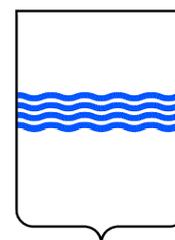


**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE  
DI UN PARCO EOLICO E DELLE RELATIVE OPERE DI  
CONNESSIONE ALLA RTN  
POTENZA NOMINALE 45 MW**

in Località "Conti"  
nel Comune di Lavello (PZ)

REGIONE BASILICATA



PROVINCIA di POTENZA



COMUNE di LAVELLO



**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE	A.17VIA.18  <b>Relazione sulle emissioni e misure di compensazione</b>	Scala:  Formato: <p style="text-align: center;">A4</p>
PROPONENTE	<p><b>GIGLIO ENERGY S.r.l.</b>  <b>POTENZA (PZ) - 85100</b>  <b>Via del Seminario Maggiore 115</b>  <b><u>P.IVA 02096090762</u></b></p>	
PROGETTISTA	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-right: 20px;">                     ORDINE DEGLI                      ARCHITETTI                      PIANIFICATORI                      PAESAGGISTI                      E CONSERVATORI                      PROVINCIA DI POTENZA                      Giuseppe                      Romanello                      architetto                      727 sez. A                 </div> <div> <p style="font-size: 2em; margin: 0;"><i>Giuseppe Romanello</i></p> <p><b>Arch. Giuseppe ROMANIELLO</b></p> </div> </div>	

Rev.	Data	Oggetto della revisione
00	Febbraio 2022	Integrazioni richieste dal MiTE con nota n. 0128197 del 19/11/2021



✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

## SOMMARIO

---

---

SOMMARIO .....	1
PREMESSA .....	2
INQUADRAMENTO GENERALE E TERRITORIALE .....	3
I.    DESCRIZIONE VIABILITÀ ACCESSO .....	5
A   AUTORITÀ PROPONENTE E AUTORITÀ COMPETENTE .....	5
DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....	6
A   AEROGENERATORI .....	6
B   OPERE CIVILI .....	8
I.    FONDAZIONI .....	8
II.   PIAZZOLE .....	8
III.  VIABILITÀ .....	8
C   OPERE ELETTRICHE .....	9
I.    CAVIDOTTO IN MT .....	9
II.   STAZIONE DI TRASFORMAZIONE MT/AT .....	10
III.  CAVO IN AT .....	11
EMISSIONI DOVUTE AI MATERIALI E ALLA MESSA IN OPERA DELL'IMPIANTO .....	12
A   IMPATTI IN FASE DI CANTIERE .....	14
1.A.1. EMISSIONI DERIVANTI DALLO SCOTICO SUPERFICIALE ED ALTRI SCAVI .....	17
1.A.2. FORMAZIONE E STOCCAGGIO DEI CUMULI .....	18
1.A.3. CARICAMENTO SU CAMION DEL MATERIALE DERIVANTE DAGLI SCAVI .....	20
1.A.4. TRASPORTO DEL MATERIALE CARICATO E DEGLI ALTRI MATERIALI EDILI SU PISTE NON PAVIMENTATE .....	20
1.A.5. EROSIONE DEL VENTO DAI CUMULI .....	22
1.A.6. SISTEMAZIONE FINALE DEL TERRENO .....	23
B   MISURE DI MITIGAZIONE PER IMPATTI IN FASE DI CANTIERE .....	23
C   CONCLUSIONE IMPATTI IN FASE DI CANTIERE .....	24
D   IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO .....	25

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

---

## PREMESSA

---

Oggetto del presente elaborato è l'analisi relativa alla contabilizzazione delle emissioni dovute alla produzione dei materiali (cls, metalli ecc) e la messa in opera d'impianto, valutate in ottica ciclo di vita, nonché delle rispettive compensazioni.

La contabilizzazione viene seguita secondo le *"LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI POLVERI PROVENIENTI DA ATTIVITÀ DI PRODUZIONE, MANIPOLAZIONE, TRASPORTO, CARICO O STOCCAGGIO DI MATERIALI POLVERULENTI"* della Regione Toscana, le quali introducono i metodi di stima delle emissioni di particolato di origine diffusa prodotte dalle attività di trattamento degli inerti e dei materiali polverulenti in genere e le azioni ed opere di mitigazione che si possono attuare, anche ai fini dell'applicazione del D.Lgs. n. 152/1006 (Allegato V alla Parte Quinta, Polveri e sostanze organiche liquide, Parte I: Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti).

## INQUADRAMENTO GENERALE E TERRITORIALE

---

Il progetto di parco eolico prevede l'installazione di 10 pale eoliche, ovvero *aerogeneratori*, di potenza unitaria pari a 4,5 MW per una potenza complessiva di impianto pari a circa 45 MW, nelle località "Conti" e "Il Cerzone" nel territorio comunale di Lavello e Montemilone, in provincia di Potenza (PZ), in Basilicata.

Gli aerogeneratori saranno collegati fra loro e alla stazione di trasformazione e consegna (definita *stazione di utenza o stazione utente*) mediante un elettrodotto interrato a 30 kV. L'energia elettrica prodotta giungerà presso la stazione di utenza, di futura realizzazione nel comune di Montemilone, e successivamente verrà innalzata da una stazione elettrica (SE) di futura realizzazione ad opera dell'ente "Terna" per poi essere immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale in "entra-esce" sulla linea 380 kV "Melfi 380 - Genzano 380".

La zona centrale interessata dall'opera si trova sommariamente nella zona di confine tra i due comuni e ad una distanza media, in linea d'aria e approssimativamente, a 14,7 km in direzione EST-NORD EST dal centro abitato di Lavello (PZ) ed a 7 km in direzione NORD dal centro abitato di Montemilone (PZ) (Figura 1).

La scelta di tale sito è avvenuta:

- ▲ a valle di una serie di considerazioni e di verifiche tenendo conto dei seguenti aspetti:
  - *Caratteristiche anemologiche del sito;*
  - *Tipologia di terreno*, in particolare si analizzano le condizioni idrogeologiche per escludere la presenza di eventuali fenomeni erosivi che possano portare a condizioni di instabilità del terreno;
- ▲ Cercando di minimizzare gli impatti su:
  - *Orografia*, con minor numero di scavi e riporti possibile;
  - *Paesaggio*, in particolar modo riguardo l'impatto percettivo cercando di optare per strutture, tecnologie e colori tali da favorire un inserimento morbido dell'impianto nel paesaggio;
  - *Viabilità*, sfruttando al massimo la viabilità locale già esistente minimizzando quindi la costruzione di nuove.

❏ . . . ❏ . . . \_\_\_\_\_ . . . ❏ . . . ❏

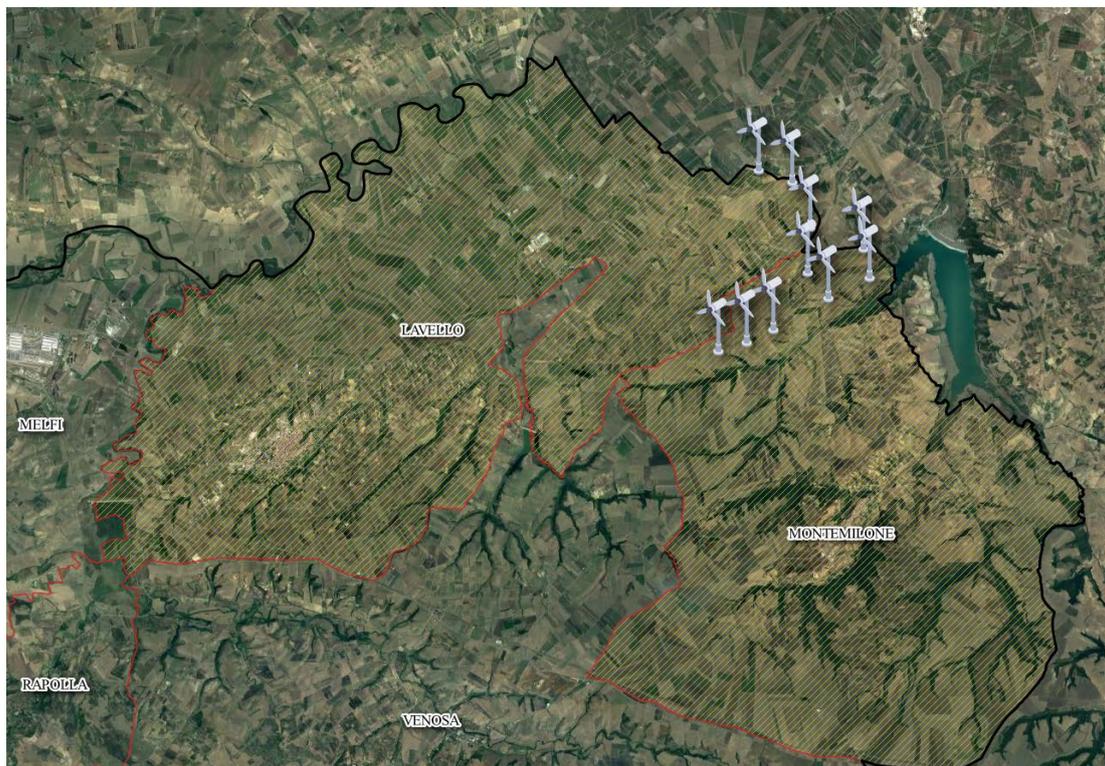


Figura 1: Inquadramento dell'area di realizzazione dell'impianto di 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 45 MW nell'agro dei comuni di Lavello e Montemilone. Base Google Satellite

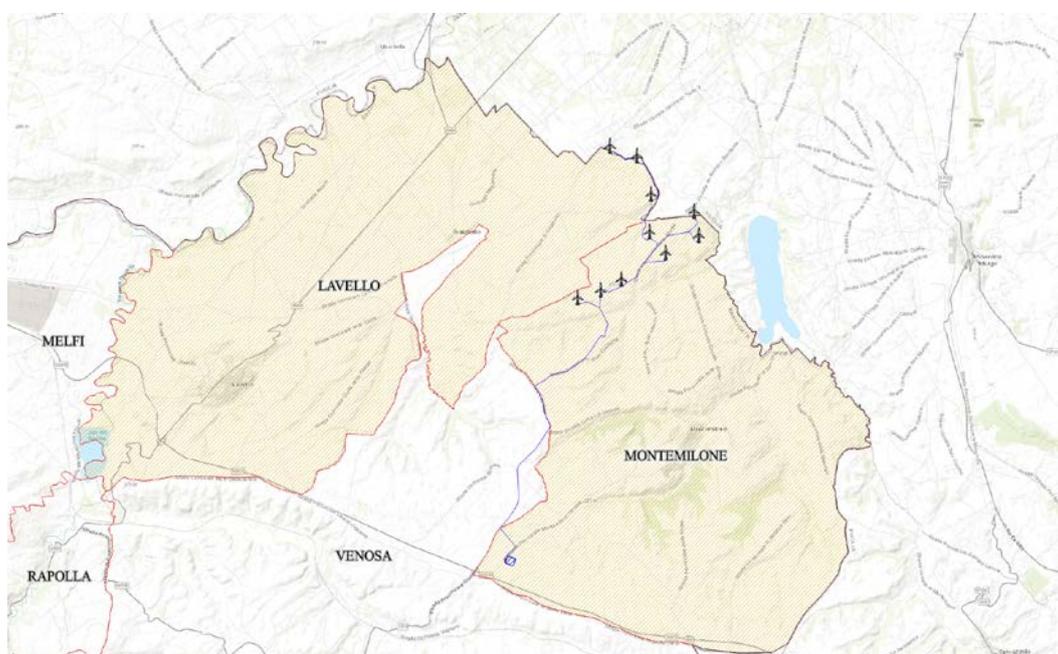


Figura 2: Inquadramento dell'area di realizzazione dell'impianto di 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 45 MW nell'agro dei comuni di Lavello e Montemilone. Base ESRI World Topo

La superficie complessiva del parco è pari a circa 75 ha.

✘ . . . . ✘ . . . . \_\_\_\_\_ . . . . ✘ . . . . ✘

Le altezze sul livello del mare e le coordinate di ciascun aerogeneratore (WTG), fornite nel sistema di riferimento UTM WGS84, sono riportate nella Tabella 1.

	UTM WGS 84 Lon. Est [m]	UTM WGS84 Lat. Nord [m]	H s.l.m [m]
WTG01	579'028	4'551'599	219
WTG02	579'919	4'551'298	176
WTG03	580'369	4'550'094	210
WTG04	581'770	4'549'545	243
WTG05	581'923	4'548'791	237
WTG06	580'322	4'548'913	254
WTG07	580'843	4'548'248	253
WTG08	579'411	4'547'419	284
WTG09	578'722	4'547'075	302
WTG10	577'988	4'546'842	288

Tabella 1: coordinate dell'impianto da progetto nel sistema di riferimento UTM WGS84

---

*I. Descrizione viabilità accesso*

---

L'accesso all'area del parco eolico di progetto è assicurato da diversi punti tramite la presenza della Strada Provinciale 52 "Lavello-Minervino" o anche dal lato nord tramite la Strada Provinciale 78 "di Gaudiano" e dal lato sud tramite la Strada Provinciale 21 "delle Murge" raggiungibili dalla SS655 e dalla SS93.

Sono inoltre previste strade di nuova realizzazione che verranno predisposte per facilitare l'accesso alle turbine.

---

**| A | AUTORITY PROPONENTE E AUTORITY COMPETENTE**

---

L'autorità proponente il progetto di realizzazione di parco eolico da 45 MW nell'agro dei comuni di Lavello e Montemilone è la Giglio Energy S.R.L. con sede legale in Via del Seminario Maggiore 115, 85100 - Potenza (PZ); P.IVA 2096090762.

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

L'Autorità competente per l'approvazione/autorizzazione del progetto risulta essere il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Direzione Generale per le Valutazioni e le Autorizzazioni Ambientali; ovviamente si fa riferimento anche alla Regione Basilicata - Dipartimento Ambiente ed Energia - Ufficio Compatibilità Ambientale.

## DESCRIZIONE DEL PROGETTO

---

Il futuro impianto da realizzare su proposta della Giglio Energy S.R.L. si compone di:

- N°10 aerogeneratori;
- Opere civili, tra cui:
  - *Fondazioni delle turbine*, da realizzare in calcestruzzo armato con relativo impianto di messa a terra;
  - *Piazzole provvisorie* (di montaggio e di stoccaggio), per il montaggio delle gru a loro volta funzionali al montaggio delle turbine e per allocazione temporanea dei vari elementi delle turbine stesse;
  - *Piazzole definitive*, funzionali all'accesso e alla manutenzione della turbina stessa;
  - *Viabilità* per l'accesso all'impianto, adeguamento della viabilità già esistente o realizzazione di nuova.
- Opere elettriche, tra cui:
  - *Cavo interrato in MT da 30 kV*, di collegamento tra gli aerogeneratori e da questi ultimi alla stazione di trasformazione 30/150 kV;
  - *Stazione di trasformazione 30/150 kV* completa di relative apparecchiature ausiliarie (quadri, sistemi di controllo e protezione, trasformatore ausiliario);
  - *Cavo in AT da 150 kV* di collegamento dalla stazione di trasformazione suddetta fino al punto di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

### |A| AEROGENERATORI

---

Gli aerogeneratori scelti costituiscono la soluzione tecnologica più diffusa nella costruzione di impianti di energia da fonte eolica, ossia quelli ad asse orizzontale (HAWT - Horizontal Axis Wind Turbines); essi si compongono di una torre tubolare alta e snella in acciaio in cima alla quale viene posizionato il rotore tripala con navicella in vetroresina responsabile della

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

captazione del vento e quindi della produzione di energia elettrica. Opportuni serbatoi d'olio in pressione garantiscono l'energia idraulica necessaria a ruotare anche in condizioni di emergenza (mancanza di alimentazione elettrica). Per quanto riguarda la fermata dell'aerogeneratore per motivi di sicurezza, avviene ogni volta che la velocità del vento supera i 25 m/s. A rotore fermo, un ulteriore freno sull'albero principale ne assicura il blocco in posizione di "parcheggio". La protezione della macchina contro i fulmini è assicurata da captatori metallici situati sulla punta di ciascuna pala, collegati a terra attraverso la struttura dell'aerogeneratore. L'energia cinetica generata dal vento e raccolta dalle pale viene utilizzata per mantenere in rotazione l'albero principale, su cui il rotore è inserito, poi attraverso il moltiplicatore di giri, l'energia cinetica dell'albero principale viene trasferita al generatore e trasformata in energia elettrica. Il sistema di controllo dell'aerogeneratore misura in modo continuo la velocità e la direzione del vento, nonché i parametri elettrici e meccanici dell'aerogeneratore.

Il modello scelto per l'impianto da realizzarsi nei comuni di Lavello e Montemilone è il *modello Siemens Gamesa SG170* di potenza nominale pari a 4,5 MW per una potenza complessiva di impianto di 45 MW.

Il diametro del rotore è di 170 m e altezza della torre 115 m.

Segue tabella riassuntiva con le caratteristiche tecniche del modello *Siemens Gamesa SG170*.

Potenza nominale	4,5 MW
Diametro rotorico	170 m
Altezza torre	115 m
Tipo di torre	Tubolare
Numero di pale	3
Velocità di rotazione nominale	Compresa tra 4.9 e 12.6 rpm
Velocità di attivazione-bloccaggio	3 - 25 m/s
Sistema di controllo	Pitch (inclinazione regolata a velocità variabile)
Tipo di generatore elettrico	A magneti permanenti
Tensione nominale	660 V
Frequenza	50/60 Hz
Livello di potenza sonora	≤ 104 dB(A)

Tabella 2: Caratteristiche tecniche del modello Siemens SG170

✘ . . . . ✘ . . . . \_\_\_\_\_ . . . . ✘ . . . . ✘

## |B| *OPERE CIVILI*

---

### *I. Fondazioni*

---

A partire da indagini sul terreno di tipo geognostica, geologica idrogeologica e sismica si è potuta accertare la fattibilità geologica e geotecnica delle opere previste e la tipologia di fondazioni per cui optare se di tipo diretto o su pali (elemento da appurare in fase esecutiva con almeno un sondaggio per aerogeneratore).

L'iter di realizzazione dei plinti di fondazione prevede, dopo la rimozione della copertura vegetale del terreno (scotico e livellamento), lo scavo fino alla quota imposta della fondazione per la posa della base circolare e dell'armatura di ferro.

Verranno posati appositi conduit plastici che spunteranno dal basso, alla base della turbina, e che saranno funzionali all'allocazione dei cavi elettrici di comando e controllo di interconnessione delle apparecchiature e per il collegamento di messa a terra.

### *II. Piazzole*

---

Terminate le fondazioni si realizzano le piazzole per l'accesso e la manutenzione periodica delle macchine. Queste possono essere di montaggio, di stoccaggio e temporanee.

Mentre nella piazzola di montaggio viene posizionata la gru per il montaggio della turbina (che verrà assemblata pezzo per pezzo), le piazzole di stoccaggio e temporanee sono adibite, nella sola fase di cantiere, alla posa degli elementi costituenti la turbina e al montaggio della gru o alla posa delle pale in attesa che queste vengano montate.

Tutte verranno realizzate con tracciatura, scotico, scavo e riporto, livellamento e compattazione.

Terminata la fase di cantiere, la piazzola di montaggio sarà ridimensionata per consentire l'accesso e la manutenzione degli aerogeneratori mentre le piazzole di stoccaggio e temporanee saranno eliminate con il ripristino dello stato dei luoghi (rinaturalizzazione del terreno di modo che sia riportato, quanto più possibile, alla situazione antecedente alla fase di cantiere).

La piazzola sarà collegata con le strade locali mediante una bretella di accesso alla stessa.

### *III. Viabilità*

---

La viabilità per il raggiungimento dell'impianto consiste nella realizzazione di nuove strade e/o adeguamento della viabilità esistente (strade comunali, vicinali e interpoderali).

✠ . . . ✠ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✠ . . . ✠

Per consentire il passaggio dei mezzi di trasporto speciali (funzionali al trasporto degli elementi costituenti la turbina) le strade nuove/adequate devono avere una serie di caratteristiche quali adeguata larghezza curvatura e pendenza oltreché una certa resistenza per sopportare il carico notevole dei mezzi al loro passaggio.

Se la viabilità esistente non possiede i requisiti necessari, saranno eseguiti una serie di interventi quali: consolidamento e adeguamento del fondo stradale, allargamento delle curve, abbattimento temporaneo e ripristino di eventuali palizzate e/o recinzioni in filo spinato, modifica di argini stradali esistente ecc...

Tali interventi temporanei di adeguamento, terminata la fase di cantiere, saranno ripristinati alla condizione "ante-operam".

I nuovi tratti di viabilità saranno realizzati con le caratteristiche richieste e comunque con materiali drenanti (a differenza dei tratti già esistenti che presentano una pavimentazione bituminosa) per uno spessore non inferiore a 50 cm. Tutti gli interventi saranno eseguiti riducendo al minimo eventuali movimenti di terra e seguendo l'andamento topo-orografico del sito.

Per gli adeguamenti/nuove realizzazioni si utilizza, se possibile, parte del materiale di scavo proveniente dalla realizzazione delle fondazioni: la restante parte sarà adeguatamente smaltita secondo le disposizioni della normativa vigente (D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii).

## |C| OPERE ELETTRICHE

---

### I. Cavidotto in MT

---

Gli aerogeneratori sono collegati tra di loro e con la stazione di trasformazione 30/150 kV, tramite cavidotto in MT (Media Tensione): ciascun aerogeneratore comprende un generatore sincrono a magneti permanenti collegato al rispettivo trasformatore MT/BT di macchina posto all'interno della base della torre. I gruppi di generazione sono tra loro connessi attraverso una linea in MT a 30 kV, realizzata in cavo con collegamento di tipo "entra-esce". L'energia prodotta dalle turbine viene poi convogliata, tramite un cavidotto in MT a 30 kV, alla stazione di trasformazione MT/AT per il successivo collegamento, tramite un cavidotto in AT a 150 kV, al punto di connessione con la RTN. Si specifica che il cavidotto in MT viene generalmente posto parallelamente alla rete viaria già esistente (di modo da non intervenire

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

con modifiche eccessive della morfologia del terreno) e interrato annullando l'impatto percettivo che potrebbe generare. In casi particolari come l'intersezione con linee di impluvio o rete di tratturi o della stessa rete viaria, onde evitare di andare a modificarne la morfologia, si esegue l'interramento del cavidotto con la TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata).

Il cavidotto generalmente viene interrato assieme alla fibra ottica e al dispersore di terra a corda di rame; mentre la fibra ottica serve per il monitoraggio e il telecontrollo degli aerogeneratori, il dispersore di terra a corda (che collega gli impianti di terra dei singoli aerogeneratori) serve a diminuire le tensioni di passo e di contatto e a disperdere le correnti dovute a fulminazioni.

Lo scavo per la posa del cavidotto prevede la realizzazione di una sezione obbligata di profondità pari a 1.20 m.

## *II. Stazione di trasformazione MT/AT*

L'energia prodotta dagli aerogeneratori viene convogliata dal cavidotto in MT sino alla stazione di trasformazione elettrica MT/AT la cui ubicazione viene determinata a valle dell'individuazione del punto di connessione e realizzata in prossimità della strada esistente. L'impianto è principalmente costituito da:

- N° 1 montante di linea/trasformazione MT/AT, 30/150 KV composto dai seguenti dispositivi elettrici: trasformatore, scaricatori di sovratensione, trasformatori di corrente, interruttori, sezionatore;
- N° 1 edificio comandi;
- N°1 edificio ad uso del turbinista;
- N° 4 torri faro.

L'accesso alla sottostazione sarà di larghezza tale da consentire il transito agli automezzi (necessari per la costruzione e la manutenzione periodica) e sarà dotata al contempo di un ingresso pedonale indipendente al locale di misura.

All'interno della recinzione vi sono dei fabbricati costituiti da un edificio promiscuo a pianta rettangolare e composto da:

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

- un locale comando - controllo - telecomunicazioni: il sistema di controllo permette, tra le tante cose, l'acquisizione/inoltro dati oltreché l'esecuzione di manovre di riduzione di potenza o disconnessione imposti da TERNA gestibili da una o più postazioni da remoto;
- un locale controllo aerogeneratori;
- un vano misure all'interno del quale sono allocati i contatori adibiti alla misura commerciale e fiscale dell'energia elettrica.

---

### *III. Cavo in AT*

---

Per finire la sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT si collega direttamente, tramite cavidotto AT di lunghezza pari a circa 70 m, alla stazione di smistamento della RTN.

Il cavidotto AT viene interrato e allocato in uno scavo adeguatamente riempito di modo che sia posto ad una quota di circa 1.70 m inferiore al piano campagna.

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

## EMISSIONI DOVUTE AI MATERIALI E ALLA MESSA IN OPERA DELL'IMPIANTO

---

---

Le sorgenti di polveri diffuse individuate si riferiscono essenzialmente ad attività e lavorazioni di materiali inerti quali pietra, ghiaia, sabbia, quindi calcestruzzo, ecc.

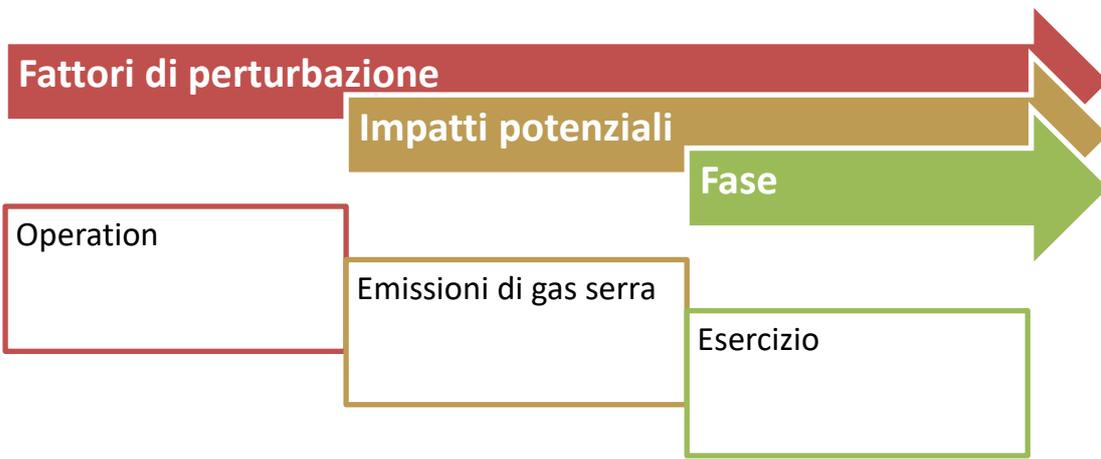
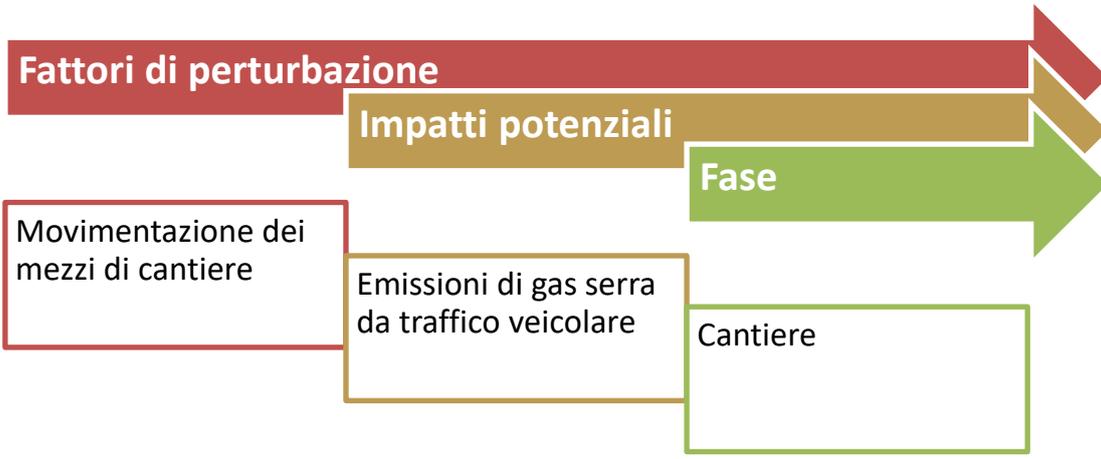
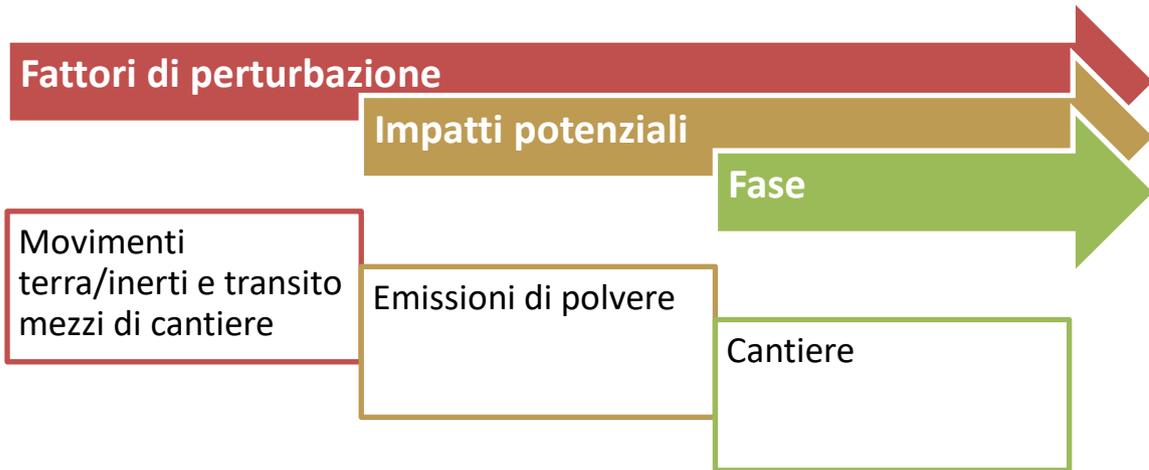
Le operazioni esplicitamente considerate sono le seguenti (in parentesi vengono indicati i riferimenti all'AP-42 dell'US-EPA):

- 1) Processi relativi alle attività di frantumazione e macinazione del materiale e all'attività di agglomerazione del materiale (*AP-42 11.19.2*)
- 2) Scotico e sbancamento del materiale superficiale (*AP-42 13.2.3*)
- 3) Formazione e stoccaggio di cumuli (*AP-42 13.2.4*)
- 4) Erosione del vento dai cumuli (*AP-42 13.2.5*)
- 5) Transitio di mezzi su strade non asfaltate (*AP-42 13.2.2*)
- 6) Utilizzo di mine ed esplosivi (*AP-42 11.9*) [in cava].

Queste operazioni sono state valutate e caratterizzate secondo i corrispondenti modelli US-EPA o gli eventuali fattori di emissione proposti nell'AP-42, con opportune modifiche/specificazioni/semplificazioni in modo da poter essere applicati ai casi di interesse.

Ai fini della trattazione del progetto oggetto del presente studio, i fattori di perturbazione che si andranno a considerare sono quelli aventi un impatto non nullo, in particolare potremmo schematizzare i fattori di perturbazione e dei potenziali impatti presi in considerazione per la componente atmosfera come segue:

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘



✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

In fase di esercizio non si prevedono impatti negativi connessi con le emissioni di polvere o inquinanti poiché le attività previste, essenzialmente riconducibili ad interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, sono da ritenersi trascurabili. Si prevedono, di contro, effetti positivi in termini di riduzione delle emissioni di gas serra per effetto della sostituzione di energia prodotta da fonte non rinnovabile.

I fattori di perturbazione che non sono stati presi in considerazione poiché non esercitano alcuna azione alterante nei confronti della qualità dell'aria sono:

- la movimentazione di mezzi/veicoli;
- la stagnazione prolungata dell'acqua all'interno dei settori di cantiere/impianto.

Per la movimentazione di mezzi/veicoli, l'impatto potenziale è l'alterazione del clima e viene considerato trascurabile poiché le attività previste sono tali che le emissioni di gas serra stimabili per i mezzi e le attrezzature impiegate non determinano alterazioni del clima; mentre per la stagnazione prolungata dell'acqua all'interno dei settori di cantiere/impianto l'impatto potenziale è l'emissione di sostanze odorigene e viene trascurato poiché la realizzazione delle strade e piazzole a regola d'arte porta ad avere una puntuale sagomatura del piano che evita la formazione di ristagni d'acqua.

## | A | *IMPATTI IN FASE DI CANTIERE*

---

In tale fase sono riconoscibili effetti derivanti dai movimenti terra per la realizzazione e sistemazione della viabilità di servizio e delle piazzole, oltre che dal transito dei mezzi di cantiere.

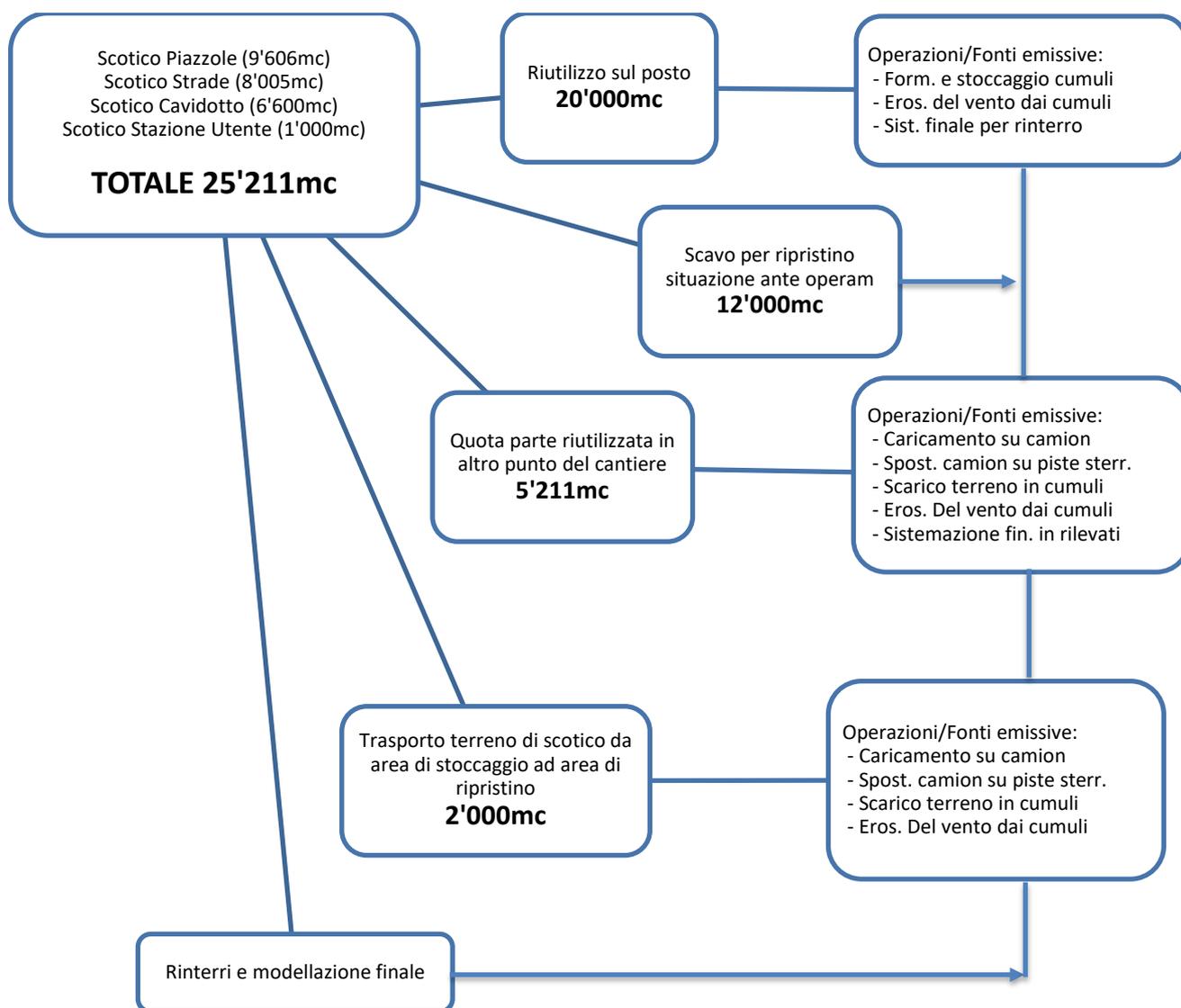
La generazione di polveri può essere attribuita principalmente alle seguenti attività:

- Alle operazioni di movimento terra (scavi, deposito terre da scavo riutilizzabili, ecc.);
- Ai trasporti interni da e verso l'esterno (conferimento materie prime per la realizzazione delle strade, spostamenti dei mezzi di lavoro, ecc.) su strade e piste non pavimentate.

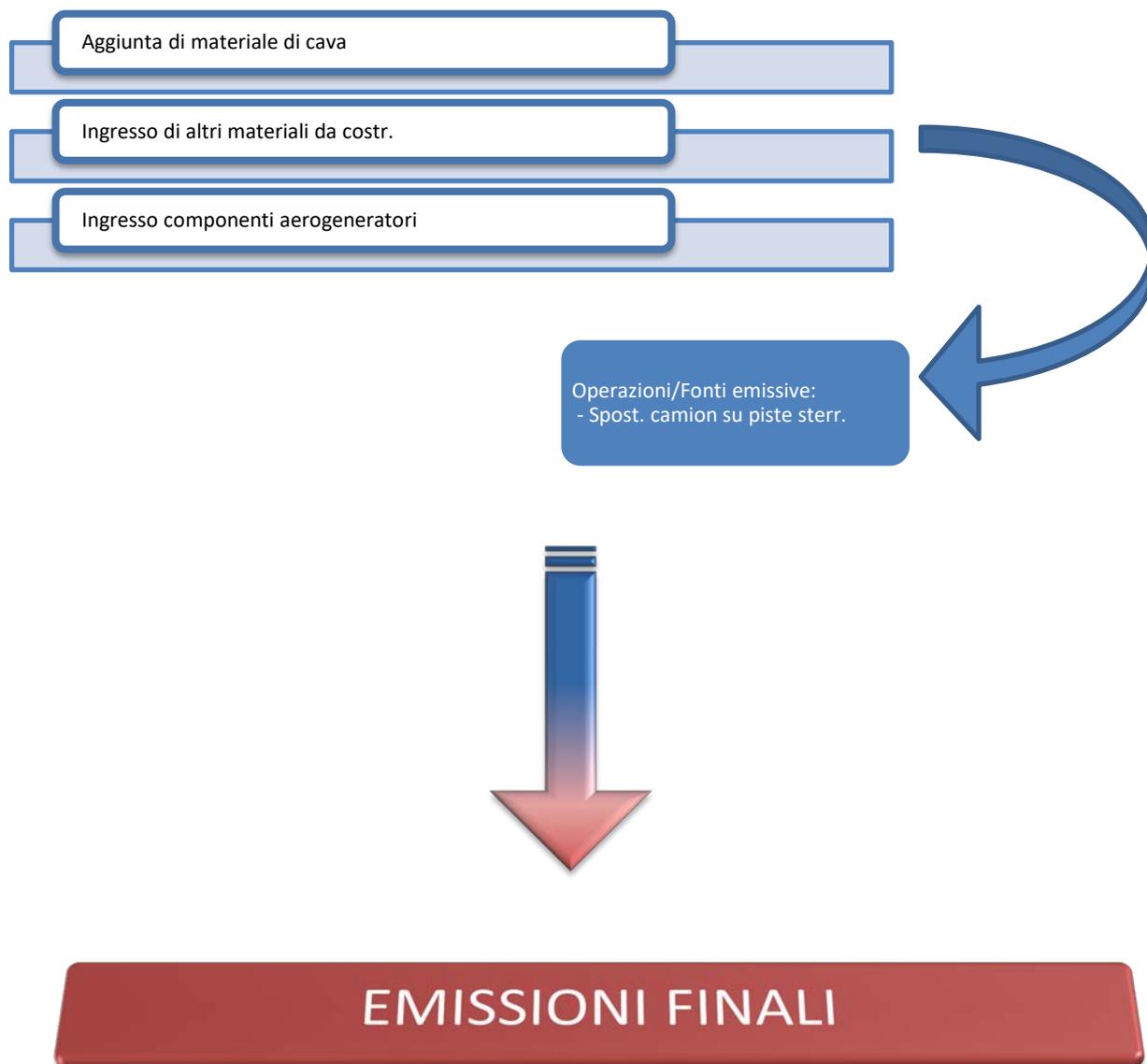
⌘ . . . . ⌘ . . . . \_\_\_\_\_ . . . . ⌘ . . . . ⌘

Tra le sorgenti di polveri sono ritenuti trascurabili i motori delle macchine operatrici, oltre che quelle dovute al sollevamento di polveri durante il transito sulle piste asfaltate (Barbaro A. et al., 2009), che in ogni caso sono abbattute con sistemi di pulizia delle ruote dei mezzi in uscita dall'area di cantiere.

Ai fini delle emissioni sono state considerate le seguenti operazioni/fonti emmissive, con i relativi quantitativi di materiale:



✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘



Le emissioni sono state stimate a partire da una valutazione quantitativa delle attività svolte nei cantieri, tramite opportuni fattori di emissione derivati da "Compilation of air pollutant emission factors" - E.P.A. - Volume I, Stationary Point and Area Sources (Fifth Edition) e riportati all'interno di linee guida prodotte da Barbaro A. et al. (2009) per la Provincia di Firenze.

Ai fini delle valutazioni sono stati presi in considerazione i seguenti parametri di base.

⌘ . . . . ⌘ . . . . \_\_\_\_\_ . . . . ⌘ . . . . ⌘

ID	Parametro	U.M.	Val.	Note
a	Peso specifico del terreno	[Mg/m³]	1.5	Barbaro A. et al., 2009
b	Ore giornaliere di lavoro	[hh/g]	8	Giornata lavorativa standard
c	Durata cantiere	[gg]	180	Cronoprogramma
d	Media km su strade non pavimentate	[km]	1.6	796 m A+R
e	Larghezza lavorazione scotico superf.	[m]	3.19	Barbaro A. et al., (2009)
f	Profondità di lavorazione scotico sup.	[m]	0.3	Relazione tecnica
g	Peso specifico stabilizzato	[Mg/m³]	2	
h	Peso specifico sabbione	[Mg/m³]	1.7	
i	Contenuto di limo	[%]	7.5	AP-42 cap. 13.2.4
j	Umidità del suolo	[%]	4.8	Max valore range ex AP-42 cap. 13.2.4
k	Velocità del vento a 25 m dal suolo	[m/s]	5	RSE – Altaeolico
l	Peso medio mezzi	[Mg]	28	16t a vuoto + 24t di carico max (Barbaro A. et al., 2009)
m	Altezza dei cumuli	[m]	2	Barbaro A. et al. (2009)
n	Raggio della base dei cumuli	[m]	3.4	Calcolato considerando il volume di terreno per singolo carico
o	Rapporto H/D	[m/m]	0.4	Cumuli alti (Barbaro A. et al., 2009)
p	Sup. esterna cumulo da 24t	[m²]	30	Valore calcolato

Tabella 3: parametri di base cantieri

Per ogni attività è stata valutata l'incidenza oraria media, rapportando i quantitativi di materiale coinvolti per l'intera durata delle attività di costruzione dell'impianto e le ore lavorative quotidiane, anche se non tutte le attività vengono espletate contemporaneamente.

#### 1.A.1. EMISSIONI DERIVANTI DALLO SCOTICO SUPERFICIALE ED ALTRI SCAVI

Per questa fase è stato preso in considerazione lo scotico di uno strato pari a 30 cm di terreno per la realizzazione delle piazzole di montaggio, l'integrazione della viabilità di servizio, per cavidotto e areale stazione utenza per complessivi ca. 25'211mc di materiale, cui si aggiungono circa 81'692mc di scavi oltre lo strato di 30 cm di profondità per le stesse aree di cui sopra, oltre agli scavi per le fondazioni e per le tracce dei cavidotti (che avviene sostanzialmente su viabilità esistente o realizzata ex-novo, pertanto senza necessità di un ulteriore scotico).

Per la fase di scotico si è ipotizzato che la rimozione del materiale superficiale avvenga mediante ruspa cingolata, la quale lo accumula temporaneamente sul posto. La ruspa, dovendo rimuovere mediamente 17.50 mc/h (180gg di lavoro) durante tutta la fase di cantiere, effettua un lavoro su un tratto lineare di 0.008 km/h provocando l'emissione di circa 5.7 kgPTS/km.

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

Per gli altri scavi, mediamente consistenti in 14 mc/h (pari a circa 21 Mg/h considerando un peso specifico del terreno pari a 1.5 t/mc), non esiste un fattore di conversione specifico; tuttavia, in accordo con quanto riportato dai citati Barbaro A. et al. (2009) si è considerato il valore associato al SCC 3-05- 027-60 Sand Handling, Transfer and Storage in industrial Sand and Gravel, pari a  $5.9 \times 10^{-4}$  kgPTS/t.

In entrambi i casi, la suddivisione delle polveri totali in  $PM_{10}$  e  $PM_{2.5}$  è stata effettuata considerando un'incidenza delle  $PM_{10}$  pari al 60% (Barbaro A. et al., 2009).

### 1.A.2. FORMAZIONE E STOCCAGGIO DEI CUMULI

---

Per la quota parte di terreno riutilizzata sul posto (circa 5'211 mc), subito dopo lo scavo è stata considerata l'emissione di polveri derivante dalla movimentazione subita per dare luogo ai cumuli temporanei. Si tratta di un'operazione le cui emissioni sono state definite in AP-2 cap. 13.2.4 e dipendono dal contenuto percentuale di umidità del terreno e la velocità del vento, secondo la seguente relazione:

$$EF_i(\text{kg/Mg}) = k_i(0.0016) \frac{\left(\frac{u}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$$

Dove:

- $i$  è il particolato (PTS,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ )
- $EF_i$  è il fattore di emissione relativo all' $i$ -esimo particolato (PTS,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ );
- $K_i$ , è un coefficiente che dipende dalle dimensioni del particolato;
- $U$  è la velocità del vento in m/s;
- $M$  è il contenuto percentuale di umidità.

Di seguito i valori di  $k_i$ :

✂ . . . . ✂ . . . . \_\_\_\_\_ . . . . ✂ . . . . ✂

Particolato	PTS
PTS	0.74
PM <sub>10</sub>	0.35
PM <sub>2.5</sub>	0.11

Tabella 4: valori del coefficiente del particolato

In proposito Barbaro A. et al. (2009) osservano che, a parità di contenuto di umidità e dimensione del particolato, le emissioni corrispondenti ad una velocità del vento pari a 6 m/s (più o meno il limite superiore di impiego previsto del modello) risultano circa 20 volte maggiori di quelle che si hanno con velocità del vento pari a 0.6 m/s (più o meno il limite inferiore di impiego previsto del modello). Alla luce di questa considerazione appare ragionevole pensare che se nelle normali condizioni di attività (e quindi di velocità del vento) non si crea disturbo con le emissioni di polveri, in certe condizioni meteorologiche caratterizzate da venti intensi, le emissioni possano crescere notevolmente tanto da poter da luogo anche a disturbi nelle vicinanze dell'impianto.

Nel caso in esame è stato preso in considerazione un contenuto di umidità pari al 4.8% (inferiore al contenuto di umidità standard riportato per gli scavi da AP-42 cap. 11.9.3) ed una velocità del vento pari a 5 m/s (velocità media del vento a 25 m dal suolo nell'area di interesse secondo RSE - Atlaeolico).

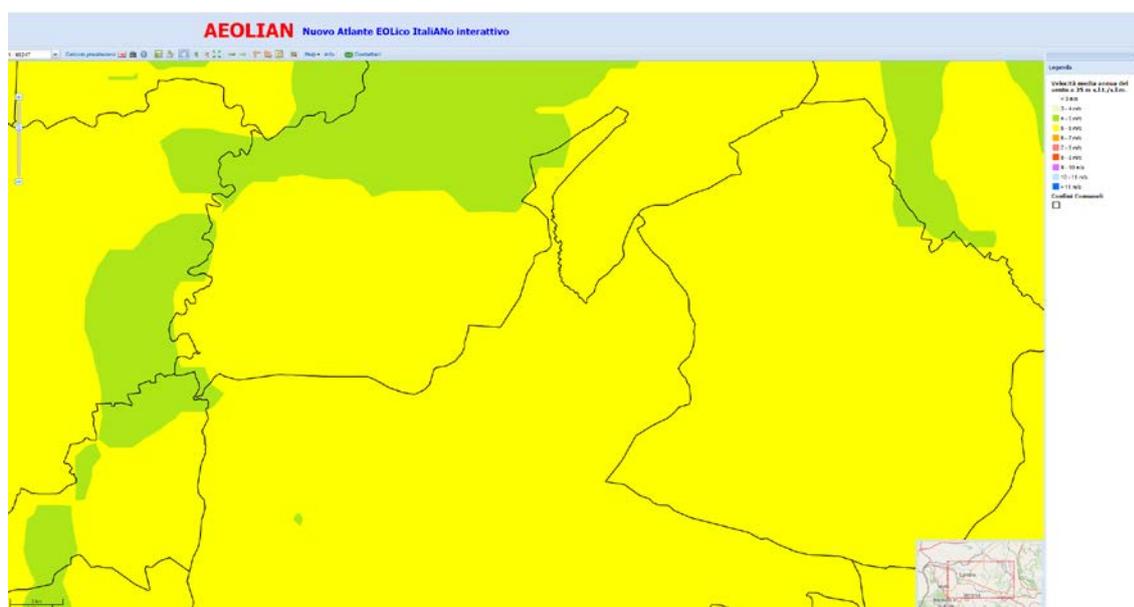


Figura 2: Inquadramento dell'area di realizzazione dell'impianto con riferimento all'umidità

✂ . . . ✂ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✂ . . . ✂

Ai fini del calcolo, tenendo conto della durata della fase di cantiere e delle ore giornaliere di lavoro, è stata considerata una movimentazione di terreno mediamente pari a circa 4mc/h, corrispondenti a circa 6 Mg/h.

#### *1.A.3. CARICAMENTO SU CAMION DEL MATERIALE DERIVANTE DAGLI SCAVI*

---

Questa operazione è stata valutata per:

- la quota parte di terreno non riutilizzata sul posto, ovvero il materiale accantonato in diverso punto del cantiere (circa 2'000 mc), per il successivo utilizzo ai fini del ripristino ambientale delle aree;
- Il trasporto terreno di scotico da area di stoccaggio ad area di ripristino

Il fattore di emissione utilizzato corrisponde al SCC 3-05-025-06 Bulk Loading presente in Construction Sand and Gravel, pari a  $1.20 \times 10^{-3}$  kgPM10/t.

Nel caso di specie, ferma restando la durata delle operazioni di cantiere e le ore lavorative giornaliere, si prevede di caricare su camion una quantità di terreno pari a 1.5 mc/h (2.5 Mg/h) per il terreno da utilizzare ai fini del ripristino.

#### *1.A.4. TRASPORTO DEL MATERIALE CARICATO E DEGLI ALTRI MATERIALI EDILI SU PISTE NON PAVIMENTATE*

---

Ai fini del calcolo delle emissioni si è fatto ricorso al modello emissivo proposto nel paragrafo 13.2.2 Unpaved roads dell'AP-42. Come riportato da Barbaro A. et al. (2009), il rateo emissivo orario risulta proporzionale al volume di traffico, con particolare riferimento al peso medio dei mezzi percorrenti la viabilità, ed al contenuto di limo del fondo stradale, secondo la seguente relazione:

✂ . . . . ✂ . . . . \_\_\_\_\_ . . . . ✂ . . . . ✂

$$EF_i(\text{kg/km}) = k_i \cdot (s/12)^{a_i} \cdot (W/3)^{b_i}$$

Dove:

- $i$  è il particolato (PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)
- $EF_i$  è il fattore di emissione relativo all' $i$ -esimo particolato (PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>);
- $s$  è il contenuto di limo del suolo in percentuale in massa (%)
- $W$  è il peso medio del veicolo (t)
- $K_i$ ,  $a_i$  e  $b_i$  sono coefficienti che variano a seconda del tipo di particolato ed i cui valori sono riportati nella tabella seguente.

Costante	PTS	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
<b>K</b>	<b>1.38</b>	<b>0.423</b>	<b>0.0423</b>
<b>a</b>	<b>0.7</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>
<b>b</b>	<b>0.45</b>	<b>0.45</b>	<b>0.45</b>

Tabella 5: Tabella valori delle costanti

Come evidenziato in precedenza, il peso medio dei mezzi che percorrono le piste non pavimentate è calcolato tenendo conto del peso a veicolo vuoto ed a pieno carico.

Nel caso di specie si è ipotizzato che le distanze mediamente percorse su piste non pavimentate siano pari a circa 10 km, ovvero 5km andata e ritorno. Inoltre, nell'ambito di questa attività, oltre ai mezzi che trasportano il materiale derivante dagli scavi sono stati presi in considerazione anche quelli che dall'esterno conferiscono materiali e componenti dell'impianto dall'esterno (componenti degli aerogeneratori, cavi, misto di cava, ecc.). Tali materiali, ancorché non polverulenti, incidono sulle emissioni di polveri poiché transitano, come carico di camion, sulle piste non pavimentate.



✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

Per quanto riguarda gli aerogeneratori, si prevede che per il trasporto di ognuno di essi siano necessari 11 trasporti (1 navicella, 3 pale, 5 sezioni torre, 1 drive train, 1 mozzo).

Il numero dei mezzi in transito e, di conseguenza, dei chilometri percorsi nell'unità di tempo è riportato di seguito.

Trasporto	N. Viaggi	Viaggi/Giorno	Viaggi/ore	Km totali	Km/giorno	Km/h
<b>Materiale da escavazione non riutilizzato sul posto</b>	<b>260</b>	<b>1.60</b>	<b>0.20</b>	<b>2600</b>	<b>14.45</b>	<b>1.81</b>
<b>Materiale esterno (cava)</b>	<b>1000</b>	<b>5.60</b>	<b>0.70</b>	<b>10000</b>	<b>55.55</b>	<b>6.94</b>
<b>Componenti eolici</b>	<b>110</b>	<b>0.56</b>	<b>0.07</b>	<b>1100</b>	<b>6.11</b>	<b>0.76</b>
<b>TOTALE</b>	<b>1370</b>	<b>7.76</b>	<b>0.97</b>	<b>13700</b>	<b>76.11</b>	<b>9.51</b>

Tabella 6: Numero dei mezzi in transito e, di conseguenza, dei chilometri percorsi nell'unità di tempo è riportato di seguito

#### 1.A.5. EROSIONE DEL VENTO DAI CUMULI

In accordo con quanto descritto da Barbaro A. et al. (2009) è stato ipotizzato che ogni camion, in fase di scarico, formi dei cumuli di forma conica di volume pari alla capacità massima di carico ed altezza pari a 2 metri.

In virtù di tali ipotesi è stato calcolato il raggio della circonferenza di base dei coni e la superficie esterna. In virtù dei quantitativi di materiale estratto, è stata calcolata la superficie che viene mediamente manipolata nell'unità di tempo.

Per il caso in esame, sono stati presi in considerazione solo i volumi di terreno provenienti da scavo, inclusi quelli riutilizzati in loco e pertanto una superficie che, sulla base delle elaborazioni sopra descritte, risulta essere pari a ca. 12.06 m<sup>2</sup>/h per i terreni riutilizzati in loco e 4.62 m<sup>2</sup>/h per i terreni riutilizzati in altro punto del cantiere per i ripristini.

Il rapporto altezza/diametro dei cumuli è superiore a 0.2, soglia oltre la quale gli stessi si considerano alti e cambiano i fattori di emissione presenti di cui alle linee guida EPA AP-42, cap. 13.2.5 (Barbaro A. et al., 2009).

Rapporto H/D	PTS	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
<b>Cumuli alti (H/D &gt; 0.2)</b>	<b>1.6E-05</b>	<b>7.9E-06</b>	<b>1.26E-06</b>
<b>Cumuli bassi (H/D ≤ 0.2)</b>	<b>5.1E-04</b>	<b>2.5E-04</b>	<b>3.8E-05</b>

Tabella 7: Rapporto altezza/diametro dei cumuli

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

#### *1.A.6. SISTEMAZIONE FINALE DEL TERRENO*

---

Il rinterro del materiale di scavo riutilizzato sul posto, la sistemazione finale e quello accantonato in altro punto del cantiere e poi eventualmente riutilizzato producono emissioni che sono state stimate secondo il fattore di emissione SCC 3-05-010-48 Overburden Replacement, pari a  $3.0 \times 10^{-3}$  kgPM<sub>10</sub>/t.

Nel caso di specie i quantitativi orari presi in considerazione sono 3.61 mc/h per il terreno da rinterrare sul posto e a 1.38 mc/h per il terreno accantonato in altro punto nel cantiere ed eventualmente riutilizzato per i ripristini.

#### *| B | MISURE DI MITIGAZIONE PER IMPATTI IN FASE DI CANTIERE*

---

Le misure di mitigazione che saranno adottate in fase di cantiere, soprattutto ai fini dell'abbattimento delle polveri attivate attraverso le lavorazioni/movimentazioni sopra esposte, sono:

- impianto di lavaggio delle ruote dei camion in uscita dal cantiere con idonea gestione delle eventuali acque reflue / rifiuti liquidi;
- compattazione delle piste di cantiere;
- limitazione della velocità sulle piste di cantiere;
- utilizzo di irroratori per limitare il sollevamento delle polveri;
- copertura dei carichi di materiali polverulenti e dei depositi di materiali polverulenti poco movimentati;

nonché si provvederà a:

- limitare per quanto possibile le altezze di getto dei materiali;
- privilegiare per quanto possibile e compatibilmente con le esigenze di natura aeronautica l'impiego di mastice d'asfalto e di bitumi a caldo con bassa tendenza di esalazione di fumo;
- privilegiare l'uso di carburanti a basso tenore di zolfo e usare veicoli omologati secondo la direttiva 2004/26/CE Fase IIIB o, in alternativa, veicoli muniti di filtri antiparticolato con certificazione VERT;

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

- eseguire la manutenzione periodica dei macchinari come previsto dalle case fornitrici;
- richiedere in sede di avvio del cantiere che l'appaltatore informi le maestranze di come comportarsi per ridurre le emissioni di cantiere.

## | C | CONCLUSIONE IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

---

Alla luce delle predette analisi, grazie ai sistemi di abbattimento indicati, le emissioni di polveri si manterranno al di sotto della soglia di percepibilità e pertanto non si evidenzia la necessità di ulteriori misure di mitigazione o attività di monitoraggio, trattandosi di valori comunque accettabili per il tipo di attività.

Pertanto l'impatto è ritenuto:

- Temporaneo, ovvero legato esclusivamente alla durata dei lavori, prevista in circa 6 mesi;
- In grado di diffondersi, nelle peggiori condizioni atmosferiche, poco oltre gli immediati dintorni del perimetro dell'area di cantiere, in presenza delle opportune misure di mitigazione;
- Di bassa intensità, oltre che con completa reversibilità ed incidente solo sui seminativi, ovvero su ambienti non troppo sensibili. Peraltro, in ambito agricolo, le emissioni di polveri derivanti dalle lavorazioni meccaniche dei terreni sono più che tollerate, poiché normalmente prodotte durante le lavorazioni sui terreni e sulle colture;
- Ridotto, in termini di numero di elementi vulnerabili poiché limitato ad un basso numero di abitazioni di campagna.

Si ritiene auspicabile l'adozione, quale misura di mitigazione, della bagnatura delle superfici e dei cumuli, poiché consente di ridurre l'impatto fino a valori più che accettabili, anche se ciò comporta il consumo di una certa quantità di risorsa idrica, dovendo peraltro affrontare problemi di gestione delle acque.

***I risultati delle simulazioni condotte evidenziano livelli emissivi accettabili, che non richiedono particolari attività di monitoraggio, tenendo conto sia della durata dei lavori che della distanza dai potenziali ricettori più prossimi.***

✂ . . . . ✂ . . . . \_\_\_\_\_ . . . . ✂ . . . . ✂

| D | *IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO*

In fase di esercizio, tralasciando le trascurabili emissioni di polveri ed inquinanti dovute alle operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria, la produzione di energia elettrica consente di evitare il ricorso a fonti di produzione inquinante.

In proposito, l'ISPRA (2019), ha calcolato quanto la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili determina una riduzione del fattore di emissione complessivo della produzione elettrica nazionale che nel 2017 e 2018 (per quest'ultimo anno i dati sono provvisori) è stato rispettivamente pari a 316,4 e 298,2 gCO<sub>2</sub>/kWh in media (dato che non comprende la produzione di calore).

Sulla base degli stessi dati, solo in termini di sostituzione di un impianto alimentato da fonti fossili, un impianto eolico consente di evitare la produzione di 492,9 gCO<sub>2</sub>/kWh prodotto (dati relativi al 2018) in media.

Anno	Produzione termoelettrica lorda (solo fossile)	Produzione termoelettrica lorda <sup>1</sup>	Produzione termoelettrica lorda e calore <sup>1,3</sup>	Produzione elettrica lorda <sup>2</sup>	Produzione di calore <sup>3</sup>	Produzione elettrica lorda e calore <sup>2,3</sup>	Consumi elettrici
1990	708,2	708,0	708,0	592,2	-	592,2	576,9
1995	681,6	680,6	680,6	561,3	-	561,3	547,2
2000	638,0	633,6	633,6	515,6	-	515,6	498,3
2005	582,6	571,4	513,1	485,0	239,0	447,4	464,7
2006	573,2	561,6	504,7	476,6	248,8	440,5	461,8
2007	557,7	546,2	493,6	469,2	248,3	434,8	453,4
2008	553,8	541,1	490,4	449,5	250,6	419,7	441,7
2009	545,8	527,5	478,7	413,5	259,2	390,6	397,6
2010	544,5	522,2	467,9	402,8	245,6	377,9	388,4
2011	546,5	520,5	459,2	394,2	226,4	366,3	377,7
2012	559,2	527,0	464,7	384,4	225,1	358,9	371,9
2013	555,2	505,8	438,0	337,8	217,3	317,2	327,1
2014	573,5	512,3	437,9	323,3	205,8	303,5	308,9
2015	542,8	487,9	424,2	331,7	218,5	312,0	314,3
2016	516,4	465,7	407,7	321,3	219,3	303,5	313,1
2017	491,0	445,5	393,2	316,4	214,6	298,9	308,1
2018*	492,9	444,0	387,0	298,2	202,8	281,7	284,8

<sup>1</sup> comprensiva della quota di elettricità prodotta da bioenergie

<sup>2</sup> al netto degli apporti da pompaggio

<sup>3</sup> considerate anche le emissioni di CO<sub>2</sub> per la produzione di calore (calore convertito in kWh)

\* stime preliminari

Tabella 8: produzioni e consumi di calore ed elettrici negli anni dal 1990 al 2018

Pertanto non si evidenziano necessarie misure mitigative poiché l'impatto è decisamente POSITIVO.

## IL CICLO DI VITA DELL'IMPIANTO E LA RESTORATION ECOLOGY

---

---

La **Restoration Ecology** mette in primo piano il ripristino di caratteristiche ambientali o della funzionalità ecologica di tutte quelle funzioni ecologiche cioè (soprattutto di regolazione), che in relazione alle necessità spesso vitali dell'uomo (domanda), diventano servizi ecosistemici. Tali prospettive di ricostruzione, inserite in quadri coerenti di relazioni spaziali, assumono la forma di vere e proprie reti ecologiche polivalenti, ove la natura coesista in modo ottimale con attività umane eco-compatibili che creano quella struttura di base utile a sviluppare infrastrutture verdi e blu.

Il secolo attuale deve inoltre inaugurare un'era di restauro e recupero, in cui i territori che sono stati trasformati in ambienti distrofici, devono venire recuperate e modificate per supportare meglio la biodiversità e favorire le funzioni ecosistemiche di base attraverso un approccio di cui le **Nature-based solution (NbS)**. L'obiettivo finale dell'ecologia del restauro deve essere prevedibile ripristinare gli ecosistemi a scala di paesaggio, la scala su cui viene gestita la biodiversità nella maggior parte dei paesi.

### *1.D.1. IL PROCESSO DI DISMISSIONE E RIPRISTINO*

---

La vita utile di un aerogeneratore è stimata tra i 25 e i 30 anni, al termine dei quali, nel caso non ricorrano le condizioni per un revamping, ovvero di aggiornamento tecnologico dell'impianto stesso, si provvederà alla sua dismissione e al ripristino dei luoghi all'uso originario.

Una delle caratteristiche che qualifica l'energia del vento come sostenibile è proprio la quasi totale reversibilità degli interventi di modifica del territorio. Come sopra citato, le operazioni per lo smantellamento dell'impianto e riqualificazione del sito sono varie, le più importanti sono: lo smontaggio degli aerogeneratori e delle apparecchiature tecnologiche, la dismissione delle fondazioni e delle piazzole degli aerogeneratori, la dismissione della sottostazione MT/AT e della cabina di smistamento, il riciclo e lo smaltimento dei materiali e il ripristino dello stato dei luoghi attraverso la rimozione delle opere e il rimodellamento del terreno allo stato originario.

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

Infatti secondo ANEV solo una piccola parte dell'impianto non è riutilizzabile, come si evince dalla tabella seguente:

<b>Materiale</b>	<b>Percentuale</b>	<b>Scenario</b>
Pale d'acciaio	90%	Riutilizzabile
Acciaio privo di ruggine	90%	Riutilizzabile
Ghisa	90%	Riutilizzabile
Rame	95%	Riutilizzabile
Plastica-PVC	100%	Discarica
Alluminio	90%	Riutilizzabile
Fibre vetro	100%	Discarica
Olio	100%	Incenerito
Piombo	90%	Riutilizzabile
Zinco	90%	Riutilizzabile

Tabella 9: prospettive di riutilizzo dei diversi materiali con annessa percentuale

#### 1.D.2. INNOVAZIONE E CIRCULAR ECONOMY

Approcciare il fine vita dei materiali secondo i principi della Circular Economy significa prediligere strategie sostenibili atte a valorizzare i materiali e le caratteristiche tecniche degli stessi rispetto al conferimento in discarica o alla valorizzazione termica, il tutto in un'ottica di minimizzazione dell'utilizzo di materie prime per i cicli produttivi. In tale ottica, nell'ultimo decennio, la maggioranza dei membri dell'Unione Europea ha votato a favore delle leggi che vietano lo smaltimento in discarica di tali materiali, per cui diventa urgente identificare e promuovere soluzioni sostenibili per la gestione del fine vita. Per alcune categorie merceologiche che consentono una gestione più agevole della fase di riciclo, è stato applicato il principio dell'Extended Producer Responsibility (EPR). Sulla base di tale approccio, per i comparti delle apparecchiature elettriche ed elettroniche è stata predisposta a livello europeo ed implementata dagli Stati membri la Waste Electrical and Electronic Equipment Directive (2012/19/EU). Si riporta di seguito la scala dei possibili approcci di gestione del rifiuto inquadrati rispetto al grado di sostenibilità:



Figura 3: Scala dei possibili approcci di gestione del rifiuto inquadrati rispetto al grado di sostenibilità

Lo studio di nuovi materiali e di nuovi processi di costruzione per la produzione di turbine eoliche è l'approccio più sostenibile e rappresenta sicuramente la sfida più futuristica ed innovativa. Le utilities stanno osservando questo settore con molta attenzione, auspicando in un futuro prossimo di poter acquistare aerogeneratori costruiti con materiali innovativi e sostenibili.

### 1.D.3. LIFE-TIME EXTENSION

L'estensione della vita utile consiste nel mettere in atto, dopo opportune valutazioni tecnico-economiche, tutte le azioni possibili in ambito di esercizio e manutenzione di un

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

componente, affinché la sua capacità di adempiere la propria funzione venga mantenuta per il maggior tempo possibile.

Di seguito si riportano alcuni esempi di soluzioni attualmente in uso per prolungare la vita utile dell'impianto:

- Sensori per la rilevazione delle vibrazioni, utili sia per determinare lo stato di usura dei cuscinetti dei componenti rotanti (e.g. gearbox, albero primario, generatore) che per monitorare lo stato della turbina e del suo ancoraggio con le fondamenta;
- Soluzioni con sensori sulle pale per misurare vibrazioni e deformazioni al fine di monitorarne lo stato;
- Misure della conduttività dei lubrificanti;
- Sensori di rilevazione del ghiaccio, utili nelle aree geografiche in cui la frequente formazione di lastre di ghiaccio, oltre a determinare perdite di produzione e problemi di sicurezza, causa un sovraccarico meccanico sulle pale e relativo indebolimento strutturale;
- Robot / droni in grado di avvicinarsi alla pala e accoppiarvisi per poter condurre attività di ispezione, riparazione, rivestimento, misure di conduttività.

Un esempio di estensione della vita utile degli impianti oltre i 20 anni stabiliti dalla IEC è il programma di Siemens Gamesa Renewable Energy, la cui ingegneria ha creato i modelli agli elementi finiti delle turbine eoliche che costituiscono la flotta in esercizio con priorità alle piattaforme che hanno mediamente tra i 10 e i 20 anni. Alimentando questi modelli con i dati reali del sito e grazie alle informazioni sul sistema di controllo della turbina si è potuto calcolare la vita residuale a fatica dei principali componenti della turbina comparandoli con i 20 anni convenzionali e generare strategie manutentive ad hoc per frequenza delle ispezioni, tempistica delle sostituzioni e aggiornamenti tecnici necessari, finalizzate a raggiungere 25 o 30 anni di esercizio.

#### 1.D.4. RIUSO

---

La soluzione di riuso da perseguire prioritariamente è il riutilizzo dell'aerogeneratore nel suo complesso, opportunamente ricondizionato al fine di ristabilirne la vita utile e l'efficienza.

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

Negli ultimi anni è stata osservata una maggiore difficoltà nel trovare pale sostitutive per i modelli più vetusti o per pale ormai fuori mercato. È pertanto ipotizzabile che un selezionato numero di pale verrà conservato e/o venduto come *spare part*. Pur trattandosi di un mercato secondario dimensionalmente piuttosto limitato e subordinato valutazioni di fattibilità sito-specifiche, è talvolta percorribile l'opzione di rilocalizzazione degli aerogeneratori in altri siti contraddistinti da ventosità molto alte, infrastrutturazione di rete/stradale non ottimale, eventualmente appartenenti a Paesi che si trovano in una fase iniziale del loro percorso di decarbonizzazione/elettificazione. Quando invece un componente non è più in grado di adempiere alla propria funzione nel contesto in cui sta operando, la soluzione più sostenibile è utilizzarlo in un contesto diverso, nel quale possa mantenere il suo valore, a fronte di limitate modifiche. Le pale eoliche, essendo realizzate con materiali compositi, risultano particolarmente adatte a questo scopo in quanto il materiale è durevole, resistente al danneggiamento e all'aggressione ambientale e facile da riparare. Di seguito sono mostrate, a titolo di esempio, alcune applicazioni sperimentali legate al riutilizzo delle pale eoliche.

Attualmente in Italia la valutazione dell'opzione riuso è in fase preliminare, a causa della particolare geometria ed ingombro sterico del componente, della limitata presenza di pale giunte finora a fine vita e del mercato ancora embrionale di prodotti ottenuti direttamente dalle pale.

Un esempio arriva dai Paesi Bassi che sono in testa al cambiamento. Dal 2007 esiste per esempio il parco giochi di **Kinderparadijs Meidoorn**, costruito con le pale eoliche di vecchie turbine.

✂ . . . . ✂ . . . . \_\_\_\_\_ . . . . ✂ . . . . ✂



Figura 4: Esempio di riutilizzo dei componenti degli aerogeneratori



Figura 5: Esempio di riutilizzo dei componenti degli aerogeneratori

✠ . . . ✠ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✠ . . . ✠

Ciò che prima serviva a catturare il vento e trasformarlo in energia appare oggi sotto forma di gallerie, torri, ponti, colline, rampe e scivoli dove i **bambini** giocano e si divertono. Nella piazza pubblica di **Willemsplein**, nove pale sono invece panchine ergonomiche dove rilassarsi in pausa pranzo.



Figura 6: Esempio di riutilizzo dei componenti degli aerogeneratori

#### 1.D.5. INTERVENTI DI RIPRISTINO AMBIENTALE

---

Gli interventi di ripristino fanno riferimento alle aree occupate temporaneamente durante le fasi di realizzazione dell'impianto. A tal proposito sono stati effettuati sopralluoghi e studi delle specie arboree presenti sul luogo, al fine di poter ripristinare lo stato dei luoghi ex ante come opportunamente descritto nel seguito.

La realizzazione del **rinverdimento** sarà operata prioritariamente mediante il recupero/ripristino del suolo, seguendo le già note modalità citate.

Successivamente si provvederà alla semina. La scelta dei semi che costituiranno il miscuglio impiegato risulta di cruciale importanza. In particolare trattandosi di contesti naturali poco antropizzati in vicinanza di prati o pascoli permanenti di lunga durata, quindi ancora integri dal punto di vista genetico, è di sicura importanza l'impiego di ecotipi locali. A tal fine saranno da preferire miscele di semi di specie erbacee di origine locale intenzionalmente raccolte da una prateria limitrofa, mediante l'impiego di appositi macchinari.

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

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). 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). 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;
- 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 al fine di garantire l'attecchimento dell'inerbimento, si renderà necessario fornire cure colturali per i tre anni successivi alla semina. In particolare andranno effettuate irrigazioni di soccorso, concimazioni e risarcimento mediante trasemina.

Al fine di garantire l'attecchimento dell'inerbimento, si renderà necessario fornire cure colturali per i tre anni successivi alla semina. In particolare andranno effettuate irrigazioni di soccorso, concimazioni e risarcimento mediante trasemina.

#### **1.D.6. INTERVENTI DI COMPENSAZIONE**

---

Allo scopo di compensare l'occupazione di suolo permanente, la frammentazione indotta e le emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera, si provvederà a realizzare un rimboschimento compensativo su una superficie valutata in attualmente caratterizzata dalla presenza di seminativo. Il suolo rinveniente dalla realizzazione delle opere non verrà impiegato nella realizzazione del rimboschimento che, venendo impiantato su area seminativa ha già adeguate caratteristiche.

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

Si provvederà dapprima ad allontanare eventuali residui di lavorazione e/o residui presenti di qualsiasi natura mediante conferimento in discarica e, subito dopo, si procederà alla decompattazione eventuale del terreno e, quindi, a distribuire la porzione meno pregiata del suolo, asportato durante l'esecuzione delle opere a progetto. Questo aspetto consentirà maggiore struttura e migliore drenaggio, importante fattore per le prossime considerazioni. Ultimata la fase precedente, si provvederà a riportare lo strato superficiale rinveniente dalla realizzazione delle opere opportunamente accantonato. Quindi si provvederà al pareggiamento e sminuzzamento del suolo superficiale ed alla semina di foraggere da sovescio, al fine di rendere più fertile il terreno appena apportato. Nelle successive semine, una volta operato il sovescio, si potrà inserire la superficie recuperata nelle normali rotazioni colturali dei seminativi.

Il terreno attualmente valutato come possibile sede per tale opera è un seminativo, tale scelta comporta una diminuzione della frammentazione presente poiché rende possibile la creazione di un corridoio ecologico verde. Nella realtà, quindi, si tratterebbe piuttosto di un imboschimento in quanto il suolo occupato non è, in passato, stato oggetto di presenza di bosco, per quanto è stato possibile rilevare in sito. Lo scopo dell'imboschimento sarà prevalentemente ecologico-naturalistico, trattandosi di un'opera che si pone l'obiettivo di compensare la perdita di suolo, la frammentazione e le emissioni di gas serra in aria. Vale la pena sottolineare che in questa fase si provvederà ad una prima ipotesi per la realizzazione dell'imboschimento, lasciando chiaramente al progetto esecutivo l'onere di individuare puntualmente tutti gli aspetti necessari alla realizzazione dell'opera a regola d'arte. La percentuale di terreno coperto dalle chiome è minore nel caso di impianti effettuati con sesto rettangolare, andando via via diminuendo con l'aumentare del rapporto tra lato maggiore e lato minore. Il sesto a rettangolo è quindi consigliabile soltanto se risulti necessario aumentare la distanza tra le file rispetto a quella tra le righe, per consentire il passaggio dei mezzi meccanici, per l'effettuazione di coltivazioni associate o per ottimizzare eventuali pacciamature per file o impianti di irrigazione a goccia. Una seconda ipotesi potrebbe vedere l'impiego di sestri di impianto più complessi, dove viene attenuato l'impatto negativo dal punto di vista visivo della geometricità dell'impianto. Questi ultimi risultano efficaci soprattutto in casi analoghi al presente, dove l'aspetto paesaggistico assume particolare rilevanza, tale da rendere accettabile una minore efficienza nel raggiungimento degli obiettivi colturali relativamente agli aspetti produttivi, in quanto l'utilizzo di sestri non

✠ . . . ✠ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✠ . . . ✠

regolari/non lineari comporta una maggiore spesa nella realizzazione dello squadro, un utilizzo meno efficace dello spazio a disposizione e un maggiore costo delle operazioni di manutenzione.

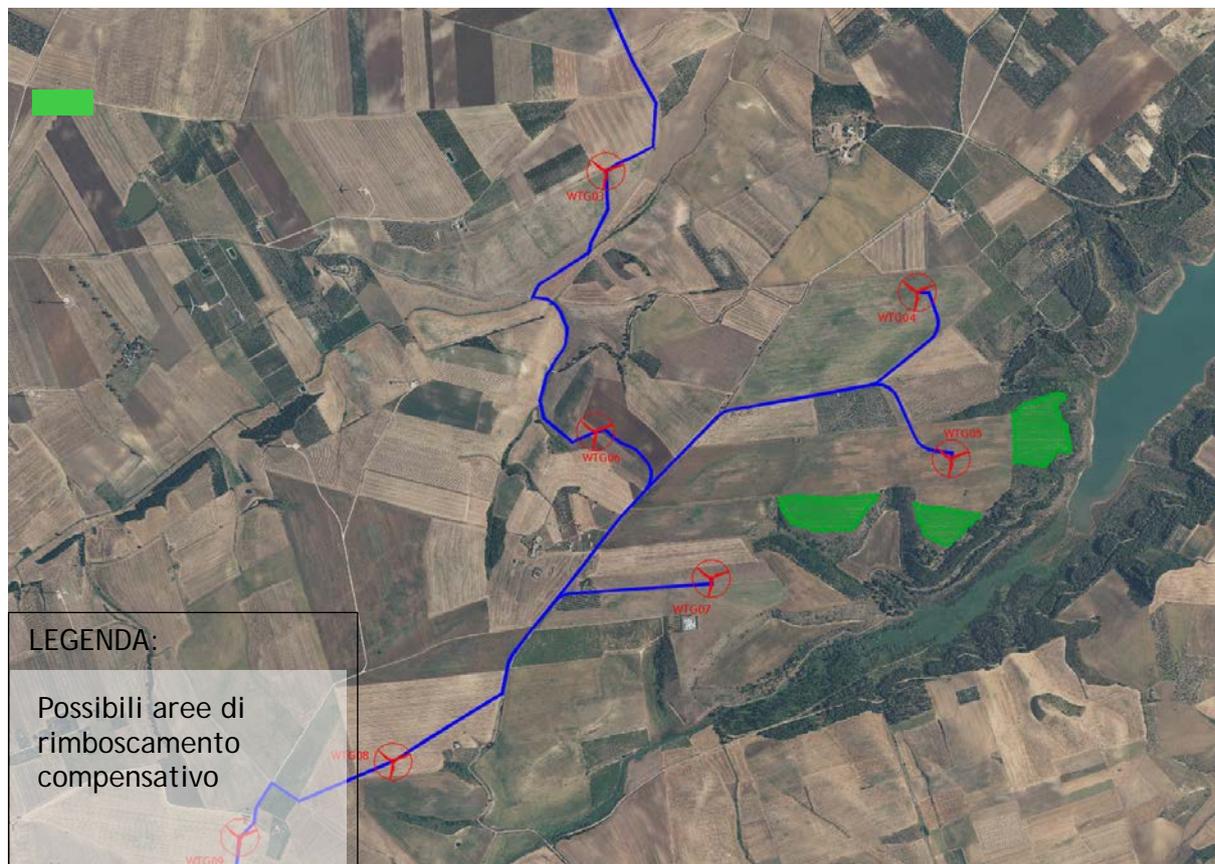


Figura 7: Inquadramento dell'area di realizzazione dell'intero impianto di 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 45 MW nell'agro dei comuni di Lavello e Montemilone.

Si riporta di seguito il calcolo eseguito per gli ettari da destinare a Ripristino e Rimboscamento compensativo:

- Occupazione di suolo riportato nella SIA: 0.6 ha
- Area di ripristino: 0.6 ha
- Rimboschimento compensativo: 0.6 ha x 2 = 1.2 ha

La scelta delle specie vegetali da utilizzare negli interventi di compensazione ambientale è necessariamente effettuata innanzitutto sulla base dell'analisi della vegetazione potenziale che colonizza l'area di studio e le aree limitrofe. Di fondamentale importanza è l'interpretazione delle caratteristiche macro e mesoclimatiche del territorio al fine di

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

pervenire ad un esatto inquadramento delle tipologie vegetazionali presenti e/o da ricostituire. È infatti utile, se non fondamentale, un'adeguata comprensione delle caratteristiche climatiche e fitogeografiche per progettare interventi di ripristino basati su specie che favoriscano le dinamiche evolutive verso le formazioni vegetazionali più adatte ai siti di intervento. Alla luce di quanto riportato risulta immediato e necessario l'utilizzo di specie autoctone, tali da garantire una migliore capacità di attecchimento e maggior resistenza ad attacchi parassitari o a danni da agenti atmosferici, quali siccità e gelo consentendo, al contempo, di diminuire anche gli oneri della manutenzione. Inoltre è necessario privilegiare le specie che possiedono doti di reciproca complementarietà, in modo da formare associazioni vegetali ben equilibrate e con doti di apprezzabile stabilità nel tempo. Il successo degli impianti di afforestazione dipende fortemente dalla fase di impianto e dalla manutenzione prestata, specie negli anni immediatamente successivi alla messa a dimora.

Si consideri anche che la massima efficacia mitigativa degli impatti ambientali viene raggiunta dagli alberi solo dopo alcuni anni dall'impianto, ovvero dopo che si sono affermati ed hanno raggiunto livelli dimensionali adeguati. Nei primi anni, mentre le giovani piante si sviluppano, gli effetti ambientali sono invece molto tenui. Quindi anche sotto il profilo della mitigazione ambientale la precocità dello sviluppo delle aree forestale, nel rispetto dei tempi biologici necessari, ma evitando inutili tempi morti (sostituzione di fallanze), è un'esigenza imprescindibile. La presenza di una mescolanza di specie, piuttosto che di un bosco puro, consente maggiore stabilità ed armonia al popolamento. Il postime adoperato dovrà essere di preferenza a radice nuda o, tutt'al più, in fitocella/pane di terra, mentre sono sconsigliate le piante c.d. "pronto effetto" che, in quanto più grandi e sviluppate, subiscono maggiormente lo stress da trapianto e presentano una minore percentuale di successo, oltre a costituire un aggravio di costi sia in fase di realizzazione dell'imboschimento che di cure colturali. Successivamente, una volta avuta affermazione delle piante appartenenti allo strato arboreo, si procederà alla trasemina di specie arbustive ed erbacee, atte ad ottenere un popolamento naturaliforme. L'opera di imboschimento verrà completata con interventi complementari quali la messa in opera di protezione e pali tutori per singoli alberi, la realizzazione di una chiudenda atta a garantire la protezione da danni da fauna, senza tuttavia compromettere il passaggio della piccola fauna selvatica. Di fondamentale importanza, inoltre, sarà l'apporto di cure colturali per almeno tra anni successivi all'impianto, come già accennato in precedenza, consistenti in sfalcio anche mediante

✘ . . . ✘ . . . \_\_\_\_\_ . . . ✘ . . . ✘

decespugliatore delle infestanti presenti, sarchiature e concimazioni delle piante, irrigazione di soccorso e risarcimento di fallanze. Una volta affermato, l'imboschimento andrà sottoposto ai normali tagli colturali necessari in formazioni di alto fusto, ovvero sfolli, diradamenti e relative cure.

MELONI F., LONATI M., MARTELLETTI S., PINTALDI E., RAVETTO ENRI S., FREPPAZ M., (2019)  
- Manuale per il restauro ecologico di aree planiziali interessate da infrastrutture lineari,  
ISBN: 978-88-96046-02-9. Regione Piemonte.