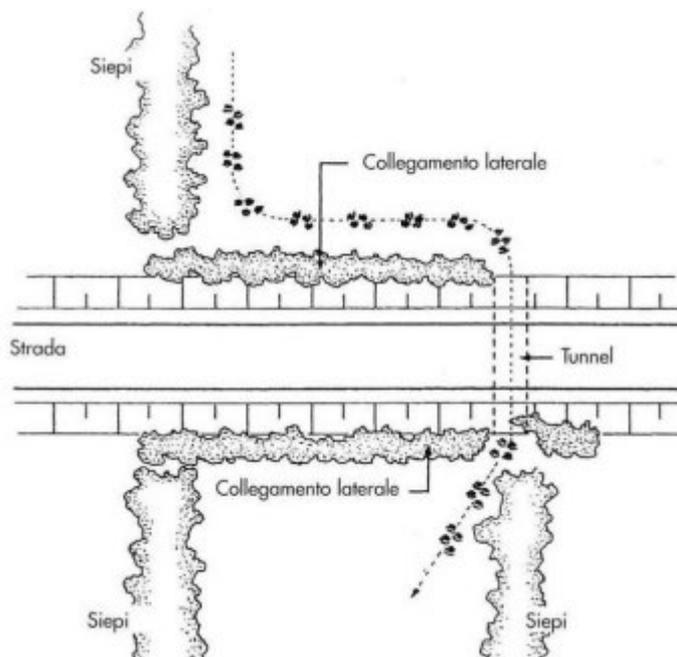


Figura 10: Schematizzazione di un passaggio faunistico

5.2 Quadro normativo di riferimento

Le **Linee Guida di cui al d.m. 10.09.2010**, vietano la possibilità di subordinare le autorizzazioni uniche di cui al d.lgs. 387/2003, art.12, a misure di compensazione in favore delle Regioni e delle Province (All.2, punto 1); lo stesso vale per i Comuni (All.2, punto 2), benché in sede di conferenza di servizi possano essere individuate **misure compensative, a carattere non meramente patrimoniale, a favore degli stessi Comuni e da orientare su interventi di miglioramento ambientale correlati alla mitigazione degli impatti riconducibili al progetto.**

Le stesse linee guida stabiliscono che nella definizione delle misure compensative si debba tenere conto dell'applicazione delle misure di mitigazione in concreto già previste, anche in sede di valutazione di impatto ambientale; in particolare, benché le linee guida facciano tale precisazione con specifico riguardo agli impianti eolici, l'esecuzione delle misure di mitigazione di cui all'allegato 4, costituiscono, di per sé, azioni di parziale riequilibrio ambientale e territoriale (All.2, punto 2, lett. g).

Tali misure di compensazione non possono comunque essere superiori al 3% dei proventi, comprensivi degli incentivi vigenti, derivanti dalla valorizzazione dell'energia elettrica prodotta annualmente dall'impianto (All.2, punto 2, lett. h).

Coerentemente con le citate disposizioni, a corredo dell'istanza di autorizzazione unica ex



art.12 del d.lgs. 387/2003, la società proponente si rende disponibile al reimpiego di tutto il suolo agrario asportato per far posto alle limitate aree pavimentate, in modo da garantire un consumo di suolo netto pari a zero, secondo la scala di priorità indicata in precedenza.



6 Interventi ingegneria naturalistica

Il ripristino dello stato dei luoghi post – operam è essenziale, al fine di attenuare il più possibile gli impatti sull'ambiente naturale e garantire una maggiore conservazione degli ecosistemi locali ed una maggiore integrazione dell'impianto con l'ambiente naturale presente nell'area di intervento.

Per questo tutte le aree sulle quali sono state realizzate opere che comportano modifica dei suoli, delle scarpate, ecc. saranno ricondotti allo stato originario, come detto, attraverso le tecniche, le metodologie ed i materiali utilizzati dall'Ingegneria naturalistica. A differenza dell'ingegneria civile tradizionale, questa disciplina, come accennato in premessa, utilizza piante e materiali naturali, per la difesa e il ripristino dei suoli.

L'Ingegneria Naturalistica è una disciplina tecnico-scientifica e tecnico – biologica che annovera numerose tecniche costruttive a basso impatto ambientale da utilizzare negli interventi antierosivi e di consolidamento di terreni inclinati (pendii, scarpate, sponde, ecc.).

È una disciplina perché le tecniche costruttive proprie dell'ingegneria naturalistica non sono pratiche empiriche ma applicano un complesso di regole, norme e metodi lungamente studiati, praticati ed ormai ben conosciuti.

È una disciplina tecnico-scientifica perché le tecniche costruttive fanno riferimento a concetti, principi, elaborazioni ed approfondimenti propri di varie discipline scientifiche sia "ingegneristiche" che "naturalistiche".

È una disciplina tecnico – biologica perché utilizza le piante vive o parti di esse come materiali da costruzione da sole o in abbinamento con altri materiali (paglia, legno, pietrame, reti metalliche, biostuoie, geotessuti, ecc.).

Quest'ultima è appunto la principale peculiarità dell'ingegneria naturalistica, per la quale le piante non hanno funzione di semplice mascheramento di un intervento per ridurre l'impatto visivo, ma contribuiscono in maniera determinante all'efficacia dell'opera sia sotto il profilo funzionale che sotto quello ecologico. L'ingegneria naturalistica mette a frutto, infatti, le capacità meccaniche, biologiche ed ecologiche delle piante per realizzare opere antierosive e di consolidamento dei terreni soggetti a frane superficiali.

La realizzazione di un intervento di ingegneria naturalistica consente il raggiungimento di varie finalità:

- Tecnico - Funzionali (funzione anti-erosiva, riduzione della forza battente delle piogge, contrasto del dilavamento superficiale, aumento della resistenza a taglio del terreno);
- Naturalistiche (in quanto non semplice copertura a verde ma ricostruzione o innesco di ecosistemi paraturali mediante l'impiego di specie autoctone);
- Paesaggistiche (di "ricucitura" al paesaggio naturale circostante);
- Ecologiche (elevata compatibilità ambientale, creazione di habitat per la fauna, ridotto impatto ambientale);
- Economiche (in quanto strutture competitive ed alternative ad opere tradizionali);

Nel caso della realizzazione di un impianto eolico, in particolar modo se situato in ambienti sensibili dal punto di vista naturalistico, tali interventi giocano un ruolo di assoluta importanza. Difatti, le operazioni di ripristino possono consentire, attraverso una efficace minimizzazione degli impatti, la conservazione degli habitat naturali presenti. Le opere di ingegneria naturalistica sono



impiegate anche per evitare o limitare i fenomeni erosivi innescati e/o associati alla sottrazione e alla modifica dei suoli. Inoltre, la ricostruzione della coltre erbosa può consentire notevoli benefici anche per quanto riguarda le problematiche legate all'impatto visivo. A fine lavori si prevede di ripristinare il più possibile l'ambiente così come era nelle condizioni preesistenti l'intervento previsto.

Il tracciato stradale realizzato per la movimentazione dei carichi in fase di cantiere rimarrà immutato in configurazione definitiva. In particolare si prevede, durante i lavori, di estirpare, zollare e mantenere in vita le piante esistenti che dovessero essere intercettate dal tracciato della nuova pista, per riposizionarle alla fine dei lavori.

In aggiunta, si prevede di rinverdire le nuove strutture delle scarpate mediante la posa di talee di specie autoctone.

Gli interventi di ingegneria naturalistica previsti dopo la dismissione del cantiere sono:

- Ripristino morfologico del rilievo collinare;
- Ripristino del versante su scarpata;



7 Opere di presidio previste

Esistono in commercio diversi tipi di opere di ingegneria naturalistica, che vengono utilizzati a seconda delle caratteristiche meccaniche dei terreni, dell'entità degli sterri e dei riporti e delle tipologie del terreno: la progettazione, infatti, include opere di presidio studiate nello specifico per ogni caso. Per ridurre l'impatto le scarpate sono state progettate al massimo pari a 45°.

Generalmente, è prevista una distinzione tra le opere di presidio da utilizzare a seconda dell'altezza della scarpata stessa.

Nello specifico, le opere di presidio previste si categorizzano in funzione dell'altezza massima del pendio:

- Per scarpate con un'altezza max $H_{max} \leq 1.50$ m non sono previsti specifici interventi, in quanto il dislivello, unitamente ad una progettazione delle scarpate con pendenza non superiore a 45°, permette di lasciare il terreno compatto senza alcun tipo di sostegno;
- Per scarpate con $1.50\text{m} < H_{max} \leq 3.00\text{m}$ si prevede l'ausilio di un rivestimento in geostuoia col fine ultimo di proteggere il pendio dall'erosione idrica ed eolica, legando meccanicamente le particelle del terreno, in modo tale da permettere alla vegetazione di radicare e svolgere l'azione antierosiva;
- Per scarpate con $3.00\text{ m} < H_{max} \leq 5.00\text{m}$ si prevede l'utilizzo di gabbionate, non interessando porzioni di suolo ulteriori rispetto a quelle ipotizzate in fase di progetto. questo tipo di opera è realizzata con elementi scatolari in rete metallica riempiti con pietrame avente dimensione maggiore della maglia della rete, questo tipo di opera di sostegno lavora sulla gravità: le gabbionate, infatti, si oppongono alle forze instabilizzanti con il proprio peso, creando una naturale azione drenante che facilita l'integrazione con il terreno circostante e facilita lo sviluppo vegetale;
- Per scarpate con $H_{max} > 5.00\text{m}$ in fase di progettazione è stato previsto l'ausilio di terre rinforzate. In aggiunta, quest'ultime riescono a sostenere pendenze fino a 70° migliorando le caratteristiche geotecniche del terreno. Tale intervento è stato previsto unicamente nei casi più critici.

In aggiunta, in fase di progettazione si prevede uno scotico superficiale del terreno di 50 cm circa per tutta la larghezza dell'ingombro. L'obiettivo finale è quello di eliminare il terreno vegetale le cui caratteristiche meccaniche non risulterebbero conformi per la tipologia di opera in progettazione.

In funzione dell'orografia del territorio, al fine di migliorare l'inserimento nell'area circostante, si è deciso di inserire opere di ingegneria naturalistica, esplicitate di seguito.

7.1 Rivestimento in geostuoia

È l'intervento meno gravoso. Finalizzato al rivestimento vegetale dei terreni, la cui funzione principale è quella di proteggere il pendio dall'azione erosiva sia del vento che dell'acqua. Ciò avviene grazie alla radicazione della vegetazione.

In funzione del materiale impiegato, questo intervento può:

- Apportare sostanze organiche e arricchire il suolo (sostanze biodegradabili);
- Migliorare i movimenti e gli equilibri idrici sub-superficiali;

- Migliorare l'equilibrio termico del substrato.

I risultati possono ritenersi più che soddisfacenti quando si è in presenza di superfici acclivi con pendenza fino a 45°, con scarsa presenza di humus e copertura vegetale. I siti d'intervento possono essere collocati ovunque.

Per la scelta dei materiali e delle tecnologie da utilizzare è importante approfondire il tipo di dissesto, natura e caratteristiche pedo-climatiche del sito. È possibile utilizzare materiali di tipo biodegradabili o anche sintetici. Tra i materiali sintetici si possono trovare reti bidimensionali o tridimensionali in materiale plastico abbinato a fibre biodegradabili.

Nella fase precedente all'intervento, il terreno deve essere opportunamente preparato, individuando e scoronando eventuali zone instabili, il livellamento e l'eliminazione di pietre e detriti.

Dopo la profilazione della scarpata, viene realizzato il fosso di guardia e successivamente, se necessario viene steso uno strato di terreno vegetale lungo la superficie da trattare. In seconda battuta si procede con la semina, concimazione e la messa in opera degli elementi antierosivi e di rivestimento lungo la linea di massima pendenza del versante.

La sovrapposizione dei vari tratti contigui necessita di particolari accortezze. In funzione della consistenza del terreno, il fissaggio può avvenire con picchetti di legni o di acciaio, inoltre la sovrapposizione non deve essere inferiore a 10 cm. Le parti terminali dell'intervento vanno risvoltate e protette.

Questa tecnica non è idonea per pareti rocciose.

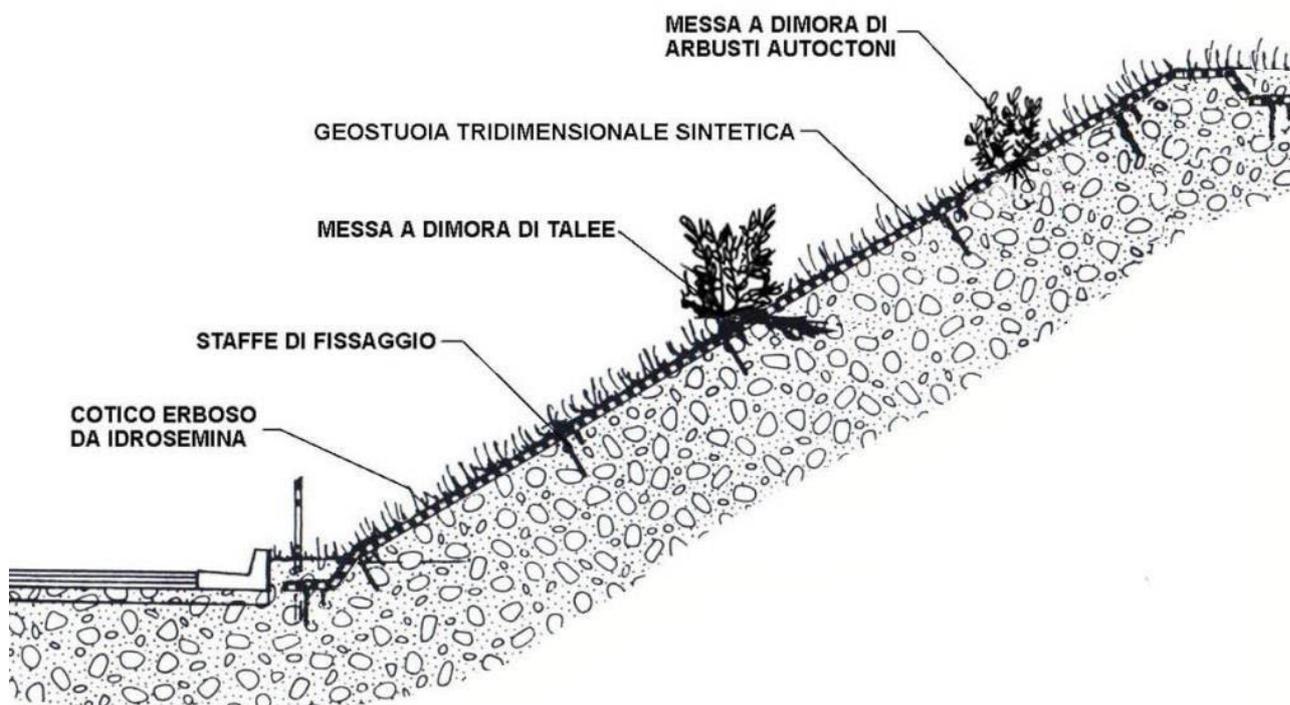


Figura 11: Esempio schematico di un rivestimento in geostuoia.

7.2 Gabbionate rinverdite

Questo tipo di opere di contenimento del terreno è realizzata con elementi scatolari in rete metallica a doppia torsione, zincata, montati a parallelepipedo e riempiti con pietrame avente diametro maggiore della maglia della rete. Possono essere rinverditi mediante inserimenti di terreno vegetale. I singoli elementi vengono montati, affiancati e collegati filo metallico zincato.

Le gabbionate rinverdite sono opere di sostegno a gravità, ovvero si oppongono alle forze destabilizzanti mediante il loro peso. Inoltre realizzano una naturale azione drenante che consente un facile sviluppo vegetale e una rapida integrazione con il terreno circostante.

Il pietrame deve essere collocato in modo omogeneo senza lasciare troppo spazio tra gli elementi ma sufficiente per consentire un conseguente inserimento del terreno vegetale.

Fondamentale importanza è la valutazione delle spinte a cui è sottoposta l'opera; in questo modo è possibile predisporre in modo efficace le gabbionate.

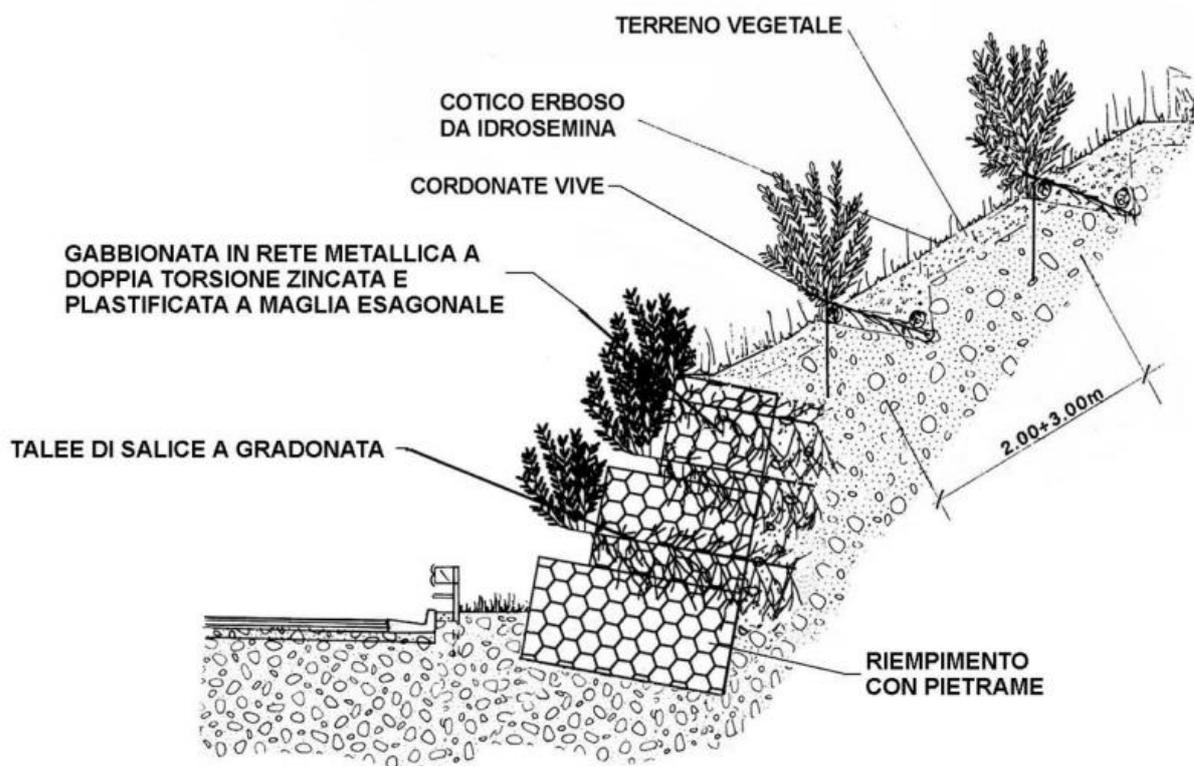


Figura 12: Esempio schematico di gabbionata rinverdita

7.3 Terre rinforzate

Le terre rinforzate si ottengono con varie tecnologie, ma ci sono delle prescrizioni generali imprescindibili da rispettare:

- pendenza massima del fronte esterno di 60° ÷ 70° per consentire alle piante di ricevere l'apporto delle acque meteoriche;



- presenza di uno strato di terreno vegetale verso l'esterno a contatto con il paramento;
- idrosemina con miscele adatte alle condizioni di intervento con quantità minima di seme di 60 g/m², collanti, ammendanti, concimanti e fibre organiche (mulch) in quantità tali da garantire la crescita e l'autonomia del cotico erboso;
- messa a dimora di specie arbustive pioniere locali per talee o piante radicate in quantità minima di 1 ogni 5 m², che svolgono nel tempo le seguenti funzioni: consolidamento mediante radicazione dello strato esterno della terra rinforzata;
- realizzazione di un sistema di drenaggio a tergo della struttura in terra rinforzata che non impedisca però la crescita delle radici.

L'impiego di specie arbustive è di fondamentale importanza sulle terre rinforzate per dare autonomia naturalistica, stabilità superficiale e collaudabilità a questo tipo di interventi.

Per le terre rinforzate devono essere parte integrante della progettazione, i principi statici e costruttivi con particolare riferimento a: verifica di stabilità interna in assenza di pressioni interstiziali, verifica di stabilità esterna (schiacciamento del terreno di fondazione, ribaltamento, scivolamento lungo il piano di base) e quella globale dell'insieme struttura/terreno; dimensionamento opportuno dei materiali di rinforzo in funzione della tensione ammissibile e di esercizio della struttura in relazione all'altezza e profondità della terra rinforzata, spessore degli strati, pendenza, caratteristiche del rilevato; selezione degli inerti in base alle loro caratteristiche geomeccaniche e di drenaggio; compattazione degli stessi a strati di spessore massimo 0,3 m mediante bagnatura e rullatura con rullo vibrante con raggiungimento del fattore di compattazione almeno pari al 95 % dello standard Proctor.

I volumi di terreno interessati dalla lavorazione a strati successivi (terreno - rinforzo - terreno) si comportano come manufatti a gravità con il vantaggio di presentare una buona flessibilità e la possibilità di inserimento di vegetazione sul paramento esterno.

Le terre rinforzate devono riconoscersi nella finalità di rispettare parametri costruttivi che consentano lo stabilirsi di una efficiente copertura vegetale (pendenza del paramento, caratteristiche del terreno, materiale di rinforzo impiegato) considerando comunque come la tecnica del rinforzo delle terre consenta la realizzazione di manufatti con scarpate ad inclinazioni maggiori dell'angolo di attrito del terreno che le compone (fino a 60/70°): consolidamento al piede di frana, ricostruzione di pendio e porzione di versante, formazione terrapieni consolidati e vegetati per rilevati stradali ed in corrispondenza di attraversamenti tombati.

I materiali impiegati sono:

- geogriglie in materiale plastico;
- tessuti ad alta tenacità;
- reti metalliche;
- talee, piante a radice nuda e/o in fitocella, sementi.

Per qualunque tipo di manufatto in terra rinforzata la fase di cantiere di maggiore impegno è rappresentata dalla movimentazione del materiale terroso.

Le fasi costruttive comprendono la posa del materiale di rinforzo, la formazione del rilevato in terra per spessori variabili da 40 a 100 cm, la sagomatura del fronte terroso con la corretta inclinazione ed il risvolto del foglio di rinforzo, la posa del successivo foglio in materiale di rinforzo. La fase più delicata, che risiede nella realizzazione di un corretto modellamento del fronte a vista, è agevolata nel caso di utilizzo di elementi in rete metallica dalla presenza di elementi di rinforzo nelle

posizioni di piegatura e dalla possibilità di inserire dei rinforzi che assegnano la giusta inclinazione al paramento stesso. Il paramento esterno delle opere realizzate può essere inerbito con miscuglio di sementi erbacee ed arbustive, preferibilmente con le tecniche dell'idrosemina. Tale tecnica è utilizzabile per pendenze fino a 70°.

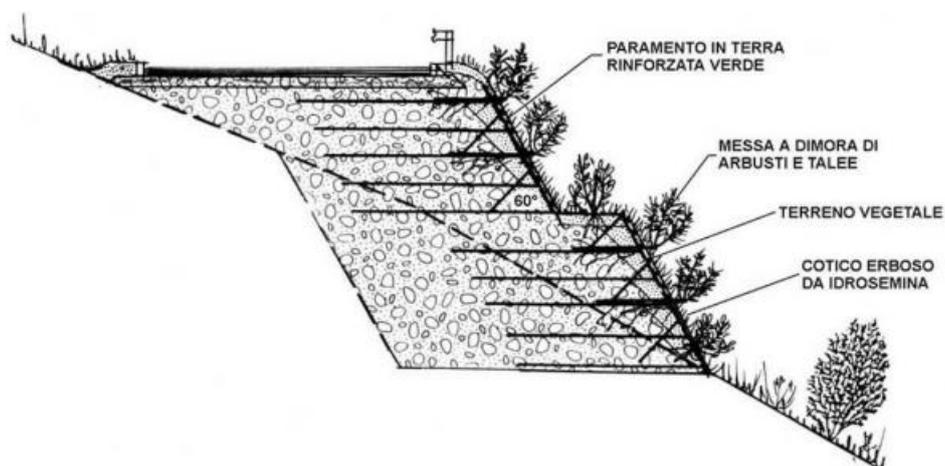


Figura 13: Esempio schematico di terre rinforzate 1/2.

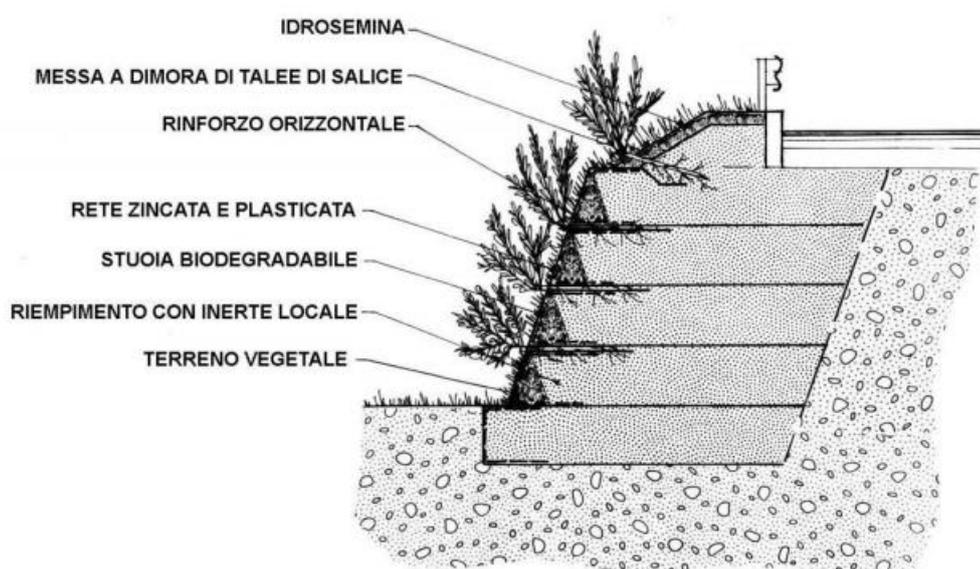


Figura 14: Esempio schematico di terre rinforzate 2/2.



8 Modalità di realizzazione di opere in scavo e in trincea

La realizzazione di un impianto eolico, considerando le dimensioni delle strutture di impianto con particolare riferimento agli elementi che costituiscono gli aerogeneratori, quali pale, conci delle torri di sostegno e navicella, implica delle procedure di trasporto, montaggio, installazione e messa in opera tali da configurarsi quali "eccezionali".

Il trasporto dei singoli elementi richiede l'impiego di mezzi speciali e viabilità con requisiti planimetrici e altimetrici con livelli di tolleranza bassi quali pendenze e raggi di curvatura. Tali requisiti rendono la scelta del sito e la definizione del layout strategici sia per la valutazione di fattibilità tecnica ed economica sia per la progettazione specifica dell'impianto. A tal proposito, la definizione dei percorsi cerca di sfruttare al massimo la viabilità esistente prevedendo degli adeguamenti, in modo da minimizzare l'occupazione del territorio e l'interferenza con ambiti territoriali naturali, paesaggistici e idrogeomorfologici.

Gli aerogeneratori raggiungono il sito mediante "trasporto eccezionale" seguendo le strade asfaltate esistenti; la viabilità interna al parco consiste in una serie di tratti e di piazzole necessarie per poter raggiungere agevolmente tutti i siti degli aerogeneratori. I nuovi tratti di viabilità, saranno realizzati seguendo l'andamento topografico esistente in loco, cercando di ridurre al minimo gli eventuali movimenti terra, il tutto progettato a compenso. La rete viaria interna al parco, sarà utilizzata per la manutenzione degli aerogeneratori e sarà chiusa al pubblico passaggio ad esclusione dei proprietari dei fondi interessati. In merito alla realizzazione del corpo stradale e delle piazzole di montaggio, si riportano di seguito le fasi previste nel presente progetto, distinte nel caso di sezioni in trincea e sezioni in rilevato.

8.1 Sezioni in trincea

Nel caso di sezioni in trincea, il piano di campagna progettato si trova a quota inferiore rispetto alla quota originaria del terreno e si prevede la rimozione di ceppaie e la configurazione delle scarpate. Il materiale di risulta viene momentaneamente accantonato in cantiere: se ritenuto idoneo viene utilizzato per un successivo riutilizzo oppure, se non riutilizzabile, viene trasportato a rifiuto. Gli interventi previsti sono:

- la compattazione del piano di posa della fondazione stradale;
- realizzazione della fondazione stradale in misto granulare frantumato meccanicamente anidro, mediante la compattazione a strati eseguita con idonee attrezzature;
- la formazione della pavimentazione stradale costituita da una miscela di inerti artificiali di appropriata granulometria, costipata a strati meccanicamente, profilatura delle cunette, con sezione rivestite con terreno vegetale.

8.2 Sezioni in rilevato

Nel caso di progettazione in rilevato, il piano di campagna progettato si trova a quota superiore rispetto alla quota del terreno esistente. Si prevede uno scotico superficiale previo taglio di cespugli ed arbusti eventualmente presenti e l'estirpazione delle ceppaie, per una profondità di



circa 50 cm dal piano di campagna, in modo da posizionare il riporto su un terreno maggiormente prestante. Gli interventi previsti sono:

- messa a dimora del terreno vegetale da utilizzare per inerbimenti e/o ripianamenti di terreni vicini;
- preparazione del piano di posa dei rilevati mediante compattazione del fondo di scavo;
- formazione del rilevato secondo le sagome prescritte con materiali idonei provenienti sia dagli scavi sia dalle cave; la compattazione a strati con idonee macchine, l'inumidimento, la profilatura dei cigli e delle scarpate rivestite con terra vegetale;
- realizzazione della fondazione stradale in misto granulare frantumato meccanicamente anidro, mediante la compattazione a strati eseguita con idonee macchine;
- formazione della pavimentazione stradale costituita da una miscela di inerti artificiali di appropriata granulometria, costipata a strati meccanicamente;
- profilatura delle cunette, rivestite con terreno vegetale;
- stesa e modellazione di idoneo terreno agrario preventivamente mondato da radici, erbe infestanti, ciottoli e detriti per la sistemazione delle scarpate della trincea;
- idrosemina con miscuglio di semi da prato idonei e copertura con torba idrocollante.



9 Opere di drenaggio

Le opere di progetto realizzate ex novo, ossia le piazzole di montaggio e la viabilità di nuova realizzazione, e gli interventi di adeguamento sugli assi stradali esistenti, sono caratterizzate da elementi che facilitano il drenaggio delle acque meteoriche.

La carreggiata ha una pendenza di progetto del 2%, in modo da confluire le acque nelle cunette di scolo. Queste ultime, infatti, sono necessarie alla raccolta e rapido smaltimento delle acque piovane. Gli interventi citati, sono necessari ad impedire il verificarsi di ristagni idrici sulla sede stradale e, a tal proposito, si rende necessario prevedere un convogliamento delle acque.

In presenza di scarpate in riporto, è necessario impedire che l'acqua drenata dalla piattaforma scenda lungo la scarpata in modo disordinato, dilavando lo strato di terreno vegetale ed il connesso manto erboso, realizzato a protezione del corpo stradale. Tale eventualità viene risolta realizzando, nella parte superiore della scarpata, una cunetta il cui compito è quello di evacuare l'acqua proveniente dalla piattaforma, in piccoli canali realizzati con embrici, chiamati bocche di lupo.



10 Opere di completamento

Le opere di completamento si riferiscono essenzialmente al rinverdimento e al consolidamento delle superfici sottratte per la realizzazione dei percorsi e delle aree necessarie alla realizzazione dell'impianto.

Le opere di copertura consistono nella semina di specie erbacee per proteggere il suolo dall'erosione superficiale, dalle acque di dilavamento e dall'azione dei vari agenti meteorologici, ripristinando la copertura vegetale. Le opere di copertura sono: le semine a spaglio, le idrosemine, le semine a spessore, le semine su reti o stuoie, le semine con coltre protettiva (paglia, fieno, ecc.).

In particolare, risulta di rilevante importanza l'intervento della zollatura. Esso consiste nel ripristino vegetazionale direttamente tramite zolle di terreno, opportunamente prelevate.

Questa operazione nella pratica comune viene eseguita per la rivegetazione di aree denudate come cave, miniere o siti industriali. Le zolle erbose o "ecocelle" vengono prelevate dal selvatico e successivamente trapiantate in più punti privi di vegetazione, con lo scopo di innescare il processo di colonizzazione dell'intera superficie. Le zolle devono avere una superficie minima di circa 0.5 – 1 m² e uno spessore sufficiente a comprendere lo strato vegetativo erboso e il terreno compenetrato dalle radici. Le ecocelle vengono prelevate con mezzi meccanici idonei e trapiantati, a mosaico o a strisce, lasciando degli spazi tra le zolle per la posa di terreno vegetale seminato, per permettere la coesione dell'intera stratificazione.

L'operazione di "zollatura" può essere impiegata anche per la rivegetazione di alcune aree sottratte al manto erboso durante le opere di cantiere degli impianti eolici. Questa pratica risulta essere particolarmente delicata e non sempre è possibile utilizzarla. In effetti le zolle vanno prelevate e conservate con molta cura per un periodo relativamente breve. Inoltre le superfici da rivestire non devono comunque avere pendenze elevate e non deve essere presente alcun movimento del corpo terroso.

Tuttavia l'utilizzo di zolle può essere impiegato per opere di piccola entità, ad esempio nella ricostruzione del manto erboso nei tratti pratici rimossi per l'interramento dei cavi elettrici e di trasporto dati. Resta comunque evidente che tale tecnica debba essere presa in considerazione unicamente laddove le condizioni ambientali e operative lo consentono.



11 Manutenzione

La fase operativa non si esaurisce nella realizzazione finale di un intervento di Ingegneria Naturalistica, ma continua nel tempo, tramite la manutenzione, per garantire un adeguato sviluppo della componente vegetale viva anche considerandone i rapporti con la parte strutturale e con il contesto ambientale in cui l'intervento stesso è inserito.

Questo fatto, purtroppo, viene spesso interpretato come un onere aggiuntivo al quale dedicare tempo e denaro, con scarico di responsabilità tra le figure coinvolte: manutenzioni totalmente assenti, superficiali od errate sono causa di insuccessi tanto comuni quanto evitabili. L'esigenza di adeguate cure non è assolutamente legata a motivi estetici, che non sono priorità dell'Ingegneria Naturalistica, ma dipende da motivi strettamente legati ad un corretto sviluppo della componente vegetale viva in relazione alle capacità biotecniche.

In particolar modo durante il primo anno dalla realizzazione è necessaria una manutenzione attenta e mirata. Attività da eseguire per la manutenzione ordinaria sono:

- irrigazione durante il periodo di cantiere;
- irrigazione alla fine del cantiere;
- potatura (durante gli idonei periodi, mediante sistemi non invasivi);
- falciatura (durante gli idonei periodi, mediante sistemi non invasivi);
- Le attività da eseguire per la manutenzione straordinaria sono:
- ripristino di eventuali locali svuotamenti dovuti ad erosioni a seguito di forti precipitazioni;
- ripascimento di eventuali abbassamenti gravitativi dovuti a costipamento naturale;
- sostituzione di parte del materiale vegetale originalmente vivo che non ha attecchito;
- diradamento;
- eliminazione di specie infestanti;
- irrigazione di soccorso durante periodi particolarmente critici;
- ripristini e talvolta sostituzione di elementi strutturali danneggiati da fenomeni di trasporto solido di dimensioni superiori a quelle usuali.

Da non sottovalutare o trascurare l'importanza e la validità che interventi di potatura ricoprono nell'approvvigionamento di materiale vegetale vivo idoneo per nuovi interventi, purché vengano scrupolosamente rispettati e fatti coincidere i periodi ottimali.

12 Analisi dei tratti ex novo e piazzole

Di seguito si analizzeranno i tratti di nuova costruzione per la connessione delle turbine con le relative piazzole, individuando le opere di presidio connesse. Per una continuità di analisi verranno presi in considerazione unicamente le sezioni rappresentative dell'intervento.

12.1 Tratti GR01- GR02, GR06 e GR04-GR05

Si è deciso di analizzare insieme questi 3 tratti dato che sono caratterizzati da una situazione comparabile. In queste sezioni l'altezza del pendio non supera mai 1.50 m di conseguenza si è deciso di non utilizzare alcuna misura in particolare. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici "Progetto stradale - Planimetrie stradali e profili longitudinali" e "Progetto stradale - Sezioni trasversali della viabilità di progetto".

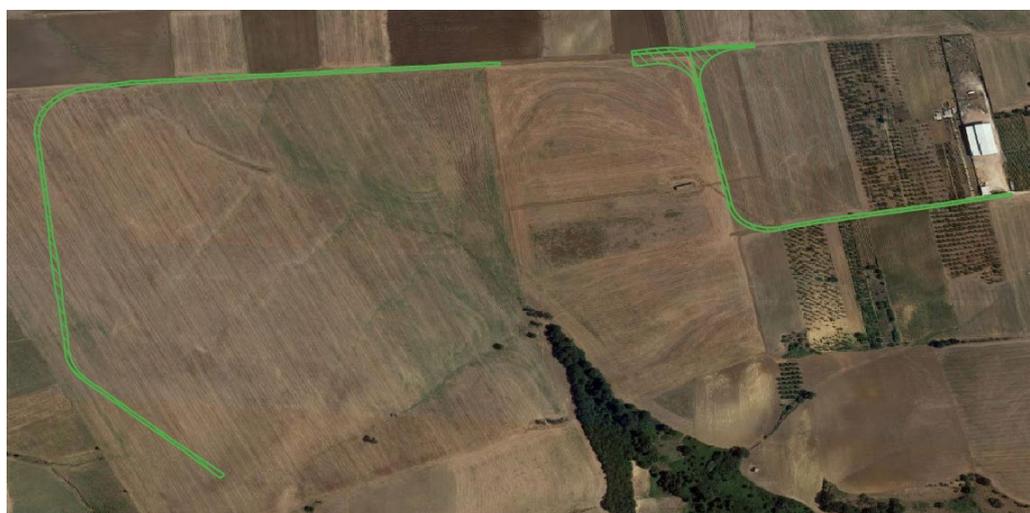


Figura 15: Tratto GR06 (sinistra) e GR01-GR02 (destra).

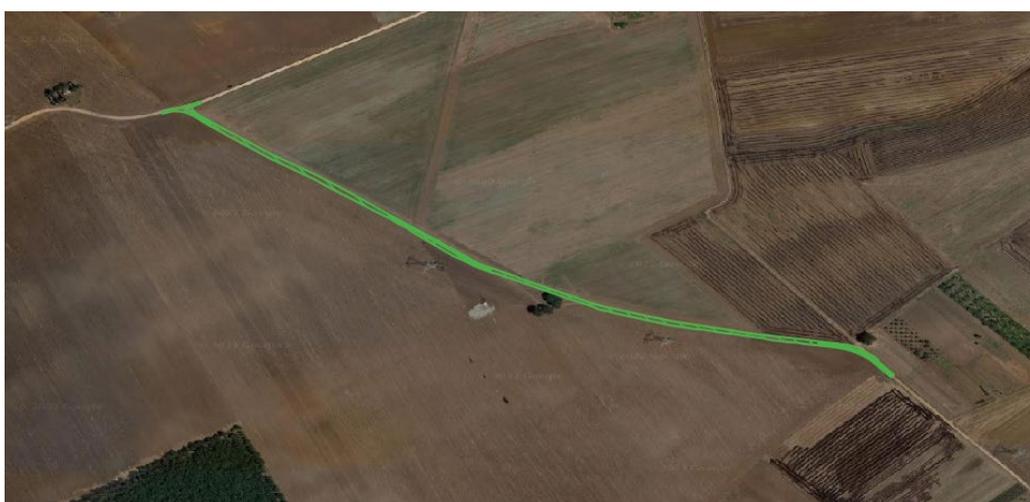


Figura 16: Tratto GR04-GR05.

12.2 GR01: viabilità ex novo e piazzola

Nel caso dell'aerogeneratore GR01, lungo la viabilità di connessione, la sezione presa in esame è la n. 1 in cui l'altezza massima risulta essere minore di 3.00 m, di conseguenza si è deciso di effettuare un rivestimento in **geostuoia** lungo il tratto individuato.

In corrispondenza della piazzola (cfr Figura 26: Piazzola GR01, sez.4.) l'altezza massima del rilevato è compresa fra 3.00m ed i 5.00m. Per le considerazioni fatte in precedenza si è deciso di operare con l'ausilio di **gabbionate rinverdite**.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici "Progetto stradale - Planimetrie stradali e profili longitudinali" e "Progetto stradale - Sezioni trasversali della viabilità di progetto".



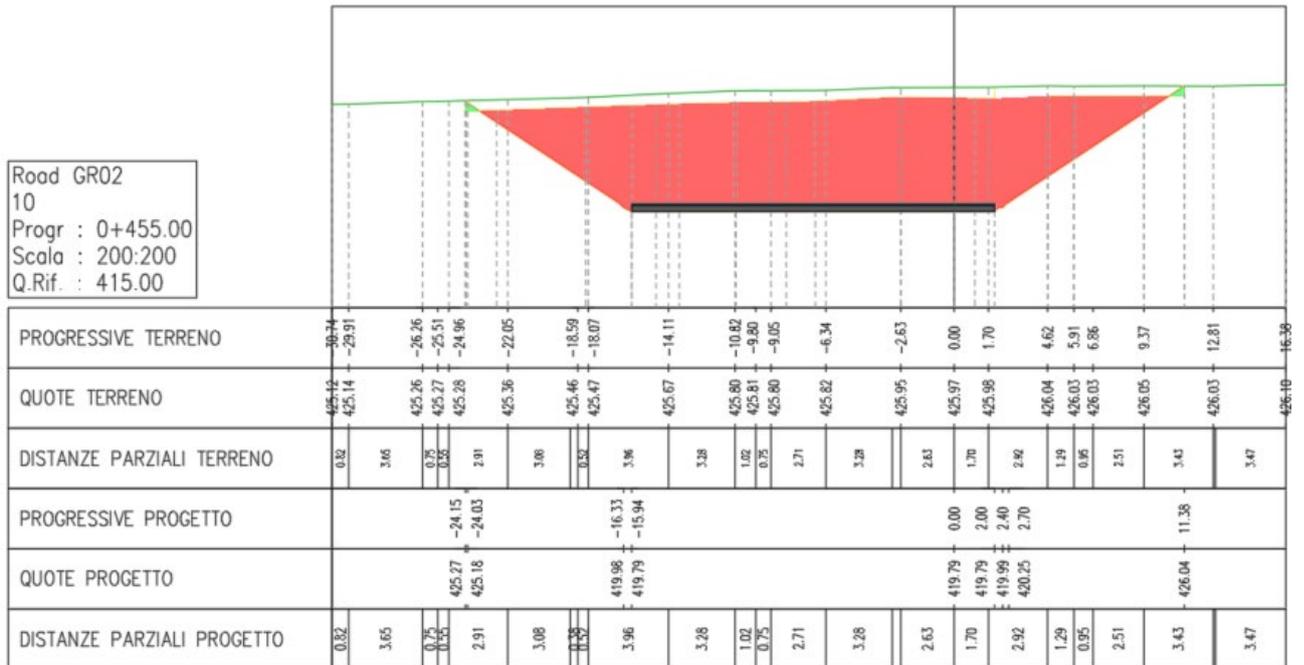
Figura 17: Piazzola e viabilità GR01.

Tip. Intervento	Geostuoia (mq)	Gabbionate rinverdite (mc)
Piazzola	\	600
Viabilità	510	\

Tabella 17: Calcolo intervento GR01.



Figura 20: Piazzola e viabilità GR02.





Tip. Intervento	Terre armate (mc)
Viabilità	2000

Tabella 18: Calcolo intervento GR02.

12.4GR03: viabilità ex novo e piazzola

In corrispondenza della viabilità, l'altezza massima del rilevato è compresa fra 3.00 m ed i 5.00 m. Per le considerazioni fatte in precedenza si è deciso di impiegare **gabbionate rinverdite**.

In corrispondenza della piazzola, l'altezza massima del rilevato è compresa fra 3.00 m ed i 5.00 m. Per le considerazioni fatte in precedenza si è deciso l'ausilio di **gabbionate rinverdite**.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati di progetto già citati.

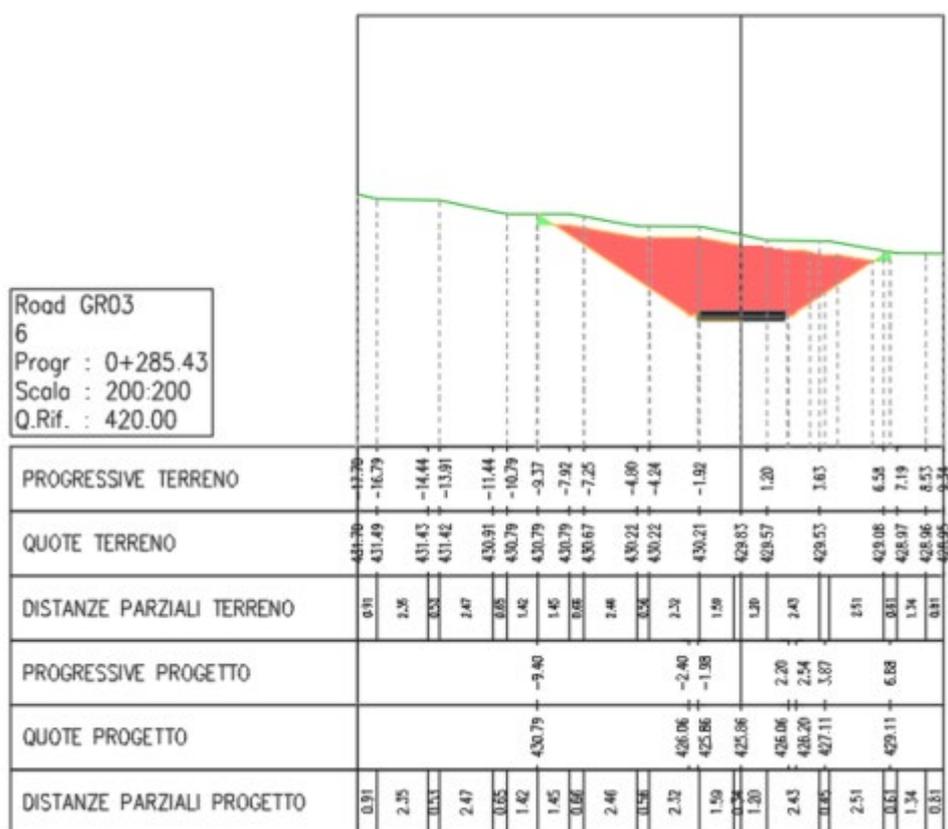


Figura 22: Viabilità GR03, sez.06.



Tip. Intervento	Geostuoia (mq)	Gabbionate rinverdite (mc)
Piazzola	\	1500
Viabilità	\	

Tabella 19: Calcolo intervento GR03

12.5 GR04-GR05: viabilità ex novo e piazzola

Si è deciso di analizzare gli aerogeneratori GR04 e GR05 contemporaneamente dato che sono caratterizzati da una situazione comparabile. In queste sezioni l'altezza del pendio non supera mai 1.50 m di conseguenza si è deciso di non utilizzare alcuna misura in particolare.

12.6 GR06: viabilità ex novo e piazzola

In corrispondenza della piazzola, a causa dell'orografia del territorio, le altezze dei pendii sono di notevole rilievo rispetto alle opere già analizzate. Per quanto detto nei paragrafi precedenti si è deciso di utilizzare le **terre rinforzate**.

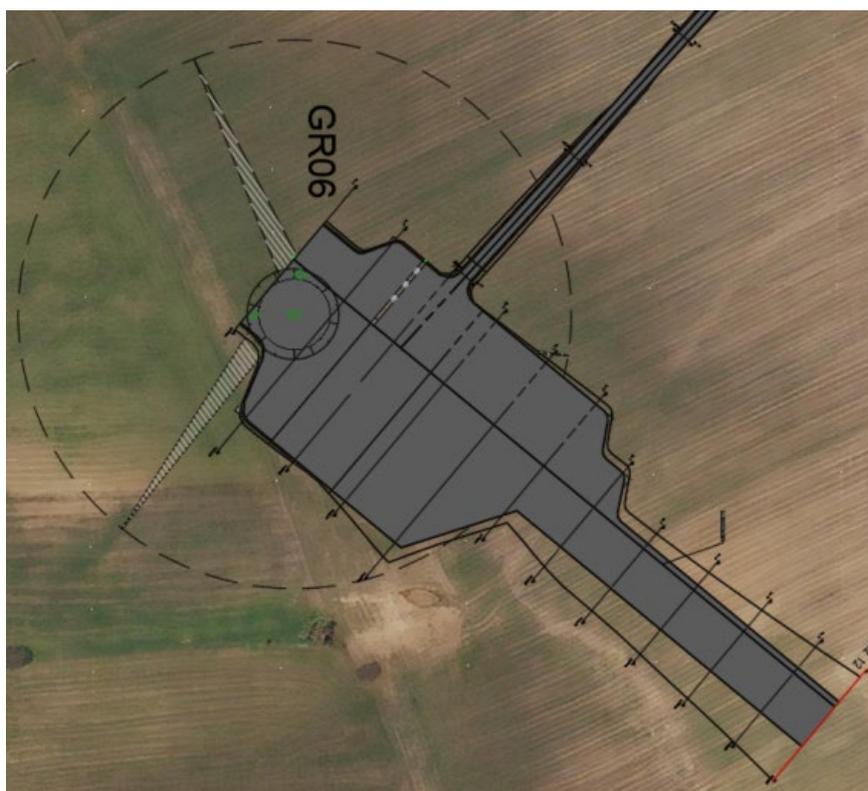


Figura 25: Piazzola GR06.

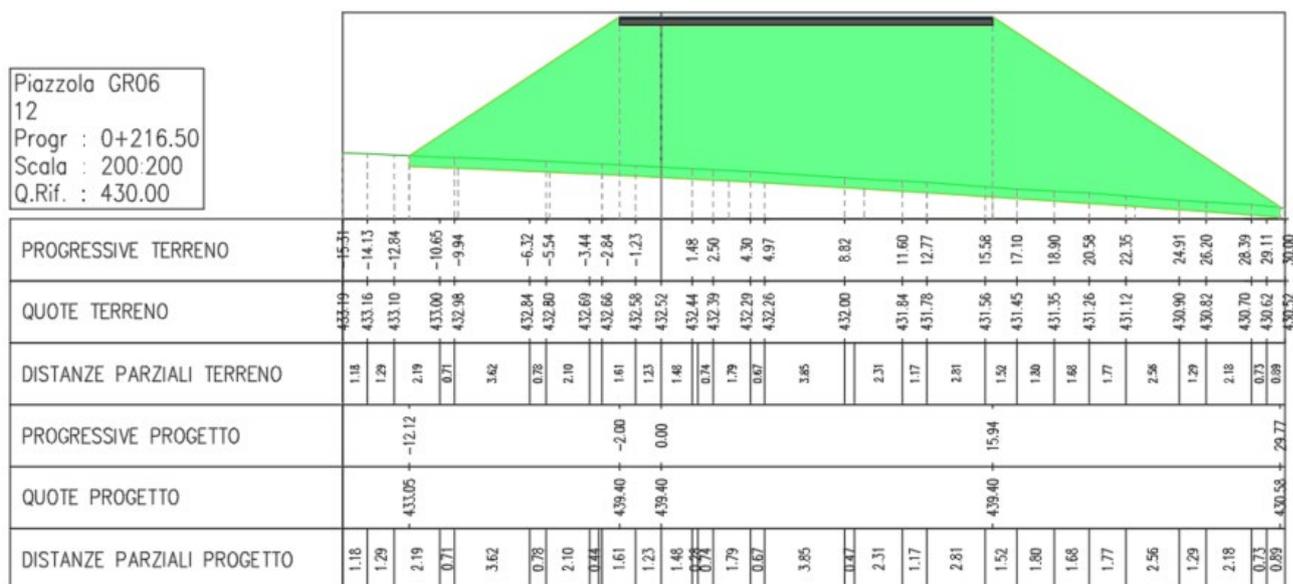


Figura 26:Piazzola GR06, sez.12.

Tip. Intervento	Geostuoia (mq)	Terre armate (mc)
Piazzola	\	1500

Tabella 20: Calcolo intervento GR06.



13 Conclusioni

Nei paragrafi precedenti sono state descritte le opere di presidio da utilizzare e sono stati analizzati singolarmente i tratti di viabilità di nuova costruzione di connessione alle turbine e le relative piazzole. A tal proposito, la lettura della presente deve tener conto degli elaborati grafici:

- F0477AT09A - Progetto stradale - Sezioni trasversali della viabilità di progetto;
- F0477AT08A - Progetto stradale - Planimetrie stradali e profili longitudinali.

Le opere di ingegneria naturalistica descritte saranno impiegate per ripristinare lo stato dei luoghi nel modo più naturale possibile una volta completati i lavori di realizzazione del campo eolico. Si cercherà in questo modo di ripristinare, per quanto possibile, la naturalità dei luoghi al fine di contenere il più possibile gli impatti sul territorio.

Altresì risultano evidenti i vantaggi, ulteriori, derivanti dall'impiego delle opere descritte nella presente relazione derivante dalla possibilità di riutilizzare una cospicua aliquota di materiale in sito risultante dalle operazioni di scavo per la realizzazione della viabilità e delle piazzole.