



Progetto per la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da **fonte eolica**, ai sensi del Dlgs. n.387 del 2003, composto da n°10 aerogeneratori, per una potenza di 60 MW, sito nel comune di **Cellere(VT)**



REGIONE
LAZIO



COMUNE DI
CELLERE



COMUNE DI
PIANSANO



COMUNE DI
ARLENA DI
CASTRO



COMUNE DI
TUSCANIA

PROPONENTE

Cogein
energy

Cogein Energy S.r.l.

Via Diocleziano, 107 - 80125 Napoli

Tel. 081.19566613 - Fax. 081.7618640

www.newgreen.it

compinvestimenti@libero.it

cogeinenergy@pec.it

ELABORATO

ELAB.14

INTERVENTI DI MITIGAZIONE E RIPRISTINO
DELLE SCARPATE ED OPERE DI PRESIDIO CON
TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

SCALA

REVISIONE

0

DATA

03/2022

PROGETTAZIONE

Arch. Raimondo Cascone

REDATTO

Dott. Rino Castaldo
Ing. Federica Mallozzi
Ing. Maria Grazia Puocci

VERIFICATO

Ing. Federica Mallozzi

APPROVATO

Arch. Raimondo Cascone



Sommario

1. Premessa	2
2. Inquadramento generale dell'area di intervento.....	3
3. Interventi di ingegneria naturalistica.....	8
4. Opere di presidio previste	10
5. Descrizione delle opere di presidio utilizzate.....	11
6. Modalità di realizzazione di opere in scavo e in trincea	17
7. Opere di drenaggio.....	19
8. Opere di completamento.....	20
9. Manutenzione	21
10. Analisi dei tratti di nuova costruzione e piazzole	22
10.1 RAMO 1 e RAMO 2 con relative piazzole	22
10.2 RAMO 3 e relativa piazzola	25
10.3 RAMO 4 e RAMO 8 e relativa piazzola	26
10.4 RAMO 5 e RAMO 6 e relative piazzole	29
10.5 RAMO 7 e relativa piazzola	31
10.6 RAMO 9 e relativa piazzola	32
10.7 RAMO 10 e relativa piazzola	34
11. Conclusione.....	35

1. Premessa

Il presente elaborato analizza gli interventi da effettuare per il ripristino dello stato dei luoghi ante-operam, operazione necessaria da prevedere a valle della fase di cantiere per la costruzione del campo eolico da 60 MW ubicato nel Comune di Cellere (VT). La progettazione delle piazzole di montaggio degli aerogeneratori e della viabilità di nuova costruzione, prevede sterri e riporti nonostante il profilo del terreno sia sommariamente pianeggiante. A tal proposito, gli interventi di Ingegneria Naturalistica sono considerati opere di mitigazione e, quindi, possono trovare una giusta collocazione nelle aree soggette a ripristino ambientale. L'ingegneria naturalistica è una disciplina tecnico - scientifica che studia le modalità di utilizzo, come materiale da costruzione, di piante viventi, di parti di piante o addirittura di intere biocenosi vegetali, spesso in unione con materiali non viventi come pietrame, terra, legname, acciaio. Pertanto, essa è una disciplina tecnica che occorre in aiuto nella realizzazione di interventi particolarmente efficaci per la sistemazione dei corsi d'acqua, delle loro sponde e dei versanti, limitando l'azione erosiva degli agenti meteorici, di scarpate e superfici degradate da fattori naturali (dissesto idrogeologico) o antropici (cave, discariche, opere infrastrutturali). Tali tecniche sono caratterizzate da un basso impatto ambientale e si basano essenzialmente sulle caratteristiche biotecniche di alcune specie vegetali, caratteristiche sintetizzabili principalmente nella capacità di sviluppo di un considerevole apparato radicale e nell'elevata capacità di propagazione vegetativa. Queste qualità sono direttamente funzionali ad un'efficace azione di trattenimento delle particelle di terreno e ad una più veloce e diffusa ricolonizzazione vegetale di ambienti modificati dall'intervento umano. A questi materiali vivi possono poi essere affiancati sia materiali biodegradabili di origine naturale (legname, piante o loro parti, talee, fibre di cocco, juta, paglia, legname, biostuoie, ecc.) che altri materiali quali pietrame, ferro o prodotti di origine sintetica in diverse combinazioni (geotessili, ecc.), che consentano un consolidamento duraturo delle opere. La scelta delle possibili mitigazioni che è possibile introdurre nell'ambito del ripristino dei luoghi, è stata effettuata sulla base degli studi specialistici affrontati sulla natura geologica del substrato affiorante nell'area interessata dal parco eolico.

Obiettivi del lavoro in esame sono:

- Fornire indicazioni progettuali per le opere a verde di riqualificazione ambientale;
- Fornire le specifiche tecniche di intervento delle opere a verde.

2. Inquadramento generale dell'area di intervento

L'area di intervento del parco eolico di progetto è ubicata nel comune di Cellere in provincia di Viterbo. Il sito sul quale si erge il parco eolico si trova a Nord-Est del Comune, mentre il cavidotto attraversa verso Sud-Est i Comuni di Piansano, Arlena di Castro e di Tuscania dove è ubicata la stazione elettrica TERNA.

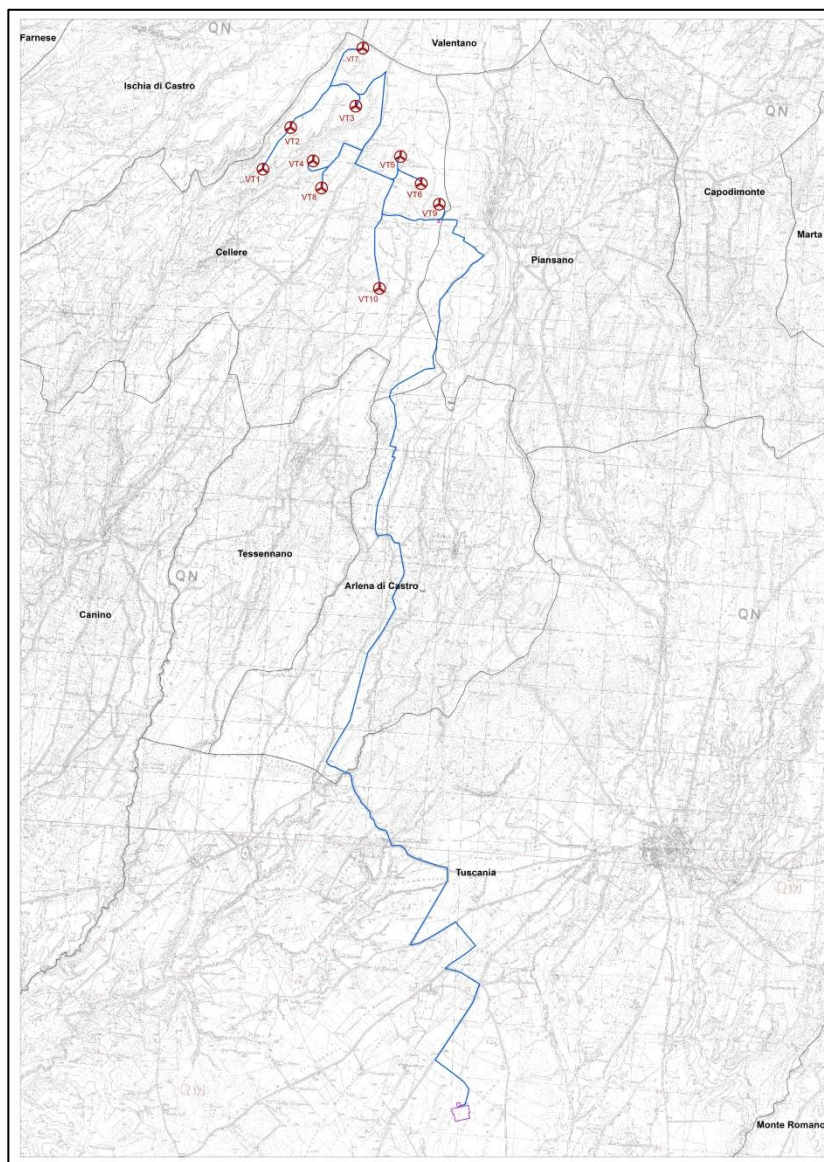


Figura 1 Ubicazione parco eolico di Cellere

Il parco eolico sarà caratterizzato da una potenza elettrica nominale installata di 60 MW, ottenuta attraverso l'impiego di 10 generatori eolici da 6 MW nominali ricadenti tutti nel territorio del Comune di Cellere (VT), con le seguenti coordinate:

WTG	WGS84 fuso 32		GAUSS BOAGA fuso 32		ALTITUDINE
	NORD	EST	NORD	EST	
VT1	4711583.90	728285.98	4711596.754	1728317.599	407
VT2	4712350.83	728724.66	4712363.694	1728756.303	432
VT3	4712809.89	729843.31	4712822.756	1729874.987	455
VT4	4711791.00	729164.55	4711803.853	1729196.193	448
VT5	4711980.79	730695.12	4711993.639	1730726.801	533
VT6	4711527.51	731093.63	4711540.350	1731125.312	479
VT7	4713843.62	729890.01	4713856.503	1729921.707	491
VT8	4711333.21	729331.11	4711346.055	1729362.748	437
VT9	4711186.36	731436.98	4711199.193	1731468.664	464
VT10	4709626.29	730489.63	4709639.103	1730521.263	413

Tabella 1 Coordinate aerogeneratori di progetto

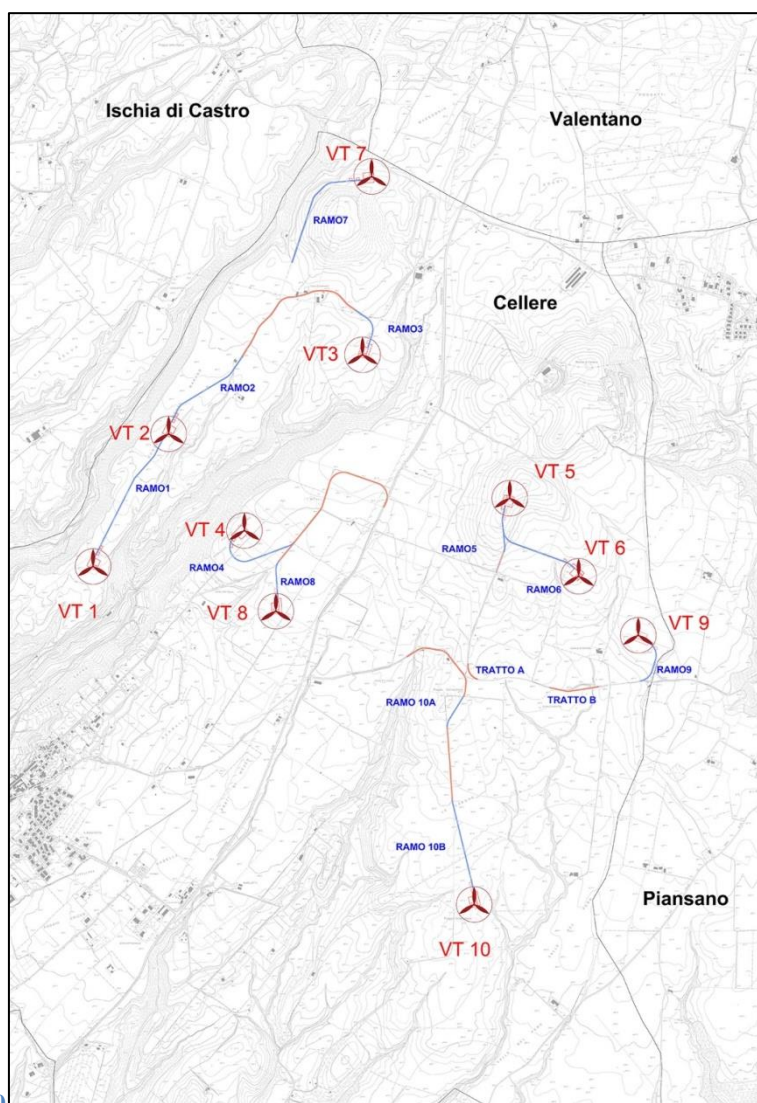


Figura 2 Layout di progetto - Piazzole (arancione), viabilità di nuova realizzazione (blu) e viabilità da adeguare (rosso)

Di seguito è indicato il calcolo della viabilità del parco eolico di Cellere, distinguendo viabilità di nuova realizzazione dalla viabilità da adeguare, dato dalla somma relativa ai singoli tratti:

WTG	STRADE DI NUOVA COSTRUZIONE (m)
RAMO 1	826
RAMO 2	595
RAMO 3	267
RAMO4	511
RAMO 5	398
RAMO 6	462
RAMO 7	719
RAMO 8	242
RAMO 9	300
RAMO 10A	205
RAMO 10B	568

Tabella 2 viabilità di nuova costruzione

WTG	STRADE DA ADEGUARE(m)
TRATTO A	117 m
TRATTO B	292 m
RAMO 1	/
RAMO 2	373
RAMO 3	508
RAMO4	/
RAMO 5	/
RAMO 6	/
RAMO 7	/
RAMO 8	1030
RAMO 9	/
RAMO 10A	542
RAMO 10B	420

Tabella 3 viabilità da adeguare

Tutte le opere civili da realizzare per il completamento dell'impianto sono state dettagliatamente

descritte nelle relazioni tecniche allegate alla progettazione generale.

In sintesi, i lavori per la realizzazione del parco eolico consisteranno 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 AT

La complessità orografica del territorio in esame ha reso necessario l'adattamento delle piazzole ad ogni singolo aerogeneratore, orientandole in maniera differente e collocando differentemente le varie aree che la compongono. Questo tipo di progettazione ha consentito un risparmio di consumo di suolo e quindi una riduzione dei movimenti di volumi di terreno.

Pur essendo il contesto prevalentemente pianeggiante, le piazzole di montaggio si estendono per lunghezze elevate rendendo necessario il livellamento del terreno, progettato, per quanto possibile, a compenso. Gli spianamenti di compenso vengono realizzati in modo che il volume di sterro eguagli quello di riporto e, quindi, non occorra prendere terreno da cave di prestito né portare terreno a rifiuto.

Le piazzole di montaggio sono costituite da una porzione permanente di dimensione 25,5m x 27m, e dalla frazione restante temporanea costituita da: area di assemblaggio gru principale e posizionamento gru ausiliarie, area di stoccaggio sezioni torre, area di lavoro gru principale e ausiliaria e area di stoccaggio blade.

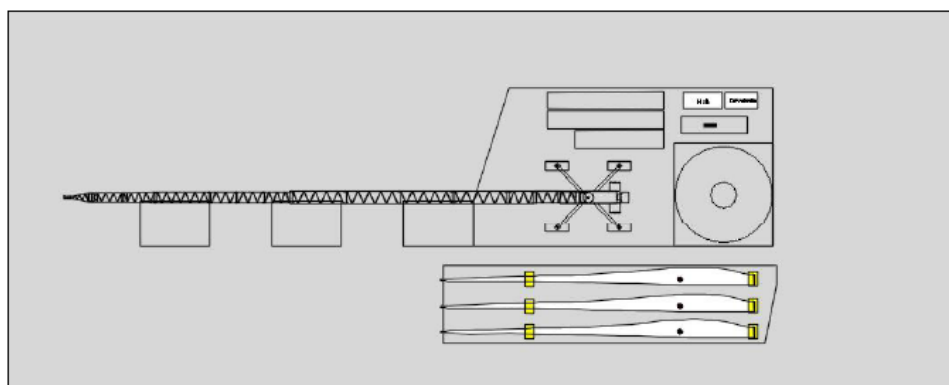


Figura 3 Piazzola di montaggio degli aerogeneratori

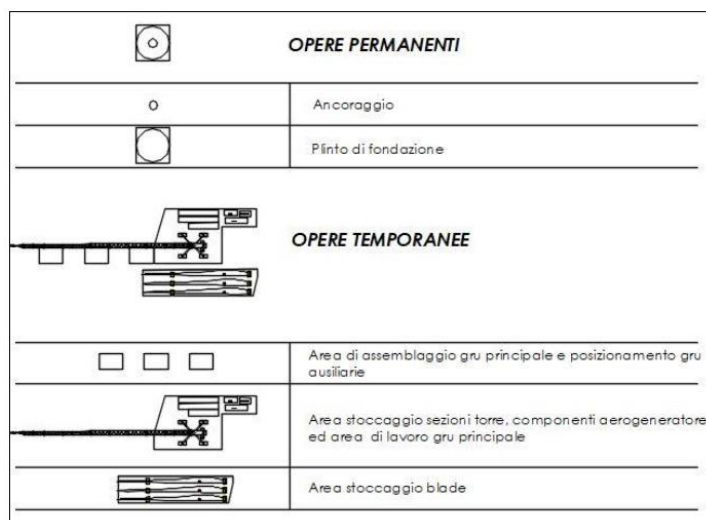


Figura 4 Componenti della piazzola di montaggio degli aerogeneratori

La progettazione del reticolo stradale di nuova costruzione ha previsto sterri e riporti sul territorio interessato dalle opere di progetto, in modo da rendere agevole il passaggio dei mezzi di trasporto adibiti a montaggio del parco eolico, si è tenuto conto di precisi raggi di curvatura e pendenze, in modo da rendere agevole il passaggio ai mezzi pesanti.

WTG	PIAZZOLA		RAMO STRADALE	
	STERRO	RIPORTO	STERRO	RIPORTO
VT1	996,48	996,48	1586,04	1561,58
VT2	337,00	1809,00	3071,00	1291,00
VT3	1454,12	1454,87	783,61	258,87
VT4	475,34	475,34	348,72	349,58
VT5	3043,00	3046,00	2183,00	2331,00
VT6	1035,00	1035,00	3691,00	3182,00
VT7	542,31	7239,41	5723,23	2739,53
VT8	1104,24	199,90	402,67	402,67
VT9	206,00	206,00	785,00	775,00
VT10	574,00	554,00	1397,00	1363,00
TOTALE	9767,49	17016	19971,27	14254,23

Tabella 4 volumi di sterri e riporti previsti per la realizzazione delle piazzole e dei rami stradali di progetto

3. Interventi di ingegneria naturalistica

Il ripristino dello stato dei luoghi post – operam è essenziale, al fine di attenuare notevolmente gli impatti sull'ambiente naturale e garantire una maggiore conservazione degli ecosistemi montani ed una maggiore integrazione dell'impianto con l'ambiente naturale.

Per questo tutte le aree sulle quali sono state effettuate 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 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 parco 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 dalla sottrazione e dalla 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 come nelle condizioni preesistenti. 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 vengono intercettate dal tracciato della nuova pista, per riposizionarle alla fine dei lavori.

In aggiunta, si prevede di inserire le nuove strutture delle scarpate e delle palizzate di sostegno mediante la posa di talee di specie autoctone.

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

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

4. 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, in quanto le scarpate sono state progettate a 45° e, nei casi più gravosi, si rende necessario intervenire con opere di sostegno.

In particolare, è prevista una distinzione tra le opere di presidio da utilizzare a seconda dell'altezza del pendio, come indicato di seguito:

- per scarpate fino a 1,5m non è previsto alcun tipo di opera di ingegneria naturalistica in quanto il dislivello è tale da non necessitare di opere di presidio e la progettazione della pendenza della scarpata a 45° permette di lasciare il terreno compattato senza alcun tipo di sostegno;
- tra 1,5m e 3m la scarpata è tale da permettere l'inserimento di un rivestimento in geostuoia finalizzato a proteggere il pendio dall'erosione idrica ed eolica, legando meccanicamente le particelle di terreno nell'immediato, in modo da permettere alla vegetazione di radicare e svolgere l'azione antierosiva; da 3m a 5m si prevede l'inserimento di gabbionate incastrate all'interno del profilo della scarpata, non interessando dunque altre porzioni di territorio rispetto a quelle già evidenziate; 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 superiori ai 5m si prevede l'inserimento di terre rinforzate, queste ultime, infatti, riescono a sostenere pendenze fino a 70°, altezze superiori a 5m e migliorano le caratteristiche geotecniche del terreno, per queste ragioni si è scelto di utilizzarle nei casi più critici.

Inoltre, nei casi di progettazione in riporto, si prevede uno scotico superficiale del terreno di 40-50 cm per tutta la larghezza dell'ingombro, in modo da ottenere una maggiore aderenza: l'obiettivo è quello di eliminare la crosta superficiale, le cui caratteristiche meccaniche sono inferiori rispetto a quelle in profondità, e posizionare il rilevato su una tipologia di terreno migliore per aumentare l'attrito e la stabilità.

5. Descrizione delle opere di presidio utilizzate

Considerata l'entità di scavi e riporti, dettata dall'orografia del territorio, al fine di migliorare l'impatto sul territorio circostante l'area del parco eolico, si è deciso di inserire nel progetto opere di ingegneria naturalistica che di seguito saranno esplicitate a seconda della gravità dei casi.

Rivestimento in geostuoia

È l'intervento meno gravoso, finalizzato al rivestimento vegetale di terreni, la funzione fondamentale è quella di proteggere il pendio dall'erosione idrica ed eolica, legando meccanicamente le particelle di terreno nell'immediato. Ciò avviene grazie alla radicazione della vegetazione inserita. In funzione dei materiali impiegati, questo tipo di intervento può anche: apportare sostanze organiche e arricchire il suolo (materiali biodegradabili), migliorare i movimenti e gli equilibri idrici sub-superficiali, migliorare l'equilibrio termico del substrato.

Danno ottimi risultati su superfici acclivi (fino a 45°) caratterizzate da assenza o scarsa presenza di humus e scarsa copertura vegetale. I siti d'intervento possono collocarsi ovunque: su sponde fluviali, scarpate naturali ed artificiali in aree costiere ed interne, in aree degradate (cave e discariche), lungo infrastrutture viarie e ferroviarie, ecc.

Fondamentalmente, per la scelta dei materiali e delle tecnologie da utilizzare, è necessario approfondire il tipo di dissesto, natura e caratteristiche dei terreni interessati e le caratteristiche pedo-climatiche del sito. È possibile utilizzare materiali di tipo biodegradabile (reti stuoie, feltri in fibre naturali) o sintetici (reti metalliche o in materiale plastico). Tra i materiali sintetici si trovano reti bidimensionali o tridimensionali (strutture alveolari). È possibile anche realizzare interventi di tipo misto, che utilizzano ad esempio reti tridimensionali in materiale plastico abbinata a fibre biodegradabili.

Precedentemente all'intervento, il terreno deve essere opportunamente preparato attraverso lo scoronamento di eventuali zone instabili, il livellamento e l'eliminazione di pietre, detriti e ramaglia. Dopo aver profilato la scarpata, viene realizzato il fosso di guardia e, successivamente, se necessario, viene steso uno strato di terreno vegetale lungo la superficie da trattare. Successivamente viene realizzata la semina, la concimazione, e quindi la messa in opera degli elementi antierosivi e di rivestimento lungo la linea di massima pendenza del versante.

La sovrapposizione dei vari pezzi contigui necessita di particolari accortezze: a seconda della consistenza del terreno, il fissaggio può avvenire con picchetti di legno o acciaio, inoltre, la

sovrapposizione non deve essere inferiore a 10cm. Le parti terminali dell'intervento vanno risvoltate, fissate e protette con riguardo. Una leggera copertura di terreno vegetale su tutto il versante e l'eventuale idrosemina completeranno l'opera.

Questa tecnica non è idonea sulle pareti rocciose in quanto la semina non attecchirebbe.

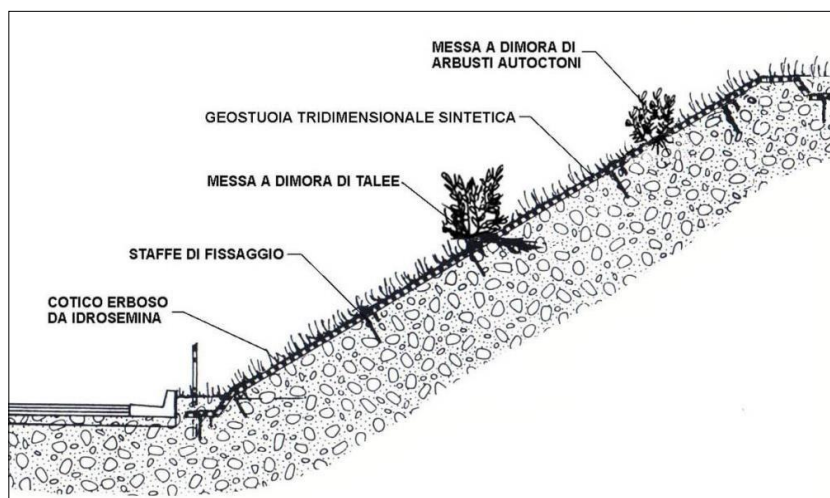


Figura 5 Esempio schematico di rivestimento in geostuoia



Figura 6 Esempio di rivestimento in geostuoia

Gabbionate rinverdite

Questo tipo di opera di contenimento del terreno è realizzato con elementi scatolari, in retemetallica a doppia torsione, zincata, montati a parallelepipedo e riempiti con pietrame avente dimensione

maggiore rispetto alla maglia della rete, possono essere rinverditi mediante inserimento di terreno vegetale, talee e/o piantine. In commercio, si trovano gabbioni scatolari aventi diverse dimensioni, generalmente 0.5 – 1.0 m *1.00*2.00, i singoli elementi vengono montati affiancati e collegati mediante filo metallico zincato. Le maglie hanno dimensioni minime 8*10 con trafilato di ferro di diametro non inferiore a 2.7 mm, possibilmente galvanizzato in lega eutettica di zinco e alluminio e ricoperto di materiale plastico con spessore minimo di 0.5 mm, in modo da garantire una efficiente resistenza nel tempo e un'adeguata protezione da potenziali urti, norme UNI 8018.

Le gabbionate rinverdate sono opere di sostegno a gravità, si oppongono alle forze instabilizzanti con il proprio peso, realizzano una naturale azione drenante che consente un facile sviluppo vegetale e una rapida integrazione con il terreno circostante. Questo tipo di opera di sostegno è molto versatile: non solo può essere utilizzata per il contenimento di scarpate, consolidamento di terreni smossi, muri di sottoscarpa o di controripa, ma è usata anche in ambito fluviale come protezioni spondali, repellenti, soglie.

I siti d'intervento possono essere molteplici: su sponde fluviali, scarpate naturali ed artificiali in aree costiere ed interne, in aree degradate (cave e discariche), lungo infrastrutture viarie e ferroviarie, ecc.

Il pietrame deve essere posato in modo omogeneo senza lasciare troppo spazio tra gli elementi lapidei, ma sufficiente per il successivo intasamento di terreno vegetale. La messa in opera delle talee deve avvenire preferibilmente in corso di esecuzione dell'opera e non a opera terminata in modo da poter raggiungere il terreno a tergo dell'opera stessa. Fondamentale importanza è data alla valutazione delle spinte cui l'opera sarà sottoposta: solo in questo modo è possibile disporre efficacemente i gabbioni, secondo il lato lungo o corto degli stessi.

Tale tecnica è sconsigliabile per altezze di contenimento maggiori a 5.00 m, per tali altezze sono preferibili le terre armate o terre rinforzate.

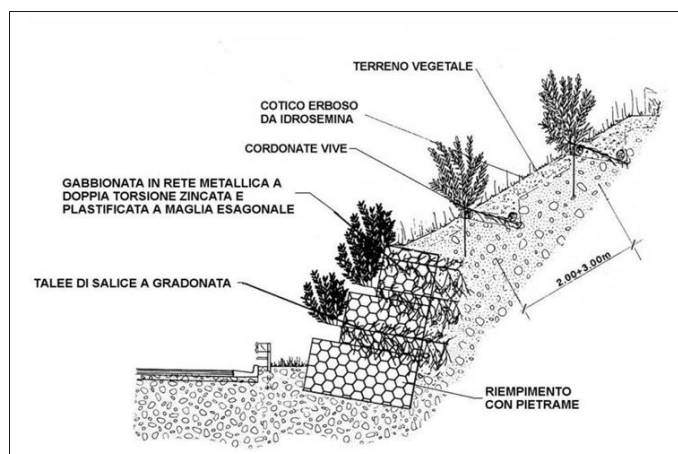


Figura 7 Esempio schematico di gabbionate rinverdite



Figura 8 Esempio di gabbionate rinverdite

Terre rinforzate

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

- pendenza massima del fronte esterno di $60^{\circ}\div 70^{\circ}$ 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 delle specie arbustive è una condizione indispensabile 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, piantine 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°.

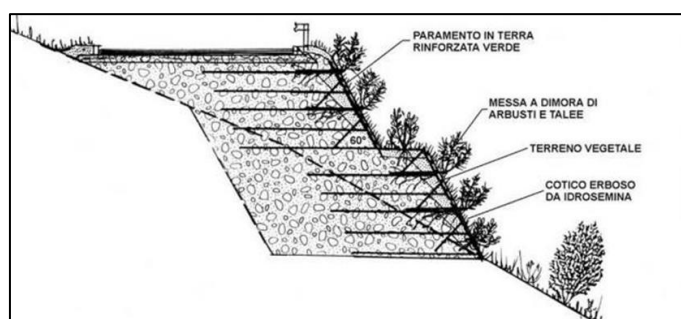


Figura 9 Esempio schematico di terre rinforzate

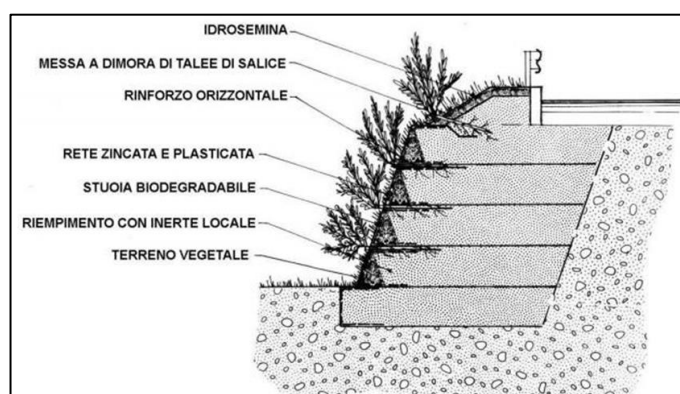


Figura 10 Esempio schematico di terre rinforzate



Figura 11 Esempio di terre rinforzate

6. 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 la 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 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, 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. 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.

6.1 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, dello spessore minimo di 25 cm, in misto granulare frantumato meccanicamente anidro, mediante la compattazione a strati eseguita con idonee macchine;
- la formazione della pavimentazione stradale, con spessore minimo di 25 cm, costituita da una miscela di inerti artificiali di appropriata granulometria, costipata a strati meccanicamente, profilatura delle cunette, a sezione trapezia rivestite con terreno vegetale.

6.2 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 30-40 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 di idonee macchine, l'umidimento, la profilatura dei cigli e delle scarpate rivestite con terra vegetale;
- realizzazione della fondazione stradale, dello spessore minimo di 25 cm, in misto granulare frantumato meccanicamente anidro, mediante la compattazione a strati eseguita con idonee macchine;
- formazione della pavimentazione stradale, con spessore minimo di 25 cm, costituita da una miscela di inerti artificiali di appropriata granulometria, costipata a strati meccanicamente;

- profilatura delle cunette, a sezione trapezia 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.

7. 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, come evidenziato in figura 12 e 13.

La carreggiata ha una pendenza di progetto del 2%, in modo da confluire le acque nelle cunette di scolo. Queste ultime, infatti, sono necessarie al raccoglimento 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. Il problema viene risolto 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.

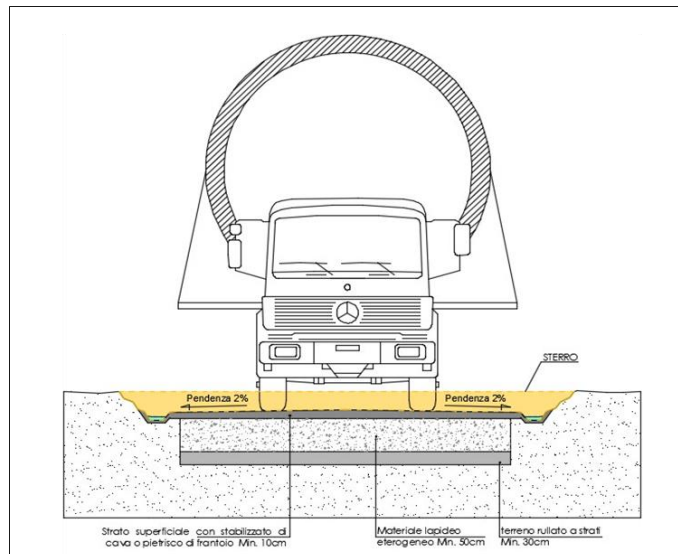


Figura 12 Sezione stradale tipo di nuova realizzazione in trincea

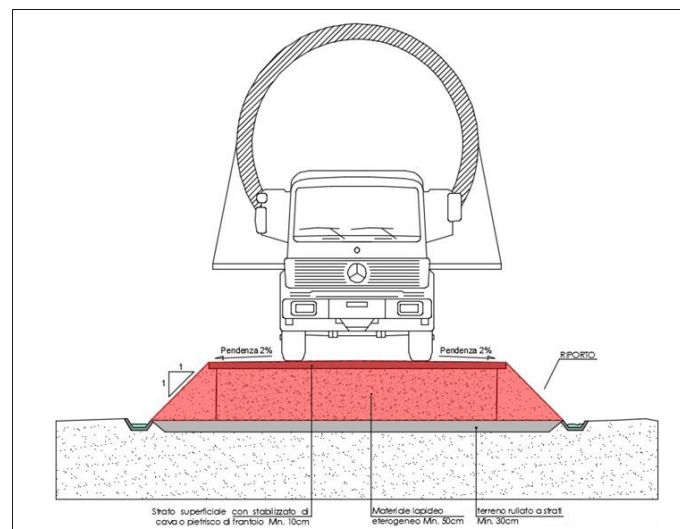


Figura 13 Sezione stradale tipo di nuova realizzazione in rilevato

8. 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 rilievo importante l'intervento della zollatura. L'intervento della zollatura

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 mq 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 prativi 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.

9. 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);
- sfalciatura (durante gli idonei periodi, mediante sistemi non invasivi).

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 sostituzioni 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, purchè vengano scrupolosamente rispettati e fatti coincidere i periodi ottimali.

10. Analisi dei tratti di nuova costruzione e piazzole

Di seguito, si analizzano i singoli tratti di nuova costruzione di connessione alle turbine con le relative piazzole e le tipologie di opere di presidio utilizzate.

10.1 RAMO 1 e RAMO 2 con relative piazzole



Figura 14 - Stralcio VT1 e VT2

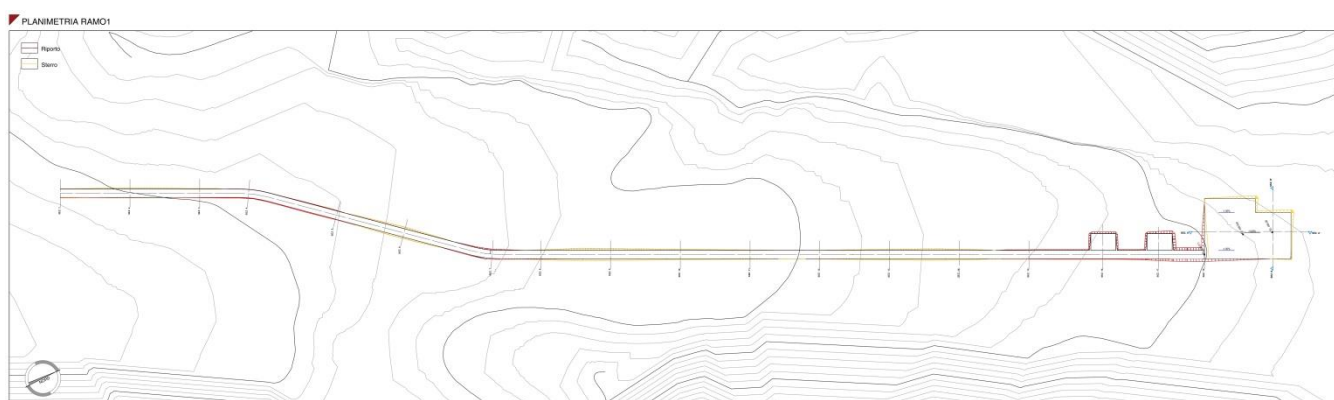


Figura 15 – Planimetria del ramo 1 e della piazzola relativa alla turbina VT1

La planimetria riporta la piazzola e la viabilità di nuova costruzione relative alla turbina VT1, è inoltre riportata l'occupazione delle scarpate di sterri e riporti, evidenziate rispettivamente in giallo e in rosso. Il tratto di viabilità analizzato presenta sterri e riporti, l'occupazione massima della scarpata è pari a 2,3 m, si prevede l'inserimento di rivestimento in geostuoia ai fini del contenimento dei pendii. La dimensione massima dell'ingombro della scarpata per la piazzola di montaggio è pari a 2,8 m: anche in questo caso si prevede l'utilizzo di rivestimento in geostuoia.

RAMO 1 - PIAZZOLA VT1		
Quota di progetto piazzola: 407 mslm		
Movimenti di terra		
	STERRO mc	RIPORTO mc
RAMO STRADALE	1586,04	1561,58
PIAZZOLA MONTAGGIO	966,48	966,48
TOTALE	2552,52	2528,06

Figura 18- Zoom della Planimetria della piazzola relativa alla turbina VT1



Figura 14 Planimetria del ramo 2 e della piazzola relativa alla turbina VT2

Il ramo relativo alla turbina VT2 presenta un massimo riporto di 4,9 m per cui si prevede l'inserimento di gabbionate incastrate all'interno del profilo della scarpata. In merito alla piazzola di montaggio, lo sterro massimo è pari a 4,4 m, dunque, anche per la piazzola, si prevede l'inserimento di gabbionate.

RAMO 2 - PIAZZOLA VT2		
Quota di progetto piazzola: 432 mslm		
Movimenti di terra		
	STERRO mc	RIPORTO mc
RAMO STRADALE	3071,00	1291,00
PIAZZOLA MONTAGGIO	337,00	1809,00
TOTALE	3408	3100

10.2 RAMO 3 e relativa piazzola



Figura 16 - Stralcio VT3



Figura 17 - Planimetria del ramo 3 e della piazzola relativa alla turbina VT3

La planimetria riporta la piazzola e la viabilità di nuova costruzione relative alla turbina VT3, è inoltre riportata l'occupazione delle scarpate di sterri e riporti, evidenziate rispettivamente in giallo e in rosso. Il tratto di viabilità analizzato si estende prevalentemente su un terreno pianeggiante; infatti, sono presenti scavi e riporti di lieve entità. Allo stesso tempo, la piazzola di montaggio si caratterizza per massimo ingombro pari 4,3 m, per cui si prevede l'inserimento di gabbionate incastrate all'interno del profilo della scarpata.

RAMO 3 - PIAZZOLA VT3		
Quota di progetto piazzola: 455 mslm		
Movimenti di terra		
	STERRO mc	RIPORTO mc
RAMO STRADALE	783,61	258,87
PIAZZOLA MONTAGGIO	1451,12	1451,87
TOTALE	2234,73	1710,74

Figura 18- Zoom della Planimetria della piazzola relativa alla turbina VT3

10.3 RAMO 4 e RAMO 8 e relativa piazzola



Figura 19- Stralcio VT4



Figura 20 –Zoom della planimetria del ramo 4 e della piazzola relativa alla turbina VT4

Il tratto di nuova costruzione relativo alla turbina VT4 presenta sterri di lieve entità con un'occupazione massima di 0,70 m così come la piazzola di montaggio, la cui massima occupazione è pari a circa 1,4 m, per cui in entrambi i casi non si rendono necessarie opere di ingegneria naturalistica.

RAMO 4 - PIAZZOLA VT4		
Quota di progetto piazzola: 448 mslm		
Movimenti di terra		
	STERRO mc	RIPORTO mc
RAMO STRADALE	348,72	349,58
PIAZZOLA MONTAGGIO	475,34	475,34
TOTALE	824,06	824,92

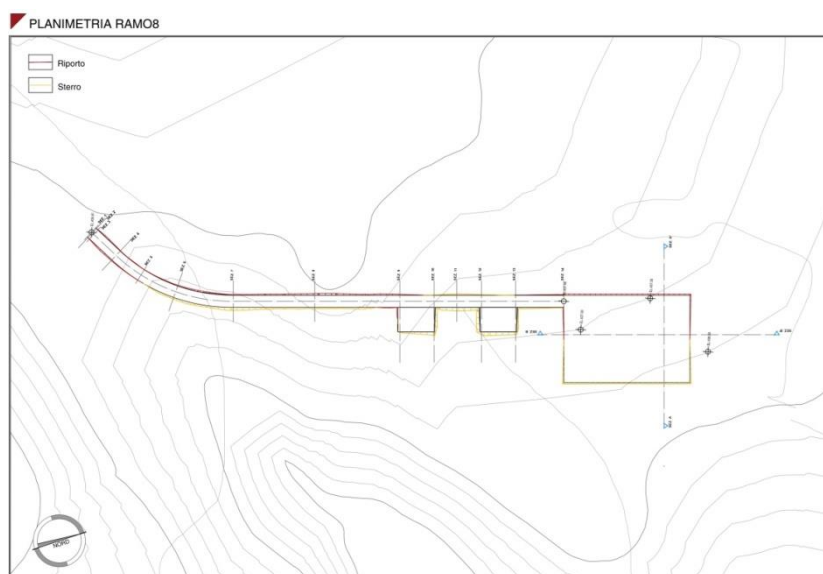


Figura 15 Zoom della planimetria del ramo 8 e della piazzola relativa alla turbina VT8

Il tratto di nuova costruzione relativo alla turbina VT8 presenta sterri e riporti di lieve entità con un'occupazione massima di 1,8 m. Per quanto riguarda la piazzola di montaggio, la massima occupazione delle scarpate è pari a circa 0,9 m: non si prevede l'inserimento di opere di mitigazione e ripristino.

RAMO 8 - PIAZZOLA VT8		
Quota di progetto piazzola: 437 mslm		
Movimenti di terra		
	STERRO mc	RIPORTO mc
RAMO STRADALE	402,67	402,67
PIAZZOLA MONTAGGIO	199,90	1104,24
TOTALE	602,57	1506,91

10.4 RAMO 5 e RAMO 6 e relative piazzole



Figura 21- Stralcio VT5 e VT6



Figura 23- Planimetria del ramo 5 e della piazzola relativa alla turbina VT5

Il ramo relativo alla turbina VT5 presenta scavi e riporti con un ingombro massimo pari a 4,9 m per cui è previsto l'inserimento di gabbionate incastrate nel terreno. La piazzola di montaggio si caratterizza per massimo ingombro di 13,9 m, in questo caso si prevede l'inserimento di terre rinforzate, in caso di sezioni stradali progettate in rilevato si prevede uno scotico superficiale di 30-40cm in modo da avere una maggiore aderenza tra il terreno esistente e quello in riporto: l'obiettivo è eliminare la crosta superficiale del terreno le cui caratteristiche meccaniche sono inferiori rispetto a quello in profondità, e posizionare il terreno in rilevato su uno più aderente e compatto in modo da aumentare la stabilità.

RAMO 5 - PIAZZOLA VT5		
Quota di progetto piazzola: 533 mslm		
Movimenti di terra		
	STERRO mc	RIPORTO mc
RAMO STRADALE	2183,00	2331,00
PIAZZOLA MONTAGGIO	3043,00	3046,00
TOTALE	5226	5377



Figura 24 - Planimetria del ramo 6 e della piazzola relativa alla turbina VT6

Il tratto di viabilità analizzato presenta sterri e riporti, l'occupazione massima delle scarpate è pari a 6,2 m, per cui si prevede l'inserimento di terre rinforzate, in caso di sezioni stradali progettate in rilevato, si prevede uno scotico superficiale. L'ingombro massimo della scarpata per la piazzola di montaggio è pari a 3,5 m, per cui si prevede l'inserimento di gabbionate.

RAMO 6 - PIAZZOLA VT6		
Quota di progetto piazzola: 479 mslm		
Movimenti di terra		
	STERRO mc	RIPORTO mc
RAMO STRADALE	3691,00	3182,00
PIAZZOLA MONTAGGIO	1035	1035
TOTALE	4726	4217

10.5 RAMO 7 e relativa piazzola



Figura 25- Stralcio turbina VT7

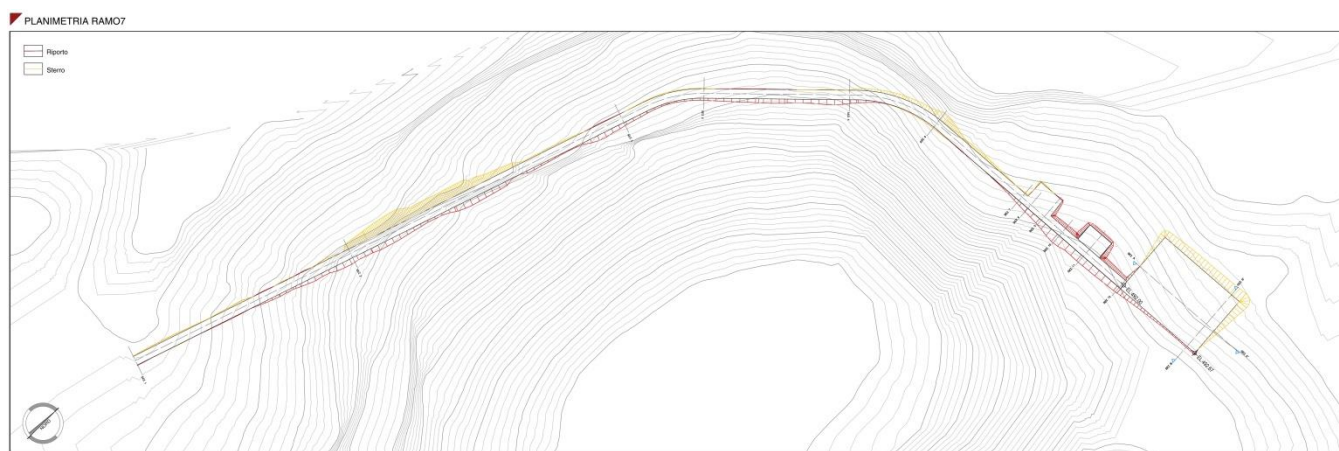


Figura 26 - Planimetria del ramo 7 e della piazzola relativa alla turbina VT7

Il ramo relativo alla turbina oggetto di analisi e la relativa piazzola presentano scavi e riporti, l'ingombro massimo del ramo è pari a 12,7 m, in questo caso si prevede l'inserimento di terre rinforzate e in caso di sezioni stradali progettate in rilevato, si prevede uno scotico superficiale. L'ingombro massimo della piazzola è di 3,5 m, per cui si rende necessario l'inserimento di gabbionate.

RAMO 7 - PIAZZOLA VT7		
Quota di progetto piazzola: 491 mslm		
Movimenti di terra		
	STERRO mc	RIPORTO mc
RAMO STRADALE	5723,23	2739,53
PIAZZOLA MONTAGGIO	542,31	7239,41
TOTALE	6265,54	9978,94

10.6 RAMO 9 e relativa piazzola



Figura 27 - Stralcio turbina VT9



Figura 28 - Planimetria del ramo 9 e della piazzola relativa alla turbina VT9

Il ramo relativo alla turbina VT9 si estende prevalentemente su un terreno pianeggiante; infatti, sono presenti scavi e riporti di lieve entità, sia per il ramo stradale, con un ingombro massimo pari a 1,7 m, che per la piazzola di montaggio, che presenta un massimo ingombro pari a 0,5 m. In questo caso non si prevede l'utilizzo di opere di ingegneria naturalistica.

RAMO 9 - PIAZZOLA VT9		
Quota di progetto piazzola: 464 mslm		
Movimenti di terra		
	STERRO mc	RIPORTO mc
RAMO STRADALE	785	775
PIAZZOLA MONTAGGIO	206	206
TOTALE	991	981

10.7 RAMO 10 e relativa piazzola

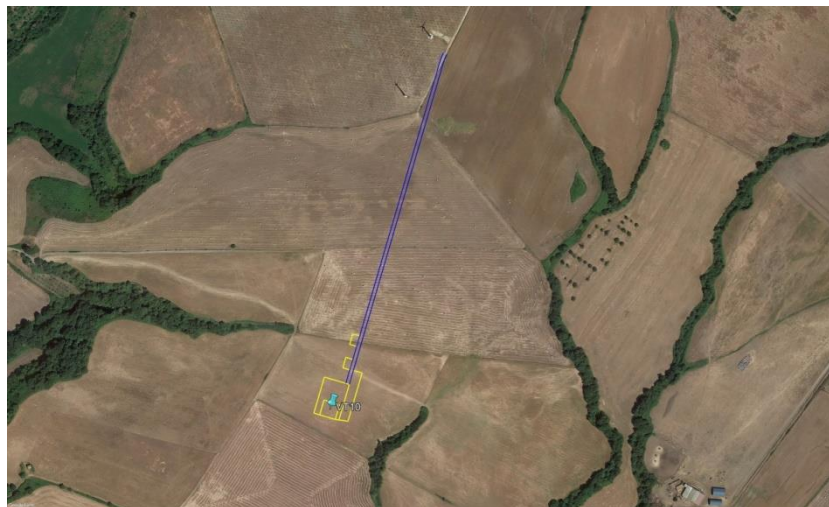


Figura 27 - Stralcio turbina VT10

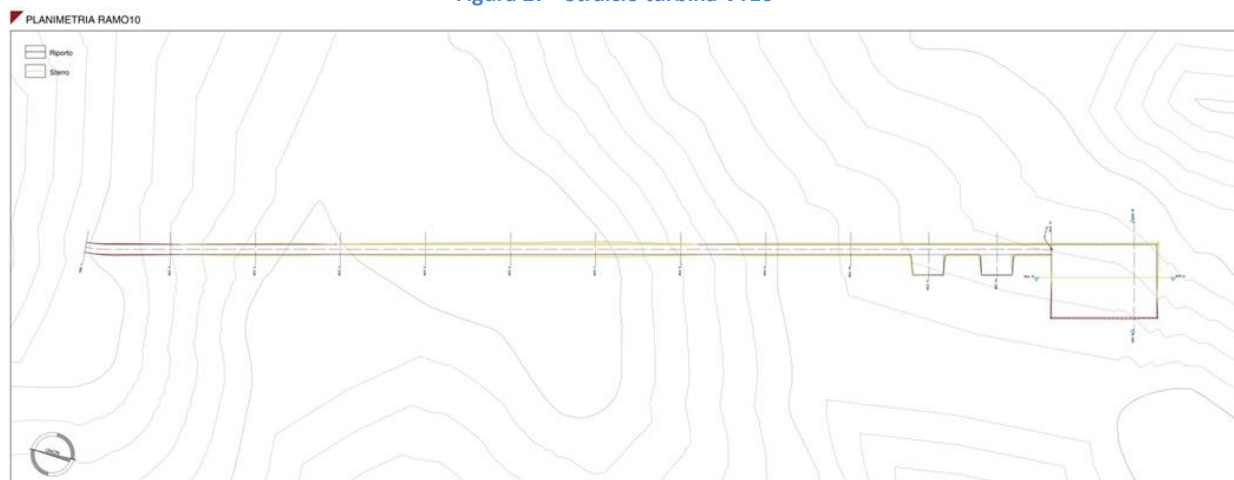


Figura 28 - Planimetria del ramo 10 e della piazzola relativa alla turbina VT10

Il ramo relativo alla turbina VT10 si estende prevalentemente su un terreno pianeggiante; infatti, sono presenti scavi e riporti di lieve entità con un ingombro massimo della scarpata pari a 1,6 m. Per quanto riguarda la piazzola di montaggio anch'essa presenta sterri e riporti non consistenti con un massimo ingombro pari a 1,2 m. In questo caso non si prevede l'inserimento di opere di mitigazione.

RAMO 10 - PIAZZOLA VT10		
Quota di progetto piazzola: 413 mslm		
Movimenti di terra		
	STERRO mc	RIPORTO mc
RAMO STRADALE	1397,00	1363,00
PIAZZOLA MONTAGGIO	574,00	554,00
TOTALE	1971	1917

11. 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 TAV-AT5(1-10): planimetrie e profili strade di progetto ed indicazione sezioni, TAV-AT6(1-10): sezioni stradali tronchi viabilità nuova realizzazione e TAV-AT7(1-10): sezioni longitudinali e trasversali piazzola di progetto.

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.